

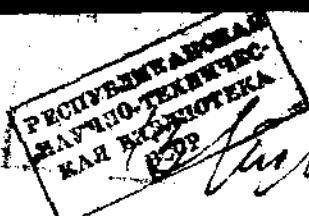
621.791(035)

ДЕР

621.791
С-24

С-24

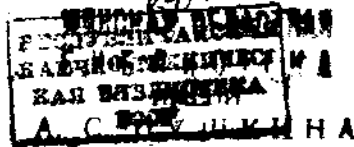
СПРАВОЧНИК



СВАРОЧНОЕ ДЕЛО

Составлено при участии и
под общей редакцией инж.
М. К. ГУСЕЛЬНИКОВА

II часть



И в. № _____

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПО МАШИНОСТРОЕНИЮ, МЕТАЛЛООБРАБОТКЕ И ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
ЛЕНИНГРАД 1988 МОСКВА





Редактор П. И. ИВАШКЕВИЧ

Техн. редактор Р. С. ПЕВЗНЕР

Книга сдана в набор 11/III 1932 г. Подписана к печати 8/III 1933 г. Машинетиздат № 12/л.
МО-20-5-3. Тираж 10300 экз. Ленгорлит № 65068. Заказ № 72. Формат 62×94 см., 12¹/₂ печ. л.
(156 000 тип. знак. на 1 бум. л.) Бум. лист. 6¹/₄.

Типография „Печатный Двор“. Ленинград, Гатчинская, 26.

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Отдел I. Ацетилено-кислородная сварка.	
Глава первая. Общие указания для сварки	7
Глава вторая. Сварка алюминия и его сплавов	19
Глава третья. Сварка стали (железа) и чугуна	32
Глава четвертая. Сварка монель-металла	36
Глава пятая. Сварка меди, латуни и бронзы	42
Глава шестая. Сварочные машины	51
Глава седьмая. Техника безопасности	55
Глава восьмая. Стандарты для конструкций оборудования агрегатов ацетилено-кислородной сварки и режки (американских страховых обществ).	63
Глава девятая. Специальные спецификации, для ацетиленовых генераторов класса А (низкого давления)	71
Глава десятая. Специальные спецификации для ацетиленовых генераторов класса Б (среднего давления)	73
Глава одиннадцатая. Спецификации для отдельных регуляторов и сварочных горелок	75
Глава двенадцатая. Правила по установке и обслуживанию газовых устройств для сварки и режки	76
Глава тринадцатая. Меры защиты головы и глаз рабочих промышленных предприятий	86
Отдел II. Электрическая дуговая сварка.	
Глава первая. Общие сведения	90
Глава вторая. Стандартные правила Американского сварочного общества для электросварочных аппаратов	95
Глава третья. Сварка металлическими электродами	98
Глава четвертая. Сварка угольными электродами	111
Глава пятая. Применение электросварки	114
Глава шестая. Неисправности при дуговой электросварке	132
Глава седьмая. Техника безопасности	141
Глава восьмая. Обработка сварного шва	142
Глава девятая. Автоматическая дуговая сварка	144
Глава десятая. Особые процессы дуговой электросварки	155
Глава одиннадцатая. Сварка рельсовых стыков	158
Приложение: Краткое описание сварочных машин постоянного тока для дуговой сварки, изготовляемых заводом «Электрик» в Ленинграде	164
Отдел III. Электрическая сварка по методу сопротивления.	
Глава первая. Общие понятия	174
Глава вторая. Сварка встык	178
Глава третья. Сварка швом	187
Глава четвертая. Сварка точками	191
Глава пятая. Электрическая ударная сварка	208
Отдел IV. Термитная сварка.	
Глава первая. Общие указания для термитной сварки	212
Глава вторая. Тигли	224

	Стр.
Глава третья. Примеры термитной сварки	228
Глава четвертая. Применение термитной сварки в производстве труб	244
Глава пятая. Термитная сварка рельс	249

О т д е л V. Резка металлов.

Глава первая. Общие сведения	255
Глава вторая. Подводная резка	262
Глава третья. Механические режущие горелки	266
Глава четвертая. Экономическая резка	275
Глава пятая. Резка вольтовой дугой	281

В выпускаемой II части Справочника дается подробная характеристика сварочных процессов: газового, электро-дугового, методом сопротивления (контактного) и термитного. Кроме того в эту часть вошла глава о резке металлов.

Для составления II части был использован материал, изложенный в The Welding Encyclopedia 1930 г., пополненный в некоторых частях данными из нашей практики. II часть и ранее изданная I часть Справочника дополняют одна другую, а потому для более ясного понимания процессов сварки, излагаемых во II части, рекомендуется попутно ознакомиться с содержанием соответствующих статей I части, где даются основные понятия и общие сведения по сварке:

Сварочное дело как у нас, так и за границей, развивается чрезвычайно быстро, и возможно, что материал Справочника недостаточно широко охватил все новейшие методы сварки и нуждается в дополнениях, — поэтому Редакция просит сообщить ей о всех замеченных недостатках и пожеланиях, чтобы в дальнейших переизданиях учесть все указания читателей и общими усилиями создать полезную для нашей промышленности справочную книгу по сварочному делу.

Инж. М. Гусельщиков.

1932 г.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СВАРКИ.

Подготовка баллонов для сварки. Ацетилено-кислородная сварка выполняется с помощью пламени сварочной горелки, которое служит для нагрева до точки плавления металла, подлежащего соединению. При этом обычно добавляют новый металл от сварочного прутка, расплавляя этот прутки одновременно с основным металлом, подвергнутым плавке по краям соединения. Высокая температура пламени (3500°C) получается у наконечника сварочной горелки от сжигания ацетилена в кислороде. Кислород обыкновенно доставляется сжатым в стальных баллонах, а ацетилен берут или прямо от генератора, или также из баллонов. Каждый из этих газов, по пути от содержащих его резервуаров к горелке, проходит через регулирующий клапан (редукционный клапан, манодетандер), который служит для снижения его давления до уровня, требуемого при сварке, и для поддержания затем этого уровня во время работы.¹

Чтобы привести аппаратуру для газовой сварки в рабочее состояние, надо прежде всего установить на баллонах редукционные клапаны, соответствующие роду содержащегося в каждом баллоне газа, и затем соединить сварочную горелку с этими редукторами гибкими шлангами соответствующей длины. Перед самой установкой редукторов кислородные баллоны должны быть продуты («крекированы»), для чего надо приоткрыть на короткое время газовый вентиль баллона, чтобы выдуть пыль и грязь, которые могут находиться в канале вентиля. Как общее правило, нарезка у штуцеров вентиля кислородных и ацетиленовых баллонов делается в Америке различной, а редукционные клапаны можно отличить по манометрам высокого давления. По европейским нормам вентиля ацетиленовых баллонов не имеют штуцеров с нарезкой, и редукционные клапаны присоединяются к ним при помощи специальных хомутов с натяжными винтами. Рекомендуется редукционные клапаны плотно навертывать на вентиля баллонов, не употребляя каких-либо прокладок. Однако на практике при присоединении кислородных редукционных клапанов употребляются сухие фибровые обезжиренные прокладки, а при работе с ацетиленом — кожаные прокладки, слегка пропитанные маслом, так как сжатый ацетилен с жирами не дает взрыва.

¹ Читателю следует ознакомиться с изложенными в общей части определениями: карбид кальция, кислород, ацетилен, генераторы, редукционный клапан, сварочные стержни, а также горелок классификация.

Хотя кислород и находится под очень высоким давлением, но он безопасен при надлежащем с ним обращении. При выпускании кислорода из баллона вентиль надо открывать очень медленно.

После присоединения редуктора, став с противоположной стороны, открывают установочный пружинный винт редуктора и кран сварочной горелки. Если у горелки есть запорный клапан, его также следует открыть. Необходимо тщательно проверить, плотно ли укреплены редукционные клапаны на баллонах и нет ли пропусков в соединениях шлангов. Также надо тщательно осмотреть все соединения, нет ли в них жира, масла или грязи. Уплотнять эти соединения, в случае надобности, можно с помощью гаечного ключа.

Когда пускают в работу новое оборудование, не мешает продувать и шланги. Делают это при помощи кислорода, поворачивая установочный винт редуктора до того момента, пока газ не начнет проходить с некоторым напором. Для такой операции требуется очень немного газа. Если пользуются для данной цели ацетиленом, то его следует употреблять в очень малом количестве, особенно находясь в закрытом помещении. Сварочную горелку надо также продуть. Для этого также пользуются кислородом. Делают это следующим образом: шланг вставляют в головку горелки, открывают игольчатый вентиль, и тогда пущенная струя газа очистит внутренние каналы.

Установив с помощью редукционных клапанов давление газов, пускают и зажигают ацетилен.

Вся последовательность действий сварщика, начиная с продувки баллона и до момента регулирования пламени, приведена на рис. 1. Каждое действие объяснено отдельным рисунком, применительно к которым дан ряд правил для сварщика.

1. Продувай вентили кислородных баллонов — это удаляет всякий сор, который может в них оказаться.

2. Присоедини редукционные клапаны. Соединительные гайки установи как следует, с помощью гаечного ключа, не прибегая к плоскогубцам. Остерегайся жира или масла.

3. Прикрепи к редукционным клапанам шланги. Проверь плотность всех соединений и отсутствие в них грязи.

4. Пусти регулировочный винт редукционного клапана и осторожно открой вентиль баллона.

5. Пусти газ в количестве, как раз достаточном для продувания шланга.

6. Открой игольчатый кран сварочной горелки. Вставь конец кислородного шланга в головку горелки и пусти немного кислорода, чтобы продуть внутреннюю часть горелки.

7. Соедини шланг со сварочной горелкой. Смотри, чтобы надеть кислородный шланг правильно на кислородную впускную трубку горелки. Прими меры к тому, чтобы соединения были чисты и плотны (не пропускали газа).

8. Вставь наконечник в головку горелки и плотно приверни его ключом. Проверь, нет ли в нем грязи. При ввертывании не нажимай больше чем нужно для обеспечения отсутствия пропуска газа. При выборе наконечника руководствуйся таблицами завода, изготовившего горелку.

9. Открой игольчатые краны сварочной горелки и поворачивай

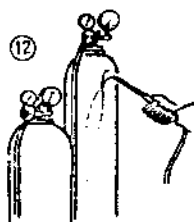
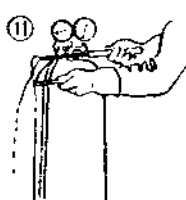
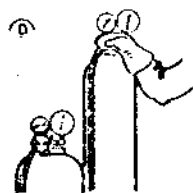
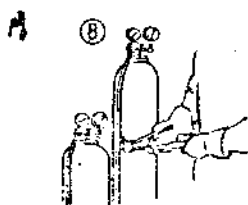
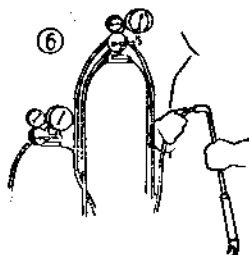
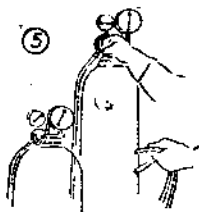


Рис. 1. Подготовка баллонов для сварки.

регулирующий винт кислородного редукционного клапана, пока манометр не покажет желаемого рабочего давления. Тогда закрой кислородный игольчатый кран горелки.

10. Открой ацетиленовый игольчатый кран и поворачивай регулировочный винт редукционного клапана, пока не получишь желаемого давления ацетилена.

11. Зажги ацетилен зажигалкой для сварочных горелок. Избегай употребления спичек или открытого пламени.

12. Открой кислородный игольчатый кран и установи нейтральное пламя.

Регулировка пламени горелки. Пламя одного чистого ацетилена длинно и имеет факелоподобный вид (рис. 2). Правильная установка давления ацетилена указывается силой выбрасывания пламени из



Рис. 2. Горение ацетилена в атмосфере воздуха.



Рис. 3. Ацетилено-кислородное пламя при избытке ацетилена (науглероживающее).



Рис. 4. Нормальное ацетилено-кислородное пламя (нейтральное).



Рис. 5. Пламя горелки при избытке кислорода (окислительное).

наконечника. Ацетилен надо зажечь и пламя отрегулировать, прежде чем будет открыт кислородный игольчатый клапан. (См. в общей части «Ацетилен».)

После открытия кислородного крана у горелки это пламя делается короче и меньше по объему. По мере увеличения притока кислорода, у отверстия наконечника горелки становится заметным остроконечное белое пламя (рис. 3).

Это пламя имеет свойство науглероживания, так как большая часть содержащегося в ацетилене углерода в этой части пламени еще не сгорела. (См. в общей части «Науглероживающее пламя».) Дальнейшее увеличение притока кислорода уменьшает острое белое пламя до маленького белого конуса (рис. 4). В этом случае мы уже имеем нейтральное пламя, наиболее употребительное при сварке. (См. в общей части «Нейтральное пламя».) При избытке кислорода белый конус становится короче и с менее определенными очертаниями (рис. 5). Это уже будет окисляющее пламя, для целей сварки почти никогда не употребляемое ввиду того, что избыток кислорода окисляет ме-

талл и ведет к его перегоранию. (См. в общей части «Окислительное пламя».)

Подготовка материала. Материал готовят к сварке, скашивая под углом подлежащие соединению кромки (см. «Скашивание кромок»), чтобы пламя могло проникать до основания сварки по всей ее длине.

Если кромки не скашивать, то для обеспечения проварки следует располагать соединяемые края на некотором расстоянии. Диаграмма рис. 6 показывает, как должно уменьшаться расстояние между свариваемыми краями по мере увеличения угла кромок. Из рисунка видно, что обычно практикуется увеличивать расстояние между кромками по мере уменьшения скоса, также видна опасность неполной проварки, если совсем не делать скоса. Когда проварка не обеспечена, соединение не будет выдерживать внутреннего напряжения и искривлений в той степени, как это необходимо.

Прежде чем добавлять какой-нибудь металл от сварочного прутка, надо расплавить и слить вместе кромки скоса, образовав у основания V-образной канавки сварочную ванну. Нагрев затем сварочный прут, вводят его в ванну, где от жара расплавленного металла прут расплавляется и может быть затем слит в одну массу с основным металлом.

Работа со сварочной горелкой. Некоторые манипуляции сварочной горелкой и движения сварочного прутка, взаимно связанные, совершенно необходимы при ацетиленовой сварке. Однако нет строго определенных по этой части правил, гарантирующих получение исправной работы. Можно много двигать горелкой, одновременно только слегка передвигая сварочный прут, или наоборот, двигать больше сварочный прут, а горелку держать сравнительно спокойно. Результат практически в обоих случаях бывает одинаков, и между двумя крайностями есть много разных приемов, незаметно переходящих один в другой. Сущность приемов работы со сварочной горелкой и сварочным прутком сводится к тому, чтобы равномерно распределить нагрев по каждой стороне соединения, срезать грани кромок и обеспечить проникание (проварку) и соединение присадочного материала с основным металлом.

Двигая сварочной горелкой и оставляя неподвижным сварочный прут, сварщик действием нагрева и давления газа быстрее достигает желаемого результата, чем прибегая к манипуляции прутком. С другой стороны, если он сравнительно мало двигает сварочную горелку, но оживленно действует сварочным прутком, то проварка и механическое удаление окиси происходят так же хорошо, как и с помощью нагрева. Когда сварочный прут как бы скользя вводят в сварочную ванну, можно безошибочно предположить, что сварщик гарантировал себе хорошую плавку. Но если движения прутка будут отрывистые,



Рис. 6. Диаграмма скашивания кромок под сварку.

топками, весьма возможно, что сварка не окажется удовлетворительной.

При толщине свариваемых стальных листов до 9,5 мм и больше секрет успеха заключается в образовании широкой ванны плавления. Многие сварщики практикуют разрушение боковых стенок впереди ванны плавления, на расстоянии от 3 до 4 см, обеспечивая этим плавку металла у основания V-образной канавки. Потом начинают энергичную плавку с присадочным металлом. Ванна расплавленного металла имеет около 1,5 см ширины и 2 см длины. Время от времени сварочную горелку отдают от сварочной ванны. Это вызывает как бы замерзание металла на поверхности полукруглыми грядками.

Для достижения лучших результатов необходимо соблюдать следующие основные правила.

1. Линия сварки на основном металле должна быть нагрета до точки плавления.

2. До той же точки плавления должен быть нагрет присадочный материал, с целью подготовить его к плавке с уже расплавленным металлом, над которым работают. Добавлять присадочный материал следует непрерывно и по возможности в одинаковом количестве.

3. Расплавленные части присадочного материала и основного материала должны быть слиты вместе, с помощью соответствующих движений сварочной горелки и сварочного прутка.

4. Сварочная ванна должна быть возможно лучше защищена от действия воздуха оболочкой сварочного пламени.

5. Сварка должна проходить не только по середине линии соединения, но захватывать и некоторую часть металла по обеим сторонам.

6. По возможности следует избегать повторного нагревания металла, если он уже затвердел.

Эти основные правила могут соответственно уточняться в зависимости от равнообразных условий работы.¹

Обучение сварщиков. Широко распространяющаяся ацетилено-кислородная сварка, в которой очень многое зависит от квалификации сварщика, естественно привлекла внимание к вопросу о методах обучения производству сварочных работ.

Методов обучения работе со сварочной горелкой очень много. Лучшим методом является несомненно тот, который, давая разъяснения принципам работы, вместе с тем укрепляет практику одобренных приемов употребления горелки. Первой необходимой принадлежностью курса обучения является также испытание сварок. Когда ученик увидит изнанку выполненной им дефектной сварки, которая с лицевой стороны прекрасно выглядит, его незаслуженное самодовольство станет немного меньше. Вместе с тем он с меньшим трудом удержит в памяти, чего ему надо избегать.

Отдельные промышленные предприятия конечно следуют тем методам обучения, которые соответствуют размерам производства и его характеру.

Есть предприятия, начинающие обучение с работы резаком. Ученика подробно инструктируют по конструкции резака и по обращению

¹ См. в общей части: «Обратная сварка», «сварка труб способом вперед» и «листовой сварка металла».

с ним: как открывать газы, зажигать и регулировать пламя нагрева и наконец, по достижении соответствующей температуры накала, пускать режущую струю кислорода. После этого ученику дают день или два заниматься резкой листового металла по простым чертежам. Когда он с успехом эту работу выполнит, ему предлагают сделать вырезку по чертежам с самостоятельным исполнением необходимых измерений и разметки. Это является уже обучением другого рода, чем просто резка. Ученик-новичек скоро приобретает навык в обращении с листами металла, усваивая практику работы в мастерской вообще, что в целом важно для его квалификации в качестве сварщика.

После работы с резаками в течение двух или трех недель, тем ученикам, которые показали, что они обладают необходимыми для хорошего сварщика качествами, дают сварочную горелку, начиная с ним работу уже над изготовлением аппаратуры, не предназначенной под давление, как например баков для воды, а также водяных коробов, подвергаемых малому давлению. От этой работы они постепенно переходят к аппаратуре, предназначенной для небольших давлений, например аммиачной. Надо сказать, что каждый знакомый с ацетилено-кислородной сваркой легко согласится с тем, что к работе над такой аппаратурой предъявляются весьма высокие требования точности исполнения. Преимущество вышеописанного метода обучения сварщиков в том, что каждый сварщик привыкает к употреблению резака и пользуется им в дальнейшем, как подсобным инструментом для облегчения своей сварочной работы.

Например при изготовлении реципиентов или аккумуляторов из сваренных внахлестку труб стандартной длины может встретиться необходимость разрезать кусок трубы на три или четыре части. В хорошо оборудованной мастерской это выполняют с помощью труборезной машины, причем одновременно производят и скашивание кромок. Но в малых мастерских, хуже оборудованных, для разрезания труб на части пользуются резаком, предварительно наметив место разреза мелом.

Трубу кладут на зажимные вальцы и медленно поворачивают ее по мере продвижения резки. Покончив с разрезанием труб на части (секции), сварщик затем приступает к сварке в местах соединений и к вырезыванию отверстий для патрубков, ниппелей и других соединительных частей.

Работа эта ведется в строго последовательном порядке, так что в результате сварщик практически ознакомится со всей задачей в целом, от момента поступления трубы в мастерскую до ее отправки на испытательную станцию.

Выбор сварочных прутков.¹ Следует употреблять такой присадочный металл, который способствует получению соединений, по прочности равных основному металлу и даже лучше его. В связи с этим надо всегда иметь в виду, что соединяемые металлы обычно принадлежат к сортам: прокатному и ковальному, в то время как металл, наплавленный от сварочного прутка, является литым.

Очень часто металл бывает такого состава, что обладает отличными

¹ См. в общей части «Сварочные стержни» и спецификацию сварочных прутков Американского сварочного общества.

свойствами после проковки и горячей обработки, но в виде отливки оказывается очень низкого качества.

Для получения сварки хорошего качества необходимо одновременно расплавлять края основного металла и сварочный пруток, чтобы получить полное смешивание обоих металлов. Продукт этого смешивания может быть совершенно отличен от обоих исходных металлов. Это можно иллюстрировать имевшими место попытками сваривать чугуны с употреблением стальных сварочных палочек. Соединение металлов в шве при этом получалось слабое, хрупкое, не поддающееся обработке и не обладающее хорошими свойствами ни стали, ни чугуна.

Однако, если подвергаемый обработке предмет не предназначен выдерживать сильные напряжения или удары (толчки), то бывают случаи, когда производят сварку стали с чугуном.

Состав сварочных прутков должен быть таким, чтобы металл их не становился слишком жидким во время сварки и не растекался легко по нерасплавленному металлу, покрывая поверхности, не доведенные еще до полной плавки и содержащие окислы. Кроме того этот металл в расплавленном виде не должен быть таким вязким, чтобы образовывать наплывы, затрудняющие получение однородной гладкой поверхности сварки. Далее, хороший пруток должен быть по возможности без посторонних примесей и такого состава, чтобы образующийся при сварке шлак легко плавился и всплывал на поверхность сварочной ванны. Тонкая пленка шлака предохраняет поверхность металла от окисления и если этот шлак образуется в небольшом количестве, то опасности его проникания в сварку нет.

Работа идет легче и обещает больший успех, когда точки плавления прутка и основного металла одинаковы. Если же в этих точках большая разница, то металл с более низкой точкой плавления будет перегрет и станет дефектным, раньше чем расплавится металл с более высокой точкой плавления. Эта скорость доведения до плавления того или другого металла придает большое значение выбору соответствующего присадочного металла для данной сварки и умению определить момент, когда можно сварку начинать. Нагрев, который сообщают свариваемому предмету, должен быть достаточным для получения в месте сварки небольшой ванны расплавленного металла и для наплавки присадочного металла от прутка. Слишком толстый пруток будет охлаждать сварочную ванну и понижать температуру, или задержит, или совсем остановит наплавку присадочного металла в ванну. Наоборот, если пруток слишком тонкий, то он не будет достаточно быстро поглощать жар пламени и сварочной ванны, давая образующемуся вследствие этого избытку нагрева сжигать металл.

Обычный метод ведения работы заключается в том, что на основном металле образуют небольшую ванну плавления и затем вводят в нее сварочный пруток. При этом способе пруток поглощает тепло, необходимое для его плавления, и не дает температуре ванны подняться выше ее точки плавления. Это тот же принцип, который устанавливает температуру воды, содержащей лед: она не может быть нагрета выше температуры тающего льда, пока не растает без остатка весь лед.

Сварочную горелку постепенно продвигают вдоль сварки и, заставляя всплывать на поверхность шлак, расплавляют все неровности.

Сварочный прутки постоянно держат в ванне для наплавки присадочного металла. Манипулировать прутком надо всегда осторожно, чтобы не вытолкнуть уже расплавленный металл на поверхность нерасплавленного. Такое покрытие нерасплавленной поверхности вызовет затруднение в работе, обычно называемое «напластование» (настыль), подобное прослойкам, которые иногда имеют место при прокатке или ковке стали.

Метод держания прутка на весу в сварочной ванне способствует получению чистой сварки, так как он сохраняет плавящийся металл закрытым ванной, предупреждая всякое окисление под поверхностью и не допуская проникания этого окисления или какого-нибудь постороннего вещества внутрь ванны.

Кроме того, нейтральные газы, направленные на прилегающий к прутку расплавленный металл, так обволакивают и сварочную ванну и прутки, что атмосферный кислород действует на сварку не может, а следовательно при правильной работе сварочным прутком и горелкой излишнего окисления не будет.

Ввиду того, что выбор сварочного прутка зависит от технических требований, которые будут предъявлены к законченному сварному шву, полезно дать краткий очерк о немногих самых известных сортах сварочных прутков и об условиях, при которых они могут быть использованы с наибольшими преимуществами.

Если судить по количеству прутков, употребленных в дело, то самым распространенным из добавочных металлов, применяющихся при сварке, является норвежское железо.¹ Оно ближе всего подходит по своим свойствам к чистому железу. Сварка, выполненная с этим присадочным металлом, имеет прочность на разрыв выше 3500 кг/см² и удлинение от 25 до 30% (на 50 см длины), соединяя таким образом большую прочность с отличной вязкостью.

Следующими по распространению за прутками норвежского железа являются прутки мягкой литой стали (Томасовской) с содержанием углерода 0,2%, а других элементов в обычном количестве.

Мягкая литая сталь обыкновенно дает сварку большей прочности на разрыв, но отличается меньшей вязкостью. Сварочные прутки с большим содержанием углерода употребляются для восстановления поврежденных валов и для многих других нужд, когда необходим металл достаточно твердый, чтобы противостоять износу, и достаточно вязкий, чтобы выдерживать удары и давления всякого рода. В зависимости от предъявляемых к законченным сваркам требований, содержание углерода в этих сортах присадочного металла может изменяться.

Сталь, которая была подвергнута механической обработке прокаткой или проковкой, становится более прочной при увеличенном содержании углерода. Но увеличение содержания углерода в стальных сварочных прутках не повышает прочности на разрыв сварок, которые были выполнены с употреблением таких прутков. Это объясняется тем, что сварка есть собственно литейный процесс, и сварочный металл (металл шва) при увеличении содержания углерода образует более крупные и слабо между собой связанные зерна. Поэтому очень

¹ У нас в СССР весьма близким по своему составу и свойствам к норвежскому или шведскому железу является железо уральское древесноугольной выплавки.

трудно получать хорошие сварки с сильно углеродистой сталью. Только очень немногие, действительно искусные сварщики получали отличные результаты с никкелевыми сварочными прутками, которые содержат от 0,2 до 0,25% углерода и от 3 до 3,5% никкеля. Много других сварщиков испытали с этой сталью неудачи из-за появившихся в сварке при накали докрасна трещин.

Наклонность к образованию трещин объясняется хорошо известной хрупкостью никкелевой стали при высокой температуре. Это свойство подтверждается трудностями, встречающимися при проковке никкелевой стали и испытаниями на растяжение при высокой температуре, которые показали, что никкелевые сорта стали, по сравнению с другими, по мере повышения температуры быстро теряют свою вязкость. Сварщики, достаточно искусные в употреблении сварочных прутков из никкелевой стали, могут делать сварки, обладающие прочностью на разрыв до 42 кг/см², т. е. такой прочности, которая больше прочности стальных образцов с малым содержанием углерода, как например стенок парового котла; при этом в изготовленных для испытаний пробах разрыв обычно получался не в сварке, а несколько сбоку, в самом металле планки.

Прутки из быстрорежущей стали находят себе более широкое применение для изготовления режущих инструментов.¹ Быстрорежущая сталь вваривается в углубление, вырезанное на конце стержня из мало-углеродистой стали. После надлежащей горячей обработки режущие качества стали, приваренной ацетилено-кислородным способом, ничуть не уступают самым лучшим маркам быстрорежущей стали. Сварка производит очень мало изменений в ее химическом составе. Обычно немного уменьшаются количества содержащихся в этой стали кремния и марганца, так что употребляемые прутки должны иметь тот же состав, как и стандартная быстрорежущая сталь. Пользуясь этим процессом, можно изготовлять разные инструменты из стержней дешевой литой стали, приваривая только наконечники из быстрорежущей стали. Таким путем изготовлено много сортов инструментов разных размеров без значительного расхода средств на дорогой стоящий материал, каким является быстрорежущая сталь. Непременным условием успеха в этом случае является правильно проведенная горячая обработка.

Прутки из марганца² употребляются для ремонта машинных частей разномных устройств и других родов оборудования, где требуется большое сопротивление износу металла от трения. Содержание марганца в прутке не должно быть меньше 14%. При сварке этой стали надо принимать особые меры предосторожности. Надо устроить под свариваемую часть такие подкладки, чтобы в месте, подвергаемом нагреву, она испытывала возможно меньшие напряжения.

До начала сварки надо ее раскалить докрасна и в этом состоянии поддерживать во время работы.

Хорошие свойства большой сопротивляемости этой стали ударам и трению получаются путем погружения ее в воду при нагреве около 982° Ц. Чтобы иметь лучшие результаты от сварки, надо неуклонно

¹ См. в общей части: «Быстрорежущая сталь».

² См. «Марганцовистой стали сварка».

прибегать к этой практике охлаждения, применяемой в производстве.

Одной из самых распространенных операций ацетилено-кислородной сварки является сварка чугуна. Небольшой денежный расход на сварку в этой области ее применения быстро окупается спасением отливок, стоящих много сотен рублей.

Прутки, употребляемые для этой работы, представляют собой обыкновенный серый чугун, с сравнительно высоким содержанием кремния и небольшим процентным содержанием серы. Вообще серый чугун является стандартным материалом, за исключением некоторых сортов, предназначенных для специального употребления. Увеличение содержания кремния уменьшает общее количество углерода, связанного в растворе во время охлаждения, большая часть которого отлагается в массе чугуна в виде мелких выделений (зерен) графита. Эта структура металла и придает излому серого чугуна его характерный вид. Серый чугун менее хрупок, чем белый чугун и поддается обработке, в то время как белый чугун для механической обработки совсем непригоден. Если употребляются прутки соответствующего состава, то полученный в результате сварки металл обычно отличается такой же прочностью, как основной материал отливки. Сопротивление на разрыв сварного шва при наплавке серым чугуном составляет от 5 до 1400 кг/см², а поперечное испытание бруска сечением в 6,5 см² длиной 30,5 см с нагрузкой в центре дает от 140 до 175 кг при стреле изгиба от 0,25 до 0,38 см.

Прутки, употребляемые для сварки меди,¹ изготавливаются из меди с добавлением к ней небольшого количества фосфора, в качестве примеси, поглощающей кислород (раскислителя). Медь в нагретом до красна состоянии сильно подвержена действию кислорода, который имеет разрушительное действие на ее физические свойства. Фосфор задерживает поглощение этих окисей расплавленным металлом и потому никогда не следует сваривать медь без присадочного материала, содержащего фосфор или другой подобный раскислитель. Весьма удовлетворительные результаты были получены при испытании сварочного металла на растяжение. Еще недавно в сварках меди достигнутая максимальная прочность на разрыв была только около 980 гк/см², а в настоящее время улучшения в качестве сварочных прутков дают возможность производить сварки меди, выдерживающие испытания на разрыв больше 1500 кг/см².

Латунь² также успешно поддается сварке, причем сварочные прутки могут быть из той же латуни обычного состава. Неизбежна некоторая потеря содержания цинка, около 2 или 3% которого улетучивается во время сварки в виде паров.

Для предохранения рабочего от вредного действия этих паров в местах, где много работают над сваркой латуни, необходимо устроить хорошую вентиляцию.

При сварке латуни и бронзы всегда употребляют подходящий флюс. Образуя на поверхности сварки тонкую пленку шлака, флюс этот предохраняет металл от окисления и вместе с тем растворяет окислы, которые образуются, всплывающие затем на поверхность.

¹ См. стр. 54.

² См. стр. 55.

Прутки, наиболее широко применяемыми при сварке бронзы,¹ являются прутки из марганцовистой бронзы и Тобинбронзы. Они употребляются для сварки бронзы, для восстановления поврежденных бронзовых поверхностей, а также для пайки, которая дает соединения большой прочности. Пайкой можно соединять много разных металлов. Среди этих металлов надо упомянуть ковкое железо.

Сварка и пайка алюминия ацетилено-кислородным пламенем широко распространена как в производстве, так и для ремонта поврежденных частей. Одним из обычных видов ремонта, производимых большинством современных автомобильно-ремонтных мастерских, является сварка разбитых коробок скоростей. В качестве присадочного материала употребляются как прутки из чистого алюминия, так и специальные прутки из алюминия с примесью цинка или меди, давшие очень хорошие результаты.

Качество сварочных прутков. Опыт показал, что некоторые прутки, даже будучи надлежащего химического состава, не годятся для сварки. Если какая-нибудь из операций их изготовления, как например плавка, литье, прокатка и т. п. была проведена неправильно, то в результате может получиться дефектная продукция. Весьма важно, чтобы при изготовлении прутков применялись надлежащие производственные приемы.

Исследование многих интересных случаев неудач со сварочными материалами обратило внимание на некоторые факторы, остающиеся до сего времени отчасти непонятными. Попадались прутки, сварочные свойства которых были явно неудовлетворительны, между тем как химический анализ материала их показал, что обычно употребляемые пропорции составных элементов в точности соблюдены.

Потребители прутков должны защищать свои интересы, тщательно осматривая и испытывая получаемые материалы. Каждый сорт прутков должен быть отмечен биркой и снабжен заметной маркой, а чтобы не допускать перемешивания разных сортов между собой, их надо хранить в разных местах. Поверхность прутков должна быть чиста от грязи, окалина или ржавчины. Среди нечистых примесей, которые могут содержать сварочные прутки, бывают: вкрапление шлака, окиси и растворенные газы.

Вкрапленный в пруток шлак откладывается в сварном шве и только с большим трудом и при умении его можно поднять на поверхность.

Одна из самых неприятных примесей в сварочном прутке это окись алюминия, которая получается от алюминия, добавляемого к стали в качестве раскислителя. Нет надобности при правильной постановке выработки прутков употреблять алюминий в количестве, вызывающем опасения, так как избыток алюминия из-за небрежной выработки, в виде его окиси, всегда затрудняет работу сварщика. Присутствие окиси алюминия во время сварки вызывает образование на поверхности расплавленного металла зернистой пленки тугоплавкого шлака и очень трудно предупредить попадание этого шлака в сварку.

Окись железа легко растворяется в бедной углеродом стали и при паличии ее в сварочном прутке удалить ее в процессе сварки невозможно. Излишек окисей делает пруток хрупким, и присутствие их мо-

¹ См. стр. 51.

жет быть обнаружено нагреванием прутка до светлокрасного каления и быстрым сгибанием. Сталь без примеси окисей не сломается от такого испытания и не даст трещины.

Если в сварочном прутке или в полосах железа из-за плохой обработки находятся газы в растворенном состоянии, они будут выделяться в процессе сварки, а когда металл остынет, получится слабое пористое соединение.

Недостатки ацетилено-кислородной сварки. Неудачи в ацетилено-кислородных сварках происходят обычно чаще всего из-за следующих ошибок в работе: недостаточное проникание плавки (непровар), склейка, науглероживание и окисление.

При непроваре получается слабая связь у основания наплавленного металла. Единственный путь предупредить этот дефект, это принять все меры к тому, чтобы плавка металла дошла до самого основания линии соединения.

Склейка (напластование или «настыль») вызывается наплавкой жидкого металла на поверхность холодного. Избежать ее можно, расплавляя сварочный прут в ванне плавления основного металла и не допуская, чтобы жидкий металл выталкивался пламенем на нерасплавленную часть основного металла.

Науглероживание и окисление вызываются неправильной регулировкой пламени. Избегнуть их можно поддержанием во время сварочной работы совершенно нейтрального пламени.

Сварка различных металлов. Всякий раз, когда требуется произвести сварку двух различных металлов, как общее правило надо употреблять присадочный металл с более низкой точкой плавления, чем основной металл, и концентрировать жар пламени в большей степени на основном металле. При наличии большой разницы в точках плавления основного и присадочного металла, как например в стали и меди, металл с более низкой точкой плавления будет плавиться от соприкосновения с расплавленным металлом более высокой точки плавления. В таких случаях поступают так, что основной металл с более высокой точкой плавления сначала покрывают присадочным металлом, а затем выполняют соединение так, как в случае сварки металла с более низкой температурой плавления.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

СВАРКА АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ.

Свойства алюминия. Наряду с ацетилено-кислородным способом сварки алюминия и его сплавов применяется водородно-кислородный. Получаемый шов имеет вид, показанный на рис. 7. Если требуется, шов можно так обработать, что он не будет заметным.

Алюминий представляет собой белый с серебристым оттенком металл. После продолжительного воздействия воздуха цвет его принимает слегка фиолетовый оттенок. Удельный вес литого алюминия 2,583, прокатанного 2,688. Плавится алюминий при 658° Ц. В ряду металлов это третий по ковкости и шестой по упругости. Алюминий немного тверже олова. Магнитными свойствами он не обладает. Хорошо входит в соединение с кислородом и хлором. Коэффициент линейного расши-

рения 0,0000222. Теплоемкость 227. Скрытая теплота плавления = 100 калорий. Теплопроводность 31,33. Электропроводимость 60,5 по отношению к меди в том же объеме, а по сравнению с медью по весу — вдвое больше. Механические качества алюминия приведены в нижеследующей таблице:

Таблица I.

Механические качества алюминия.

Род алюминия	Предел упругости в кг/мм ²	Временное сопротивление в кг/см ²	Сужение площади в %
Литой	4,7	11	15
Листовой	8,6	17,3	35
Полосы	10,2	19	40
Проволока	18—20	20—45	60

Применение алюминия очень широко. Сварщики часто встречаются с этим металлом, особенно в деле постройки автомобилей, где он употребляется для изготовления корбок скоростей и дифференциалов, поршней, корпусов и т. д. За исключением изготовления корпусов он редко употребляется в чистом виде, а обычно идет в дело в виде сплава с медью, оловом, магнием и иногда цинком.

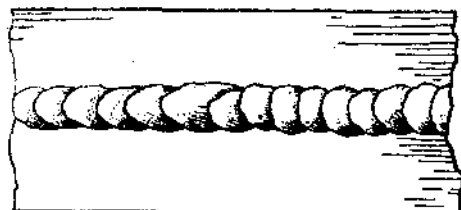


Рис. 7. Законченная алюминиевая сварка.

Точка плавления алюминия примерно на половину ниже точки плавления чугуна, а теплопроводность в три раза больше. Сжи-

маемость алюминия также больше чугуна, почему и усадка больше.

С алюминием, как и со всяким другим металлом, выполняются разные виды сварок, как например встык, внахлестку, Т-образные, и т. д. Металл этот имеет свои характерные свойства, которые требуют несколько особенной техники работы по сравнению с чугуном, сталью и другими металлами. Однако усвоить эту технику совсем нетрудно, потому что алюминий является одним из металлов, легко поддающихся сварке.

Сварка с помощью горелки применяется как для изготовления новых предметов из листового алюминия, так и для ремонта отливок из алюминиевых сплавов. Методы работы в этих обоих случаях одинаковы, но различие в физических свойствах свариваемых материалов требует внесения некоторых изменений. Отливки из алюминиевых сплавов отличаются большей хрупкостью, чем листы чистого алюминия и опасность образования трещин из-за действия расширения и сжатия в них более серьезна. Листы же чистого алюминия обыкновенно тоньше отливок и потому, в свою очередь, требуют более осторожной работы с горелкой.

Если хотят получить прочные сварки, то меры предосторожности надо принимать в отношении обоих сортов металла.

В следующих разделах главное внимание будет обращено на основные правила, которые надо соблюдать при сварках алюминия и его сплавов.

Сварочная аппаратура. Умение выбрать для каждой отдельной работы наконечник надлежащего размера практически дается только опытом. Приводимые нами таблицы являются лишь ориентировочной справкой для малоопытного сварщика, так как размер наконечника зависит помимо толщины металла главным образом от размера и очертаний подлежащего сварке предмета. Сварка большего бака из алюминия потребует применения наконечника большего размера, чем сварка полосы той же толщины, так как предмет большего размера имеет гораздо большую теплоемкость и большую поверхность излучения. Большая часть тепла, переданная свариваемым краям металла, уходит благодаря проводимости в отдаленные части предмета, где частично поглощается, поднимая температуру, а частью излучается в воздух.

Наконечник горелки должен быть такого размера, чтобы несмотря на постоянную утечку тепла он давал возможность расплавлять металл.

До некоторой степени размер наконечника зависит также от ловкости сварщика. Работающий быстро сможет употреблять больший наконечник, который однако в руках медлительного и менее опытного работника приведет к перегреву и к образованию дыр. Таблица II (стр. 22) дает приблизительные данные о размерах наконечников и давлении газа, применяемых при сварке алюминия.¹

Пламя. Лучше пользоваться водородно-кислородным пламенем, так как оно дает более равномерный нагрев. При применении этого пламени шов получается более чистый и лучшего качества, а мощность его достаточна для сварки металла толщиной до 9,5 мм. Как указано в таблице, при употреблении водорода для той же толщины листа берут наконечник большего размера, чем в случае ацетилена. Независимо от того, употребляются ли водород или ацетилен, необходимо тщательно регулировать горелку для получения нейтрального пламени. Это пламя дает лучший эффект по скорости и экономичности, а также более чистый и здоровый шов. При избытке кислорода пламя будет малое, с коротким белым конусом у отверстия наконечника горелки. Если же в избытке будет водород, то пламя получается длинное, с неровными краями и в центре не видно резко очерченного конуса.

¹ Эдгард Пентон в своей книге «Обработка алюминия и его сплавов» дает следующие мощности ацетиленовых горелок для сварки листового алюминия различных толщин:

Толщина материала в мм	Менее 0,8	0,8	1,2	1,5	2,1	3,2	4,75	6,5
Расход ацетилена в час в литрах	25	50	75	100	150	250	500	750

Таблица II.

Толщина металла		Диаметр отверстия наконечника в мм	Давление кислорода в атм.	Давление водорода в атм.
в мм	в дюймах			
Наконечники для водородно-кислородной сварки				
до 1	до $\frac{3}{64}$	1,60	0,07	0,14
1,3— 1,6	$\frac{3}{64} - \frac{1}{16}$	2,00	0,07	0,14
2,0— 2,6	$\frac{5}{64} - \frac{7}{64}$	2,35	0,14	0,28
3,2— 6	$\frac{1}{8} - \frac{1}{4}$	1,75	0,28	0,56
8,0—10	$\frac{5}{16} - \frac{3}{8}$	3,15	0,56	0,84
Наконечники для ацетилено-кислородной сварки				
		Давление ацетилена в атм.		
до 1	до $\frac{3}{64}$	0,75	0,07	0,14
1,3— 1,6	$\frac{3}{64} - \frac{1}{16}$	1,05	0,07	0,14
2,0— 2,6	$\frac{5}{64} - \frac{7}{64}$	1,30	0,56	0,40
3,2— 5	$\frac{1}{8} - \frac{13}{64}$	1,60	0,84	0,56
6— 7	$\frac{1}{4} - \frac{9}{32}$	1,90	1,40	0,56
8— 9,5	$\frac{5}{16} - \frac{3}{8}$	2,15	1,75	0,56
10—16	$\frac{13}{32} - \frac{5}{8}$	2,40	1,75	0,56

Нейтральное пламя, в котором смесь газов как раз правильная, имеет очень определенную струю или синий конус в центре большого пламени.

Пудлинговый метод сварки. Всякий алюминий покрыт тонкой пленкой окиси алюминия, которая мешает легкому соединению двух поверхностей расплавленного металла. Чтобы выполнить прочную сварку по алюминию, эту пленку окиси надо удалять. Ее можно разрушать механическим способом, движением сварочного прутка. При этом способе доводят металл до пластичного состояния, не допуская, чтобы он стал слишком жидким, отчего он получил название пудлингового. Разрушение пленки достигается тем, что сварщик, сварочным прутком или специальной палочкой (рис. 8) непрерывно шевелит ванну плавления. Таким путем, разрушая пленку и содействуя смешиванию металла, он в то же время соскабливает окись с поверхности сварки другой палочкой с лопаткой на конце. Удалить окись совер-

менно из ванны этим методом не удастся и возможно вкрапление окиси в твердеющий металл сварки, отражающееся неблагоприятно на ее прочности.

Так как окись образуется немедленно при соприкосновении анода наплавленного металла с воздухом, надо принимать меры к тому, чтобы при добавлении присадочного металла сварочный прут был погружен в расплавленный металл, во избежание излишнего окисления. Пламя горелки должно быть нейтральным. Если качество пламени вызывает сомнения, надо помнить, что слегка науглероживающее пламя может иногда применяться, но пламя примерно с таким же избытком кислорода совершенно непригодно. Надо остерегаться слишком быстро нагревать пламенем алюминиевые отливки, так как это неминуемо приведет к образованию трещин.

Сказать, что нельзя получить хорошей сварки, применяя этот метод, конечно было бы преувеличением, но неосторожно полагаться на него при серьезных работах, требующих большой прочности соединений. Слишком многое здесь зависит от умения сварщика, да и будучи медленным способом работы, он требует большого расхода газа и рабочей силы.

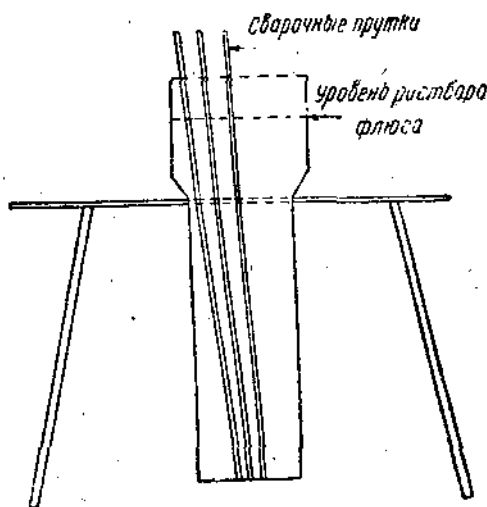


Рис. 9. Сосуд для алюминиевого флюса.

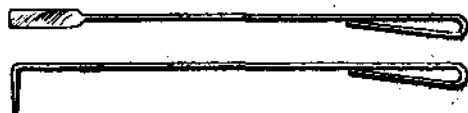


Рис. 8. Вспомогательный инструмент для пудлинговой сварки алюминия (палочка).

Способ сварки с применением флюса. Самым действительным методом удаления окиси алюминия является употребление флюса, который обладает свойством растворять окись, так что соединение металла в сварке происходит беспрепятственно. Хороший флюс для сварки алюминия должен обладать следующими качествами.

1. Он должен плавиться при температуре ниже точки плавления алюминия.

2. В расплавленном состоянии он должен обладать свойством очень быстро растворять окись алюминия.

3. Растворяющее свойство флюса должно быть достаточно сильным, чтобы растворить все количество окиси, которое может оказаться.

4. Удельный вес расплавленного флюса с растворенной в нем окисью должен быть меньше удельного веса расплавленного алюминия, причем разница должна быть достаточной для того, чтобы флюс быстро и легко поднимался на поверхность расплавленного металла, удаляя тем самым окись из сварки.

5. Флюс не должен изменять своих свойств при применяемых в сварке температурах.

6. Он не должен портиться со временем и слишком сильно распускаться.

Флюс рекомендуется употреблять, смачивая его водой до состояния жидкой пасты. Для хранения флюса очень удобный сосуд можно сделать из куска 3-дюймовой трубы (рис. 9). Делают также сосуды для флюса из алюминия, латуни или стекла. Железо из-за химической реакции с флюсом не подходит. Необходимый на день запас флюса надо приготовить каждое утро. Если некоторое количество разведенного флюса останется на ночь неизрасходованным, то утром надо его хорошо перемешать, так как от хранения образуются комки, и флюс частично кристаллизуется. Флюс изготавливается слегка гигроскопичным, чтобы предохранять его от выдувания на шов впереди горелки. Вследствие этой небольшой гигроскопичности сухой флюс, будучи подвержен действию атмосферного воздуха, может испортиться. Если сосуд с флюсом держать плотно закрытым, флюс долго сохраняется.

Когда сварку производят с присадочным металлом, флюс добавляют, окуная в его раствор сварочную проволоку, а при работе без присадочного металла это производят с помощью маленькой кисти.

Такими способами флюс добавляется к сварке в надлежащем количестве, во-время и куда нужно. (См. «Флюсы — I ч., стр. 191.)

Сварочные прутки. Выбор подходящих сварочных прутков крайне важен. Употребление сварочных прутков или питающих палочек необходимо для всех родов сварок, за исключением самых тонких листов. Чистый торговый алюминий и сплав алюминия с марганцем следует сваривать с прутками из чистого алюминия. Для сварки твердых сплавов алюминия рекомендуются прутки с 5% содержания кремния. Однако, если дать возможность свободно проявляться действию растяжения и сжатия металла, то отличные результаты можно получить, употребляя сварочные прутья того же состава, как и свариваемый сплав. Сплав алюминия с кремнием сравнительно мало сжимается при затвердевании и, имея точку плавления ниже, чем у основного металла, остается дольше в расплавленном состоянии, заполняя собой пустоты, образующиеся от усадки основного металла при затвердевании.

Благодаря этому напряжение от сжатия, которое могло бы вызвать в основном металле зачаточные трещины, переносит свое действие на добавляемый к сварке металл. Этот металл, не становясь хрупким от нагрева, благодаря сохранению им вязкости почти до самой точки плавления, обладает достаточной силой сопротивления при этой температуре и выдержит действие напряжения, не дав трещин. В одном отношении надо только быть осторожным при употреблении прутков с 5% кремния—а именно в тех случаях, когда предполагают подвергнуть сваренные предметы последующему нагреванию при высокой температуре, так называемому «отпуску». Надо иметь в виду, что указанное количество кремния понижает предел безопасной температуры нагрева сплавов. Во всяком случае и при употреблении прутков с 5% кремния будет безопасно пользоваться температурой нагрева примерно до 504° Ц, независимо от того, будет ли это чистый металл или сплав меди с алюминием.

В таблице III даны размеры сварочных прутков и проволоки для алюминия и алюминиевых сплавов.¹

Таблица III.

Размеры сварочных прутков и проволоки для алюминия и алюминиевых сплавов.

Толщина свариваемого материала	Диаметр сварочной проволоки	Толщина свариваемого материала	Диаметр сварочной проволоки
в миллиметрах			
До 1,2	2,5	От 3,25 до 4,0	4,0
От 1,2 до 1,6	2,75	» 4,0 » 5,5	4,5
» 1,6 » 2,0	3,0	» 5,5 » 6,5	5,0
» 2,0 » 2,75	3,25	» 6,5 » 7,5	5,5
» 2,75 » 3,25	3,75		

Подготовка кромок. У тонких листов алюминия (0,8 мм и тоньше) при подготовке к сварке обычно загибают кромки, как показано на рис. 10. Высота загиба должна быть примерно равна толщине листа или немного больше. Соединение делается путем сближения и сваривания противолежащих краев. Сварочная проволока для этой работы не требуется. Скашивать кромки у тонких листов нет надобности.

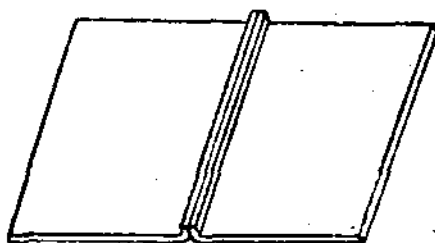


Рис. 10. Листы алюминия с загнутыми для сварки кромками.

У более толстого листа можно сделать скашивание кромок, как это делается со стальными пластинами. Однако легче получить проварку, произведя вместо этой подготовки прорезывание кромок листа, как показано на рис. 11 и 12. Край листов прорезывают насквозь, делая прорезы длиной в толщину металла или больше примерно на 5—8 мм. Край при сварке прикладываются плотно встык. Флюс при такой подготовке оказывает свое действие по всей толщине металла, и вместе с тем получается экономия на сварочных прутках. Меньше шансов «прожечь насквозь» и прорезы действуют как малые расширительные швы, сводя местное искривление к минимуму.

Особо осторожно и тщательно надо готовить к сварке край алюминиевых отливок, которые могут быть случайно пористыми и загрязненными маслом.

¹ Рекомендуемый размер сварочных палочек техническими условиями СССР на поставку авто- и авиаматериалов несколько меньший:

Толщина свариваемого материала в мм ...	менее 1,5	1,5—3,0	3,0—5,0	5,0—6,0	6,0—10,0	10,0—12,5	12,5—20,0	20 и выше
Диаметр сварочной палочки в мм ...	2,0	2,3	2,75	3,0	4,75	5,5	6,5	8,0

Если это масло не удалить, оно образует в сварке пустоты. Для удаления масла и жира без остатка следует до начала сварки хорошо нагреть края. Пожалуй лучшими средствами очистки являются бензин и проволочная щетка. Такой щеткой надо очистить не только свариваемые края, но и прилегающую к ним часть металла с верхней и нижней стороны, а потом обмыть их керосином.

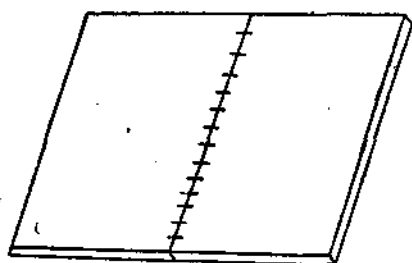


Рис. 11. Подготовка к сварке алюминиевых листов просечкой кромок (двойной).

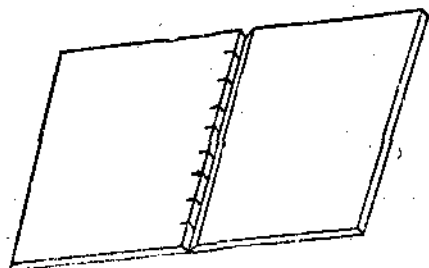


Рис. 12. Подготовка к сварке просечкой и скашиванием.

Предварительное нагревание. Алюминиевые листы толщиной в 0,5 мм и больше необходимо до сварки подвергать предварительному нагреванию. Это нагревание сократит расход кислорода и ацетилена до количества, действительно требующегося для плавления шва. Кроме того нагревание поможет предупредить искривление. Если соединяемый металл на некотором расстоянии по обеим сторонам шва поддерживать немного ниже точки плавления, то при действии пламени горелки в какой-либо точке, добавочное расширение в ней будет незначительным и не сможет вызвать искривлений.

Однако нагревание следует производить осторожно, особенно в отливках, имеющих укрепляющие ребра, которые, препятствуя свободному расширению частей, могут вызвать появление трещин уже во время этого процесса.

Нагревание всего предмета не всегда возможно и в таких случаях прибегают к местному нагреву. Если нагревание производить равномерно и постепенно, а при сварке хорошо предохранять предмет от усадки, то опасность образования трещин от расширения будет незначительна.

Типичным примером работы, требующей предварительного нагрева, является разбитая алюминиевая коробка скоростей. Прежде всего коробку эту основательно чистят и ставят на место разбитые части с таким расчетом, чтобы подлежащие сварке трещины были расположены в горизонтальной плоскости. Вокруг отливки складывают из кирпича печь, не употребляя раствора извести. В печь засыпают в небольшом количестве древесный уголь, располагая его у стенок. Угля должно быть достаточно для нагревания отливки до соответствующей температуры за время примерно в 30 минут.

Важно следить за огнем, ведя нагрев отливки постепенно при средней температуре. Высший предел нагрева 455°C .

Для определения правильной температуры сварки имеется два следующих практических приема.

1. Холодный алюминий издает металлический звук, который становится глуше по мере повышения температуры. При температуре, требующейся для сварки, звук этот уже теряет характер металлического звука.

2. Отливка должна быть нагрета настолько, чтобы при трении по ней основной щепкой оставался только след обугливания. В этом состоянии алюминий уже крайне хрупок и требует большой осторожности в обращении.

Приобретя опыт работы с алюминием, сварщик должен уметь производить в некоторых случаях предварительное нагревание керосиновой или газовой горелкой низкой температуры. С этим приспособлением делают местное нагревание вдоль трещины перед самым сварочным пламенем, чтобы сварочный жар уже не производил слишком резкого повышения температуры, сопровождаемого образованием новых трещин.

Устройство подкладок. Подкладки под свариваемый предмет надо располагать так, чтобы нижняя сторона шва оставалась свободной. Тогда наплавляемый при сварке металл может на нижней поверхности соединения образовывать некоторую выпуклость (в случае надобности ее легко можно впоследствии удалить).

Хорошей подкладкой может служить лист асбеста, который следует до употребления прогреть для удаления влаги.

Нет опасности проваливания металла при сварке, когда работа ведется и без подкладок с нижней стороны, разве только что сварочный шов исключительно широк или металл слишком большой толщины или наконец плавку ведут слишком глубоко.

Целесообразно иногда для поддержки краев в надлежащем друг к другу положении прибегать к пользованию направляющими шаблонами. Тщательное изучение дела расчета и конструкции шаблонов и подкладок хорошо окупится в тех предприятиях, где сварки производятся в большом количестве.

Расширение и сжатие. Коэффициент расширения представляет собою увеличение единицы длины при повышении температуры на 1° по Цельсию. Он различен для разных металлов и повышается с ростом температуры. Коэффициент расширения алюминия примерно вдвое больше коэффициента расширения железа и на 50% больше коэффициента расширения меди. Нагрев до 100° Ц полосы алюминия, железа и меди, все равной длины в 10 м, мы увидим, что железная полоса увеличится в длине на 11,5 мм, медная на 16,5 мм и алюминиевая на 23,8 мм. В дополнение к производимому этим расширением изменению в объеме или протяжении предмета мы тут видим действие производящей этот рост непреодолимой силы природы. Если мы станем прогревать свободно уместившуюся между двумя неподвижно укрепленными опорами полосу металла, она согнется из-за стремления удлиниться. Расширение действует во всех направлениях. Когда встретятся препятствия к увеличению длины полосы, она, изменяя объем, не станет только толще подобно резине, но будет расти и в длину. Силы, производящие это расширение, нельзя устранить. Поэтому при явлениях расширения металла от нагрева мы должны считаться как с новыми размерами, так и с вызывающими эти изменения большими силами. Обратные явления происходят при охлаждении и сжатии металла.

Алюминий, медь и железо плавятся при разных температурах: Алюминий при 658°C , медь при $1\,083^{\circ}\text{C}$ и чистое железо при $1\,520^{\circ}\text{C}$. Если взять три полосы станем нагревать до точек их плавления, то первой расплавится алюминиевая полоса. Поэтому надо принимать в расчет не только коэффициент расширения, но и изменение температуры, так как действие этих обоих факторов определяет общую величину расширения.

В вышеописанном случае мы имеем в виду равномерное нагревание металла. Однако при сварке плавлением это нагревание производят подводом горелки к какому-нибудь одному месту, так что равномерного нагрева всего предмета не будет. Когда поднесем горелку к середине листа алюминия, он нагреется здесь, равно как и металл вокруг центрального пространства. Но по мере удаления от середины нагрев, как и проявление сил расширения, будет меньше. В виду расширения металла соответственно нагреву, середина будет больше увеличиваться, чем окружающее ее пространство. Такое расширение будет возможно только при условии образования в листе выпуклости. Если лист вполне плоский и имел однообразную температуру во всех частях до нагрева горелкой, выпуклость будет больше по направлению к месту действия пламени. Лист не вогнется в сторону от пламени, так как наиболее нагретой будет ближайшая к пламени поверхность. Поскольку же постепенное понижение нагрева устанавливается и сквозь толщу листа, верхняя поверхность его расширится больше чем нижняя и лист должен выгнуться в сторону пламени. Это обстоятельство играет очень существенную роль в сварке листов, так как выгибание и коробление листов вызывает больше всего трудностей и хлопот. После окончания сварки все тепло, которое было введено в работу, должно быть рассеяно. Описанные выше процессы будут происходить в обратном порядке; другими словами, где раньше происходило расширение, там будет теперь сжатие, и как изменения объема, так и действующие теперь силы теоретически количественно будут те же, но только обратного порядка. Учитывая это, надо принимать меры к тому, чтобы на практике результат действия сил в противоположных направлениях составлял нуль. Если размеры подвергнутого сварке предмета не могут стать снова первоначальными, работа даст искривления и сварка испытает сильные напряжения. При охлаждении до нормальной температуры сварной шов мешает металлу вернуться к его первоначальному объему. Это естественное явление, но поддающееся устранению, но что касается производимых расширением и сжатием выгибаний и искривлений, то их можно свести к минимуму, ограничив место их проявления и до некоторой степени управляя ими.

Затруднения, вызываемые сжатием при охлаждении, становятся больше, если нагревание сильно локализовано. Поэтому не следует без достаточных знаний и опыта браться за ремонт алюминиевых отливок, в которых опасность появления трещин особенно велика из-за хрупкости нагретого металла.

Самоуверенные любители уничтожили много ценных отливок неумелым ремонтом, в то время как специалист своего дела может восстановить совсем заново коробку скоростей из многочисленных частей, годных казалось бы только для отправки в лом.

Работа горелкой. Главным отличием процесса сварки алюминия от сварки стали является темп работы. Здесь требуется гораздо большая скорость, чем со сталью и движения горелки вдоль шва должны становиться быстрее по мере увеличения нагрева металла.

Сварочный пруток держат свободно между пальцами левой руки, на одной прямой линии с линией сварки. Пламя горелки направляется центрированно, так что оно одновременно расплавляет оба края свариваемого листа, а также и конец прутка. Надо равномерно нагревать обе стороны сварки, чтобы края плавились в один и тот же момент, иначе шов будет неправильным. При начале работы весьма важно, чтобы оба края дошли до плавки раньше, чем расплавится какое-либо количество присадочного металла. Сварщик быстро научается определять момент, когда можно начать наплавлять шов. Рекомендуется держать горелку под углом около 30° с поверхности листа, так как это предохранит от слишком быстрой плавки металла в ограниченном пространстве и не даст образоваться прожогам в листе. При таком положении горелки наружная зона пламени будет охватывать металл далеко впереди точки сваривания, ускоряя тем продвижение сварки. Надо принимать меры, чтобы сварка проникала через всю толщину листа. Горелку не следует задерживать на одном месте до образования в листе отверстия от проплавки, ни в коем случае не допуская соприкосновения внутреннего конуса пламени с металлом листа. Сварщик должен тщательно следить за признаками плавки и совершенно сплавлять присадочный металл с основным металлом листа.

Определить точку плавления по цвету металла невозможно, так как на всем протяжении шкалы нагрева, применяемой в сварке, алюминий цвета не меняет. Дело в том, что он не накаляется докрасна, а сохраняет и в жидком состоянии свой характерный серебристый цвет.

Сварка чистого алюминия торгового качества. Части до сварки собираются вместе примерно так же, как и при сварке стальных листов той же толщины. Длинные швы следуют сваривать постепенно от одного конца к другому с промежутками в 8—10 см, чтобы предупредить перекрытие кромок одна другою. Прерывистая сварка точками дает некрасивый шов и может вызвать образование трещин.

Пламя горелки после прихватки направляется на обе кромки соединяемых частей, заставляя их плавиться одновременно. Окись удаляется флюсом. Расплавленные кромки сливаются, образуя соединение. В каждый данный момент работы плавят только небольшую часть металла, так что поверхностным натяжением расплавленный металл удерживается от вытекания. Сварщик быстро подвигается вперед вдоль шва, причем расплавляющиеся под горелкой кромки почти сразу затвердевают после ее прохода. Когда, при сваривании длинных швов, начинается выгибание металла от расширения и сжатия, надо выправить выгиб проковкой до продвижения сварки дальше. При употреблении сварочного прутка конец его следует держать в пламени близко к основному металлу. Металл от прутка вплавляется в сварку пламенем, так как один нагрев в ванне плавления недостаточен для плавки прутка. Сварщик должен вести работу так, чтобы обеспечить полное сплавление присадочного металла с основным. Наплавку надо делать на 1,5—3 мм выше поверхности основного металла. Сварку

надо закончить как только можно быстрее, пользуясь пламенем наименьшего размера.

Когда соединение закончено, каждая часть шва прошла через плавку и затвердевание, следовательно металлы в сварке стал литым. Когда имеешь дело с твердым прокатанным листом алюминия, то зоны по обе стороны от сварки обычно представляют собой самую слабую часть металла.

Для укрепления слабой литой структуры можно увеличить толщину самой сварки наплавкой от сварочного прутка. Однако подвергнутые накали зоны по обеим сторонам сварки независимо от первоначального отпуска дадут прочность на разрыв примерно в 980 кг/см².

Сварка листов из сплава. Простые сплавы свариваются так же легко, как чистый торговый сорт алюминия, с соблюдением тех же условий в работе.

После сварки прокатанные твердые листы имеют три зоны.

- 1) Литой металл самого сварного шва.
- 2) Смежные со сварным швом места с отожденным металлом.
- 3) Отдаленные части металла, не тронутые нагревом сваривания.

Имея дело с подвергнутыми горячей обработке сплавами, можно рассчитывать, что путем прогрева после сварки всего предмета можно восстановить первоначальную прочность металла. Однако в условиях отливки сплавы значительно труднее поддаются горячей обработке, чем основной металл. Поэтому в то время, как частично отожденные зоны с обеих сторон сварки будут поддаваться горячей обработке, литой металл самого сварного шва будет затронут гораздо меньше.

Сварка дуралюминия. Дуралюминий в нагретом состоянии отличается большой хрупкостью и потому сварку его надо вести крайне осторожно, принимая меры против последствий напряжений сжатия металла. Напряжения эти можно свести к минимуму предварительным прогревом, а если произвести этот прогрев невозможно, то надо вести сборку частей, подлежащих сварке, в такой последовательности, чтобы металл, прилегающий к сварке, мог свободно сжиматься, не передавая самой сварке излишних напряжений.

Один из лучших способов предупреждать образование трещин в сварке от напряжений сжатия — это употреблять сварочные прутки с содержанием 5% кремния. Как раньше указывалось, этот сплав имеет более низкую точку плавления, чем дуралюминий, так что остается в расплавленном состоянии после того, как основной сплав уже затвердел. Благодаря этому присадочный сплав заполнит пустоты, образовавшиеся от сжатия основного металла при затвердевании. Кроме того вызванные сжатием силы напряжения переносят свое действие с основного металла на присадочный, который, не будучи хрупким, выдерживает это напряжение, не образуя трещин.

Сварка отливок. Приступая к сварке разбитой алюминиевой отливки, надо сначала тщательно очистить ее, удалив с помощью проволочной щетки и бензина всякие следы масла, жира и грязи. Затем обрубить кромки трещины или вырезать V-образную канавку, если отливка имеет очень толстые стенки. Если часть отливки совсем отломана, ее надо поставить на свое место, закрепив обвязкой тонкими полосами железа с подходящими скрепами. При этом скрепы надо поставить так, чтобы они не вызвали напряжения в какой-либо части отливки, осо-

башно, если стенки тонкие, так как в этом случае хрупкий около точки плавления металл будет обламываться. Отливку надо подвергать предварительному прогреву, особенно если она большого размера.

Многие умелые сварщики могут выполнять отличные сварки отливок и без предварительного прогрева, но это дается только после большой выучки и опыта.

Если предназначенная к сварке отливка имеет небольшой размер, а также в тех случаях, когда сварку надо сделать недалеко от ее краев, в части с тонкими стенками, пламя горелки надо направлять на предмет так, чтобы предварительно нагреть место сварки. Холодный алюминий надо нагревать постепенно. Быстрый нагрев вызовет трещины в металле около пламени. После надлежащего прогрева отливки делают прихватку. Затем производят самую сварку, начиная ее от середины трещины по направлению к краям. Добавление присадочного металла производят, держа конец прутка в пламени вблизи основного металла. В отличие от сварочной практики по стали и чугуну, присадочный металл наплавляется пламенем, так как жар сварочной ванны алюминия не расплавит. Когда несколько капель присадочного металла будут расплавлены, их вводят движением прутка в ванну. Почти свободно двигая горелкой с наконечником на расстоянии около 5 см от металла, надо стараться довести новый жидкий металл до основания трещины.

Закончив сварку, отливку прокаливают, добавив в печь четыре или пять пригоршней древесного угля и покрыв ее листом асбеста. Потом дают углю постепенно выгореть, охлаждая отливку в печи.

При заделке дыр в отливках, прогрев в печи не требуется. Обрабатываемую часть подвергают местному нагреву, обводя горелкой края отверстия.

Необходимо предварительно обравнять эти края для облегчения работы горелки. Когда приходится заделывать пустоты, поверхность их надо предварительно тщательно очистить, чтобы она представляла собой только чистый металл. Операция аналогична подготовке зуба к пломбированию.

Присадочный металл при сварке отливок и заделке отверстий лучше употреблять того же состава, как и материал отливки. Однако, имея дело со сложными отливками, где возможны сильные напряжения металла от расширения и сжатия, лучше употреблять прутки с 5% кремния.

При сварке алюминиевых отливок употребляется тот же самый флюс, как и для листового алюминия. Но можно также сваривать по способу «шудлингования», хотя шов при этом получается более слабый из-за вкрапления окиси. Флюс же заставляет окись всплывать на поверхность и дает крепкую и чистую сварку.

Отделка. Когда сварка закончена и предмет успел остыть, его тщательно обмывают для удаления всех следов флюса. Если флюс оставить на поверхности сварки, он вызовет разъедание металла. Поэтому весьма важно быть уверенным, что всякие следы флюса удалены, особенно если законченная работа будет еще окрашиваться. Для удаления флюса недостаточна чистка водой и щеткой, так как он может остаться в складках или трещинах, до которых не всегда легко добраться.

Более действительным является способ удаления флюса струей пара,

если пустить эту струю на сваренное соединение. Когда в заключение отделки применяют еще пескоструйный аппарат, надо делать очистку струей пара до и после работы этого аппарата. Одним из самых действительных способов удаления флюса является обмывание горячим 2% раствором азотной кислоты или теплым 10% раствором серной кислоты. Можно удалить флюс весьма действительным образом, погрузив сначала сваренный предмет примерно на 3 минуты в горячую воду, не переставая щеткой чистить шов в это время. Затем его переносят на время 3 — 5 минут в бак с раствором кислоты, после чего снова в промывной бак с водой и наконец тщательно ополаскивают горячей водой. Обмытые предметы небольшого размера сушат в опилках.

Алюминиевые сварки очень часто совсем не отделяют после выполнения, особенно если имеют дело с тонкими листами, на которых сварка и так обыкновенно имеет красивый вид. При желании можно сделать сварку совсем незаметной, сточив излишки металла и отполировав ее поверхность.

Сварка алюминия в конструкциях воздушного флота. Проектировщики и конструктора воздушного флота не очень благосклонно относятся к соединению сваркой алюминиевых частей. Однако, такие соединения делаются например на бензиновых баках емкостью в 425 л, изготовляемых из тонких листов алюминия. Стенки скрепляют заклепками, головки которых для устранения возможности течи обваривают горелкой с наружной стороны бака. Все швы и соединения в корпусе баков свариваются горелкой. После сварки обмывают бак теплой водой для удаления большей части флюса. Затем его погружают на час в теплый 10% раствор серной кислоты, после чего в течение часа моют в проточной воде. Испытывают баки, погрузив полностью в воду и нагнетая в них воздух посредством шланга от воздушной магистрали. Всплывающие на поверхность пузыри воздуха будут указывать имеющиеся пропуски. Давление измеряют ртутным столбом, так как манометры недостаточно точны для таких давлений.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

СВАРКА СТАЛИ (ЖЕЛЕЗА) И ЧУГУНА.

Сварка стали. О важности надлежащей регулировки пламени при сварке стали не приходится особо говорить. Многим, особенно новичкам, кажется, что сталь легче всего поддается сварке. На самом деле овладеть техникой этой сварки весьма трудно. Так как при сварке стали можно наплавкой утолщать соединение для большей прочности, новичок почти всегда сделает посредственную сварку, но то, что сварка держится, еще не является показателем хорошей работы.

Даже лучшая сварка стали представляет собой не что иное, как отливку, а потому и прочность ее на разрыв и удлинение обыкновенно бывают меньше, чем у прокатанной или тянутой стали. В самой лучшей сварном шве мы не будем иметь 100% первоначальной прочности и удлинения (за исключением очень низкосортной стали и отливок).

При сварке стали надо соблюдать ряд правил, из которых отметим следующие:

1. Употреблять только правильно отрегулированное пламя.

2. Сваривать, прикасаясь к металлу темной (неяркой) частью пламени.

3. Расплавлять сталь только один раз или же насколько возможно меньше раз.

4. Держать сталь в расплавленном состоянии возможно короткое время.

5. При наплавке присадочного металла держать пруток, прикасаясь к сварочной ванне.

6. Нагревать металл лишь в такой степени, сколько нужно для сварки, так как более сильное нагревание действует разрушительно и вместе с тем оно бесполезно.

Если эти указания будут соблюдены, можно рассчитывать на хорошую сварку.

Многие сварщики, особенно из тех, которые обучались своему делу в первые годы появления сварки, склонны давать горелке круговые или полукруглые движения, особенно когда выполняют широкую сварку в треснувшем месте или шов в баке. Значительно лучше сравнительно спокойно держать горелку, а двигать сварочный пруток. Качательные движения пламени к расплавленной стали и от нее обязательно приведут к соприкосновению металла с кислородом воздуха, вызывая разрушительно действующее окисление. Выучиться двигать пруток вместо горелки нетрудно, а результаты будут несравненно лучшие. В мелких работах расплавленный металл не подвергается действию воздуха при качательных движениях горелки, так что неблагоприятных последствий они не вызывают.

Не следует допускать выдувания пламенем расплавленной стали из ванны на прилегающие части нерасплавленного металла. От этого в сварном шве могут получиться настыли. Надо регулировать пламя так, чтобы получалось слабо дующее мягкое, а не порывистое пламя. Лучшие результаты дает большой наконечник со слабо дующим пламенем газов низкого давления, чем маленький наконечник и резко дующее пламя газов высокого давления.

Хорошая сварка по стали должна быть такой же мягкой, как основной металл, или чуть тверже, иметь вязкость немного меньше, а способность противостоять сильным напряжениям больше, чем у неподвергавшейся сварке части. При изготовлении образцов поперечного сечения сварного шва для установления ее качества разрез производят поперек через сварку и затем хорошо полируют. Полировку производят напильником или наждачным полотном и заканчивают полировкой на круге. Если круга под рукой нет, можно получить хороший шлиф и с помощью очень тонкого наждачного полотна. После полировки надо поверхность покрыть следующим раствором: воды 75%, иодистого кали 15% и йода 10%. Результаты обыкновенно через короткое время станут ясны, после чего образец основательно обмывают.

Если необходимо образец сохранить, его надо хорошо просушить и покрыть лаком.

Сварка чугуна. Чугун, который из всех торговых металлов легче всего поддается газовой сварке, считали одно время самым трудным металлом для подобной обработки. Еще в 1918 году многие сварщики считали практически невозможным успешно сваривать чугун, не делая сварку твердой, хрупкой и непригодной для обработки. На самом

деле граница сварки в отливке может быть ничуть не хуже, а возможно и лучше первоначального металла отливки. Поскольку и присадочный и основной металл являются литыми металлами, нет причин для неуспеха сварки, если соблюдены надлежащие меры предосторожности. Наиболее часто встречающимся недостатком чугунных сварок является то, что наплавленный металл тверд, кремнист и не поддается обработке.

Для получения хорошей сварки надо употреблять присадочный металл высокого качества, правильно вести горелку и надлежащим образом производить последующее охлаждение.

Составным элементом в чугун входит углерод, который может находиться в состоянии раствора в основной массе (белый чугун) или находиться в свободном состоянии в виде молекулярного графита (серый чугун).

Белый чугун чрезвычайно тверд и трудно поддается обработке как режущими инструментами, так и пламенем горелки. Серый чугун поддается обработке легко.

Независимо от того, будет ли отливка белого или серого чугуна, правильно наплавленный металл всегда должен представлять собой серый чугун. Для достижения такого результата надо выбрать сварочный пруток надлежащего качества, правильно вести горелку и по окончании сварки сделать надлежащим образом охлаждение. Если допустить быстрое охлаждение сварки, то получим твердую и практически не поддающуюся обработке поверхность — белый чугун. Прогрев по окончании сварки и постепенное охлаждение дают противоположный эффект.

Уже давно известно, что кремний, будучи добавлен в сварочную ванну, приводит к увеличению содержания свободного углерода в виде графита и таким образом способствует образованию серого чугуна.

С другой стороны добавление марганца способствует образованию белого чугуна.

Указанные положения не должны однако причинять беспокойства сварщикам, так как в настоящее время изготавливаются специальные готовые прутки для сварки всех видов чугуна.

Белый чугун плавится при температуре от 1050 до 1135° Ц, а серый чугун — при температуре от 1220 до 1530° Ц.

Подготовка сварки. Успех сварки на половину зависит от ее подготовки и от выбора подходящего сварочного металла. Когда части, подлежащие сварке, толще 6 мм, следует всегда скашивать линию сварки под углом около 45°. Если свариваемые части могут выдерживать сотрясения, рекомендуется делать скашивание с помощью пневматического зубила. Опытные рабочие часто выжигают V-образную канавку для сварки при помощи газовой горелки.

Когда приняты все меры к тому, чтобы пламя, употребляемое для скашивания кромок, было нейтральным, практика выжигания дает хорошие результаты. Большинство сварщиков стремятся ускорить операцию скашивания кромок, употребляя пламя с избытком кислорода. Это очень вредно для работы, так как в сварном шве образуется шлак, который будет впоследствии всплывать на поверхность ванны. Поэтому надо при выжигании V-образной канавки принимать решительные меры, чтобы пламя было нейтральным.

Производя нейтральным пламенем выжигание, одновременно этим

очистим металл от жира и масла. Чугун, будучи пористым, впитывает масло и жир, и когда металл подвергается сварке, масло образует газ, который выделяясь оставит в сварочном соединении пустоты, сильно его ослабляя. Поэтому до начала сварочной операции надо тщательно удалять жир и масло.

Столь же важным, как подготовка сварки является предварительный подогрев частей, предназначенных к сварке. Предварительный подогрев необходим, когда отливка такова, что внезапное нагревание в какой-нибудь одной части вызовет деформацию, или если расширение и сжатие металла не может свободно проявляться. При сваривании автомобильных цилиндров, малых цилиндров насосов и других предметов с цилиндрическими поверхностями, части после основательной чистки и снашивания кромок должны быть нагреты. Нагрев до $260 - 315^{\circ}\text{C}$ считается достаточным. Если вокруг предназначенного к сварке предмета складывают печь, то надо позаботиться, чтобы пламя не ударило непосредственно в отливку, особенно если еще это пламя под давлением. Надо направлять пламя так, чтобы постепенно и равномерно нагревать отливку и довести все ее части одновременно до одной и той же температуры.

Подогревающее пламя надо регулировать так, чтобы лучистая теплота при самой сварочной операции не вызвала деформации отливки от чрезмерного нагрева одной какой-нибудь части.

Правильное ведение предварительного подогрева требует от сварщика знаний и большого опыта. Так некоторые операции нужно подвергать лишь самому слабому подогреву, в то время как другие — предельному. Но следует всегда помнить, что излишне сильно нагретые части будут деформироваться.

Выбор подходящего прутка присадочного металла. Надо быть очень внимательным при выборе присадочного металла. Всегда следует брать наилучший металл. Грязный низкосортный присадочный металл ведет к излишнему расходу газов и времени и дает сварку низкого качества, несмотря на опытность сварщика.

Так как сварочное пламя активно действует на содержащиеся в прутке углерод и кремний, выжигая некоторый процент того и другого, необходимо особое внимание обращать на количественное содержание в прутке этих элементов. Оно должно быть сравнительно высоко. Лучшими прутками являются прутки без посторонних примесей и с большим содержанием кремния.

Выбор наконечника надлежащего размера. Надо уверенно выбирать достаточно мощный наконечник. Мы подчеркиваем «достаточно мощный» потому, что замечается стремление применять недостаточно мощный наконечник и затем стараться его перегружать, форсируя работу. Это плохая практика, так как вызывает обратные удары и вместе с тем концентрирует нагрев на столь малом пространстве, что он слишком быстро рассеивается, производя резкое охлаждение сварного шва и делая его мало пригодным для последующей обработки. При малом наконечнике также будет трудно следить за металлом, находящимся уже в расплавленном состоянии, когда форсированное пламя будет его выдувать на холодные части сварного шва, ухудшая качество последнего. Пользуясь же наконечником достаточно большого размера, нетрудно будет следить за металлом в расплавленном состоянии.

Регулирование сварочного пламени. Прежде всего следует внимательно проверить, что пламя нейтрально. Если есть избыток кислорода, значит будут пленки окиси и частицы шлака, при избытке ацетилена — пузыристость и науглероживание. Шов будет ослаблен в обоих случаях. При избытке ацетилена металл в расплавленном состоянии его поглощает, а затем при охлаждении этот избыточный газ выделяется, образуя пузыристый сварной шов. Происходит то же, с чем мы сталкиваемся, когда свариваемые части не очищены от масла и жира.

Процесс сварки. Прогрев отливку или часть до надлежащей температуры, надо приблизить пламя к основанию V-образной канавки и уверенно начинать плавку ее основания, одновременно нагревая стороны скосов канавки до точки плавления. Затем следует ввести прутки присадочного металла, разрушая им пленку окиси и извлекая посторонние примеси. Надо всегда удалять из основания сварного шва все шлаки и грязь, выгоняя их, если возможно, на поверхность шва. Не следует выбрасывать шлаки на края, оставляя их там, так как это приведет к образованию твердых комков, не поддающихся механической обработке. Удалив примеси, надо расплавить металл краев канавки.

Пламя не следует задерживать на одном месте дольше чем требуется, так как этим можно уничтожить некоторые свойства металла, которых не восстановить. Некоторое пространство по обеим сторонам границы сварки надо держать под высокой температурой, чтобы процесс охлаждения не шел слишком быстро. Не следует употреблять флюс в большом количестве, чем нужно. Флюс только должен помочь разрушить пленку окиси и растворить примеси.

Процесс охлаждения. Сделать сварки пригодными для последующей механической обработки задача гораздо более сложная, чем думает большинство сварщиков. Если данные выше указания соблюдены, то единственной причиной твердой сварки может быть быстрое охлаждение.

Неравномерное быстрое охлаждение делает сварку твердой, вызовет деформации и приведет к образованию трещин в хорошо казалось бы сваренных отливках.

Прежде чем начинать охлаждение, надо, если только возможно, нагреть сварной шов и смежные с ним места до 500° Ц.

Когда охлаждение выполненной сварочной работы будет проведено постепенно и равномерно, не будет оснований опасаться, что сварка окажется не поддающейся обработке. Затруднений с деформацией и трещинами также не будет. Чем медленнее и равномернее будет охлаждение отливки, тем больше произведенная сварка будет похожа на первоначальный основной металл.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

СВАРКА МОНЕЛЬ-МЕТАЛЛА.

Общие условия сварки. Под именем монель-металла известен сплав меди и никкеля. Обычное содержание меди от 24 до 28% и никкеля от 67 до 74%, остальное приходится на долю железа (до 5,25%). Точка плавления монель-металла 1360°Ц. — Разрывное усилие около 5 000 кг/см², удлинение 30% — для литого монель-металла; для тянутого

соответственно 6 000 кг/см² и 40%. Монель-металл куется при нагреве в пределах от 600 до 900°C.

Поскольку избыток кислорода или слишком большой избыток ацетилена вредны для медных сплавов, при сварке монель-металла следует всегда пользоваться нейтральным или слегка восстановительным пламенем.

Величина пламени зависит отчасти от толщины металла, а частью от других условий.

Наконечник горелки должен быть на один или два размера больше, чем требуется для сварки стали той же толщины.

Избегайте сваривать в помещении, где имеются сквозняки, так как они сделают сварку хрупкой. Точно также надо по возможности совершенно устранить воздействие воздуха на сварку, держа сварочную горелку в таком положении, чтобы пламя охватывало поверхность сварки.

В качестве присадочного металла надо употреблять только проволоку из светлого монель-металла. Весьма важно избегать употребления какого либо флюса, кроме случаев сварки тонких листов.

Всякий сплав с большим содержанием никкеля или меди в расплавленном состоянии будет поглощать значительное количество газов, если он доступен действию воздуха. В расплавленном металле эти газы находятся в растворенном состоянии, но при затвердевании они выделяются, делая отливку пористой и губчатой. Надо плавить монель-металл с пленкой окиси на поверхности. Эта окись предохраняет металл от непосредственного действия воздуха так же хорошо, как сильный нагрев пламени, и потому ее не следует разрушать флюсом. Если случайно какую-либо часть из монель-металла окажется трудным сваривать из-за исключительно толстой пленки окиси, небольшое количество флюса поправит дело, причем надо брать признанный самым подходящим для этой цели паяльный флюс из буры.

Производя сварку, надо заканчивать ее в одном месте, прежде чем начинать в другом, т. е. не следует например варить по всей длине у основания кромки, или в других плоскостях, а прежде закончить сварку в одном месте в более высоких точках. Если такой порядок работы не соблюдается, поверхность сварного шва будет на разных уровнях охлаждаться и окисляться, делая металл пористым при повторных плавках. Все сварки из монель-металла совершенно необходимо наплавлять значительно выше поверхности основного металла.

Иногда в сварочную ванну попадают частицы грязи или посторонних веществ. Надо их выгонять на самый верх, расплавляя металл снизу так, чтобы после выполнения сварки можно было удалить шлифовкой весь появившийся шлак, оставляя самый металл нетронутым.

Монель-металл можно сваривать почти так же, как все распространенные виды металлов или сплавов. Но так как в методах сварки разных его сортов есть некоторые отличия от сварки других металлов, мы считаем необходимым дать описания этих методов.

Сварка удается только, когда металл совершенно чист, подразумевая здесь как сварочные прутки, так и кромки свариваемых частей. Полосы металла толщиной в 3 мм и больше должны быть подготовлены к сварке скашиванием кромок на 90°. Полосы, подготовленные к сварке, кладутся рядом так, чтобы они только касались (рис. 13). Работу ведут как при сварке стали, нагревая докрасна край полос на не-

большом расстоянии от V-образной канавки, прежде чем приступить к плавке. Процесс сварки ведут от левой стороны к правой на полосах в 3 мм и толще, одновременно расплавляя бока и основание и давая

всем посторонним веществам подниматься на поверхность. Сварочный пруток до ввода в сварку следует нагреть и затем не двигая плавить его под поверхностью расплавленного металла.

При сварке надо избегать возвращения обратно, продвигаясь все время вперед с одного конца шва к другому непрерывной сваркой и наплавляя металл на поверхность сварки. Чтобы не пережечь металл, надо остерегаться сосредоточивать пламя на одном месте даже на самое короткое время.

Чтобы обеспечить полную проварку надо хорошо расплавить основание V-образной фаски. При сварке с двусторонней фаской (X-об-

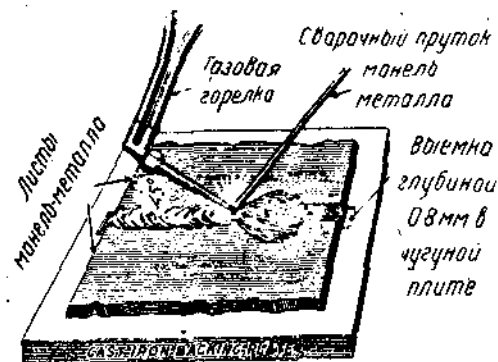


Рис. 13. Сварка полос монель-металла.

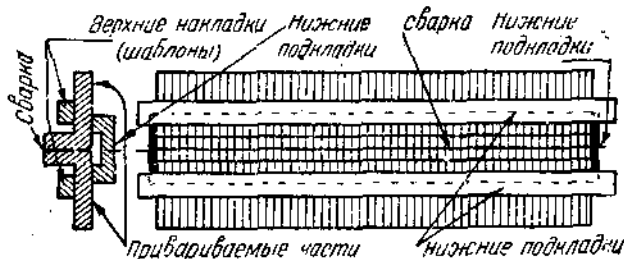


Рис. 14. Сварка тонких листов монель-металла.

разной) работу со второй стороны не следует начинать, не нагрет предварительно всей части до тускло-красного цвета.

Законченной сварке дают остыть постепенно. У сварки монель-металла поверхность очень шероховатая, но это не следует принимать за признак ее крепости. Поскольку металл в сварке литой, нельзя ожидать, чтобы шов был по прочности равен металлу, не подвергнутому сварке. Хорошее сварное соединение из монель-металла может дать на разрыв 3 200 — 3 900 кг/см². Такие сварки имеют применение для многих целей. Проковкой сварного шва в горячем состоянии эту прочность можно увеличить.

Листы. При сварке листов монель-металла надо принимать те же меры предосторожности, которые необходимы при сварке металличе-

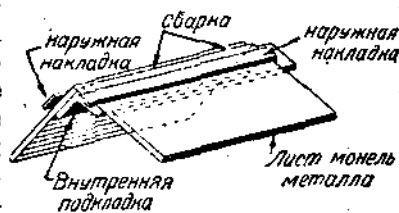


Рис. 15. Сварка листов монель-металла толщиной свыше 1,5 мм.

ских листов любого рода. Для сварки тонких листов монель-металла толщиной до 1,5 мм следует загнуть кромки не больше чем на 0,8 мм и затем уложить листы встык между прокладками (рис. 14). Надо остерегаться слишком плотно закреплять прокладки, иначе при сжа-

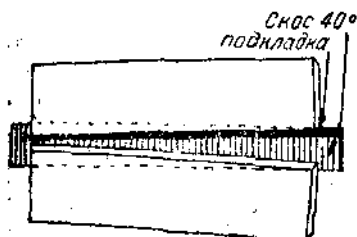


Рис. 16. При толстых листах не требуется верхней накладки, листы должны быть раздвинуты.



Рис. 17. Материал, подготовленный для сварки встык и продольным швом (толщина материала менее 1,5 мм.)

тии металла сварной шов даст трещину. Если под рукой нет прокладок, можно положить на каждую сторону шва плоскую полосу металла (рис. 15), чтобы она поглощала тепло нагрева и тем предотвратила серьезные искривления. Кромки надо прихватить вдоль шва с промежутком в 12 см.

Сваривать надо справа налево, держа горелку под углом около 45° и продвигая ее вдоль над линией шва. Пламя при этом должно быть направлено прямо на шов. Край сварочной канавки плавят в уровень с листом. Сваривать тонкие листы, в виду их малого поперечного сечения, надо возможно быстро, дабы избежать пережога металла. Иногда быстрая сварка листов монель-металла задерживается слоем окиси, которая мешает металлу свободно сливаться вместе. В этих случаях надо прибегать к флюсу.

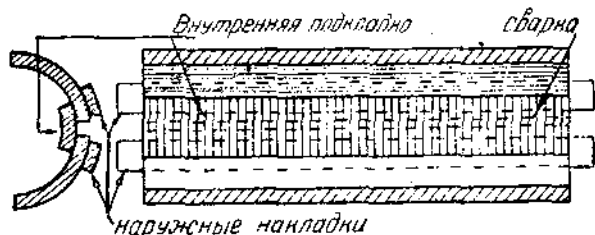


Рис. 18. Закрепление частей для продольной сварки.

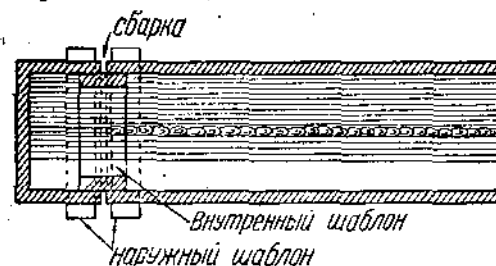


Рис. 19. Круговая сварка встык.

ускорив ее и обеспечив чистую гладкую поверхность соединения. Другой способ сварки тонких листов заключается в том, что, закрепив ровно края листов, складывают их вместе и затем сваривают по закрепленным краям. По окончании сварки листы раздвигают подобно раскрытию книги и шов выправляют проковкой.

Края листов от 1,5 мм и толще надо сострагивать или обрубать по кромкам. Составленные вместе для сварки листы, во избежание выгибания и налезания одного на другой, должны быть раздвинуты у конца, где начинают сварку, примерно на 0,8 мм и примерно на 9,5 мм через 30 см к другому концу (рис. 16). Сваривать надо слева направо почти как со сварочным прутом, стремясь добиться сквозной проплавки металла для обеспечения проварки и хорошего соединения. Если из-за действия сжатия листы слишком быстро сближаются, их расклинивают и зажимают, перенося этим эффект сжатия с листов на сварку.

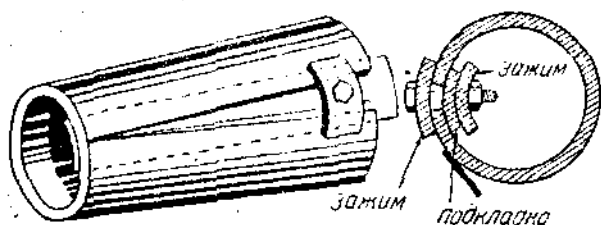


Рис. 20. Продольная сварка цилиндра при материале толщиной более 1,5 мм.

Покоробившиеся или перекошенные после сварки листы легко выправить прокаткой или проковкой, так как сварные швы монель-металла отличаются мягкостью и допускают такую обработку.

На рис. 47 — 20 дан последовательный ход сварки продольного и

поперечного швов в цилиндрическом изделии из монель-металла.

Отливки. Сварка отливок монель-металла точно повторяет практику сварки чугуна, за исключением того, что не употребляется флюс.

Хотя отливки из монель-металла и менее хрупки, чем чугунные, они все же подвержены трещинам при неравномерном охлаждении в разных частях. Предотвратить это образование трещин можно только в том случае, если дать свободно проявиться расширению и сжатию.

Сварить успешно отливку из монель-металла, не подвергнув ее предварительному постепенному и равномерному накаливанию докрасна, невозможно.

Если имеют дело с отливками малого размера, то это нагревание делают пламенем сварочной горелки.

Изломы и трещины должны быть подготовлены обычным порядком, с вырубанием канавок и выравниванием краев. Вести сварку надо как по чугуну и, закончив ее, отливку покрыть листом асбеста, или другим плохим проводником тепла и дать ей медленно остыть.

Большие отливки надо подвергать предварительному общему прогреву в очаге или подогревательной печи и затем держать их хорошо покрытыми листами асбеста, изолируя от действия внешнего воздуха и поддерживая вокруг них равномерно циркулирующее тепло. Отливку не вынимают из печи по достижении требующейся для сварки температуры, но, вырезав в асбесте вдоль трещины отверстие достаточно широкое для работы со сварочной горелкой, сваривают ее на огне.

В качестве присадочного металла употребляют пруток из монель-металла и ведут процесс, как сварку чугуна.

По окончании сварки, хорошо закрыв отливку, оставляют ее в печи для постепенного охлаждения, устраняя тем возможность проявления последствий расширения и сжатия.

Пайка. Монель-металл также хорошо поддается пайке, как медь. Флюс, припой, инструменты и приемы работы те же, что и при работе по меди; хлористо-цинковый солянокислотный флюс, а также большинство флюсовых паст вполне пригодны. Когда предстоит пайка листов или проволоки, надо озаботиться, чтобы тщательно была выполнена последняя операция прокаливания, с постепенным охлаждением. Если это не было соблюдено, то материал, возможно, не будет паяться из-за покрывающей его поверхность тонкой невидимой пленки окиси. Блестящий вид листов или проволоки не является гарантией, что металл поддастся пайке. Встретившись с этими затруднениями, можно преодолеть их, прокалив металл в древесном угле. С таким же успехом можно протравить материал в каком-нибудь едком веществе, например в азотной кислоте, которая снимет окисленную поверхность.

Но так как азотная кислота всех концентраций очень разрушительно действует на монель-металл, это вообще не рекомендуется делать, за исключением особых случаев.

Часть, подлежащую пайке, можно также очистить полировкой.

Если в пайке прутков или отливок из монель-металла будут промахи, причины их вероятно надо искать в отсутствии осторожности при работе.

Прочность спаянных соединений. Были сделаны сравнительные испытания на разрыв листов меди и монель-металла с паяными соединениями. Взяты были листы одного размера. Пайку производил один и тот же рабочий с употреблением припоя $1\frac{1}{2} : 1\frac{1}{2}$.

Соединение во всех случаях было шириной 5 см внахлестку на 1,3 см. Результаты получились следующие.

Таблица IV.

Прочность спаянных соединений.

Перечень	Красная медь	Олово	Дюрал
Удельный вес	8,9	7,3	7,1
Теплоемкость	0,0936	0,0559	0,0935
Точка плавления Ц°	1 083	232	419
Точка кипения Ц°	2 310	1 600	930
Коэффициент линейного расширения	0,000017	0,000023	0,000029
Теплопроводность в % по отношению к серебру	74,0	15,0	27,0
Сопротивление на разрыв кг/см ² :			
Литой материал	1 406	281	703
Прокованный	2 109	—	—
После холодной обработки	4 218	352	1 476

Таблица V.

Результаты испытаний на разрыв паяных соединений.

Материалы	Сопротивление в кг/см ²	Место разрыва	Материалы	Сопротивление в кг/см ²	Место разрыва
Медь	1 910	Медь	Монель	2 905	Монель
»	1 910	Медь	»	2 605	Монель
»	1 970	Припой	»	2 400	Припой

Затем были проделаны еще повторные испытания с более толстыми листами, имеющими соединение в 5 см шириной и перекрытие 1,3 см с припоем $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$.

Таблица VI.

Результаты испытаний на разрыв с толстыми листами.

Материал	Сопротивление в кг/см ²	Дал разрыв	Материал	Сопротивление в кг/см ²	Дал разрыв
Медь	6 400	Припой	Монель	7 201	Припой
»	6 170	»	»	6 085	»
»	6 430	»	»	7 420	»

Монель-металл можно паять как медь, употребляя обыкновенный припой и буру в качестве флюса. Его также можно паять серебром, употребляя сварочную горелку и тот же флюс.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

СВАРКА МЕДИ, ЛАТУНИ И БРОНЗЫ.

Список медных сплавов, поддающихся сварке, слишком велик, чтобы в кратком очерке остановиться на нем подробно. Так например медь входит в соединение с оловом, цинком, никкелем, марганцем, кремнием, алюминием, серебром, железом, кадмием, свинцом, фосфором, мышьяком, ртутью, церием, хромом, бериллием, золотом, магнием и кислородом. Некоторые из этих элементов в свою очередь дают много видов сплавов, отличных один от другого по своим свойствам. Например цинк и медь образуют не менее 15 разных сплавов. Все эти сплавы имеют широкое применение в промышленности и более или менее отличаются друг от друга физическими и химическими свойствами. А если мы будем брать эти элементы по два или по три с медью, то получим еще много сотен сплавов, также более или менее широко используемых, не говоря о многих тысячах еще возможных сплавов.

Исходя из вышесказанного, мы остановимся исключительно на некоторых видах сплавов с оловом, цинком, или этими обоими металлами, дав их характеристику с точки зрения сварки. Надо сказать, что даже ограничиваясь этими тремя металлами, мы уже входим в обширную область разных возможностей, особенно если принять в расчет дополнительные элементы, необходимые для удовлетворительной фабричной обработки.

Физические свойства олова, цинка и меди. Олово представляет собой белый мягкий металл, обладающий совершенно особыми физическими свойствами.

Это единственный металл, который, будучи недовитым, годен для покрытия внутренней поверхности железной и медной посуды для пищи. Олово остается мягким и ковким даже после сильной холодной обработки. Олово также существенная и весьма ценная часть мягких припоев. Оно плавится при крайне низкой температуре 232°C, но имеет большую разницу температур точки плавления и точки кипения. При хорошей защите от окисления можно нагреть его до точки

плавления стали, прежде чем начнется кипение, причем температура белого накала будет уже пройдена. Олово легко пристает к стали, чугуну, меди и латуни, ложась на их поверхность мягким непроницаемым слоем.

Олово само по себе мало используется сварщиками и применяется ими иногда только в виде мягкого припоя. Но оно, как будет дальше указано, исключительно ценно в соединении с медью, давая — бронзу, еще известную в древности и широко применяемую в современной металлургии.

Цинк (чистый) представляет собой синевато-белый металл, немного тверже олова. Он употребляется для покрытия стали и чугуна, давая хорошо известное в обиходе оцинкованное железо. Его прокатывают в листы и тянут в проволоку, но холодная обработка цинка только в незначительной степени увеличивает его прочность и этот металл годен только для изделий, предназначенных под незначительную нагрузку.

Цинк плавится при 419°C (приблизительно двойная температура по сравнению с оловом), но его точка кипения только 930°C (у олова 1593°C). Будучи нагрет докрасна в присутствии воздуха он быстро горит, выбрасывая большое количество паров окиси цинка, вредных и крайне затрудняющих работу сварщиков. Поэтому в чистом виде цинк не имеет ценности для сварщика, но как и олово он образует с медью сплав исключительно высокого качества, всем нам хорошо знакомую латунь.

Медь имеет яркий красный цвет. Ее прочность в соединении с вязкостью, ее высокая теплопроводимость и электропроводимость, наконец ее стойкость против разъедания, являются исключительно ценными качествами.

Точка плавления меди в 1083°C дает возможность применять любые из методов сварки и достаточно высока, чтобы сделать сварные медные сосуды безопасными для использования в обычных производственных процессах с нагревом. Хотя торговый сорт меди представляет собой сравнительно чистый металл с содержанием 99,93% чистой электролитной меди, но сварщику приходится иметь дело с двумя сортами меди, электролитической и раскисленной, между которыми имеется заметная разница в их относительной годности к сварке.

Электролитическая медь. В рафинировку медь обычно поступает в виде плиток с грубой поверхностью, называемых «анодами». Аноды содержат значительное количество металлических примесей. Извлечь эти примеси легче всего электролитическим процессом, в котором аноды меди подвешивают в обитой металлическими листами ванне и медь обычным гальваническим способом переносится на лист медного катода. Затем эти катоды почти абсолютно чистой меди расплавляют в отражательной печи, из которой они отливаются в плитки и полосы, служащие исходными материалами для изготовления листовой меди, медной проволоки и т. п.

Вот этот конечный процесс плавки и придает электролитической меди ее отличительные свойства, хотя свое название она получила от предшествующего процесса.

При нормальной температуре медь не поддается действию кислорода воздуха, но значительное количество ее окисляется при нагреве в отражательной печи и окись растворяется в расплавленной меди.

Чтобы понизить окисление, в ванну кладут древесные прутья, чем связывается кислород с углеродом дерева. Этот способ никогда не дает полного освобождения меди от кислорода, поэтому в электролитической меди всегда остается от 0,3 до 0,7% кислорода в виде окиси меди. Электролитическая медь именно и отличается этим ничтожным количеством окиси. На электрические и физические свойства изделий из электролитической меди такое количество кислорода имеет незначительное влияние. Однако присутствие окиси меди вызывает затруднения при сварке меди. Затруднения эти проявятся в двух направлениях.

1. Температура плавления окиси меди немного ниже, чем у чистой меди. Поэтому, когда электролитическая медь будет нами нагрета близко к точке плавления, окись меди уже совершенно расплавится и тогда всякое механическое воздействие на металл — или вследствие сжатия, или при обработке, вызовет в нем трещины.

После того как электролитическая медь будет сварена, окись меди (немного увеличившаяся в количестве при сварочном процессе) распространится вдоль границ зерен металла, так что даже незначительное ее количество сильно ослабит соединение. Из-за этого при вполне хорошем выполнении сварки мы редко сможем получить соединение большей прочности, чем в 50% от прочности самой электролитической меди. Распределение окиси у последней лучше вследствие повторного нагрева и обработки при надлежащей температуре.

2. Окись меди вызывает слабость сварочного соединения еще и вследствие другой причины. Когда сварка делается в восстанавливающей атмосфере, как например в водороде и окиси углерода ацетилено-кислородной горелки, окись меди на поверхности соприкосновения переводится в губчатую медь, обладающую малой прочностью.

Если бы весь эффект этого явления отражался только на поверхности металла, нас бы это мало беспокоило. Можно было бы сплавить с губчатой медью сварочные прутки надлежащего состава, получив таким путем надлежащую прочность. Но водород обладает способностью проникать на значительную глубину внутрь нагретой докрасна меди. При встрече его с окисью меди происходит явление восстановления и образуется губчатая медь и водяной пар. Водяной пар лишен возможности диффундировать через нагретый докрасна металл, питаемый водородом. Из-за этого давление возрастает, стремясь разорвать металл. Больше того: окись меди обычно находится вокруг зерен металла, так что когда водород, диффундируя внутрь при процессе сварки и восстанавливая окись меди, образует водяной пар, между зернами металла появляется как бы расклинивающее давление, придающее слабость соединению, остающуюся в нем и по охлаждении.

Многие сварщики полагают, что для получения прочных соединений из листов электролитической меди достаточно употреблять сварочные прутки надлежащего состава и флюс. Исходя из этих соображений было взято много патентов на материал сварочных прутков. Многие из этих специальных сортов прутков содержат значительное количество серебра.¹ Но независимо от того, употребляется ли электролитиче-

¹ Например патентованные немедные прутки и флюс для красной меди «Канц-лер».

окая медь в качестве сварочного прутка или как основной металл, или в обоих видах, всегда происходят вышеописанные явления, ослабляющие соединения.

Ацетилено-кислородная сварка электролитической меди может дать сопротивление на разрыв не более 1050 — 1250 кг/см².

Затруднения при сварке электролитической меди можно устранить только применением припоев, плавящихся при температуре около 850°С. Эти сорта припоя часто употребляются в виде зерен, смешиваемых с флюсом.

При умелом ведении работы припой расплавляют и соединяют с медью при температуре, не позволяющей окиси распределиться между зернами меди, что дает возможность получить хорошую прочность соединения.

Наконец можно употреблять серебряный припой, который плавится при еще более низкой температуре (около 770°С). Эта температура не вызывает перераспределения окиси меди. Обычно соединение проволоки электролитической меди производится спаиванием серебром и прочность получается вполне удовлетворительная.

Раскисленная медь. Рафинировочные мастерские прекращают гальванизирование расплавленной меди, когда в ванне еще остается от 0,3 до 0,7 кислорода. Можно было бы продолжать реакцию до удаления всего кислорода, но при этом металл подвергался бы опасности поглощения окиси углерода от полюсов или же сернистого ангидрида от газов нагрева с образованием губчатой меди.

Поскольку раскисленная медь вообще находит себе применение в меньшем количестве, вся выплавка рафинировочной меди в 200 — 300 т редко подвергается полному раскислению. Только незначительную часть выплавленных чушек электролитической меди вполне раскисляют и переливают. В качестве раскислителей обычно употребляют фосфор, кремний, бористый кальций, цинк и кадмий. Так как невозможно предвидеть точный процент кислорода в выплавке, раскислитель употребляют с некоторым избытком и небольшое его количество остается в меди. Бористый кальций или закись буры является в этом отношении исключением. Бура не соединяется с медью, но, захватывая кислород, всплывает в виде шлака.

Раскисленная с помощью одного из вышеуказанных элементов медь будет с большей легкостью поддаваться сварке и сварной шов будет почти вдвое прочнее простой сварки, выполненной из электролитической меди. Поэтому рекомендуется во всех случаях, когда требуется значительная механическая прочность шва, употреблять раскисленную медь. Даже если сварка делается на самой электролитической меди, лучше употреблять прутки присадочного металла из раскисленной меди. В этом случае можно быть уверенным в прочности сварочного металла, хотя мы и знаем, что получится слабая зона на некотором расстоянии от границы сварного шва.

Теплопроводность меди. При сварке меди сварщик, привыкший к работе над чугуном и сталью, встретится еще с другим источником затруднений. Затруднение это вызывается ее высокой теплопроводностью. Поскольку и электролитическая и раскисленная медь в одинаковой мере обладают этими свойствами, мы при работе над этими обоими сортами металла испытаем одни и те же трудности. Вместе с тем эта

высокая теплопроводность меди делает ее незаменимым металлом для аппаратов, передающих теплоту, как например радиаторов, грелок, испарителей, рефрижераторов.

При сварке стали и чугуна распространение тепла в сторону от сварного шва происходит сравнительно медленно.

Часто при сварке куска стали основной металл на 2 — 3 см от шва не доходит до обесцвечивающего нагрева. При сварке меди такого явления не наблюдается, распространение тепла происходит так быстро, что очень часто необходимо нагревать медь докрасна на расстоянии нескольких сантиметров от сварного шва, чтобы добиться плавки в соединении.

Сплавы меди. При изучении имеющих широкое применение сплавов меди с оловом, так называемой «бронзы» и меди с цинком, или «латуни», мы встретимся с большим числом разных соединений металлов, отличных по своим свойствам. Бронза самый старый из известных человеку сплавов. Она издавна ценится за прочность, твердость, вязкость и сопротивление износу, равно как и за стойкость против разъедающих влияний. Для сварщика однако представляют интерес главным образом свойства металла в литейном процессе и плотность, прочность и ковкость законченной сварки.

Для целей сравнения мы даем ниже перечень разных сортов бронзы и латуни с указанием данных, важных для сварщика.

Таблица VII.

Бронзы.

Состав		Название, свойства, особые замечания
Медь	Олово	
В процентах		
95	5	5%-ая «фосфористая бронза.» Цвет красный, светлее меди. Отличная вязкость. Плавится при температуре 1050° Ц. Прочность и твердость больше, чем у меди. Хорошее сопротивление износу.
90	10	10%-ая «фосфористая бронза» — пушечный металл. Характерный цвет бронзы — бледное (тусклое) золото. Тверже 5%-й бронзы, но не столь вязкая. Плавится при температуре 1000° Ц. Отличное сопротивление износу.
80	20	Употребляется только в отливках. Светло-соломенного цвета. Фосфор не входит и добавляется только при употреблении этой бронзы для изготовления подшипников. В этом случае она называется «мостовой бронзой», находя применение для вкладышей подшипников, подъемных мостов, поворотных столов и т. п.
69	31	«Зеркальный металл». Твердый и хрупкий, белого цвета. Поверхность хорошо поддается полировке. Употребляется для изготовления рефлекторов телескопов. Металл только для отливок.

¹ Название «фосфористая бронза» произошло от того, что раскисление металла производится с помощью фосфора. В бронзе остается только ничтожное количество фосфора. 5%- состава представляет собой олово.

Латунь. В дополнение к простым сплавам меди с цинком, есть много разновидностей других похожих сплавов, с добавлением свинца, никеля, олова, марганца или железа в разных пропорциях. Перечень этих разновидностей слишком обширен, чтобы иметь возможность подробно заняться здесь всеми ими, в виду чего в приводимом ниже списке указываются только главные группы простых сплавов цинка с медью.

Таблица VIII.

Простые сплавы цинка с медью.

Состав		Название, свойства, особые замечания
Медь	Цинка	
В процентах		
88—93	12—7	В этой группе большое разнообразие сплавов цвета красноватого золота или цвета бронзы. Известны под названиями «Коммерческая бронза», «Золотой металл», «Томпак» и т. д. Обладают большей прочностью, ковкостью и упругостью, чем чистая медь. Плавятся при температуре от 1015 до 1050° Ц. «Красная латунь». Иногда называется «латунь для пайки», так как ее можно соединять пайкой твердыми припоями, не расплавляя самого металла. Имеет большое торговое значение в виду прочности, вязкости, ковкости и стойкости против разъедания. Плавится при температуре от 1000 до 1010° Ц. «Латунь», наиболее распространенный торговый сорт. Употребляется для многих родов изделий. Прочный, ковкий и вязкий металл красивого желтого цвета. Плавится при температуре от 910 до 976° Ц. «Мюнц-металл». Латунь, годная для горячей проковки. Имеет широкое применение в тех случаях, когда требуется незначительная холодная обработка. Обладает отличной стойкостью против разъедающего действия морской воды. Плавится при температуре от 887 до 910° Ц. «Припой». Употребляется только в качестве твердого припоя в виде зерен. Плавится при температуре 850° Ц.
80—85	20—15	
63—75	37—25	
58—63	42—37	
50	50	

Таблица IX.

Сплавы меди с оловом и цинком.

Состав			Название, свойства, особые замечания
Медь	Олово	Цинк	
В процентах			
88	10	2	«Пушечная или артиллерийская бронза». Сходна с пушечным металлом 90 : 10, но употребляется только в виде отливок. Применяется для подшипников.
70	1	29	«Адмиралтейский металл». Обладает отличной прочностью, вязкостью, ковкостью и стойкостью против разъедания. Применяется для конденсационных труб и т. п. Плавится при 937° Ц.
60	1	39	«Бронза-максимум». Желтая бронза большой прочности. По сочетанию прочности и вязкости — высший предел сплавов медь—олово—цинк. Имеет широкое применение. Отличается хорошими свойствами при литье и горячей обработке, а также стойкостью против разъедания. Широко применяется в качестве присадочного металла для сварки бронзы. Плавится при 880° Ц.

Сплавы меди с оловом и цинком. Хотя сплавов медь — олово — цинк и много видов, но только немногие из них имеют значительное техническое применение и очень мало таких, которые представляли бы интерес для сварщика.

Сварочная характеристика медно-оловянной бронзы. Все сорта бронзы, представляющие собой испытанные и широко применяемые сплавы, легко поддаются газовой сварке всеми методами, распространенными в настоящее время. Входящее в их состав олово, хотя и имеет крайне низкую точку плавления, отличается столь высокой точкой испарения, что не затрудняет работы. Металл плавится и льется свободно и ровно. Чем выше содержание олова вплоть до 30%, тем лучше идет отливка бронзы. Однако, при содержании олова ниже 10% металл получается слишком хрупким для обычного употребления.

Флюс для бронзы. При сварке всех сортов бронзы необходим хороший флюс. Он служит для защиты расплавленного металла от воздуха и других газов, а также для очистки его от образующихся окисей.

Удовлетворительным флюсом является плавеная бора. Недостатком ее является то, что она образует твердую, спекающуюся, тягучую пленку, которую трудно удалить с законченной сварки. Поэтому чаще употребляется бора, смешанная с борной кислотой и углекислым натром. Иногда в качестве очистителя к флюсу добавляют алюминий или хлористый натрий.

Зейгерование и ликвация. Явление зейгерования заключается в том, что при нагревании легкоплавкие металлы сплавов отделяются от трудноплавких. Ликвация — свойство сплавов при переходе из жидкого в твердое состояние распадаться на составные части, имеющие различные точки плавления.

Некоторые сплавы представляют собой однородные твердые растворы, как например сплавы меди и никкеля, меди и марганца и меди с цинком (с 30% содержанием цинка или меньше).

Другие сплавы являются смесью двух и более твердых растворов, содержащих разные пропорции составляющих их металлов. Иногда различные твердые растворы имеют разные точки плавления и потому сплав не плавится и не застывает в своей массе одновременно, как например вода, но по отдельным растворам. Это плавление по частям вызывает затруднения при горячей обработке металла, также как и одновременное застывание металла приводит к образованию трещин, слабых мест и пористости.

Для сварщика факт этот крайне важен. Он должен знать, подвержен ли металл, с которым приходится иметь дело, ликвации или нет и какие существуют средства, чтобы преодолеть вызываемые этим явлением затруднения. Так 10%-ная оловянная бронза (фосфористая бронза) при сварке дает из-за ликвации пористый шов, когда сварочная ванна широка или затвердевание проходит медленно.

С другой стороны, когда будем быстро охлаждать металл, затвердевание по частям сводится к минимуму и сварка получится плотная и прочная. Это необходимо учитывать в работе. Затвердевание требует известного времени, оно никогда не происходит мгновенно подобно некоторым видам химических реакций. Поэтому путем быстрого охлаждения мы можем улучшить сварку сплавов, подверженных ликвации.

5%-ная оловянная бронза (фосфористая бронза) в незначительной

степени подвержена ликвации, а 10%-ная немного больше. Имея дело с бронзой, содержащей 12 и более процентов олова, необходимо прибегать к быстрому охлаждению для предупреждения вредного влияния ликвации.

Сварочные свойства латуни. Латунь хорошо поддается сварке ацетиленово-кислородной горелкой. Как и при работе с бронзой, необходимо употреблять хороший флюс. Листы латуни, трубы и отливки свариваются с присадочным металлом того же состава, как и основной металл. В этом случае имеет место обычная газовая сварка. Однако, лучше пользоваться способом, при котором употребляется присадочный материал более низкой точки плавления и латунь совершенно не доводится до плавки. Таким материалом является, например, желтая бронза большой прочности, которая плавится при температуре 880°C и уже при тускло красном нагреве отлично входит в связь с листовой латунью. Марганцовистая бронза, представляющая сплав меди, цинка, марганца и железа, плавится при более низкой температуре, а припой 50 : 50 (см. таблицу VIII) — еще ниже, причем оба эти металла сплавляются с латунью одинаково легко.

Латуни несвойственна ликвация и она не отличается хрупкостью в нагретом состоянии. Ее теплопроводность больше, чем у стали, но меньше теплопроводности меди — и в этом отношении затруднений в работе мы не встречаем.

Сварочные свойства сплавов «медь — олово — цинк». Из упомянутых в этом классе трех сплавов только одно соединение, состоящее из 60 частей меди, 1 части олова и 39 частей цинка, представляет большой интерес для сварщика. Этот сплав легко поддается сварке, если будут приняты меры предосторожности как в виде употребления флюса, так и против явлений ликвации. 10%-ная фосфористая бронза с большим успехом и с таким же результатом может быть использована для целей, на которые обычно идет артиллерийская бронза, как например, для тяжелых подшипников и т. п.

Сплав, известный под названием бронзы Тобина, имеет большое применение в сварочных мастерских.

Это самое прочное соединение металлов из ряда тройных сплавов. Оно легко поддается плавке, не обнаруживает значительного расширения и сжатия и обладает вязкостью и ковкостью при всех температурах (неломкое), а также мало поглощает газы, застывая в сварке в виде плотного металла.

Д-р R. H. Thurston, работая с 1875 по 1881 год при Бюро САСШ по изучению прочности бронз разных видов, сделал очень большое число испытаний прочности и ковкости сплавов «медь — цинк — олово». Труд его наглядно суммирован на треугольной диаграмме, изображенной на рис. 21.

Диаграмма эта представляет интересную работу. Она включает все виды латуни, оловянных бронз и все разновидности сплавов трех металлов — меди, олова и цинка, в процентах содержания от 0 до 100.

Построение диаграммы основано на том принципе геометрии, что сумма перпендикуляров, опущенных из любой точки внутри равно-стороннего треугольника на три его стороны, есть величина постоянная, которая равна высоте треугольника. Три вершины условно приняты как содержание меди 100%, олова 100% и цинка 100%, а на

трех сторонах отмечены шкалы процентов. Сторона, противолежащая вершине меди, будет представлять нулевое содержание меди, а сторона против вершины олова будет соответствовать разным пропорциям цинка и меди, иначе говоря латуни. Точно также сторона, лежащая против вершины цинка, представит разные соотношения в сплаве олова и меди, или различные сорта бронзы. Место любого сочетания этих трех металлов определяется в треугольнике точкой по надлежащему процентному отношению, измеренному от соответствующей стороны.

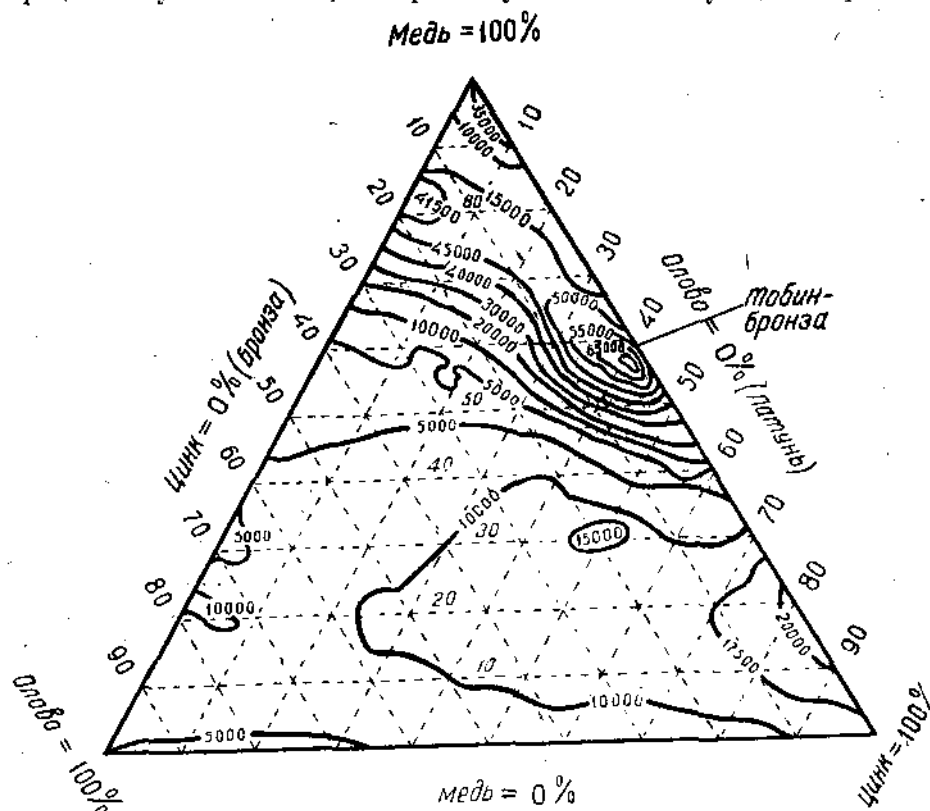


Рис. 21. Диаграмма сплавов медь—олово—цинк. (Прочность на кривых выражена в фунтах на кв. дюм.).

Если мы изготовим большое количество литых планок и расположим их в треугольнике, мы можем на каждой точке отметить результаты испытаний. Через точки одинаковых величин можно провести линии контура, как это показано на рисунке.

Из изучения этой диаграммы становится ясным многое: 1) чтобы получить прочность больше 1063 кг/см² (15 000 фунт. на кв. дюм.), содержание меди должно быть не менее 42%; 2) в отношении прочности сплав с 10% олова соответствует сплаву меди с 30% цинка; 3) при содержании олова в 13% сплав меди с оловом достигает своей максимальной прочности, примерно в 3350 кг/см² (47 500 фунт. на кв. дюм.); 4) самая прочная латунь получается при содержании цинка в 42%

(около 3670 кг/см²—52000 фунт. на кв. дм.) и 5) в соединении медь—олово—цинк высшая прочность получается при содержании олова 3%, цинка 42% и меди 55%.

В 1876 г. Джон А. Тобин (John A. Tobin) из северо-американского инженерного корпуса запатентовал сплав, известный под именем бронзы Тобина. Это желтая бронза большой прочности с содержанием приблизительно 60% меди, 1% олова и 39% цинка.

Заключение о сварочных процессах. Имея дело с указанными выше сплавами, мы должны предварительно решить, желательна ли автоматическая сварка, при которой основной металл плавится одновременно со сварочным прутом, или же мы будем делать сварку, в которой основной металл совсем не подвергается плавке, а соединение делается с помощью сварочного прутка из металла более низкой точки плавления. При сварке стали со сталью, или чугуна с чугуном, расплавление основного металла обязательно, так как расплавленный сварочный пруток из стали или чугуна не войдет в связь с основным металлом чугуном или железом, когда последние не расплавлены.

Работая над медными сплавами, мы встречаемся совсем с другими условиями. Здесь мы получим во много раз более прочную сварку, если наплавим присадочный металл на основной металл, когда последний нагрет только до тускло-красного цвета.

В отношении влияния такого обстоятельства на основной металл, надо признать это крайне благоприятным условием.

Твердо установлено, что, чем ниже мы будем поддерживать температуру сварки на основном металле, тем меньше изменится его структура и тем менее вероятны образование трещин и деформации. Благодаря этому также очень часто можно при сварке медных сплавов обойтись без предварительного прогрева основного металла; но если бы основной металл пришлось плавить, этот прогрев был бы совершенно необходим.

Мы указывали, что любые из сплавов медь—олово—цинк легко поддаются сварке в тех случаях, когда эти сплавы являются основным металлом. Плюс употреблять необходимо. В качестве присадочного металла следует пользоваться раскисленной медью или оловянной фосфористой бронзой.

Что касается прочности сварок из этих материалов, то, как мы показали, сварной шов электролитической меди обычно не прочнее 1054 — 1265 кг/см², даже при употреблении специальных сварочных прутков высшей прочности, а сварка раскисленной меди дает 1687 — 1968 кг/см² при условии употребления в качестве присадочного металла раскисленной меди или бронзы. Сварки с употреблением фосфористой бронзы дают прочность 1757 — 2960 кг/см², в то время как сварки желтой бронзы высокой прочности дают 2109—3163 кг/см².

Все эти материалы также одинаково хорошо применимы для соединений чугуна, стали и нежелезных сплавов.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

СВАРОЧНЫЕ МАШИНЫ.

Машинная сварка с успехом применяется для изготовления трубопроводов, бочек и других сосудов. Предприятию, выпускающему изделия с тонкими трубками разных размеров, машины для сварки труб

и собственное к ним производственное оборудование безусловно необходимо. С ними он может изготавливать трубы любых, требующихся в производстве размеров и диаметра из небольшого числа торговых сортов листового металла, не имея надобности благодаря этому держать на своем складе большой ассортимент труб фабричного производства.

Машины для сварки труб. Необходимое оборудование состоит: из набора резцов для разрезания листов на полосы требуемой ширины, машин для сварки труб, машин для выпрямления труб, машин для шлифовки труб, разрезных пил и машин для сгибания труб. Для изготовления гладких труб особо тщательной отделки необходим еще вращающийся станок для прокатки. Конические трубы делаются путем штамповки прямых труб, с помощью вращающихся штамповочных машин.

Машина для сварки труб по устройству очень проста и состоит из набора тележек на роликах, служащих для держания изготавливаемой трубы под сварочной горелкой в таком положении, чтобы шов приходился как раз под пламенем.

При этом ролики должны быть так расположены, чтобы они сжимали расплавленный металл, с помощью давления заканчивая сварку. Скорость движения следует установить в точном соответствии с мощностью горелки. Если скорость будет слишком большая, получится неполная сварка, а при чересчур медленном движении горелки металл дойдет до слишком жидкого состояния, переходя уже в сфероидальное состояние, что вызовет пористость в сварке. Поэтому самая серьезная задача при конструировании сварочной машины заключается в том, чтобы она имела такой приводной механизм, который можно быстро устанавливать точно на требуемую скорость. При этом условии работающий на машине сможет ее пускать, останавливать и давать обратный ход, не отвлекая своего внимания от операции сварки.

Указанные выше технические требования осуществлены путем устройства сварочных машин с электрическим приводом, состоящим из мотора, легко устанавливающегося на определенную скорость с помощью реостата для регулирования тока, магнитного контроллера и контактных кнопок для пуска, остановки и обратного хода.

Шкала рассчитана на 36 скоростей и достаточно обширна для всех размеров и диаметров труб. Характерными чертами, отличающими существующие разные типы машин для сварки труб, являются: 1) тип применяемой горелки и способ наблюдения за ее действием, 2) форма, расположение и число тележек и 3) установки скоростей вращения с быстрым изменением в тех или иных пределах.

Естественно, что предприятие, ставящее массовую сварку труб, особенно заинтересовано в скорости выработки продукции. Но скорость ацетилено-кислородного процесса определяется главным образом мощностью горелки. Употребляя горелки соответствующей мощности, можно получить почти все требующиеся скорости сварки, но по практическим соображениям эти скорости до настоящего времени ограничивают пределами от 1 до 4 м в минуту, в зависимости от размеров и диаметра труб. Сама сварка труб — еще только часть всей производственной задачи. Надо ведь точно подрезать материал до ширины, требующейся для желаемого диаметра труб, да и свертывание плоской полосы является такой операцией, которая при плохом выполнении приведет к браку. Ряд этих операций также требует применения ус-

першенствованных машин, управляемых опытными и знающими дело работниками.

Трубы квадратных, шестиугольных, овальных и особых сечений обычно заготавливаются и свариваются по круглому поперечному сечению, а окончательная форма придается им потом прокаткой через роликовые штампы на шпинделе.

Оборудование для сварки сосудов. Для выполнения с успехом сварки бочек надо тщательно подготовить листы металла, из которых они будут изготовляться. Сварку делают без присадочного металла.

Все более расширяющееся применение стальных барабанов для бензина, масел, красок и др. жидкостей в виду прочности и безопасности такой металлической тары указывает на то, что машинная сварка приобретает здесь громадное значение.

Хорошим примером машинной сварки являются банки для свинцовых белил. Экономия на банках, сделанных из разрезанных по размерам листов, по сравнению с такими же банками, тянутыми и штампованными на прессах, очень значительна. Потери от утечек на складах сводятся к минимуму, а стоимость сварочной операции много меньше, вследствие значительного сокращения расходов на приобретение прес-сов и штампов.

Сварка сосудов сравнительно простая работа. Машины для изготовления сосудов только одного размера не требуют изменения скорости в широких пределах и, будучи раз установлены, могут работать изо дня в день.

Ящички для аккумуляторов очень хорошо сваривать машинами, имеющими такое устройство, что сама машина автоматически изменяет направление сварки, сгибая углы без перерыва работы.

Особое применение сварка сосудов нашла себе в деле изготовления бутылок «Термос», для сохранения горячих и холодных напитков. Хотя эти бутылки сделаны из двух оболочек, внешней и внутренней, они не представляют собой вакуумных сосудов. Пространство между оболочками заполнено массой, обладающей сильным изолирующим свойством, близко подходящей по этому свойству к вакууму.

Машинные горелки. Машинная сварка была связана в своем развитии перегревом горелки и вызываемыми им обратными ударами. Для устранения этих отрицательных явлений прибегли к охлаждению наконечника и корпуса горелки водой, так что можно горелку держать при равномерной температуре и опасность появления обратных ударов сведена к минимуму. Чем крупнее наконечник, тем более важное значение имеет водяное охлаждение. Очень важно, чтобы поток воды через горелку был непрерывным во все время сварочной операции.

В связи с этим интересно отметить появление недавно на американском рынке ручной горелки с расширительными трубками, которые сконструированы так, что, используя охлаждающее действие выходящих кислорода и ацетилена, они понижают температуру тела горелки и наконечника до степени, при которой обратные удары не могут проникнуть в смешительную камеру. Принцип такого устройства сводится к передаче смешанных газов по медным расширительным трубкам малого диаметра.

Охлаждающее действие расширившихся в объеме газов понижает температуру трубки в такой степени, что возникающий обратный удар

сразу тушится. Медная трубка малого диаметра с тщательно отполированной поверхностью поглощает меньше тепла от нагретого металла и охлаждающий эффект расширившихся в объеме газов пропорционально больше, чем при наконечниках обычных размеров.

Уменьшение веса металлических конструкций. Примером применения полуавтоматической сварки является изготовление батарей центрального отопления из стали. Неудобство употребления в домах чугунных радиаторов заключается в их громоздкости и главным образом в их большом весе. Архитекторы установили, что вес оборудования центрального отопления в многоэтажных зданиях имеет большое значение в расчете нагрузки перекрытий. Если бы можно было уменьшить этот вес на две трети, это значительно сократило бы стоимость стального остова сооружения и перекрытий. Сваривать же ручным способом более легкие стальные радиаторы нет смысла, если машина может выполнить эту работу и дешевле и с большим успехом. Подобные части можно экономично и быстро изготавливать на сварочной машине.

Установочные приспособления для машинной сварки. Вопрос о таких приспособлениях, как прокладки, зажимы и т. п., заслуживает внимания при постановке массового выпуска изделий. Небольшие части следует закреплять в соответствующих рамах под пламенем горелки, так что рабочему остается только управлять машиной, убирать уже сваренные части и подставлять подлежащие обработке.

Дуограф. Дуограф представляет собой машину, предназначенную для массовой сварки стальных котлов, баков и др. сосудов.

Бочки, которым предварительно придана цилиндрическая или прямоугольная форма, помещают на горизонтальной охлаждаемой водой поперечной балке, закрепив скрепами, после чего вдоль шва по ним проходит приводимая в движение механическим путем горелка.

Для сварки предметов из тонкого металла употребляется одна горелка, но при сварке толстостенных сосудов можно пользоваться и двумя горелками, одной с верхней, а другой с нижней стороны. Две поддерживающих работу поперечных балки расположены одна против другой и укреплены на шарнире, представляющем суппорт, который в одном положении нагружается и разгружается обрабатываемым предметом, а в другом положении держит этот предмет под сваркой.

Вельдограф. Вельдограф представляет собой приводимую в действие мотором сварочную ацетилено-кислородную машину, предназначенную для массовой сварки частей из листового металла. Она может быть применена для изготовления разного рода изделий: паровых и водяных радиаторов, глушителей, частей автомобилей, металлических ящиков и т. п. По окончании сварки одного изделия один шаблон снимает его, подставляя под пламя следующее.

Автоматическая машина для сварки системы Гев. Эта машина представляет собой самопитающуюся газами, приводимую в движение мотором ацетилено-кислородную горелку (рис. 22). Присадочный металл (проволока) подается действием тяжести через центр пламени. Машина установлена на двойной передаточной тележке, так что она выполняет неправильные линии сварки по шаблонам с помощью специальных ведущих роликов. Сварочной проволоке придается спиральное движение и место плавки охватывается пламенем до перехода металла в расплавленное состояние. Для более тяжелых работ имеется особый тип

с двумя горелками (рис. 23). Для нагрева свариваемого соединения до температуры плавления одна горелка ровно движется над центром его впереди самопитающейся сварочной горелки. Сварочная горелка, откладывая присадочный металл по площади шва, продвигается вперед слегка круговым движением, чтобы давилась не только середина соединения, но и обе его стороны.



Рис. 22. Сварочная машина системы Гев.

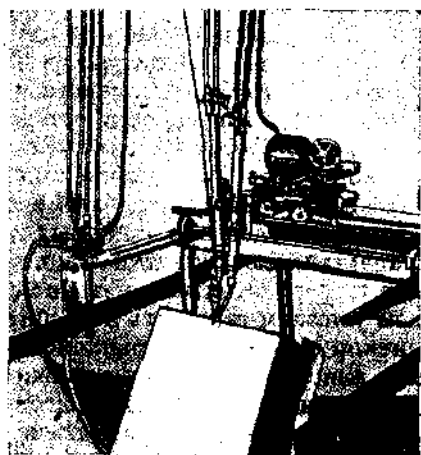


Рис. 23. Сварочная машина системы Гев для тяжелых работ.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.

Почти все несчастные случаи вызываются или большой небрежностью, или заведомой неосторожностью, или наконец почти полным незнанием дела. Были также случаи, явившиеся результатом нарушения установленных правил, когда употреблялись нечистые и дефектные баллоны. Однако можно считать, что, разумно выбрав аппарат и пользуясь им надлежащим образом, подвергаясь не большему риску, чем со всяким другим оборудованием, особенно, если учесть еще тот факт, что с ацетилено-кислородной аппаратурой слишком часто обращаются плохо и неосторожно.

К оборудованию и материалам, употребляемым работающими по ацетилено-кислородной сварке, относятся следующие: кислородные и ацетиленовые баллоны, кислородные и ацетиленовые генераторы, приспособления для очистки и сушки газов, газгольдеры, газопроводы, газораспределители, предохранители от обратных ударов, редукционные кислородные и ацетиленовые клапаны, сварочные горелки и резаки, шланги, соединительные муфты и наконечники, очки цветные и защитные, фаруки, щиты, оборудование для предварительного нагревания, дробления и размола, подъемные краны, блоки, катки, набор ручных инструментов для подготовки и отделки работы, газы, древесный уголь, асбест в листах и другие сварочные принадлежности.

Кислородные и ацетиленовые баллоны. Сварщик настолько привыкает иметь дело с кислородными баллонами, что часто склонен забывать о том, что баллоны эти содержат газ под исключительно высоким

давлением. Обычно баллоны бросают так, как будто это железные болванки, в вагоны часто нагружают верхними концами вперед, кладут на кучи мусора и шлака, пачкают в масле и грязи или оставляют покрываться грязью и ржавчиной под открытым небом. Не всегда виноват в этом сварщик. Подсобные рабочие, транспортные рабочие и наконец администрация складов и кислородных заводов часто более виновны в этом. В интересах потребителей кислорода надо заявить, что нет ничего более близкого к преступлению, как дурное обращение с баллонами. Котельщик остерегается чеканить котел под давлением в 14 кг, но этот же самый человек не задумываясь сбрасывает с подмостков в 3 м высотой кислородный баллон с внутренним давлением в 150 кг/см². «Не употребляй масла» гласят предостерегающие надписи газовых заводов на накладных и ярлыках. Редукционные кислородные клапаны имеют пометки такого же содержания и в общих правилах и на циферблатах манометров содержатся те же указания. Но вопреки всем усилиям защитить потребителя газа, сварщики смазывают маслом вентили кислородных баллонов и баллоны часто возвращаются на станции для наполнения настолько вымазанными жиром и маслом, что до наполнения газом приходится производить их очистку, сняв вентили. Масла не должно быть на вентилях баллонов, так как наличие масла приводит к взрыву редукционных клапанов. Если требуется какая-либо смазка нарезки вентилей, надо для этого употреблять мыльную воду или чистый глицерин. Следует осторожно производить укрепление редукционных клапанов на вентилях баллонов. Нарезные штуцера у редукторов к несчастью бывают иногда различных диаметров, из-за чего соединительная гайка подходит или слишком плотно, или слишком свободно. Если пригонка слишком плотная, гайка примерзает, в обратном случае срывают нарезку. Нарезка будет повреждена в обоих случаях — и вентиль баллона испорчен. Гайка редуктора должна навинчиваться свободно рукой до двух или трех нарезок, без помощи гаечного ключа, дающего чрезмерно высокие усилия для навинчивания редуктора. Золотники вентилей и редуктора надо тщательно вычистить. Песок и крупинки в металлическом золотнике вызывают излишний расход, утечки и потери. Если вентиль открывается слишком туго или слишком слабо, не употребляйте его. Слишком свободные соединительные или укрепляющие гайки на наполненных газом баллонах могут разлететься на части при продувании вентилей. Не рекомендуется также употреблять гаечные ключи для отвертывания ручного маховичка вентилей, так как можно легко сломать таким путем запорный стержень. Вентили кислородных баллонов надо открывать постепенно. Внезапный поток кислорода под высоким давлением наверняка испортит редукционный клапан, особенно если пружинное давление на диафрагме не отпущено. Редукционные клапаны и находящиеся на них манометры являются очень чувствительными приборами и должны содержаться в полном порядке; самый верный путь их испортить — это подвергнуть их резкому чрезмерному давлению.

Сказанное о мерах предосторожности в обращении с кислородными баллонами относится в равной мере и к ацетиленовым баллонам. Хотя масло в соседстве с ацетиленом не представляет опасности, смазывать вентили баллонов нет надобности. Ацетиленовые баллоны набиты пористой массой, благодаря которой возможно их наполнение ацетиле-

ном под давлением, что при других условиях было бы недопустимо.

Эта пористая масса должна быть однородна и вот для сохранения этого условия надо особо осторожно обращаться с баллонами.

Так как ацетилен легко воспламеняется, то вентили баллонов должны быть закрыты абсолютно плотно, когда баллоны не в работе. Всякий горючий газ при утечке в значительном количестве и в закрытом помещении представляет опасность, и ацетилен не является исключением в этом отношении. Ацетиленовые баллоны, употребляемые для сварки, должны храниться в стоячем положении. Надо принимать меры против опрокидывания баллонов, что обычно имеет последствием поломку регуляторов и манометров. Для этой цели служат кожаные пояса или железные кольца, но лучше пользоваться специальными тележками, к которым баллоны прикреплены цепями или ремнями.

Немного лет тому назад были в употреблении разные типы малых кислородных генераторов. Наиболее известным был тип с применением хлората калия. Теперь однако в таком широком масштабе применяются новейшие экономичные процессы добывания кислорода из воздуха или воды, что вообще нигде нет необходимости в так называемых химических кислородных генераторах, за исключением тех мест, которые расположены вдали от станций, вырабатывающих кислород в большом количестве. С точки зрения безопасности главное возражение против этих генераторов — это их непрочность и несовершенство конструкции. Нечистые химические продукты и углеродистые материалы, как например части дерева, древесный уголь или бумага в смеси с химическими продуктами, употребляемые в некоторых из этих аппаратов, могут вызвать очень серьезные взрывы. Единственный риск в работе с правильно сконструированными электролитическими установками — это несоблюдение инструкций по их обслуживанию, разработанных заводами. Установки эти должны обслуживать надежные и хорошо обученные люди и следует запретить пользование всякими технически не проверенными конструкциями и приспособлениями.

Надо понимать, что устройство надежной электролитической установки, вырабатывающей к тому же газ, является большой технической проблемой и не может быть предметом экспериментов мастеров на все руки.

Пожалуй самой беспокойной частью всех установок высокого давления является компрессор. Напряжение машины, соединительных частей, нагнетательного трубопровода и распределительных труб исключительно сильное. Изготавливаемые в настоящее время на давление свыше 150 кг/см^2 лучшие компрессоры не вполне совершенны и то же надо сказать об остальных всех материалах, составляющих компрессорную установку. Самая плохая экономия — это пользоваться дешевым оборудованием для сжатия до высокого давления. Следует всегда помнить о правиле «безопасность прежде всего», так как выполняющий это правило будет хорошо вознагражден.

Установки низкого давления, практичные для специального использования, как например для сжатия кислорода прямо в резервуары для хранения под давлением от 10 до 25 кг/см^2 или для сжатия выпускаемых из использованных баллонов остатков газа, очень просто обслуживаются. Для предприятий, пропускающих много сотен балло-

нов в месяц, несколько пропадающих напроизводительно литров кислорода на баллон уже не являются чем-то совсем ничтожным.

Такая установка, состоящая из газгольдера, бака для хранения газа, некоторого количества трубопроводов и маленького компрессора, стоит сравнительно дешево и вполне безопасна при разумном обслуживании.

Правило «не употреблять масла» относится и к смазке всех цилиндров компрессора и поршней, а также других частей компрессорной установки, соприкасающихся с кислородом под давлением.

Сжатие ацетиленового газа.—гораздо более серьезная задача, и как правило оно должно быть предоставлено специальным заводам растворенного ацетилена, которые имеют надлежащие средства и могут уделить этому делу внимание и надзор, которых оно требует.

Производить сжатие ацетилена так же, как это делают с кислородом или воздухом, крайне опасно и потому абсолютно запрещено. Ацетиленовые баллоны должны строго соответствовать техническим требованиям, установленным для наполнения пористой массой, для определенного содержания растворителя и для предохранительных приспособлений.

Объем магазинированного в баллоне газа должен быть во всякое время в определенном соотношении и с наличным количеством растворителя, соответствуя по давлению разрешенным нормам.

Ацетиленовые генераторы требуют к себе такого же внимательного отношения, как и паровые котлы. При работе некоторые части их наполняют водой в строго определенном количестве; предохранительные клапаны должны быть в полной исправности. В зависимости от конструкции, условий работы и принимаемых мер предосторожности они отличаются большей или меньшей безопасностью и экономичностью. К обслуживанию генераторов должны допускаться только хорошо обученные лица.

Для сварочных работ могут применяться только правильно сконструированные ацетиленовые генераторы. В настоящее время существует много ацетиленовых генераторов хороших конструкций, но только при правильном обслуживании они будут удовлетворительно работать. Нельзя относить на счет недостатков генератора неправильное обслуживание, когда допускают засорение его известью, когда загрузочные коробки пропускают газ, а соединения неплотны и слишком слабы.

Доставляемые с генераторами инструкции по их обслуживанию обыкновенно содержат все необходимые указания. В большинстве употребляемых для целей сварки генераторов нет ничего сложного. У наиболее распространенных типов главными частями являются: водяной бак, коробки для карбида, газовая камера, загрузочное приспособление и предохранительные приборы. Чтобы осторожно обращаться с генератором, обслуживающий его работник должен конечно уметь это делать и в совершенстве знать назначение каждой видимой части аппарата. Основное правило инструкции по обслуживанию генераторов заключается в том, чтобы до загрузки карбида в них было достаточное количество воды. Конструкции загрузочных приспособлений генераторов, при которых небольшие количества воды проникают в какую-нибудь часть этих механизмов, входя в соприкосновение с карбидом, являются небезопасными.

В каждом ацетиленовом генераторе, независимо от того, устроен ли он по принципу падения воды на карбид или карбида в воду, а также под каким давлением газ вырабатывается (будь то 100 — 150 мм водяного столба или $1,5 \text{ кг/см}^2$), самым важным требованием является холодная генерация газа. Как в паровом котле, большой огонь при малом количестве воды представляет серьезную опасность, так и в генераторе весьма нежелателен избыток карбида при нехватке воды. Беспристрастное расследование большинства несчастных случаев с генераторами подтвердило бы, что причиной их по большей части был перегретый газ. Никогда не следует работать на генераторах сверх их мощности, так как подобная работа есть не что иное, как умышленный вызов несчастных случаев и порча оборудования.

Удельный вес ацетилена примерно тот же, что и у воздуха, ¹ поэтому для очистки газа от открытого для ремонта генератора требуется довольно много времени.

Опасно пользоваться открытым пламенем внутри генератора, даже если он был до этого оставлен открытым на несколько дней. Чтобы быть уверенным в полном удалении газа, бак генератора следует тщательно очистить и до краев наполнить его водой. Такие же меры надо принимать при производстве ремонта бака генератора с применением сварки или пайки.

Хранение и распределение газа. Хранение кислорода и распределение его посредством трубопроводов совершенно подобно тем же операциям с воздухом, только кислород более разрушительно действует на трубы, так что приходится принимать больше мер против потерь газа из-за часто появляющихся утечек. Если сварка отвечает тем требованиям, которые мы к ней предъявляем, то как при изготовлении газгольдеров для хранения кислорода низкого давления, так и при соединении трубопроводов надо конечно пользоваться сваркой. Водоотделители в трубопроводах должны находиться под особым наблюдением, а трубы следует хорошо укреплять, чтобы не допускать их напряжения.

Не рекомендуется пользоваться для хранения ацетилена газгольдерами больших размеров и внутри заводских помещений. Конечно, обойтись без употребления ацетиленовых газгольдеров и компенсационных баков сравнительно небольшого давления нельзя, но лучше помещать их вне зданий. Не приходится объяснять, почему линии распределения ацетилена должны быть устроены плотными и в таком состоянии поддерживаться. Это также относится ко всем краям, вентилем, соединительным частям и водяным затворам. Проверку утечек не следует производить зажженной спичкой или вообще огнем. Хотя высказываются мнения о возможности при некоторых условиях ризковать испытанием утечек с помощью огня, но по отношению к горючим газам такую практику следует вообще считать дурной. Правда, были случаи, когда наполненные ацетиленом трубопроводы и генераторы с газом под давлением противостояли сильному огню, получив только небольшие наружные повреждения. Но это только показывает, что газ в них был чистый, что однако бывает не всегда. Утечки легко можно установить с помощью мыльной воды. Как баки для хранения

¹ Плотность ацетилена по отношению к воздуху 0,91.

газа, так и газопроводы должны быть снабжены манометрами и, чтобы быть уверенным в отсутствии утечек газа по системе распределения, надо делать контрольные записи. Баллоны для распределения ацетилена должны быть снабжены трубками очень малого диаметра. По существующим правилам, давление ацетилена в обыкновенных трубопроводах свыше 1 атм. не допускается. Кислородные баллоны всех видов предусмотрены на высокое давление и все употребляемые трубопроводы, соединительные части и редукторы должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать первичное давление баллонов или, другими словами, не менее чем 150 кг/см^2 плюс необходимый запас прочности. Не надо жалеть времени и денег на хорошее оборудование, так как дешевое потом окажется слишком дорогим.

Поскольку исправное действие предохранителей от обратных ударов находится в прямой зависимости от водяных затворов, надо конечно постоянно следить за тем, чтобы в последних была вода на надлежащем уровне.

При работе с ацетиленом низкого давления (от генераторной сети) требуется устройство предохранительного водяного затвора для каждого сварочного поста. Эти затворы конечно также следует содержать в полном порядке, исправляя происшедшие от замерзания воды или вследствие грубого с ними обращения повреждения или заменяя дефектные приборы новыми.

Редукционные клапаны и горелки. Из различных частей сварочного оборудования обычно небрежнее всего обращаются с редукционными клапанами и горелками. Часто совершенно не считаются с инструкциями по пользованию этой аппаратурой и о мерах предосторожности в обращении с нею.

Каждый сварщик должен быть хорошо знаком с устройством аппаратуры и должен считать себя обязанным пользоваться ею с такой же осторожностью и вниманием, как механик пользуется своими машинами, приспособлениями и инструментами.

Редукционные клапаны, иначе манодетандеры, служат для понижения первоначального высокого давления газа в баллоне до желаемого рабочего давления и для поддержания его затем на этом уровне во время работы.

Не следует делать операцию по изменению давления усиленным нажимом установочного винта клапана на пружины и диафрагму до конца нарезки с тем, что поток газа регулировать затем кранами сварочной горелки. У наиболее распространенных типов редукционных клапанов держатели золотников соединены с диафрагмой. Когда нажимают пружину, золотник удерживается на значительном расстоянии от его сопла. Если сразу впустить газ в редукционный клапан, давление на диафрагму сильно прижимает золотник к соплу и в результате будет частая его порча. Так как вентили баллонов не рассчитаны на такие условия работы, необходимо до впуска газа в редукционный клапан отпустить давление пружины на диафрагму и затем уже открывать вентиль постепенно. Устанавливать редукционный клапан на требуемое рабочее давление надо только на время работы, а если весь газ из баллона израсходован, надо отпускать нажимающую на диафрагму пружину.

Вентили баллонов следует открывать постепенно еще и потому, что

сильное и внезапное давление на манометры может испортить последние. Для предупреждения повреждений в случае пропуска в пружинных трубках манометры редукционных клапанов, особенно кислородные высокого давления, должны быть снабжены предохранительными выпускными отверстиями.

Кислородные манодетандеры (редукционные клапаны) надо тщательно оберегать от масла, так как масло в присутствии кислорода высокого давления может воспламениться. Грязь, песок, частицы металла и другие твердые вещества, попавшие между соплами и золотником редукционного клапана, вызывают утечки газа и порчу последнего.

Результаты применения процесса ацетилено-кислородной сварки много зависят от устройства и качества сварочных горелок и резаков. Безопасность работы с ними также имеет очень важное значение, поэтому ясно, что выбирать горелки надо с большой осторожностью. Так как процесс сам по себе еще нов и находится в стадии развития, то все употребляемые аппараты постоянно совершенствуются. Тем не менее есть определенное различие между настоящей горелкой и продаваемыми под таким названием предметами из латуни, рекомендуемыми для тех же целей. Наиболее нежелательными свойствами некоторых сварочных горелок являются: непрочность конструкции, склонность к образованию обратных ударов, плохое смешивание газов, неудобство для работы и чрезмерный вес. Много неприятностей вызывают также пропуска в соединениях, наконечниках и шлангах. Но даже и самые лучшие сварочные горелки не проработают долго и хорошо, если с ними будет небрежно обращаться.

В горелках, сконструированных по правильным расчетам, газовые отверстия в наконечниках и смесительных камерах просверлены по точным размерам. Изменение этих отверстий пересверловкой или расточкой неуклонно вызывает затруднения при работе. Когда их нужно прочистить, надо употреблять для этого мягкую проволоку. Часто портят наконечники разверткой выходных отверстий, так что канал становится неправильным. Краны сварочных горелок должны содержаться в порядке и во избежание утечек газа уплотняющие гайки на игольчатых вентилях надо пригонять совершенно плотно. Поворотные соединительные части шлангов, изготовленные частично из металла, лучше чем шланги стационарного типа, но они должны быть такой конструкции, чтобы при любом давлении давать абсолютно плотное соединение. Шланг должен быть прочно прикреплен к соединительному наконечнику или с помощью проволоки, или винтовыми скрепами. Чтобы иметь полную гарантию от пропусков газа между соединительными наконечниками и шлангом, надо прибегать к смазке шеллаком или резиновой пастой, так как появление в этом месте утечки, вызывая значительные потери газа, приводит иногда к плохому горению.

Вспомогательные приспособления. С точки зрения безопасности работы нельзя придавать особое значение принадлежностям сварки, являющимся обычными инструментами мастерской, равно как и вспомогательным материалам, но все же много несчастных случаев, имевших место в ацетилено-кислородной промышленности, следует отнести за счет небрежного обращения с этими как-будто не имеющими значения объектами. Большинство этих несчастных случаев можно было

бы небезопасно, уделяв немного больше осторожности, внимания и разумного отношения к этим мелочам.

Известен случай, когда рабочий, вырезывая отверстие в стальной пластине, положил ее на кислородный баллон с давлением газа в 105 кг/см^2 . Прервав пластину, он одновременно прожег и стенку баллона, в результате чего был убит на месте пластиной, ударившей ему в лицо под действием давления. Рискованно работать над масляным или газовым баком без его предварительной очистки и пропарки, и тем не менее находятся работники, пренебрегающие необходимыми мерами предосторожности. В целях безопасности необходимо строго смотреть за состоянием соединительных частей шланга и самих шлангов. То же можно сказать о соединительных муфтах, которые часто плохо изготовлены или собраны.

Очень серьезного отношения к себе требует вопрос о защите глаз. Одни сварщики предпочитают сине-зеленый цвет стекол, другие янтарно-желтый, третьи — синий кобальт и т. п. Есть и такие, что вообще никогда не пользовались и не желают пользоваться какими бы то ни было очками или стеклами.

В продаже имеются многочисленные сорта очков: очки с кожаными ободками, с обшивкой шелком и сатином, в металлической оправе, с отверстиями, с проволочной сеткой, на шарнирах, с цепочками, выпуклые, в твердой или мягкой оправе, с одной или двумя линзами, круглые, овальные и с опускающимися створками.

Всякий яркий свет вреден для глаз, но надо учитывать и существующие в этом отношении различия. Ослепительный и резкий свет электрической дуги на незащищенные глаза в течение нескольких минут может серьезно повредить зрение. Ацетилено-кислородное пламя испускает вредные для зрения ультрафиолетовые лучи в значительно меньшем количестве, но все же необходимо пользоваться предохранительными очками и в этом случае, хотя бы не с очень темными стеклами.

При сварке крупных предметов из стали и чугуна надо употреблять очень темные очки. При сварке легкой стали, меди, латуни, бронзы и алюминия глаза гораздо меньше напрягаются при употреблении линз светлых оттенков.

Человек, который вообще обладает слабым зрением, не должен стремиться работать по сварке, так как это ремесло требует исключительно сильных и здоровых глаз (св. защита глаз, I ч. стр. 52).

Для некоторых ремонтных мастерских очень важен вопрос о перемещении громоздких предметов. Сварщики в большинстве незнакомы с такелажным делом, а приходится заниматься выгрузкой, передвижением, поворачиванием, подъемом и укреплением тяжелых частей, соблюдая необходимую предосторожность. Слабые скрепы и цепи, скользящие захваты и хрупкие подкладки вызывают несчастные случаи. В руках неопытного человека употребляемые для перемещения тяжелых предметов катки очень ненадежны и нерасторожное пользование ими приводит к повреждению пальцев рук и ног. Надо в связи с этим заметить, что пользование в качестве катков баллонами совершенно недопустимо.

Дым от древесного угля при плохой вентиляции мастерской крайне вредно отражается на работе. Ядовитый дым с содержанием окиси углерода, идущий от очагов предварительного нагрева, вызывает у

работающих головокружение, тошноту, а иногда и полный упадок сил. Защитой от таких последствий является хорошая вентиляция и длинные горелки. Сварка оцинкованных материалов и сплавов, содержащих цинк, требует мер предосторожности против вредных паров цинка. Предметы, покрытые краской или салом (жиром), должны быть хорошо очищены до сварки как в интересах здоровья работника, так и для уменьшения пожарного риска и улучшения качества работы.

В настоящее время проблема техники безопасности привлекает к себе наибольшее внимание. Ряд комиссий работает над выяснением причин несчастных случаев и по установлению мер, с помощью которых процент риска может быть сведен к минимуму. Это очень большая и серьезная задача, которая заслуживает внимания в интересах нашей же собственной безопасности. Надо стремиться к тому, чтобы сделать ацетилено-кислородную сварку не только одной из самых интересных отраслей производства, но и самой безопасной.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

СТАНДАРТЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ АГГРЕГАТОВ АЦЕТИЛЕНО-КИСЛОРОДНОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ

(американских страховых обществ).

Агрегаты ацетилено-кислородной сварки и резки представляют собой оборудование для использования кислорода и ацетилена в производственных процессах, которые требуют применения высоких температур. Агрегат состоит из резервуаров с кислородом и ацетиленом, трубопроводов, редукционных клапанов, шлангов, горелок или паяльных трубок и предохранительных затворов.

Для сравнения существующих агрегатов ниже дается классификация, в которой подразделения сделаны в зависимости от величины давления. Указанные в каждом классе части размещены примерно в порядке их расположения в системе.

Класс А. Агрегат низкого давления. Стационарные ацетиленовые генераторы низкого давления, для давлений, не превышающих $0,07 \text{ кг/см}^2$; затвор против обратных ударов; установка для питания кислородом, кислородные редукторы; шланги и горелки.

Класс Б. Агрегат среднего давления. 1) Стационарный ацетиленовый генератор среднего давления, для давлений не выше 1 кг/см^2 ; предохранительный затвор; установка для питания кислородом, кислородные и ацетиленовые редукторы; шланги и горелки.

2) Стационарный ацетиленовый генератор низкого давления для давлений не выше $0,07 \text{ кг/см}^2$; (класс А); предохранительный затвор; стандартный механический компрессор для давлений, не превышающих 1 кг/см^2 ; установка для питания кислородом: кислородные и ацетиленовые редукторы; шланги и горелки.

Класс В. Агрегат высокого давления. Стационарного или передвижного типа, состоящие из стандартных ацетиленовых баллонов на давление не больше $17,5 \text{ кг/см}^2$ при температуре 20°C ; установка для питания кислородом; кислородные и ацетиленовые редукторы; шланги и горелки.

Настоящие правила относятся специально к стационарному оборудованию для сварки и резки. Необходимо заметить, что передвижные

устройства для генерации ацетилена или кислорода, или этих обоих газов при употреблении внутри зданий считаются гораздо более опасными, чем генераторы стационарного типа. Кроме того переносные устройства имеют характерные особенности, которые делают правила для стационарных аппаратов неприменимыми к ним.

В случае потребности в передвижных аппаратах для работы внутри зданий, рекомендуется пользоваться существующими стандартными баллонами для хранения ацетилена и кислорода, установленными на прочных тележках. Абсолютно запрещено применение: 1) жидкого ацетилена, а также 2) газообразного ацетилена под давлением свыше 1 кг/см^2

Определения. ¹ *Ацетиленовый генератор.* Аппарат для получения ацетилена из карбида кальция. Он состоит из карбидной коробки, загрузочного приспособления, камеры генерации и колокола для определенного количества газа.

Обратный удар. Этот термин употребляется для обозначения какого бы то ни было местного взрыва или разложения, которые через шланг, редукционные клапаны и трубопроводы могут быть переданы в другие части агрегата. Другие термины для обозначения этих явлений: «обратный взрыв», «обратное хлопанье» и т. п.

Предохранитель против обратных ударов. Это название применяется для обозначения приспособления, служащего для защиты в агрегате вон с большим запасом газа против взрывов, вызываемых обратными ударами. Его иногда также называют «гидравлическим клапаном обратного давления». Этот прибор делается двух типов. Один тип является достаточно мощным для установки на главной линии подачи ацетилена из генератора, а другой, меньшей мощности — для установки на газопроводах у включения горелок. Отдельные маленькие предохранительные затворы предпочтительнее, чем большие, так как они полнее локализируют каждый обратный удар и не допускают расстройства работы всей системы из-за дефектной работы одной горелки.

Редукционный клапан. Обычно диафрагменного типа. Назначение для контроля газового потока и поддержания постоянного давления в горелке. Свое название клапан получил в виду того, что он обычно применяется для редуцирования (перевода) сравнительно высокого давления газа в давление, требующееся для сварки и резки.

Редукционные клапаны (иначе редукторы) изготавливаются разных типов и для разных целей. Иногда ацетиленовые генераторы снабжаются главным редуктором на рабочем трубопроводе и кроме того на каждую горелку устанавливаются отдельные редукторы. Часто редукторы называются по роду их применения сварочными редукторами, редукторами для резки, кислородными и ацетиленовыми редукторами.

Горелка. Прибор, служащий для смешивания кислорода и ацетилена в пропорциях, дающих возможность получать высокие температуры для процессов сварки и резки. Горелка конструируется разных типов отдельно для сварки и резки, а также смешанного типа — для обоих процессов.

¹ Об определениях, принятых для «генераторов», «обратного огня» и т. д., см. в I ч. стр. 26.

Галлон. Имеется в виду галлон, принятый в САСШ, в 231 куб. дюйм, равный 3,785 литра.

Спецификация ацетиленовых генераторов классов А и Б. 1. *Производительность и маркировка.* а) Производительность генераторов должна быть достаточной для выработки максимального по их мощности количества газа, в рабочих условиях от одной зарядки карбидом минимум на период работы в 4 часа. Для аппарата типа «падения карбида в воду» производительность должна составить 60 литров газа в час на 1 кг карбида, а для аппаратов «падения воды на карбид» — не более половины от указанной выше производительности.

За основу при расчете производительности взята емкость аппаратов «вода на карбид», при правильной загрузке.

б) На каждом аппарате должна быть четкая отметка о максимальном количестве кубических метров газа, на подачу которого в час он рассчитан, о количестве и сорте карбида, необходимого для единичной зарядки, название фирмы и адрес, а также торговое обозначение аппарата.

К каждому генератору должна прилагаться полная инструкция по зарядке и обслуживанию аппарата.

2. *Обслуживание.* Генераторы должны регулироваться автоматически и действовать неизменно, вырабатывая газ в количестве, соответствующем немедленному расходу. При этом газ должен вырабатываться, не нагреваясь в такой степени, чтобы остаточная известь получала желтую окраску (это происходит при 200°С), и без появления ненормального давления в каком-либо периоде процесса, конечно при условии употребления карбида надлежащего сорта и работы с полной нагрузкой (или до 150%).

Излишний нагрев изменяет химический состав газа и всегда будет представлять опасность, так как в аппаратах «карбид на воду» мелко дробленный карбид вызывает излишнее давление раньше, чем будут против такового приняты меры безопасности.

3. *Металл.* а) Металлические части делаются из железа и стали по способам и с применением материалов, обеспечивающих прочность конструкций. Следует избегать употребления меди и ее сплавов для частей, соприкасающихся с ацетиленом. Латунь, содержащая сравнительно небольшое количество меди, может быть употребляема для изготовления загрузочных коробок, кранов, подшипников и т. п.

Во избежание разъедания листы железа или стали, а также литые надо покрывать устойчивым против разъедания слоем. Лучше всего это делать способом горячей оцинковки или подобным процессом. Латунные части, соприкасающиеся с ацетиленом, лучше покрывать оловом или другой полудой.

Поврежденную при изготовлении полуду или оцинковку надо восстанавливать. Это можно сделать припоем. Сварные соединения надо покрыть предохранительным слоем как с внутренней, так и с внешней стороны. Если не применяется покрытие предохранительным слоем указанных наружных частей, надо их окрасить соответствующей краской. Для окраски поврежденного слоя оболочки генератора рекомендуется устойчивая против ржавчины асфальтовая краска на льняном масле.

б) Требуемая толщина листового металла должна рассчитываться в зависимости от диаметров разных частей и работы, которую они будут выполнять.

Листовой металл специфицирован по американскому стандарту с отклонением в сторону уменьшения до 2,5% от соответствующего размера.

в) Соединения должны быть такого рода, чтобы от нагрева части не расходились. Листы металла должны быть соединены в замок или с клепкой и насквозь пропаяны. Можно также соединить их другими способами, которые гарантируют такую же прочность.

Нельзя употреблять дерево, а также соединения, рассчитанные только на пайку.

г) Для соединения отдельных частей корпуса допускается применение литых частей.

4. Сборка. а) Аппараты должны быть собраны настолько надежно и искусно, чтобы была гарантирована их солидность и прочность.

б) Части, относящиеся к аппарату, в том числе трубопроводы, должны быть тщательно соединены уже на месте.

Весь комплекс аппарата должен быть хорошо защищен от повреждений при перевозке. Рекомендуется отгружать аппараты производительностью на 23 кг и меньше в собранном виде, а более крупные аппараты — в разобранном виде (отдельно камера генерации газа, газгольдер и др. части), но сложить эти части так, чтобы предотвратить возможность повреждений в соединениях.

в) Основания корпусов (оболочек) не следует ставить прямо на фундамент, а надлежит делать прокладки и вообще предохранять их для обеспечения прочности (имеется в виду предохранение от ржавчины, от пробивания или прокалывания каким-либо предметом и от излишних напряжений),

г) Надо устанавливать аппараты так, чтобы обеспечить их правильную загрузку и очистку. Это требует разных дополнительных устройств, указанных в разных частях данной спецификации.

д) Аппараты должны быть приспособлены так, чтобы во время пере-
зарядки карбидом падение карбида в воду или воды на карбид автоматически прекращалось. Это служит для предупреждения представляющей опасность утечки газа. Также рекомендуется не делать загрузку до очистки камеры генерации или добавления в нее воды.

е) Во всех водяных затворах следует, при всяких условиях, поддерживать надлежащий уровень воды, независимо от использования воды для целей генерации.

ж) Не следует употреблять клапаны или краны, выход которых внутрь помещений допустил бы утечку газа из содержащих его частей аппарата или частей, подвергаемых чистке.

Такие краны и клапаны вообще не нужны; их наличие увеличивает возможность утечки.

з) Не следует употреблять измерительные стекла, разбитие которых повлекло бы за собой утечку газа.

и) Конструкция должна быть такова, чтобы жидкость водяных затворов не загрязнялась известковым илом или другими веществами.

к) Аппарат должен быть устроен так, чтобы невозможно было случайное вытекание воды вследствие образования сифона.

л) Гибкие трубы, поворотные соединения труб, защелки, механические запорные заслонки, цепи, блоки и свинцовые или другие легкоплавкие трубы не должны употребляться в ацетиленовых аппаратах,

за исключением тех случаев, когда они совершенно необходимы для безопасности машины и вместе с тем когда они не будут непосредственно или косвенно способствовать утечке газа внутрь помещения.

Не следует пользоваться затворами с поплавками, кроме случаев, когда без них аппарат вообще не может действовать.

5. *Камера генерации газа.* а) В аппаратах типа «вода на карбид» камеры генерации должны быть устроены так, чтобы в каждом отделении действию воды подвергалось не более 2,25 кг карбида одновременно. Это уменьшает опасность перегрева и чрезмерной последующей генерации путем разделения загрузок карбида в аппаратах такого типа.

б) Устройство должно быть таким, чтобы количество подвергаемого действию воды карбида в каждый данный момент не было больше допустимой нормы во избежание перегрева и чрезмерного увеличения количества газа. Это условие обязательно при работе под всякой нагрузкой в пределах до 50% сверх нормальной производительности аппарата.

в) Количество воды в камере генерации в аппаратах типа «карбид в воду» должно быть таким, чтобы на каждый 1 кг карбида, засыпаемого в загрузочную коробку, приходилось не менее 7,5 л воды. Емкость по карбиду определяется по всему пространству загрузочной коробки, которое может быть заполнено карбидом.

г) Камера должна иметь соответствующее устройство для выпуска газа, соединенное с выпускной трубой, чтобы можно было убрать известковый ил или заменить воду, не вызывая засасывания или впуска воздуха в значительном количестве в газгольдер до заряда.

д) Подача воды или карбида в камеру генерации должна быть так устроена, чтобы выработка газа начиналась значительно раньше истощения запаса в газгольдере и позволяла непрерывно держать газовую смесь под полной нагрузкой. Таким образом при всех условиях загрузки и зарядки водой и карбидом не происходит перерывов в подаче газа из-за перебоев в работе аппарата.

е) Камера должна иметь крышку с надежным закреплением. Крышка должна быть достаточно прочна, чтобы противостоять давлению в генераторе, равно как и действию напряжений при закреплении ее на своем месте.

ж) Известковый ил не должен мешать работе аппарата и удаление его должно быть удобно.

з) Нижняя часть камеры генерации в аппаратах типа «карбид в воду» должна быть поставлена так, чтобы густой известковый ил легко было спускать. При этом для облегчения очистки должна быть предусмотрена мешалка прочной конструкции. При работе она не должна портить стенки генератора.

6. *Коробки для карбида.* а) Они должны содержать количество карбида, достаточное для наибольшей предусмотренной выработки газа на весь период работы.

Это правило имеет в виду устранить необходимость в перезарядке или обслуживании аппарата в ненадлежащие часы. Должна быть полная гарантия того, что газа хватит на весь период работы. Прекращение подачи газа в процессе работы вызовет серьезные убытки. Желательно устройство указателя, который показывал хотя бы приблизительно количество остающегося карбида в воронке в каждый данный момент.

6) Карбидная коробка должна быть такого устройства, чтобы, будучи наполнена согласно данных указаний, она содержала количество карбида не менее нормы вместимости.

Общее количество карбида, которое может быть засыпано в коробку до ее полного наполнения, не должно по числу килограммов превышать число литров воды в камере генерации. Засыпное отверстие должно быть так расположено и быть такого размера, чтобы можно было удобно засыпать все количество карбида, на которое коробка рассчитана.

в) Коробка должна быть так устроена, чтобы заряд карбида можно было в случае необходимости вынуть. Это служит для предотвращения рассыпания карбида при разборках для ремонтов или другой надобности.

7. *Механизм загрузки.* а) Загрузочный механизм в аппаратах типа «карбид в воду» должен быть устроен так, чтобы при всех положениях механизма прямое попадание карбида из карбидной коробки в воду камеры генерации было невозможно. Механизм загрузки должен оставаться в бездействии все время, пока засыпное отверстие в коробку открыто, независимо от того — приводится ли механизм в действие подъемом и опусканием газового колокола, давлением в генераторе, или от изменения уровня воды в какой-либо части аппарата.

б) Загрузочный механизм, приведенный в действие подъемом или опусканием газового колокола, должен прекращать питание водой или карбидом, прежде чем газовый колокол дойдет до предельной точки своего движения. Загрузка должна прекращаться в тот момент, когда колокол находится не ближе, чем на 4 см от своего конечного положений.

в) Питание карбидом или водой должно допускать такую регулировку, чтобы безусловно не вырабатывалось больше газа, чем может удалить предохранительный разгрузочный отвод без чрезмерного повышения давления.

г) Загрузочные механизмы у аппаратов типа «карбид в воду» не должны допускать непрерывное падение торгового карбида размером от 6 до 2 мм или более крупного.

Рекомендуется устранять возможность непрерывного падения даже более мелкого карбида. Это необходимо, чтобы предупредить риск в случаях, когда какая-нибудь грануляция содержит примесь мелкого карбида.

д) Употреблять пробки или клапаны, закрывающиеся вверх, т. е. против потока карбида, не рекомендуется, в виду возможности их застревания в открытом положении из-за попавших посторонних предметов или больших кусков карбида.

е) Механизм должен быть всегда на достаточно далеком расстоянии от уровня воды, чтобы не допустить загрязнения известковым илом. Для этого загрузочный механизм располагается не ниже 25 см над наивысшим уровнем воды.

8. *Газгольдер.* Газгольдер должен быть достаточной емкости для вмещения всего газа, выработанного во время операции, плюс 50% сверх нагрузки, на случай прекращения расхода газа.

Если газгольдер слишком мал и часто выпускает газ после прекращения его потребления, получится большая потеря газа. Да и работа аппарата будет неправильной, с перебоями.

9. *Трубопроводы.* а) Следует употреблять толстостенные оцинкованные трубы из сварочного железа или стали.

б) Соединительные части труб должны иметь правое и левое соединение; штуцер должен быть с длинной резьбой и контр-гайками. Соединительные части могут быть и других одобренных на практике типов, только из тех, которые не требуют применения прокладок.

в) Соединения труб с частями листового металла должны иметь надежные контр-гайки с каждой стороны листа, или наглухо приклепанные фланцы, причем в обоих случаях место соединения должно быть пропаяно. Можно также устроить эти соединения и по другому способу, дающему равноценный результат. Трубы и муфты должны быть оцинкованы. В тех случаях, когда муфты выполняют роль гаек, они должны быть вделаны без выступов. Приклепанные фланцы должны быть укреплены не менее как тремя заклепками.

г) Для выпуска скопляющейся воды трубы должны иметь конденсационные камеры.

д) Трубы должны быть чисты и без заусенцев.

10. *Запасные выпускные или предохранительные разгрузочные трубы.*

а) Внутренний диаметр выпускных труб должен быть не менее 1,9 см. Они должны выдерживать давление в 1,8 кг/см². Соединяются соответствующим образом с трубой, выходящей из помещения. У более крупных аппаратов ставятся трубы большей пропускной мощности.

Размеры указаны в данном случае для входных соединений в выпускное устройство. Выходное соединение должно быть по меньшей мере такого же размера, но предпочтительно больше.

б) По размерам трубы должны отвечать требованиям п. 7-6 правил и быть такого устройства, чтобы не засоряться скопившейся известью или другими веществами и сохранять свободным доступ к ним газа.

в) Выпускная труба не должна иметь кранов для спуска образующейся в ней конденсационной воды; эта вода должна уходить обратно в генератор.

г) Устройства, регулирующие давление газа в выпускных трубах, не должны задерживать выхода газа.

11. *Набивочные коробки (сальники).* Набивочные коробки, проходящие из частей генератора, содержащих газ, в наружную часть его корпуса, должны быть вращающегося цилиндрического (или подобного ему) типа. Стандартная набивочная коробка должна иметь отдельную прижимную крышку без нарезки. Нижний край крышки и уплотняющая выемка должны иметь скошенные под углом в 30 — 40° кромки и кроме того для облегчения съемки крышки у ней должны быть закраины или какое-нибудь другое подходящее приспособление. Крышка закрепляется с помощью головки с резьбой, причем набивка не должна попадать на эту резьбу. В особых случаях допускается и другая конструкция, обеспечивающая тот же эффект.

12. *Очистители, скруббера и фильтры.* а) В случае установки этих аппаратов они должны отвечать общим правилам устройства других ацетиленовых аппаратов и свободно пропускать газ.

б) При расположении у разгрузочной стороны водяного затвора они должны быть изготовлены из металла толщиной 1 мм. Если же их устанавливают между генератором и водяным затвором, то требуется металл толщиной 0,75 мм.

в) В них не должен помещаться карбид для сушки.

г) При расположении у наружной стороны газгольдера в них не должно быть люков, которые можно было бы открыть, не прекратив предварительно подачу газа. Исключение допускается только при наличии промежуточного приспособления, гарантирующего надлежащую последовательность операции. Когда выпускное отверстие к рабочей линии газопровода соединено с верхней крышкой фильтра, промежуточных устройств не требуется. Если эта крышка укреплена на 6 и более болтах, то не нужны промежуточные устройства, которые приходится ставить при употреблении легко снимающихся скреп или винтов с ба-
рашками.

13. Прокладки и диафрагмы. а) Прокладки должны быть из высоко-
сортной резины и без вставок. Последние можно допустить только в слу-
чае надобности для усиления прочности, как например для диафрагм.
В таких случаях употребляется высокосортная резиновая прокладка
с матерчатой вставкой.

б) В соединениях, редко вскрываемых (как например между флан-
цами, укрепленными на болтах), следует употреблять плоские про-
кладки.

в) В часто вскрываемых соединениях, как например в засыпных от-
верстиях для карбида, рекомендуется применять круглые резиновые
прокладки, зацементированные в жолобе и прижимающиеся к закруг-
ленному выступу или другой подобной конструкции. Если закруглена
только одна поверхность у прокладки или литья, эта поверхность
должна быть с нижней стороны, чтобы карбид не мог туда попадать
препятствуя плотному запырению.

г) Опора, или поддержка диафрагмы должна заходить возможно
дальше, чтобы не допускать их излишнего растяжения.

д) Все соединительные части, снабженные диафрагмами, порча ко-
торых могла бы вызвать утечку газа, за исключением отдельных малых
регуляторов у сварочных горелок, должны иметь сообщение с имею-
щей выход наружу за пределы помещения камерой. Это соединение
достигается посредством трубопровода достаточно большого диаметра
для отвода всего ацетилена, который мог бы выйти вследствие пропус-
ков, разрывов и других дефектов диафрагмы.

Эти отводные соединения должны быть приделаны в мастерской к
выпускной трубе самого генератора. Регуляторы у отдельных горелок,
особенно когда они небольших размеров, можно и не соединять с вы-
пускным устройством.

14. Смеси газа с воздухом. Генераторы должны быть устроены так,
чтобы в них содержалось минимальное количество воздуха во время
их пуска или варядки. Совершенно не допускаются никакие приспособ-
ления, так или иначе облегчающие или вообще делающие возможным
смешивание газа с воздухом раньше употребления в дело (исключая
образование смеси в горелке).

Некоторые системы генераторов для целей сварки требуют несколько
— большей внутренней емкости, чем аппараты тех же размеров для осве-
щения, но это различие надо сокращать до возможных в практике пре-
делов, приняв за правило, что всякая смесь воздуха с газом должна
быть удалена из аппарата в течение 6 минут после пуска с нагрузкой
в 150%.

15. Редукторы или регуляторы давления у генератора. а) Эти редукторы должны отвечать требованиям, предъявляемым к конструкции других ацетиленовых аппаратов, до возможных пределов, причем засорение и прекращение их действия не должно иметь места (см. спецификации для отдельных регуляторов низкого и высокого давления и сварочных горелок).

Употребление вместо регулятора расширительных камер и баков не рекомендуется.

б) Они должны быть пригодны для удержания давления на уровне, требующемся для надлежащей работы генератора при всякой нагрузке в пределах его мощности.

в) Они должны быть снабжены вентилями, необходимыми для облегчения осмотра и исправлений.

г) Части, служащие для установки давления у регуляторов при генераторе, должны в пределах возможности быть так устроены, чтобы нельзя было установить регулятор на давление больше 1 кг/см^2 .

16. Предохранительный затвор против обратных ударов (у генератора). а) Должны быть приняты действительные меры к тому, чтобы обратный удар не мог по трубопроводу дойти до генератора. Это устранит возможность проникания кислорода в массу запаса ацетилена.

б) Они должны быть гидравлического или сходного с ним типа и годны для правильной работы при всех условиях использования.

в) Они должны быть изготовлены из оцинкованного стандартного железа или стали (толщиной в 1 мм).

г) Устройство их должно допускать легкое наполнение водой до надлежащего уровня.

д) Необходимые соединения на них должны быть сделаны механическим способом с укреплением заклепками.

е) Они должны быть так устроены, чтобы накопление давления разрежалось во внешнюю атмосферу через соединение с отдельной выпускной трубой. Это необходимо для предотвращения порчи водяного затвора или других частей аппарата кислородом высокого давления. Один или несколько предохранительных затворов можно соединить с одной и той же выпускной трубой, которая должна быть независимой от трубы, соединенной с устройством, отводящим давление из других частей генератора, и редукционными клапанами, чтобы не допустить передачи обратного удара в генератор через отводную трубу последнего.

ж) Устройство затворов не должно допускать, чтобы выходящие газы могли захватить с собой слишком много влаги, унося ее из водяного затвора, так как это привело бы к понижению уровня воды.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПЕЦИФИКАЦИИ ДЛЯ АЦЕТИЛЕНОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ КЛАССА А (НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ).

В дополнение к общим правилам для аппаратов класса А и Б, первый тип генераторов (класса А) должен отвечать следующим требованиям.

1. Аппарат в целом. а) Устройство аппарата должно автоматически не допускать обратного тока газа из газгольдера при перезарядке, или же конструкция его не должна допускать перезарядки аппарата без

предварительного закрытия трубы, подающей газ в газгольдер или в другие камеры генерации, если таковых имеется несколько. Это имеет целью предупредить опасную утечку газа.

б) Конденсационная вода от всех частей аппарата должна автоматически удаляться без помощи особых клапанов или частей, работающих механически.

Автоматическое удаление из аппарата конденсационной воды очень важно для безопасной работы. U-образные спуски с выходом в помещение из частей, содержащих газ, не должны употребляться для удаления конденсационной воды. Все капельные соединения с затворами должны иметь такое устройство, чтобы выпускать газ в отводящие трубы при определенной нагрузке с тем, что действие затвора снова восстанавливается после разряжения ненормально высокого давления.

в) Все водяные затворы должны быть так устроены, чтобы можно было хорошо наблюдать за уровнем воды и его поддерживать.

2. *Камера генерации.* а) Листовой металл у камеры генерации должен быть толщиной не менее 0,5 мм для емкости до 75 л включительно и не менее 0,64 мм для емкости до 280 л включительно. Для больших размеров должен быть пропорционально толще.

б) Когда крышка камеры генерации у аппарата типа «вода на карбид» имеет связь с водяными затворами, то ее запирающая сила должна быть рассчитана минимум на давление на 15 см водяного столба больше выпускного давления. Затвор должен быть шириной не менее 4 см и на 23 см водяного столба больше, чем суммарное разгрузочное давление, за исключением только тех случаев, когда эти затворы связаны с наполнением затворов для генерации газа, для которых 15 см выше выпускного давления обыкновенно уже достаточно.

в) Каждый генератор должен быть соединен с газгольдером так, чтобы во всякий момент можно было иметь соединение или с газгольдером или с выпускной трубой (в атмосферу). Это необходимо для предотвращения опасного внутреннего давления или утечки газа из камеры генерации.

3. *Карбидные коробки.* а) Эти коробки должны быть изготовлены из оцинкованного железа или стали толщиной не меньше 0,5 мм для аппаратов емкостью до 22 кг включительно и не менее чем 0,64 мм для емкости больше 22 кг.

б) Они должны быть надежно укреплены, чтобы противостоять сотрясениям или другим напряжениям, которые могут иметь место в работе.

4. *Газгольдер.* а) Должен быть сконструирован из оцинкованного железа или стали толщиной не менее 0,5 мм для емкости до 75 л включительно; не менее 0,64 мм для емкости от 75 до 280 л, а при больших размерах пропорционально толще. Конденсационные камеры при расположении под газгольдером должны быть из такого же металла.

б) Движущиеся газовые колокола должны быть из материала на два номера легче, чем материал, требующийся для наружной оболочки (от 0,4 до 0,5 мм).

в) Колокол должен свободно двигаться и иметь зазор кругом наружной стороны не менее 2 см.

Зазор предусмотрен для устранения возможности задержки движе-

ния при искривлении колокола или наружной оболочки. Кроме направляющих не должно быть никаких выступов в зазор больше, чем на 10 мм. Эти направляющие надо устанавливать на месте использования аппарата и их устройство не должно портить защитный слой оболочки.

г) Колокол газгольдера, сконструированный на принципе газометра, должен иметь надежные приспособления для управления его движениями, с остановкой колокола примерно на 2,5 см ниже нормальной точки, при которой начинается выпуск газа.

д) Сконструированный на принципе газометра газгольдер должен иметь такое устройство, чтобы при максимальном наполнении колокола газом под нормальным давлением его нижняя кромка была в воде минимум на 23 см.

е) Размеры части, составляющей бак, сконструированный по принципу газометра, должны быть в таком соотношении к размерам колокола и других деталей, чтобы давление, необходимое для выхода газа непосредственно из газгольдера, было по крайней мере в два раза больше того, которое приводит в действие предохранительный выпуск газа.

ж) Следует покрывать газовый колокол защитным слоем в тех местах, где движущие части его задевают, и в случае необходимости дополнительно укреплять его у основания.

Если употребляются грузы, их лучше прицеплять ближе к нижней части колокола, чтобы увеличить его устойчивость.

5. Выпускные устройства или предохранительные отводные трубы.

а) Во всех случаях должен быть предусмотрен и устроен свободный выход в атмосферу всякого излишка выработки газа, а также должен быть устроен предохранительный отвод из аппарата давления, превышающего нормальное.

Оба вышеуказанные отвода должны быть соединены с одной и той же выпускной трубой. Это правило относится к приспособлениям, называемым «предохранительными объемными выпусками», «спуском давления» и пр.

б) Они не должны иметь клапана или других механически работающих частей.

6. Давление. а) Аппараты, не требующие регулировки давления, должны быть сконструированы так, чтобы давление не изменялось более чем на 2,5 см водяного столба при всех условиях зарядки и питания карбидом, а также в пределах отсутствия всякой нагрузки до 50% сверх нагрузки. Это значит, что изменение давления при какой бы то ни было нагрузке генератора не должно быть более 2,5 см у его выходного отверстия.

б) Аппараты этого типа должны быть так устроены, чтобы давление газа не выходило за пределы 0,07 кг/см².

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПЕЦИФИКАЦИИ ДЛЯ АЦЕТИЛЕНОВЫХ ГЕНЕРАТОРОВ КЛАССА Б (СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ).

В дополнение к общим правилам для аппаратов класса А и Б, последний тип генератора (класс Б) должен отвечать следующим требованиям.

1. Аппарат в целом. а) Листовой металл на изготовление частей генератора должен по толщине соответствовать диаметру цилиндра, из

которых генератор составлен, причем рекомендуется придерживаться следующих норм.

Диаметр	Толщина по американскому стандарту	Диаметр	Толщина по американскому стандарту
До 45 см	№ 18 (1,0 мм)	До 90 см	№ 14 (1,68 мм)
> 60 >	№ 16 (1,29 мм)	> 120 >	№ 12 (2,0 мм)

Части, диаметр которых на 5% превышает размеры, указанные выше в таблице, должны быть изготовлены из ближайшего по размеру более толстого материала.

Неоцинкованные листы должны быть толщиной не менее 5 мм.

б) В виду применяемого в этих типах аппаратов более высокого давления особое внимание надо уделить контролю над температурой газообразования, чтобы не имело места какое-либо изменение цвета известкового ила.

Нагревание ацетилена до высокой температуры, вызывающей появление желтой окраски у остаточной извести (около 200°C), приводит к диссоциации газа, опасной в отношении взрыва, если ацетилен находится под давлением более 1 кг/см².

в) Конденсационная вода из всех частей аппарата должна спускаться в таком месте генератора, чтобы скопление ее не препятствовало работе аппарата, сталкиваясь с потоком газа.

Общий характер устройства аппаратов этого типа допускает возможность скопления конденсации, но они должны быть так приспособлены в работе, чтобы свободный проход был гарантирован.

2. *Устройства для отвода газа или предохранительные выпускные трубы.* а) Они должны быть устроены без вентилей или других работающих механических частей. Если вентили и диафрагмы все же употребляются, то их механизмы в необходимых случаях должны работать по спуску давления без отказа из-за засорения этих частей или дефектов диафрагм.

б) Устройство механических выпускных вентилей должно допускать возможность использования их в качестве отводных клапанов при переваривке генератора или для других подобных надобностей, как предусмотрено в п. 5г правил.

Это служит для обеспечения надлежащего действия предохранительного выпуска и для предотвращения возможности его закупоривания.

3. *Давление.* а) Устройство аппаратов не должно допускать подъема давления газа выше 1 кг/см².

б) Аппараты этого типа должны иметь общий регулятор у генератора или лучше по одному на соединительной части каждой горелки. Давление в генераторах должно регулироваться в пределах мощности каждого отдельного регулятора при всех условиях их обычного использования.

В тех случаях, когда в качестве регулятора действует загрузочный механизм, допускается приемка генераторов без главного регулятора на самом аппарате. В таких случаях колебание давления при работе под полной нагрузкой не должно быть более 0,28 кг/см². Весьма рекомендуется устройство одного общего регулятора у генератора.

4. *Смеси с воздухом.* Количество содержащегося в аппарате воздуха

при первом пуске или перезарядке должно быть уменьшено до практически возможных пределов.

5. *Очистители, скрубберы и фильтры.* Они должны быть изготовлены из оцинкованного железа или стали толщиной не менее 1 мм.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

СПЕЦИФИКАЦИИ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ И СВАРОЧНЫХ ГОРЕЛОК.

1. *Отдельные редукторы высокого и низкого давления.* а) Они должны быть надежной конструкции и изготовлены из материалов наиболее подходящих для газов, работать с которыми они предназначены. Материалы из лома и отходов не должны употребляться для изготовления отливок, а конструкция частей должна быть такова, чтобы в наибольшей степени противостоять напряжениям, действию которых они подвергаются. Золотники клапанов, соприкасающихся с газами с высоким давлением или с высокими температурами, должны быть изготовлены из материала, применяемого для подобных целей.

б) Они должны быть пригодными для поддержания норм давления, требующихся для правильной работы сварочных горелок, при всякой нагрузке в пределах мощности регулятора.

в) Подверженные разъеданию части должны быть покрыты защитным слоем и возможность их засорения или закупорки должна быть устранена.

г) Редукторы должны иметь крышку такой конструкции, чтобы в случае разрыва диафрагмы был обеспечен свободный выход газа и чтобы опасность разлета в разные стороны мелких частей была минимальной.

д) Манометры должны быть такого устройства, чтобы не допускать попадания осколков стекол в лицо рабочего в случае взрыва.

е) Для соединения со шлангами и для укрепления на баллонах у редукторов должны быть предусмотрены составные соединения, не требующие прокладок для уплотнения.

ж) При изготовлении, отправке и употреблении редукторов необходимо устранить возможность попадания в них грязи или каких-нибудь посторонних частиц.

з) Редукторы должны иметь надписи «ацетилен» или «кислород» соответственно своему назначению для работы с тем или другим газом. Маркировка должна быть сделана при литье, штамповке или другим прочным способом на самом редукторе или на манометре. При недостатке места для надписи допустимо сокращение: «ацет» и «кисл».

и) К каждому редуктору должна прилагаться полная инструкция о работе с ним, с указанием необходимых мер предосторожности.

2. *Сварочные горелки.* а) Они должны быть сделаны так, чтобы, будучи подвергнуты действию высокой температуры, не разваливались на части, не портились и не давали пропусков газа.

б) Они должны отличаться прочностью и пропорциональностью частей, будучи вместе с тем достаточно легкими для удобства в работе.

в) Конструкция горелок должна быть такой, чтобы смешивание газов происходило без образования обратных ударов.

г) На каждой горелке должен быть контрольный кран, чтобы можно было надлежаще регулировать подачу газов. Очень маленькие прорези могут быть с постоянным притоком газа.

д) Соединительные наконечники для шланга должны быть без прокладок и устройство их должно допускать разъединение шланга с горелкой без съемки шланговых зажимов.

е) Части горелок, служащие для присоединения шлангов, должны иметь соответствующие роду проходящего по ним газа отметки: «ацетилен» или «кислород», чтобы обеспечить правильное присоединение шлангов. При недостатке места для таких отметок допустимо сокращение: «ацет» и «кисл».

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ.

ПРАВИЛА ПО УСТАНОВКЕ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ГАЗОВЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СВАРКИ И РЕЗКИ.

(Рекомендованы национальной противопожарной ассоциацией САСШ.)

Настоящие правила являются переработкой правил для установки ацетиленового оборудования и работы на нем, изданных в 1924 году, в части, касающейся сварки и резки. Слово «должны» употребляется в них для обозначения требования, а слово «могут» в смысле совета, но не неперемennого требования.

Правила требуют чтобы всякое оборудование, трубопроводы и материалы до употребления в дело представлялись на осмотр и испытание в лабораторию страхования в Чикаго. Публикуемый лабораторией страхователей два раза в год список инспектированных опасных в пожарном отношении устройств регистрирует оборудование, трубопроводы и материалы, которые были осмотрены, испытаны и признаны отвечающими требованиям существующих стандартов.

Оттиски этого списка можно получить у местной инспекции департамента или в отделениях лаборатории в главных городах.

Применение правил. Нижеизложенные правила предназначены для применения при установках и работе на всех устройствах газовой сварки и резки. Они охватывают употребление всех газов, применяемых для сварки плавлением и кислородной резки. В них также даны указания по хранению используемых в этих процессах карбида кальция и газов.

Они неприменимы для передвижных устройств в вагонах или на судах, которые используются при авариях и крушениях, а также для установок, предназначенных для выработки и сжатия растворенного ацетилена.

Правила предусматривают только стандартную аппаратуру, как то: сварочные горелки, резаки, ацетиленовые генераторы и т. д., которые притом были осмотрены, испытаны и признаны безопасными.

Все баллоны, употребляемые для хранения сжатых газов, должны по конструкции соответствовать правилам междугосударственной торговой комиссии, распространяющимся на них с момента изготовления. Наполнение их газами должно производиться также согласно этих правил. Маркировка на баллонах также должна отвечать требованиям названной комиссии.

Генерация ацетилена. Стационарные (неподвижные) генераторы.

1. Пользоваться в работе можно только генераторами, которые признаны годными и имеют о том отметки. Генераторы должны быть одобренной конструкции. На них четко должны быть отмечены: максимальная производительность литров ацетилена в час, на которую они рассчитаны; количество или вес, а также размер карбида, потребного для отдельной зарядки; название фирмы, их изготовившей, и адрес; обозначение или номер типа аппарата.

2. *Емкость генератора.* Емкость генератора должна быть достаточной для подачи газа при максимальной выработке и в рабочих условиях от одной зарядки минимум на рабочий период в 4 часа. Аппараты типа «карбид в воду» должны иметь производительность в 60 л ($0,06 \text{ м}^3$) газа в час на килограмм карбида, а аппараты типа «вода на карбид» — не более 50% этой производительности.

3. *Установка генераторов.* Хотя в густо населенных местах генераторы следует по возможности располагать вне зданий, в особо отведенных для них помещениях, построенных и расположенных с соблюдением указаний п. 4 (ниже), установка стандартных генераторов разрешается и внутри зданий при соблюдении настоящих правил.

4. *Отдельные помещения для генераторов.* а) В отдельных зданиях для генераторов не должно быть окон на расстоянии меньше 1 м от каких-либо окон и дверей другой постройки. Днем эти здания должны иметь только естественное освещение.

б) Здания для генераторов должны быть по возможности построены из негорючего материала; они должны хорошо вентилироваться.

в) Отопление должно быть паровое, водяное или других систем косвенного нагревания. Печь должна быть расположена так, чтобы не было огня вблизи местонахождения генератора. Электрические нагревательные приборы не допускаются.

г) Если необходимо искусственное освещение, допускается только электрическое, причем проводка должна быть сделана как для особо опасных помещений.

5. *Установка генераторов внутри помещений.* а) Ацетиленовые генераторы следует устанавливать внутри помещений высотой не более одного этажа, имея в виду, что это не должно пониматься как запрещение таких установок на крышах или в верхних этажах построек, имеющих большую высоту.

б) При установке генераторов внутри построек их надо помещать в отдельные комнаты подходящего размера. Стены или перегородки делаются сплошными от пола до потолка и за исключением случаев, когда помещение имеет свою особую крышу, они должны быть основательно укреплены. Перегородки должны быть с обеих сторон оштукатурены алебастром или цементом на толщину минимум в 2 см по металлическим планкам.

Расширительные металлические планки заделываются в прочную штукатурку толщиной не менее 6 см. Материалом для изготовления стен, перегородок, потолка и пола должны служить: железобетон, кирпич, черепица, алебастр, или бетонные камни (цементная штукатурка с каждой стороны на толщину в $0,64 \text{ см}$).

в) Окна из помещения генератора в другие части здания должны быть защищены железной дверью. Дверь должна быть навесного типа

с заделкой в выступ, или иными словами она должна быть сделана плотной, чтобы не пропускать пламени по краям. Она должна быть самозапирающейся, а в случае укрепления в открытом положении она должна иметь устройство для автоматического закрывания при появлении огня внутри или снаружи помещений генератора.

В случае устройства окон в перегородках они должны быть защищены проволочными сетками в металлических рамах дообренного образца.

г) Часть наружных стекол, соответствующая не менее 10% общей поверхности корпуса постройки, должны быть из легкого негорючего материала, предпочтительно тонкого стекла. Допустимо устройство световых люков в потолке как в дополнение, так и в качестве замены стеклянного пространства стен, учитывая получение таким путем известной части необходимой вентиляции.

д) Внутреннее помещение генераторов должно иметь необходимую вентиляцию в атмосферу. В дневные светлые часы оно должно быть достаточно без искусственного освещения.

6. *Установка.* Устройство фундамента должно быть таково, чтобы генератор был уравновешен и чтобы как на него самого, так и на отдельные соединения не оказывали действия неравномерные напряжения.

7. *Пространство вокруг генератора.* Пространство вокруг генератора должно быть удобно для свободной и беспрепятственной работы, допуская быструю регулировку и загрузку без помощи переносного искусственного света.

8. *Вентиляция помещений генераторов.* Пространство, окружающее генераторы, должно хорошо вентилироваться (предпочтительна такая система вентиляции, которая действует непрерывно). Следует использовать все средства, дающие возможность предотвратить скопление смеси газа и воздуха при появлении утечек.

9. *Защита против замерзания.* Генераторы надо устанавливать так, чтобы вода в них не могла замерзнуть. Не допускается употребления соли или других едких веществ в качестве защиты от замерзания.

10. *Соединения для подачи воды.* За исключением тех случаев, когда генераторы устроены с открытым уравнивающим сливом воды, подача воды не должна в них производиться по сплошным трубам внутрь самого аппарата. Подающая труба должна оканчиваться не ниже, чем на 5 см над специальным наполнительным отверстием, чтобы за притоком воды можно было наблюдать.

11. *Соединения для очистки.* Аппараты для автоматической подачи карбида в воду не должны иметь сплошных (непрерывных) трубопроводов для очистки, идущих до сточных труб, но должны разгружаться через открытое соединение в связанный со стоками приемник, снабженный надлежащим отводом в атмосферу.

Открытое соединение для выпуска густого ила из генератора должно давать возможность рабочему наблюдать сток воды из спускного крана.

12. *Трубопроводы генератора — выпускные или разгрузочные трубы.*
а) Каждый генератор должен быть снабжен выпускной трубой из оцинкованного железа или стали.

б) Выпускная или разгрузочная труба должна быть прочно установлена, не иметь спускных отводов, чтобы вся образующаяся в ней конденсационная вода шла обратно в генератор.

в) Предохранительная выпускная труба должна быть выведена в подступающее место вне здания и должна заканчиваться колпаком или коленом одобренного типа на высоте не менее 3,6 м над землей и возможно дальше от окон и других отверстий в соседних постройках, а также дымоходов. Колпак или колено должны быть так сконструированы, чтобы дождь, снег, лед, насекомые или птицы — не могли закрывать выход из них.

г) Трубопроводы должны быть устроены так, чтобы всякая влага поступала обратно в генератор. Если есть необходимость в устройстве каких-либо трубопроводов в нижних частях, эти трубопроводы должны очищаться в каплеуловительные горшки, закрытые крышками или колпаками на винтах. Спускные краны не допускаются.

д) Наружные трубопроводы, идущие от генератора по строению, должны быть нивелированы по самой нижней точке наружной части строения и, если конденсационная жидкость не имеет возможности поступать обратно в генератор, необходимо установить конденсационный горшок в такой нижней точке, чтобы обеспечить действительный отвод конденсации. Этот горшок должен быть такого устройства, чтобы по мере необходимости можно было его очищать или откачивать конденсат.

13. Содержание и обслуживание. а) Впуск в генераторные помещения посторонних лиц должен быть воспрещен.

б) В целях сохранения генераторов камеру газообразования нужно тщательно чистить по израсходовании заряда карбида или при добавлении такового, причем вода подлежит возобновлению согласно инструкции, данной фирмой.

в) При перезарядке генераторов типа «карбид в воду» следует придерживаться такой последовательности операций: 1) вычистить камеру газообразования, 2) немедленно наполнить камеру газообразования водой, 3) проверить уровень воды в водяных затворах, 4) наполнить карбидом приемную коробку (никогда не вкладывать карбида раньше, чем камера газообразования будет наполнена водой до надлежащего уровня) и 5) немедленно выпустить смесь воздуха с газом, соблюдая инструкцию, данную поставщиком аппарата.

Зарядка при искусственном свете разрешается только в тех случаях, когда помещение генератора освещено электричеством с предохранительными колпаками.

г) Когда генераторы не в работе, водяная камера должна быть наполнена водой, если в приемной коробке остался карбид.

д) Как при ремонтах генератора, так и при зарядках его или выемке карбида водяная камера должна быть все время наполнена водой, чтобы устранить возможность образования взрывчатых смесей воздуха и газа в водяном пространстве, а также попадания карбида в несоответственно малое количество воды. Если предвидится производство ремонтов с применением сварки, пайки или других операций, могущих давать искры, нужно заряд карбида и загрузочный механизм убрать совершенно, а также выгнать из генератора ацетилен путем наполнения всей оболочки водой.

е) Выпускные трубы нужно регулярно осматривать, чтобы обеспечить надлежащее действие и установку выпуска при давлении не более 1 кг/см².

ж) Густой известковый ил или отработанные материалы никогда не

следует спускать в сточные трубы и по близости от горючих материалов.

в) Добавляемый при каждой зарядке генератора карбид должен быть в количестве, достаточном для заполнения предусмотренного для него пространства без трамбования. При удалении заряда не следует употреблять железный или стальной ломик.

Переносные ацетиленовые генераторы. 14. Общие правила. а) Аппараты должны быть специального, одобренного для данной цели типа.

б) Ими нельзя пользоваться при установках ближе 3 м от горючего материала (пол в данном случае исключается).

в) Ими нельзя пользоваться в помещении, общая кубическая емкость которого менее чем в 35 раз превышает номинальную емкость генерирующего газ агрегата, составляющей в свою очередь емкость всех находящихся в помещении генераторов.

г) Не следует ставить их в таких местах, где вода может замерзнуть. Не допускается употребление соли или других едких веществ в качестве предохраняющего от замерзания средства.

15. Обслуживание и содержание. а) Генераторы надо очистить и перезарядить в хорошо вентилируемом одноэтажном здании, выпуская смесь воздуха с газом во внешнюю атмосферу.

б) При перезарядке их не следует передвигать кранами и блоками.

в) Во время бездействия их нельзя хранить в помещении, где употребляется открытый свет или огонь, не удалив из них предварительно без остатка газ и карбид. Помещения, где они хранятся, должны хорошо вентилироваться.

Рабочие трубопроводные устройства для всех газов. 16. Общие правила. В системах трубопроводов, предназначенных для максимального рабочего давления выше 7 кг/см^2 , трубопроводы должны быть особо толстостенные.

17. Внутренние трубопроводы. а) За исключением указанных в разделе 1, внутренние трубопроводы должны быть стандартного типа, с толстыми стенками.

Соединения должны быть сварены или с основательными нарезными муфтами. Для ацетилена надо употреблять только стальные или кованые железные трубы.

б) Внутренние трубы могут быть проложены под землей или над землей. При прокладке под землей их надо соответствующим образом предохранить от механических повреждений или сотрясений. Под землей ацетиленовые трубы можно проложить в одной траншее с кислородными. Но ни в коем случае нельзя проложить кислородную трубу в одной траншее с трубой, по которой идет масло.

18. Наружные трубопроводы. а) Наружные трубопроводы, за исключением указанных в разделе 1-ом, должны быть стандартного типа, полновесные. Соединения должны быть сварены или же с нарезными надежными муфтами. Для ацетилена можно употреблять только стальные и железные трубы. Все трубы должны быть для предохранения от ржавчины окрашены или покрыты каким-либо защитным слоем.

б) Наружные трубопроводы могут быть проложены над землей или под землей. При прокладке над землей эти трубопроводы должны быть соответствующим образом защищены от механических повреждений и сотрясений. При подземной прокладке с изоляцией, трубопроводы должны быть ниже линии замерзания. Трубопроводы для кислорода

следует прокладывать в вентилируемых ходах, но ни в коем случае нельзя кислородного трубопровода не должна устраиваться в одной траншее с трубами, по которым идет масло.

в) Наружные трубопроводы следует проводить в возможно прямом направлении, тщательно защитив их против повреждений. Укрепление труб должно быть надежное, не допускающее провисаний, но в то же время дающее возможность свободного проявления растяжений, сжатия и вибрации.

г) Трубы, идущие по поверхности земли, надо заделывать в обшивку или кожух, если есть опасность их сдвига или поломки.

д) Газовые краны и клапаны во всех помещениях должны быть установлены в легко доступных местах, чтобы в случае необходимости можно было легко выпустить газ.

Также должен быть устроен выпускной клапан для разгрузки генератора, газгольдера или других частей, содержащих газ.

19. *Испытание.* Трубопроводы должны быть испытаны и признаны годными на давление в полтора раза большее их максимального рабочего давления и до пуска в работу должны быть совершенно очищены от воздуха.

20. *Трубопроводы для кислорода (специальные требования).* а) Все соединительные части трубопроводов и сами трубы до сборки должны быть подвергнуты простукиванию молотком для очистки от пленок металла и накали. Их надо промыть раствором каустической соды в пропорции 400 г соды на 3,8 л воды. После сборки их надо тщательно пропустить для очистки от частиц металла и т. п.

б) Винтовые соединения следует уплотнять глицерином и окисью свинца. Надо избегать употребления глицерина в чрезмерном количестве.

21. *Окраска.* а) Все кислородные трубы надо окрасить в один цвет, предпочтительно зеленый,¹ а трубы для горючих газов в другой цвет. Когда употребляются горючие газы нескольких родов, трубы, подающие разные газы, должны иметь различную окраску.

б) Табличка, указывающая цвета окраски по родам газов, должна быть под рукой.

22. *Соединение баллонов для непосредственной подачи газа к горелкам.* Когда необходимо одновременно брать газ из нескольких баллонов через общий редукционный клапан, чтобы получить достаточный объем газа для крупной работы, соединительный блок и стеллаж должны быть основательно устроены и быть пригодными для выдерживания давлений, которым они могут быть подвергнуты в работе. При соединении ацетиленовых баллонов необходимо между каждым баллоном и соединительным блоком включать предохранители от вспышек—существующего одобренного образца.

Общая газоемность соединенных вместе баллонов горючего газа не должна быть больше 56 м³ для отдельной батареи.

Использование баллонов, соединенных посредством распределителей, для систем трубопроводов, подающих газ в мастерскую. 23. *Ацетилен.* а) Распределители должны быть изготовлены из двойных

¹ Союзное законодательство присвоило кислородной аппаратуре синий цвет.
(Прим. ред.)

исключительно тяжелых труб диаметром не более 3 см. Соединительные части на них должны быть также тяжелой конструкции. Распределители должны иметь выпускные вентили во всех местах, где присоединяется баллон. Употребление труб и муфт из меди не допускается.

б) Отводы от вентилей распределителя к баллонам должны быть сделаны из стальных труб (или другого одобренного материала) и должны выдерживать давление в 70 кг/см^2 . Медные трубы не следует употреблять. Между каждым баллоном и распределителем должны быть включены предохранители против вспышек.

в) Выпускное отверстие распределителя должно быть оборудовано регулятором одобренного типа и такого устройства, чтобы ацетилен под давлением больше 1 кг/см^2 не мог попасть в подающую газ систему трубопровода.

г) Предохранитель против вспышек типа низкого давления или подходящий водяной затвор должен быть установлен между редуктором у выпуска распределителя и трубопроводом мастерской.

д) Общая газоемкость батареи ацетиленовых баллонов внутри помещения не должна быть больше 56 м^3 , за исключением случаев, указанных в разделе 23е.

е) В случае необходимости присоединить к распределителю ацетиленовые баллоны в количестве, превышающем по газоемкости 56 м^3 , распределитель следует установить в специальном помещении или в отдельной комнате, отвечающей техническим требованиям, указанным в разделах 5б и 5в.

ж) Специальные постройки или комнаты не должны быть ничем заняты кроме как под хранение баллонов с горючими газами или карбида кальция. В них не должно быть открытого огня для отопления или освещения и должна быть устроена хорошая вентиляция.

з) При питании газопровода мастерской ацетиленом из баллонов, соединенных посредством распределителя, в линии трубопровода мастерской у каждого места выпуска ацетилена в горелку или другое потребляющее его приспособление должен быть установлен регулятор одобренной системы или гидравлический затвор.

и) Всякие распределительные системы должны выдерживать после сборки давление в 70 кг/см^2 .

24. *Горючие газы в жидком состоянии и другие кроме ацетилена.* К ним применяются те же правила, что и к ацетиленовым распределительным устройствам, за следующими исключениями.

а) Не нужно устанавливать предохранители против вспышек между баллонами и вентилями распределителя.

б) Трубки между вентилями распределителя и баллонами могут быть из сплавов меди или из чистой меди.

в) Распределительные устройства должны выдерживать испытание на давление в полтора раза больше давления нагрузки.

25. *Кислород.* а) Все секции распределителя должны быть до сборки очищены от ржавчины и всяких горючих веществ.

б) Соединительные части к распределителю должны быть надежного устройства и исполнены приваркой или припайкой или винтовым соединением, с уплотнением глицерином с окисью свинца.

в) Трубки, соединяющие баллоны с распределителем, должны быть изготовлены из отожженной латуни, бронзы или меди.

г) Распределитель, муфты и соединительные трубки должны выдерживать давление в 210 кг/см².

д) Распределитель муфты и трубки после сборки должны быть промыты раствором соды или четыреххлористого углерода.

Хранение баллонов. 26. Горючие газы. а) Общая емкость баллонов, хранимых в закрытых помещениях, не должна быть выше 56 м³, не считая находящихся в работе.

б) Для хранения баллонов с газами в количестве больше 56 м³ должно быть устроено отдельное помещение согласно указаний раздела 56 или же баллоны должны храниться на открытом воздухе или в отдельном здании.

в) Специальные постройки не должны использоваться под хранение чего-либо другого, не должны иметь открытого огня для отопления или освещения и должны быть с хорошей вентиляцией. В них допускается складывать карбид.

г) Все баллоны надо предохранить от действия высокой температуры. Их можно хранить на открытом воздухе, но с защитой от резких перемен погоды. Зимой баллоны под открытым небом надо защищать от снега или льда. Летом баллоны должны быть закрыты от продолжительного нагревания прямыми лучами солнца, особенно в местах, где преобладают крайне высокие температуры, как например в пустыне.

д) Баллоны, хранящиеся внутри помещений, нужно складывать вдали от горючих материалов и в местах, где им не угрожают повреждения от неумелого обращения.

е) Ацетиленовые баллоны надо всегда хранить в стоячем положении с вентилем вверх.

ж) У хранящихся в складах наполненных баллонов вентили должны быть плотно закрыты, также как и при перевозке.

27. Кислород. а) Кислородные баллоны никогда не следует хранить в одном помещении с карбидом кальция или с содержащими горючие газы баллонами, а также в помещении генераторов.

б) Кислородные баллоны, за исключением находящихся в работе, должны складываться вдали от горючих материалов, особенно масла, жира и всяких веществ, могущих ускорить возгорание.

в) Кислородные баллоны надо держать в местах, где они защищены от падений вследствие задевания падающими или передвигаемыми ими предметами.

г) Кислородные баллоны надо предохранять от повышенной температуры. Их можно складывать на открытом месте, но с защитой от резких перемен погоды. Зимой баллоны на открытом воздухе надо укрывать от снега и льда. Летом необходимо их предохранять от прямого длительного действия солнечных лучей, особенно в местах, где температура воздуха чрезвычайно высока.

28. Хранение карбида кальция. а) Карбид кальция, упакованный в металлические барабаны одобренного образца, можно складывать внутри генераторных помещений, но в количестве не более 1/4 т. Места хранения должны быть сухими, водонепроницаемыми и с хорошей вентиляцией. При этом все барабаны карбида разных сортов должны быть герметически закупорены. Герметическая упаковка барабанов с каким-либо сортом карбида не должна вскрываться, пока в помещении есть более 400 г карбида в открытой таре.

б) Когда хранящийся карбид не предназначен для продажи, рекомендуется держать количество его, указанное в п. а, в помещении генератора, если только не окажется более подходящего помещения.

в) Карбид кальция в количестве более $\frac{1}{4}$ т, но не свыше 2,5 т, можно хранить в отдельном помещении внутри одноэтажного здания, где хранится и что-либо другое, но при условии, что это здание или отдельное помещение построены с соблюдением указаний разделов 5б и 5в (стр. 77) и без подвала под ними.

Баллоны с горючими газами можно также хранить в этом помещении. В нем должна быть устроена вентиляция.

До 2,5 т карбида можно также хранить во внутреннем генераторном помещении, при соблюдении указаний раздела 5б и 5в, если генераторное помещение расположено в одноэтажном здании без подвала.

г) Карбид в количестве более 2,5 т следует хранить в надземном одноэтажном здании без подвала и не предназначенном для хранения других материалов, кроме горючих газов. Также можно хранить карбид в этом количестве в отдельных зданиях для генератора.

Подобные здания должны быть расположены вне застроенных промышленных и торговых районов. По конструкции они должны быть сухими, непроницаемыми для воды постройками. Надлежащая вентиляция совершенно необходима.

Если склад построен из негорючего материала, он может примыкать к другим одноэтажным зданиям, при условии отделения от них брандмауером. При расположении ближе 3 м от таких построек, в складе карбида не должно быть окон и дверей в сторону последних.

Если склад построен из горючего материала, он не должен быть ближе 6 м от других одно- или двухэтажных построек и не ближе 9 м от зданий, имеющих больше двух этажей.

д) Карбид должен быть упакован в металлические барабаны, одобренного образца, достаточно прочные для перевозки без повреждений, с закрывающимися (или другой подобной конструкции) крышками. Эти барабаны должны быть газо- и водонепроницаемыми, изготовленными без пайки, которая допускается только для заделки щелей, не могущих быть заделанными другим путем. Пайка не употребляется в виду возможности разрыва такой упаковки при пожаре.

Хранение сварочных приспособлений. 29. *Общие правила.* Аппаратура, инвентарь и инструменты для сварки, как например редукторы, горелки, шланги и др., не соединенные для работы с баллонами, надо хранить в чистых помещениях, вдали от жира и масла. Шланги надо хранить в прохладных помещениях, принимая меры против их загрязнения, в частности не складывая их на грязном полу.

30. *Водяные затворы.* а) В газопроводах низкого давления (для всех газов, включая светильный, натуральный и др.), подающих газ к горелкам под давлением не выше $0,7 \text{ кг/см}^2$, во всех местах, где газ выходит из трубопроводов, должны быть установлены водяные предохранительные затворы. Кроме того между газопроводом и затвором должен быть устроен запорный вентиль или клапан.

б) В газопроводах для горючего газа, когда газ подается к горелкам под давлением больше $0,7 \text{ кг/см}^2$, у всех мест впуска газа из трубопровода должны быть установлены водяные затворы и редукторы одобренного образца.

31. Редукторы. а) Редукторы или автоматические редукционные клапаны следует употреблять только для газов, для которых они предназначены.

б) Всекие починки редукторов могут производиться только опытными и знающим их устройство механиком.

Периодически надо проверять испытанием работу манометров редукторов, для обеспечения точности их показаний.

в) Соединительные муфты регуляторов нужно время от времени осматривать, чтобы устранять всякие дефекты, могущие повлечь за собой утечку газа, при установке редукторов на баллонах. Поврежденные части соединений надо немедленно заменять.

32. Шланги. а) Шланг, необходимый для соединения горелок с выходом газа, должен быть из резины хорошего качества, имеющий достаточное число слоев прокладок для выдерживания работы, на которую он предназначен.

Поскольку для некоторых легких работ желательно иметь легкий и гибкий шланг, последний во всяком случае должен выдерживать гидравлическое давление в 14 кг/см^2 в течение 5 минут. Для более тяжелых работ при давлении больше 1 кг/см^2 следует употреблять шланг, выдерживающий давление в 28 кг/см^2 .

б) Соединения шлангов должны представлять собой прочные муфты, со скрепами или другого рода связями, выдерживающими без утечек давление, вдвое превышающее то, которое дает агрегат вследствие работы редукторов.

33. Работа со сварочными приспособлениями. Работающие по сварке должны следовать указаниям поставщиков аппаратуры, которой они пользуются в отношении зажигания, тушения и установки пламени горелок, а также присоединения приборов к источникам питания газами.

Общие предостережения. **34.** Несоблюдение нижеуказанных условий может поставить в опасность жизнь рабочего, равно как и целостность оборудования.

а) Смеси горючих газов и воздуха весьма взрывчаты и против их образования надо принимать все зависящие меры. Не должно допускаться устройство какого-либо прибора или приспособления, облегчающего или вообще допускающего смешивание воздуха или кислорода с горючими газами раньше их потребления, за исключением смешивания в сварочной горелке или резаке.

б) Ацетилен ни в коем случае нельзя вырабатывать или употреблять под давлением больше 1 кг/см^2 . Это требование не относится к хранению ацетилена, растворенного в соответствующем растворителе, в баллонах.

в) Употребление жидкого ацетилена воспрещается.

г) Испытание систем трубопроводов или ацетиленовых генераторов на пропуск газа нельзя делать с помощью огня. Для этого употребляется мыльная вода.

д) При прочистке трубопровода горючих газов от воздуха не следует подносить огонь к открытым выходам.

е) Металлические инструменты для открывания барабанов карбида или для ремонтов нужно употреблять с осторожностью, чтобы не вызвать появления искр, так как искра может воспламенить смесь газа с воздухом.

ж) Нельзя передвигать ацетиленовые генераторы кранами или блоками, когда они заряжены карбидом.

з) Надо принимать все возможные предосторожности для предупреждения соприкосновения сжатого кислорода с маслом или жиром. Для этого все аппараты, употребляемые в соединении с подачей кислорода, надо хранить вполне чистыми от масла и жира.

и) Ни при каких условиях не следует допускать соприкосновения в аппаратуре ацетилена с чистой медью, исключая употребление сварочных горелок.

к) Баллоны без ручных маховиков на вентилях должны во время работы иметь на этих вентилях специальные ключи.

л) При производстве сварки или резки в помещениях с деревянными полами надо покрывать полы листами металла или другими несгораемыми материалами, для предохранения от падающих искр или горячего металла.

м) Никогда нельзя допускать соприкосновения масла или жира с кислородными баллонами, вентилями, редукционными клапанами и другими частями. Не следует брать кислородные баллоны масляными руками или перчатками и вообще жирными предметами.

н) Никогда не следует брать кислород из баллона, не установив на последнем регулирующего давление прибора.

о) Горючий газ никогда не следует пускать в горелки, имеющие запорные ацетиленовые краны, не снизив предварительно давления с помощью установленного на вентиле баллона редукционного клапана. Регулирующий давление винт редуктора должен быть всегда совершенно отвернут до установки редуктора на баллон и до открывания вентиля. Вентили баллонов со сжатыми газами надо всегда открывать медленно и осторожно.

п) До съёмки редукционного клапана с вентиля баллона следует закрыть вентиль и выпустить газ из редукционного клапана.

р) Надо принимать все возможные меры предосторожности, чтобы пламя и искры сварочной горелки или резака не падали на баллон.

с) Если в соединительных частях обнаружена утечка газа, надо немедленно вынести баллон из помещения и понемногу выпустить газ. Если пропускает вентиль, надо немедленно вынести баллон во двор и понемногу выпустить газ. Владелец баллона надо известить об обнаруженном дефекте, чтобы он мог его устранить при получении баллона обратно. На баллоне рекомендуется сделать отметку о дефекте.

т) Никогда не следует пытаться перепускать газ из одного баллона в другой, или смешивать газы в баллоне (см. «Баллоны» I ч. стр. 30).

ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ.

МЕРЫ ЗАЩИТЫ ГОЛОВЫ И ГЛАЗ РАБОЧИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

(Выдержки из национального САСШ свода правил безопасности.)

12. Определения. Протектор представляет собою приспособление, которое устанавливается против глаз, лица или головы для защиты их от опасности в промышленных процессах, а также от естественных явлений.

Очки представляют собой оптический прибор, помещаемый перед глазами, главным назначением которого является защита только глаз.

Лицевая маска — приспособление, надеваемое на глаза или все лицо для защиты последних.

Шлем — представляет собой твердое приспособление, надеваемое работником для защиты глаз, шеи и отчасти головы.

Капюшон — это приспособление, совершенно закрывающее голову, шею и отчасти плечи, для защиты их от разлетающихся частиц раскаленного металла и пыли.

Рамка (защитная) или щиток (ручной кран) — это прибор, который рабочий держит в руке или который как-нибудь ставится около него для защиты главным образом глаз и лица.

13. Классификация протекторов. В настоящих правилах упоминается лицевая маска, шлем, защитная рамка и капюшон.

С целью ясно определить применение разных типов очков и для ясного разграничения испытаний, которым их надо подвергать для признания годности в тех или иных случаях, очки распределяются на два главных класса, а именно: очки в твердой оправе и очки со сгибающимся соединением оправ линз. К классу с твердой передней частью отнесены очки с непереставляемым твердым носовым мостиком и с металлическим мостиком, имеющим приспособление для перестановки. Коротче говоря, те типы очков, в которых этот соединительный мостик имеет твердое скрепление с оправой стекол. Тип очков со сгибающимся соединением имеет гибкую перемычку между оправами стекол. Обычно ее делают из кожи, но можно конечно употреблять и другой материал — равный по качеству.

По сортам или типам очки распределяют так.

Сорт № 1. Очки с твердым непереставляемым носовым мостиком (или с металлическим переставляемым мостиком) без защиты глаз с боков.

Сорт № 2. Очки с твердым непереставляемым мостиком (или с металлическим переставляемым) с боковыми защитными крышками.

Сорт № 3. Очки с гибкой соединяющей оправы стекол перемычкой, допускающей пригонку по очертаниям лица.

14. Очки для лиц с плохим зрением. Рабочие, зрение которых требует употребления в очках лечебных стекол и которым по настоящим правилам необходимо надевать предохранительные очки, должны эти последние носить поверх лечебных. При этом надо так приспособить защитные очки, чтобы оптическая установка лечебных стекол ни в коем случае не была нарушена. Можно употреблять и одни очки с лечебными (поправочными) линзами. В случае употребления лечебных стекол, на них во избежание неправильной регулировки должны быть соответствующие пометки.

15. Защитные очки, стекла которых приходится заменять, должны быть устроены так, чтобы эту замену можно было делать без помощи специальных инструментов. Стекла должны быть одинакового размера, чтобы облегчить замену.

16. Общие требования в отношении качества стекол. а) Стекла для очков и защитных рамок должны быть твердыми, без царапин, воздушных пузырьков, волнистых слоев и т. п. изъянов. Передняя поверхность

и боковые части должны быть ровными, совершенно параллельными, за исключением лечебных стекол.

б) *Стекла очков.* Все стекла очков должны быть размером не менее 38 мм по вертикали и 44,5 мм в горизонтальном направлении.

22. Очки сорта или типа № 2. а) *Оправа* должна быть сделана из материала, выдерживающего стерилизацию, не ржавеющего и не окрашивающего кожи. Оправа должна быть гладко отделана.

б) *Стеклодержатели* должны быть изготовлены для вставки линз, размеров указанных в пункте 16.

в) *Боковые защитные покрытия.* Если очки имеют боковые защитные стенки, эти стенки должны быть сделаны из металла, кожи или другого подходящего по прочности материала. Не следует употреблять легко воспламеняющегося материала. Материал должен отличаться достаточной гибкостью для пригонки защитной поверхности к очертаниям лица. Прикасающиеся к лицу поверхности должны быть отделаны так, чтобы они не беспокоили кожу и не могли ее порезать.

Если боковые стенки металлические, они должны быть сделаны из проволоочной сетки или из листового металла с отверстиями.

Эти отверстия не должны быть больше 1 мм. Надо предусмотреть и соответствующую вентиляцию.

Конструкция очков должна допускать их складывание в футляр или коробку.

г) *Височные дужки.* Височные дужки должны быть сделаны из материала, выдерживающего стерилизацию без порчи, не ржавеющего и не окрашивающего кожи. Ушные крючки должны быть гибкие, правильно изогнуты по форме уха и так обработаны, чтобы не резать и не раздражать кожи. Нельзя для их изготовления употреблять легко воспламеняющийся материал. Для покрывного слоя на них надо применять материал, не поддающийся быстрому износу в работе. Винт или болтики, которыми височные дужки закреплены на оправе, не должны одновременно служить для держания стекол в ободке.

д) *Короткие височные дужки.* Короткие дужки могут заменить длинные. Они также делаются из металла, не поддающегося ржавчине и не окрашивающего кожи. Они тем же способом, как и длинные, скрепляются с оправой. На концах их делаются головные завязки, которые должны легко поддаваться пригонке и замене.

е) *Головная завязка.* Вместо коротких и длинных височных дужек можно употреблять головную завязку из какого-нибудь подходящего материала. Она должна быть такого устройства, чтобы правильно удерживать очки на месте и, будучи удобной, одновременно выполнять и роль защитного приспособления. Такую завязку можно или пригонять по требуемому размеру или заготавливать разных определенных размеров.

ж) *Соединение между оправами стекол.* Соединяющие мостики и перемычки между оправами стекол в части, прикасающейся к коже, должны быть из нержавеющей и не красящей кожи материала.

Они должны быть прочной конструкции и быть хорошо скреплены с оправой. Если вся тяжесть очков сосредоточивается на носовой перемычке, опирающейся на гребень или боковые стороны носа, то эта перемычка должна иметь широкую удобную поверхность. Устройство самой пере-

материал должно допускать легкую пригонку, или же очки должны изготовляться разных размеров.

а) *Маркировка.* Каждая оправка должна иметь марку, по которой можно было бы определить ее поставщика.

90. *Сорта (типы).* Очки сортов №№ 1, 2 и 3, лицевые маски, шлемы и защитные рамки разрешаются к употреблению. Их не требуется подвергать каким-либо строгим испытаниям.

91. *Очки типов № 1 и № 2.* Оправка должна соответствовать спецификациям, данным в правиле 22, за исключением требований к боковым стенкам (п. в), которые не относятся к очкам № 1.

Для предохранения от сгорания во всех частях, прикасающихся к лицу, следует употреблять огнестойкий материал, который без порчи поддается стерилизации.

92. *Чашкообразные очки, тип № 3.* Они должны состоять из глазных чашек нержавеющей непрозрачного материала, который можно было бы стерилизовать. Форма им придается по очертаниям лица. Они должны пропускать свет только через линзы и иметь достаточную вентиляцию. Части, прикасающиеся к лицу, должны быть из огнестойкого материала. Глазные чашки должны быть соединены гибкой перемычкой, легко допускающей пригонку, или же изготовляться на разные размеры. Оправка должна быть покрыта огнестойким материалом или целиком сделана из такового.

Она должна поддаваться стерилизации и части ее легко заменяться. Очки должны иметь головную завязку для удержания их на месте в правильном положении. (См. Правила и нормы. III ч.)

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Возможность применения вольтовой дуги в промышленности для ремонта изделий из черных металлов была известна уже более 40 лет тому назад.

Сварка при помощи угольных электродов была запатентована в 1885 г. Н. В. Бенардосом (в СПб.), а в 1890 г. горный инженер Н. Г. Славянов заявил о выдаче патента на изобретенные им «Способ и аппараты для электрической отливки металлов». Патенты эти предвидят применение металлических электродов и особого «плавильника», в который вставляется этот электрод для производства «электрической отливки», или, как мы теперь называем, «электросварки».

Но, как часто случается со многими ценными изобретениями, применение электросварки в промышленности подвигалось вперед очень медленно. Лишь в течение последних лет этот способ широко стал применяться для ремонта поврежденных металлических изделий и только с 20-х годов стала применяться электросварка в качестве самостоятельного технологического процесса взамен клепки и литья.

Возможно, что в числе причин безразличного отношения промышленного мира к электросварке были неразработанные способы сварки и отсутствие правильного руководства и соответствующего надзора, а также основательных знаний о сущности главных условий, необходимых для получения удовлетворительной сварки.

В настоящее время положение резко изменилось. В этом деле приняли активное участие как крупные промышленные предприятия, так и всевозможные научно-исследовательские учреждения, благодаря чему были установлены наиболее целесообразные материалы, аппараты и методы для получения безусловно надежной и легко выполнимой электросварки различных материалов.

Следующие три требования являются основными особенно в области сварки мягкой стали:

- 1) сила и режим электрического тока;
- 2) материал электродов с соответствующими механическими, химическими и сварочными свойствами;
- 3) хорошо обученный опытный сварщик.

Подбор соответствующего электрооборудования и электродных материалов, составляющих предмет изложения этого отдела, разрешает первые два пункта, в то время как подыскание опытных сварщиков или подходящих для обучения людей является часто наиболее серьез-

ной и трудной задачей. Поэтому многие авторитеты в этой области находят, что в решении проблемы качества сварки главную роль играет 3-й пункт.

Явление вольтовой дуги. Электросварка является областью применения электрического тока низкого напряжения. Например при сварке угольным электродом в большинстве случаев пользуются напряжением от 35 до 50 вольт, а при сварке металлическим электродом — 15 — 35 вольт; предпочтение отдается последнему способу, о чем будет сказано дальше.

Так как обычно в промышленности применяются токи более высокого напряжения, необходимо применять электроаппаратуру для соответственного изменения напряжения.

К сожалению свойства дуги не позволяют пользоваться электрической энергией непосредственно от источника с постоянным напряжением. Это происходит из-за своеобразного сопротивления самой дуги. Все обыкновенные металлы, как железо, медь и т. д., имеют постоянное сопротивление при данной температуре; таким образом, если сила тока, проходящего через данное сопротивление, увеличивается, то и напряжение должно увеличиваться. Сопротивление дуги не подчиняется этой закономерности. Если сила тока в дуге определенной длины увеличивается, то сопротивление дуги значительно уменьшается, а поэтому падает и напряжение на дуге. Другими словами: для прохождения тока большей величины через дугу данной длины требуется меньшее напряжение.

Отсюда очевидно, что если бы электрическая цепь дуги была присоединена к источнику тока постоянного напряжения неограниченной мощности, сила тока в дуге могла бы возрасти до громадных размеров. Поэтому в цепь источника тока постоянного напряжения необходимо включить последовательно с дугой сопротивление омическое или индуктивное для случая переменного тока, если энергия получается от какого-либо источника тока, кроме такого, который в известных пределах поддерживает ток определенной силы в цепи, независимо от изменения ее сопротивления.

Какой ток должен применяться. Диаметр металлических электродов определяется в зависимости от силы тока, который в свою очередь зависит от толщины свариваемых листов, если толщина их менее 20 мм ($\frac{3}{4}$ "). Ориентировочные средние значения для силы тока при сварке листов мягкой стали показаны на диаграмме рис. 24. Например в случае листа толщиной в 10 мм ($\frac{3}{8}$ ") находим на диаграмме соответствующую горизонтальную линию, которую проследим до пересечения с кривой, выражающей зависимость между толщиной листа и силой тока. Вертикальная линия, проведенная через эту точку, покажет силу тока приблизительно в 110 ампер.

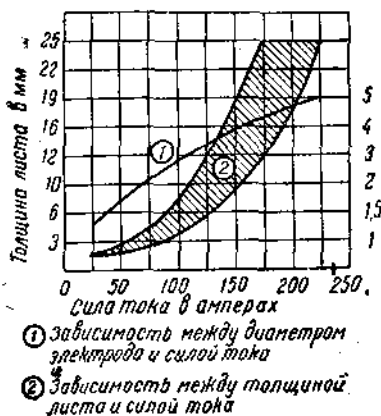


Рис. 24. Зависимость между средней силой тока и диаметром электрода, а также толщиной листа.

Продолжая эту линию до пересечения с кривой диаметра электродов, находим точку, которую свесим вправо по горизонтальной линии; здесь находим значение диаметра электрода (приблизительно 3 мм или $1/8$ "). Точно также для листа толщиной в 12 мм ($1/2$ ") находим силу тока в 125 ампер и диаметр электрода 4 мм.

Сила тока в зависимости от толщины листа дана лишь приблизительно, так как тип соединения и температура листа влияют на величину силы тока, при котором должна вестись сварка. Поэтому на диаграмме толщина листа показана не кривой линией, а площадью между двумя кривыми. Например при сварке внакладку двух листов толщиной в 12 мм или $1/2$ " при обычной температуре мастерских (приблизительно 16° Ц) было найдено, что лучшие результаты достигаются при применении силы тока в 175 ампер и диаметре электрода в 3 мм.

Допустимость применения в данном случае большой силы тока объясняется тем, что свариваемые внакладку листы обладают способностью рассеивать тепло и громадной теплоемкостью.

Значение короткой дуги: Поддержание соответствующей длины дуги в процессе сварки металлическими электродами имеет очень большое значение.

Дуга должна быть настолько коротка, насколько сможет ее поддерживать хороший сварщик. При благоприятных условиях длина дуги должна быть такой, чтобы падение напряжения не превышало 25 вольт, а для лучших результатов напряжение на дуге должно быть между 18 и 22 вольтами.

При силе тока в 175А расстояние между электродом и свариваемым местом должно быть около 3 мм. Если дуга будет длинна, то скважик может отклонить ее от свариваемой точки; помешать тем самым хорошему плавлению и вызвать образование настыли (т. е. толстого слоя наплавленного металла, не проникающего в основной).

При короткой дуге процесс плавления протекает совершеннее: наплавленный металл «проникает» в обрабатываемые поверхности, скопляется на меньшей площади, наконец плотнее окутывается окружающими дугу инертными газами, которые изолируют его от атмосферного кислорода и азота, предупреждая таким образом выгорание и хрупкость металла.

Переход металла с электрода при сварке. Замедленная демонстрация кино-фильмы, снятой с дуги при невидимом инфра-красном свете подтвердила существующее мнение, что большая часть металла переходит через дугу при посредстве капиллярного притяжения. Снимки на рис. 25, взятые из этой кино-фильмы, показывают три последовательных стадии перехода капли расплавленного металла.

Путем изучения снимков было выяснено, почему слишком длинная дуга дает хрупкую сварку, а слишком короткая недостаточное «проникание» металла. Как кислород, так и азот воздуха весьма активно соединяется с раскаленным добела или расплавленным железом, образуя окислы и нитриды. Это и является главным образом причиной хрупкости сварного шва. Чем длиннее дуга, тем больше поверхность соприкосновения расплавленного металла с воздухом и тем больше содержание окислов и нитридов в наваренном металле.

Если дуга поддерживается надлежащей длины, так что расплавленный металл переходит с электрода на изделие в силу капиллярного

притяжения, то она исчезает с того момента, как капля металла с электрода коснется жидкого свариваемого металла и не возникает до тех пор, пока ни оторвется от электрода.

На среднем снимке рис. 25 показан момент соприкосновения капли со свариваемым металлом, а на снимке справа — капля, готовая оторваться от электрода, после чего дуга сможет вновь возникнуть. В течение этого промежутка времени дуги не существует, а потому не существует высокой температуры, плавящей электрод (металл, дающий каплю), которая в дальнейшем необходима для надлежащего проникания электродного металла в свариваемый предмет.

Если дуга слишком коротка, то большая часть времени занята промежутком, в течении которого дуга отсутствует, так как капля касается расплавленного свариваемого металла раньше, чем она достигнет максимального объема.

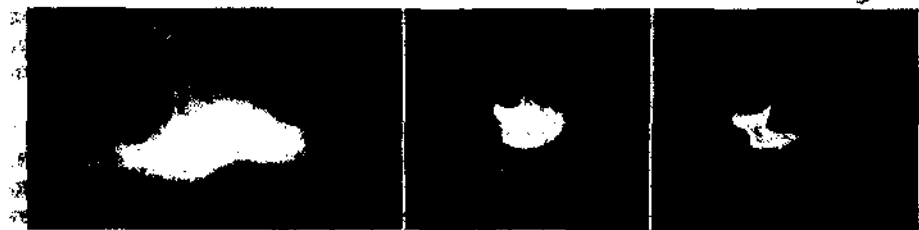


Рис. 25. Три стадии перехода капли расплавленного металла при сварке металлическими электродами.

Итак, если длинная дуга дает хрупкий сварной шов, а короткая не дает достаточного проникания металла, то надлежащая длина дуги должна быть *средней между ними*. Надлежащей длиной дуги для большинства работ можно считать наибольшую длину, которая позволяет всему нужному металлу с электрода перейти на свариваемое место в силу капиллярного притяжения.

Надлежащая длина дуги не может быть определенно указана, так как она *изменяется* при всяком изменении типа или диаметра электрода, а также зависит от толщины свариваемого изделия или другими словами от условий, влияющих на охлаждение свариваемого изделия.

Одним из хороших способов точного определения длины дуги для какой-либо определенной работы является тщательное наблюдение при начале ее за переходом металла. Удлиняя или укорачивая дугу, необходимо заметить, когда наибольшее количество металла все еще переходит благодаря капиллярности, и в это самое время дугу немного удлинить. Следует запомнить звук, издаваемый при этом режиме дугой, и руководствоваться этим в дальнейшей работе.

Нелишним будет запомнить, что надлежащая длина дуги никогда не может быть больше диаметра наибольшей величины капли расплавленного металла, образующейся на конце электрода. Ни одна капля, диаметр которой меньше чем длина дуги, не сможет в силу капиллярного притяжения перейти на свариваемое изделие.

Электрическая цепь. Путь, по которому течет электрический ток, называется электрической цепью. Любая точка в цепи является поло-

жательной по отношению к другой точке, если направление движения тока идет от первой точки ко второй.

Напряжение электрического тока выражается в вольтах; сила тока в цепи — в амперах. В цепи постоянного тока произведение вольт на амперы выражает количество протекающей электрической энергии, единицей измерения которой является ватт. Произведение вольт на амперы и на время прохождения тока дает ватт-часы энергии, расходуемой в цепи. Электроэнергия обычно выражается в киловатт-часах. Один киловатт равен 1000 ватт.

Если мы для примера возьмем постоянный ток с напряжением 50 вольт и будем иметь силу тока в цепи 600 ампер, то мощность, потребляемая в цепи, будет равна 30 киловаттам или 30 000 ваттам. Если этот ток поддерживается в цепи в течение полчаса, то всего будет израсходовано 15 киловатт-часов электрической энергии.

За коэффициент полезного действия электрической машины обычно принимают отношение получаемой энергии к затрачиваемой. Если электрический генератор развивает мощность в 30 киловатт и требует для своей работы затраты энергии в 50 киловатт, то коэффициент полезного действия машины будет равен $\frac{3}{5}$, или 60%.

Вольтова дуга. Вольтова дуга представляет собою промежуток из раскаленных газов и паров, через который проходит поток элементарных электрических зарядов. Электрическая дуга образуется тогда, когда два проводника соприкасаются, образуя контакт, а затем разъединяются, причем напряжение в цепи является достаточным для того, чтобы поддержать ток электричества через промежуточную газовую среду.

В дуге постоянного тока проводник, от которого течет ток, называется положительным электродом или анодом. Проводник, по направлению к которому течет ток, называется отрицательным электродом или катодом.

Раскаленные газы дуги иногда называются пламенем дуги.

Дуга, будучи частью электрической цепи, подчиняется тем же основным законам, которые изложены выше. Произведение из напряжения на полюсах дуги на силу тока, протекающего через дугу, дает электрическую мощность, расходуемую в дуге. Введением в эту формулу времени мы можем высчитать количество потребляемой дугой энергии. Так дуга при напряжении в 40 вольт и силе тока в 300 ампер в течение часа поглотит 12 киловатт-часов электрической энергии.

Соотношение между электрической энергией и теплотой следующее: 1 киловатт-час равен 860 кг-калорий или 3413 британских тепловых единиц. Отсюда видно, что электрическая дуга может рассматриваться как преобразователь электрической энергии в тепло.

Распределение тепла в дуге зависит от плотности тока в электроде. При плотностях, применяемых в сварочной практике, обычно от $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4}$ общего количества энергии, переходящей в тепло, выделяется на положительном электроде в той точке, где ток переходит из массива электрода в газообразную среду пламени дуги. Остальное количество тепла выделяется в пламени дуги и на отрицательном электроде.

Высокая температура дуги делает ее весьма ценной для целей сварки, так как любой металл, предназначенный для сварки, может быть расплавлен дугой.

Сварочные машины и аппараты. Электросварка может производиться любым током, обладающим достаточной степенью устойчивости и достаточным количеством тепла, чтобы производить плавление.

Конструкция сварочных машин и аппаратов влияет на стоимость процесса сварки. Необходимость в специальных машинах вызывается экономическими соображениями и разницей между различными типами машин соответствует разнице в стоимости энергии, затрачиваемой на работу, и в скорости работы, зависящей от относительной устойчивости дуги. Первые попытки сварки переменным током дали весьма неудовлетворительные результаты, так как синусоидальный ток от обычной электрической сети или электрического трансформатора не может дать устойчивой дуги. Постепенное возрастание тока в одном направлении, затем уменьшение его и возрастание в обратном направлении с прохождением через ноль дает неустойчивую дугу.

Вскоре же было установлено, что нужны специальные сварочные трансформаторы, которые должны быть сконструированы так, чтобы давать устойчивый сварочный ток. Это было достигнуто двумя путями: путем наложения особой вторичной обмотки или посредством создания рассеяния, как это имеет место в трансформаторе, работающем при постоянной силе тока, создающем ток постоянной величины, который дает сдвиг фаз и запаздывающий ток. Изменение синусоидальной кривой в результате дает удлинение периода максимума как положительного, так и отрицательного тока и быстрое прохождение через ноль, т. е. ток вполне удовлетворительный для сварки.

Нужный для этого аппарат, а именно трансформатор, является простым аппаратом, требующим небольших эксплуатационных расходов. Размеры его невелики, так что он является переносным и кроме того он экономичен в отношении потребления тока.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

СТАНДАРТНЫЕ ПРАВИЛА АМЕРИКАНСКОГО СВАРОЧНОГО ОБЩЕСТВА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ АППАРАТОВ.

Целью этих правил является установление стандартов для применения их в связи с спецификациями, касающимися продажи и пользования электросварочными аппаратами.

Классификация. Целесообразно разделить электросварочные аппараты на 3 основных класса:

а) *Класс генераторов или мотор-генераторов.* В этот класс входят специальные генераторы, приводимые в движение от первичных двигателей или непосредственно соединенные с электромоторами, и конверторы (с мотор-генераторами).

б) *Класс трансформаторов.* К этому классу относятся специальные трансформаторы, соединенные с источником переменного тока, вторичная цепь которых питает одну или несколько дуг.

в) *Класс реостатов или реакторов.* Этот класс включает тип оборудования, которое соединено непосредственно с источником энергии, причем напряжение уменьшается при помощи реостата или реактора до величины, требуемой для горения дуги.

Определения. Напряжение дуги есть полное падение напряжения между электродом и свариваемым металлом.

Напряжение столба дуги—это та часть напряжения дуги, которая изменяется с изменением длины дуги.

Падение напряжения у электрода—эта та часть напряжения дуги, которая зависит от природы электрода.

Напряжение разомкнутой сварочной цепи—это напряжение цепи, когда в ней отсутствует ток.

Временем восстановления режима тока называется время, необходимое для создания нормальных условий, с отклонением в пределах 5%, в автоматически регулируемой сварочной цепи после того, как произошло определенное нарушение его.

Время восстановления режима для машин, дающих ток постоянного значения, измеряется следующим образом. В сварочную цепь включают такое сопротивление, чтобы при токе полной нагрузки на зажимах машины наблюдалось нормальное для данной машины напряжение, соответствующее полной ее нагрузке. Включают на короткое полуволну этого сопротивления и ожидают установившегося режима. Затем сразу устраняют короткозамкнутую цепь. Время, необходимое для того, чтобы ток возвратился до первоначального значения, с отклонением в пределах 5%, и есть время восстановления режима.

Время восстановления режима в машинах постоянного напряжения измеряется следующим путем. Устанавливают сопротивление сварочной цепи такой величины, чтобы при нормальном напряжении, соответствующем полной нагрузке машины, в ней наблюдался ток нормальный для этой нагрузки. Включают на короткое полуволну этого сопротивления и ожидают установившегося режима. Затем сразу устраняют коротко-замкнутую цепь. Время, необходимое для того, чтобы напряжение машины достигло своего первоначального значения, с отклонением в пределах 5%, и есть время восстановления.

Система с замкнутой цепью. Это такая система, в которой цепь в нормальном состоянии замкнута и дуга прекращается путем включения параллельно с ней малого сопротивления.

Система с разомкнутой цепью. Это такая система, в которой цепь при отсутствии дуги разомкнута и дуга прекращается путем разведения электродов.

Сварочная установка постоянного напряжения. Это источник, который автоматически поддерживает напряжение, с отклонением в пределах 5% (от полной нагрузки), при переходе машины от полной нагрузки к холостому ходу, причем время восстановления режима не должно превосходить 0,3 секунды.

Сварочная установка постоянной силы тока. Это такой источник, который автоматически поддерживает ток постоянным, с отклонением в пределах 5% его номинального значения, при различных значениях напряжения на дуге (в сварочной цепи) в пределах от 15 до 25 вольт (на дуге), причём время восстановления режима должно быть не более 0,3 секунды.

Сварочная установка постоянной мощности. Это источник, который, будучи отрегулирован на определенную мощность при напряжении дуги в 20 вольт, автоматически поддерживает эту мощность с отклонением в пределах 5% от нормального значения при изменении напряже-

ния в пределах 10% от 20 вольт, причем время восстановления режима не должно превосходить 0,3 секунды.

Электро-сварочный источник с переменной ЭДС. Это такой источник, в котором ЭДС уменьшается, если сила тока увеличивается, но не по такому закону, чтобы его можно было считать источником постоянной энергии.

Выбор электро-сварочных аппаратов. Нижеуказанные сведения относительно аппаратуры, которую предполагается применять, и характеристика условий, при которых придется работать аппаратам, должны быть сообщены поставщикам аппаратуры при доставке ее, а также и при выдаче заказа.

а) Сведения, которые должны даваться поставщиком: 1) мощность аппаратуры; 2) число дуг, могущих работать одновременно; 3) при питании от сети переменного тока (независимо от того будут ли сварочные аппараты работать на переменном или постоянном токе)—максимальная потребная мощность в киловольт-амперах, а также потребляемая мощность и коэффициент мощности при нормальном режиме; при питании же от сети постоянного тока — максимальное мгновенное потребление энергии при нормальном режиме; 4) коэффициент действия установки; 5) вес, размеры и портативность; 6) максимально допустимые колебания напряжения на зажимах источника энергии, не вызывающие неудовлетворительной работы ни мгновенной, ни продолжительной; 7) способ регулирования тока и число имеющихся ступеней; 8) характеристики тока и напряжений машины; 9) перечень вспомогательных приборов и дополнительных приспособлений.

б) Сведения, которые должны даваться заказчиком: 1) род электрического тока, которым он располагает; 2) если ток переменный, необходимо дать частоту и число фаз; 3) напряжение сети; 4) нормальные колебания напряжения (и частоты при переменном токе) в сети и той точке, где предполагается включить аппарат; 5) падение напряжения на 10 киловатт линейной нагрузки в точке, где должен быть включен аппарат; 6) если нет источника электрической энергии, то сведения о том, какого рода источник механической энергии может быть применен для приведения в действие специального генератора; 7) должны быть аппараты переносные или стационарные; 8) требуемое число дуг; 9) наличие опытных сварщиков; 10) основной характер свариваемых изделий.

Испытания. Повышение температуры в любой части аппарата после работы в течение часа при номинальной нагрузке не должно выходить за пределы, предусмотренные стандартными правилами для данного класса аппаратов.

Полная номинальная нагрузка аппаратов должна поддерживаться непрерывно в течение часа при помощи соответствующего сопротивления.

а) Коэффициент полезного действия. Метод подводимой и отдаваемой мощности. Коэффициент полезного действия машины вычисляется как отношение полезной работы к потребляемой мощности, после непрерывной работы в течение часа, при номинальной нагрузке и максимальной температуре, не превышающей пределов, предусмотренных правилами для данного класса изоляции. Принимается во внимание среднее значение, полученное от нескольких измерений, после часовой работы машины.

Полезная мощность машины измеряется на зажимах, к которым присоединена цепь дуги, а количество потребляемой энергии — в точках присоединения к источнику, подающему энергию.

б) *Условный коэффициент полезного действия.* Условный коэффициент полезного действия электрической машины или аппаратуры есть отношение полезной работы машины к сумме полезной работы и потерь.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

СВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ.

Выбор электродов. При сварке металлическими электродами мы встречаемся с большим разнообразием металлических электродов.

Практически любая стандартная марка мягкого железа или сварочные прутки из малоуглеродистой стали (с небольшим процентом примесей) могут быть использованы в целях сварки.

Увеличение в сварочных прутках процента содержания таких элементов, как углерод, марганец и никкель, ведет за собой и увеличение сопротивления на разрыв в сварочном металле. Однако при сварке голыми электродами, если дело идет о вязкости шва, конечно существует разница в навариваемом металле в зависимости от того, какой был первоначальный состав материала самого электрода.

Применение голых электродов, имеющих большой процент вышеупомянутых примесей, очень затруднительно. Трудность применения электродов такого рода возникает из того, что металл в дуге дает бурную плавку. Добавление извести или другой обмазки, подобной извести, существенно влияет на успех сварки.

При известных условиях применение покрытых электродов может дать повышенную вязкость металлу, наваренному в процессе электро-сварки. Существует предположение, что это происходит благодаря тому, что кислород и азот воздуха до некоторой степени изолируются от горячего металла в процессе сварки.

Покрытые электроды разделяются на два основных класса. К первому основному классу относятся электроды с «толстой оболочкой» из специально изготовленного состава (флюса). Ко второму классу облицованных электродов относятся электроды, которые имеют тонкую оболочку. Делаются попытки при тонкой оболочке достигнуть тех же результатов в отношении защиты от воздуха и избежать недостатков, которые имеют место при работе с электродами с толстой оболочкой.

Электродами из меди, никкеля и бронзы успешно пользуются в соответствующих случаях как с применением оболочки, так и без нее. Применение 12% марганцевой стали в качестве электрода оказалось удачным как при сварке голыми электродами, так и при применении различных типов оболочек. Этот электрод всегда применяется как положительный полюс.

Коэффициент полезного отложения металла. Когда электрод плавится при сварке металлической дугой, часть его переходит в шов, часть разбрызгивается и часть испаряется. Процент от веса, который переходит в материал шва может быть назван *коэффициентом полезного отложения электрода*. Этот коэффициент зависит: 1) от силы тока, 2) полярности, 3) диаметра электродов, 4) химического состава элект-

трода, 5) оболочки электрода, 6) окружающей атмосферы, и т. д. и 7) длины дуги.

Имеющиеся записи опытов показали, что электроды хорошего торгового качества дают от 80 до 90% отложения.

Плохой электрод может дать от 50 до 60% отложения.

Хотя коэффициент отложения является лишь одним из многих существенных свойств материала электрода, но он имеет значительное влияние на стоимость сварки, а потому на него должно быть обращено большое внимание.

Влияние примесей в сварочных прутках. Углерод является одним из наиболее важных элементов, содержание которых в стали прутков торгового качества должно тщательно проверяться. Вообще повышение процента содержания углерода увеличивает сопротивление на разрыв и уменьшает вязкость металла.

Электроды, содержащие по анализу до 0,20% углерода, успешно применяются для сварки сортового железа (стали), резервуарной стали и отливок из малоуглеродистой стали. Прутки из чистого железа в руках опытного сварщика дают шов с сопротивлением на разрыв в 3 150 кг/см², тогда как прутки из мягкой стали дают возможность получить сопротивление на разрыв до 3 750 кг/см. Шов, наваренный из стали со средним содержанием углерода, получается несколько более твердый и не столь вязкий и дает сопротивление около 4 200 кг/см².

Все высокоуглеродистые стали должны применяться только для сварки частей, где требуется твердая поверхность, и не должны применяться там, где требуется вязкость и сопротивление удару, кроме тех случаев, когда отливку нетрудно отжечь. Содержание серы в стали торгового качества обычно очень невелико. Если содержание серы более 0,04%, то существует опасность, что шов будет хрупким и слабым, особенно при высоких температурах и в результате при охлаждении сварных швов могут появиться трещины.

Содержание фосфора в стали торгового качества также очень невелико — более 0,04% не допускается. Фосфор также делает шов хрупким, что обнаруживается при вибрациях и внезапных ударах.

Кремний обычно содержится в небольшом количестве в сварочных прутках. Считается, что он благотворно влияет на металл, облегчая получение однородного сварного шва, свободного от пузырей. Введение в состав сплава никкеля в небольшом количестве увеличивает предел упругости и слегка лишь понижает вязкость металла. Ванадий дает аналогичный результат.

Небольшой процент содержания марганца в сварочных прутках считается благоприятным, но большое количество затрудняет сварку. Сварочные прутки из стали с большим содержанием марганца применяются для получения поверхностей, хорошо сопротивляющихся износу.

Окисление и азотирование при дуговой сварке. Окисление металла, проходящего через дугу, вредно отражается на качестве сварки. Металл при высокой температуре, особенно в распыленном состоянии, в котором он проходит через дугу, имеет очень большое сродство с кислородом. Так как поток дуги поддерживается в атмосфере кислорода и азота, то окисление протекает очень активно и металл сгорает, несмотря на колоссальную скорость прохождения через дугу.

Азот также поглощается расплавленным металлом, поэтому сварной шов будет содержать окись железа и азот. На опыте не было достаточно доказано, что содержание азота является основной причиной хрупкости металла, так как излом большей частью происходит по линии пленок, образованных окисленным металлом.

Длинная дуга позволяет расплавленному металлу большее количество времени находиться в соприкосновении с атмосферными газами, в результате чего получается большая степень окисления. Единственным путем борьбы с образованием окислов при пользовании голыми электродами является поддержание возможно более короткой дуги.

Опыты показали однако, что применение прутков с оболочкой, которая плавится равномерно вместе с прутком, защищает металл свариваемого изделия и металл проходящий через дугу, и дает отложившееся более плотного и более вязкого металла. Оболочка также делает возможным применение более длинной дуги. При применении же голых сварочных прутков дуга должна быть как можно более короткой. Эта теория очень легко подтверждается: если взглянуть в шов, нава-

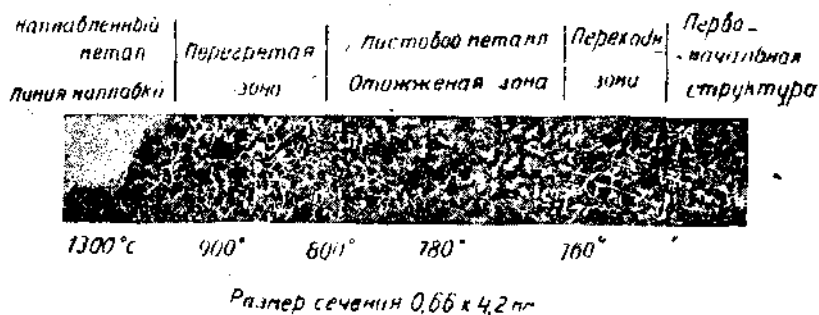


Рис. 26. Микроструктура металла при дуговой сварке.

ренный длинной дугой, то мы увидим многочисленные мелкие включения окислов на поверхности его, причем часть металла шва легко может быть очищена щетками или соскоблена.

Более точное обследование может быть произведено, если сварить два пробных бруска с примерным сечением 25×50 мм или 25×75 мм. Один из них сваривается короткой, а другой длинной дугой. Затем оба бруска распиливаются поперек и внутренние структуры их сравниваются. Брусок, наваренный короткой дугой, оказывается сплошь заваренным и прочным, в то время как другой показывает структуру с многочисленными порами и тонкими нитями нитридных включений.

Если взять такие два образца, из которых один сварен короткой, а другой длинной дугой, и испытать их на разрыв, то сопротивление образца, сваренного длинной дугой, будет несравненно меньше сопротивления образца, сваренного короткой дугой.

Изменение в структуре мягкой стали после сварки. Фотография микроструктуры на рис. 26 показывает структуру металло-изделия вблизи от наваренного металла, начиная от линии плавления и в сторону от нее (на рисунке вправо). Действительные размеры сечения изображенного здесь образца $0,66 \times 4,2$ мм.

Светлый металл слева (наваренный металл) имеет структуру литья,

а несколько правее переходит в зону смешанной структуры. Это и есть зона сплавления металла свариваемого изделия с наваренным металлом. Ее грубая структура типична для мягкой стали, которая подвергалась нагреву свыше 1000°C . Тепло, проводимое металлом, изделия в сторону от зоны плавления, дает структуры, соответствующие температуре имевшего здесь место нагрева. Темная грубая структура справа зоны плавления характерна для перегретой стали — это структура хрупкого металла. Она вдается приблизительно на 3—4 мм в металл свариваемого изделия. Далее зерна металла становятся все мельче, до тех пор пока не достигнут минимальных размеров в точке, где начался фактический отжиг. Здесь температура достигла критической точки. После этого структура снова становится более грубой и в конце концов переходит в нормальную структуру изделия.

Прочность сварных швов. В большинстве случаев при электрической дуговой сварке разного рода конструкций необходимо, чтобы сварной шов обладал известным сопротивлением срезающему усилию, аналогично с заклепочным швом. По данным американской практики допускаемое напряжение на разрыв, сжатие и срез для сварочного металла принимается около $6,3\text{ кг/мм}^2$, при временном сопротивлении этого металла на разрыв, сжатие и срез около $25,5\text{ кг/мм}^2$.

По данным германской военной верфи 1928 г. сопротивление сварных швов на срез для мягкой стали ($41—44\text{ кг/мм}^2$) составляет 21 кг/мм^2 , а для твердой ($44—53\text{ кг/мм}^2$) — 34 кг/мм^2 . Ниже приводятся таблицы для определения безопасной нагрузки на 1 пог. см непрерывного валикового шва (табл. I) и для определения длины непрерывного валикового шва, дающей прочность, эквивалентную прочности на срез одной заклепки (табл. II).

Сварные швы встык могут усиливаться путем наплавления металла, выступающего над поверхностью свариваемых изделий.

Опыты показали, что получается разница в отношении допускаемых напряжений сварного шва при продольном или поперечном срезывании.

Таблица I.

Безопасная нагрузка на 1 пог. см непрерывного валикового шва при временном сопротивлении сварочного металла 2600—2800 кг/кв. см.

Толщина основного металла в мм	Высота сварки по-середине			Безопасная нагрузка в кг на см непрерывного валикового шва					
	Легкая	Нормальная	Усиленная	Высота сварки $\times 650\text{ кг/кв. см}^1$			Высота сварки $\times 700\text{ кг/кв. см}^2$		
				Легкая	Норм.	Усиленн.	Легкая	Норм.	Усиленн.
2,5	0,88	1,75	2,50	56,8	113,5	162,5	61,3	122,0	175,0
3,0	1,05	2,10	3,00	68,5	136,5	193,0	73,7	147,0	210,0
3,5	1,22	2,44	3,50	79,5	158,5	227,0	85,5	170,5	245,0
4,0	1,40	2,80	4,00	91,5	183,0	260,0	98,5	197,0	280,0
4,5	1,57	3,15	4,50	102,5	205,0	293,0	110,0	221,0	316,0

¹ Сварочный металл с сопротивлением на разрыв 2600 кг/см^2 , при коэффициенте безопасности 4.

² Сварочный металл с сопротивлением на разрыв 2800 кг/см^2 , при коэффициенте безопасности 4.

Толщина основного металла в мм	Высота сварки по- середине			Безопасная нагрузка в кг на см непрерывной сварки по кромке					
	Легкая	Норм.	Усилен.	Толщ. сварки $\times 630$ кг/мм.см			Толщ. сварки $\times 700$ кг/мм.см		
				Легкая	Норм.	Усилен.	Легкая	Норм.	Усилен.
5,0	1,75	3,50	5,00	113,5	227,0	325,0	122,0	245,0	350,0
5,5	1,92	3,85	5,50	125,0	250,0	357,0	134,5	269,0	384,0
6,0	2,10	4,20	6,00	136,5	273,0	390,0	146,5	298,0	420,0
6,5	2,28	4,55	6,50	147,5	295,0	422,0	159,0	318,0	454,0
7,0	2,45	4,90	7,00	159,5	319,0	455,0	172,0	343,0	490,0
7,5	2,63	5,25	7,50	170,5	341,0	487,0	183,0	368,0	525,0
8,0	2,80	5,60	8,00	182,0	364,0	520,0	196,0	392,0	560,0
8,5	2,97	5,95	8,50	193,5	387,0	553,0	208,0	416,0	586,0
9,0	3,15	6,30	9,00	205,0	410,0	585,0	221,0	442,0	630,0
9,5	3,32	6,65	9,50	216,5	433,0	618,0	233,0	466,0	666,0
10,0	3,50	7,00	10,00	227,5	455,0	650,0	245,0	490,0	700,0
10,5	3,68	7,35	10,50	239,0	478,0	682,0	258,0	515,0	735,0
11,0	3,85	7,70	11,00	250,0	500,0	715,0	269,0	538,0	770,0
11,5	4,03	8,05	11,50	261,5	523,0	747,0	281,0	562,0	805,0
12,0	4,20	8,40	12,00	273,0	546,0	780,0	294,0	588,0	840,0
12,5	4,38	8,75	12,50	283,5	567,0	813,0	305,0	610,0	876,0
13,0	4,55	9,10	13,00	296,0	592,0	845,0	319,0	638,0	910,0
13,5	4,73	9,45	13,50	307,5	615,0	878,0	331,0	662,0	946,0
14,0	4,90	9,80	14,00	319,0	638,0	910,0	343,0	686,0	980,0
14,5	5,07	10,15	14,50	330,0	660,0	942,0	356,0	712,0	1015,0
15,0	5,25	10,50	15,00	341,0	682,0	975,0	368,0	738,0	1050,0
15,5	5,42	10,85	15,50	353,0	706,0	1005,0	380,0	760,0	1082,0
16,0	5,60	11,20	16,00	363,5	727,0	1040,0	391,0	782,0	1130,0
16,5	5,78	11,55	16,50	375,0	750,0	1070,0	404,0	808,0	1150,0
17,0	5,95	11,90	17,00	386,5	773,0	1105,0	416,0	832,0	1190,0
17,5	6,13	12,25	17,50	398,0	796,0	1135,0	428,0	856,0	1222,0
18,0	6,30	12,60	18,00	409,0	818,0	1168,0	441,0	882,0	1258,0
18,5	6,47	12,95	18,50	421,0	842,0	1200,0	452,0	904,0	1292,0
19,0	6,65	13,30	19,00	432,5	865,0	1231,0	466,0	932,0	1326,0
19,5	6,83	13,65	19,50	443,0	886,0	1265,0	478,0	956,0	1360,0
20,0	7,00	14,00	20,00	455,0	910,0	1300,0	490,0	980,0	1400,0
20,5	7,18	14,35	20,50	466,5	933,0	1330,0	502,0	1004,0	1432,0
21,0	7,35	14,70	21,00	477,5	955,0	1365,0	513,0	1026,0	1470,0
21,5	7,53	15,05	21,50	489,0	978,0	1395,0	527,0	1054,0	1500,0
22,0	7,70	15,40	22,00	500,0	1000,0	1425,0	539,0	1078,0	1535,0
22,5	7,85	15,70	22,50	510,0	1020,0	1460,0	550,0	1100,0	1570,0
23,0	8,05	16,10	23,00	528,5	1045,0	1495,0	562,0	1125,0	1610,0
23,5	8,23	16,45	23,50	534,0	1068,0	1525,0	575,0	1150,0	1640,0
24,0	8,40	16,80	24,00	545,0	1090,0	1560,0	586,0	1172,0	1680,0
24,5	8,57	17,15	24,50	557,5	1115,0	1595,0	600,0	1200,0	1720,0
25,0	8,75	17,50	25,00	567,5	1134,0	1625,0	612,0	1224,0	1750,0
25,5	8,93	17,85	25,50	579,0	1158,0	1655,0	620,0	1245,0	1780,0
26,0	9,10	18,20	26,00	590,0	1180,0	1690,0	636,0	1270,0	1820,0
26,5	9, 6	18,55	26,50	602,5	1205,0	1720,0	648,0	1300,0	1850,0
27,0	9,45	18,90	27,00	615,0	1230,0	1750,0	662,0	1325,0	1885,0
27,5	9,63	19,25	27,50	625,0	1250,0	1785,0	673,0	1345,0	1920,0
28,0	9,80	19,60	28,00	635,0	1270,0	1820,0	685,0	1365,0	1960,0
28,5	10,00	20,00	28,50	650,0	1300,0	1850,0	700,0	1400,0	1990,0
29,0	10,15	20,30	29,00	660,0	1320,0	1885,0	712,0	1424,0	2030,0
29,5	10,35	20,70	29,50	672,5	1345,0	1920,0	725,0	1450,0	2070,0
30,0	10,50	21,00	30,00	682,5	1365,0	1950,0	736,0	1472,0	2100,0

Таблица II.

Длина непрерывного валикового шва, дающего прочность, эквивалентную прочности на срез одной заклепки.

Для основного металла временное сопротивление принято в 4200 кг/см^2 , для сварочного металла — 2600 кг/см^2 , для среза заклепки — 3500 кг/см^2 .

Толщина основного металла в мм	Диаметр заклепки в мм	Временное сопротивл. разрыву сварного металла в кг/см		Длина непрерывного валикового шва в см, эквивалентная прочности одной заклепки на срез			
		Нормальная сварка кг	Усиленная сварка кг	Ординарный срез		Двойной срез	
				Нормальная сварка см	Усиленная сварка см	Нормальная сварка см	Усиленная сварка см
2,5	8	452	650	*3,90	*2,70	*3,90	*2,70
3,0	8	546	780	*3,20	*2,25	*3,20	*2,25
3,5	10	634	908	*4,33	*3,03	*4,33	*3,02
4,0	10	732	1 040	*3,75	*2,64	*3,74	*2,64
4,5	10	820	1 172	*3,35	*2,34	*3,35	*2,34
5,0	13	908	1 300	*5,10	*3,57	*5,10	*3,57
5,5	13	1 000	1 428	*4,65	*3,25	*4,65	*3,25
6,0	13	1 090	1 560	*4,25	*3,00	*4,25	*3,00
6,5	13	1 180	1 685	*3,95	*2,75	*3,95	*2,75
7,0	16	1 275	1 820	5,50	3,85	*6,10	*4,30
7,5	16	1 360	1 940	5,18	3,63	*5,75	*4,05
8,0	16	1 450	2 080	4,85	3,40	*6,80	*4,75
8,5	16	1 550	2 210	4,55	3,16	*6,38	*4,43
9,0	16	1 640	2 340	4,30	3,00	*6,02	*4,20
9,5	19	1 732	2 420	5,73	4,00	*8,00	*5,60
10,0	19	1 820	2 600	5,45	3,81	*7,60	*5,32
10,5	19	1 900	2 730	5,20	3,64	*7,28	*5,10
11,0	19	2 000	2 860	5,00	3,47	*8,15	*5,67
11,5	19	2 090	2 980	4,75	3,33	*7,75	*5,45
12,0	19	2 190	3 120	4,53	3,18	*7,40	*5,18
12,5	19	2 270	3 250	4,38	3,05	*7,15	*4,97
13,0	22	2 370	3 380	5,63	3,95	9,15	6,45
13,5	22	2 460	3 500	5,42	3,81	9,75	6,86
14,0	22	2 550	3 640	5,22	3,66	9,40	6,60
14,5	22	2 640	3 770	5,05	3,54	9,10	6,37
15,0	22	2 730	3 900	4,98	3,42	8,98	6,16
15,5	22	2 820	4 000	4,72	3,34	8,50	6,00
16,0	22	2 900	4 160	4,60	3,20	8,38	5,76
16,5	22	3 000	4 280	4,44	3,11	8,00	5,60
17,0	22	3 090	4 400	4,32	3,03	7,78	5,45
17,5	22	3 180	4 550	4,20	2,93	7,56	5,28
18,0	22	3 270	4 670	4,08	2,85	7,36	5,13
18,5	22	3 370	4 800	3,95	2,78	7,12	5,00
19,0	25	3 460	4 930	5,00	3,48	9,00	6,26
19,5	25	3 540	5 060	4,85	3,40	8,73	6,12
20,0	25	3 640	5 200	4,72	3,30	8,50	5,95
20,5	25	3 730	5 320	4,60	3,23	8,28	5,82
21,0	25	3 820	5 450	4,50	3,15	8,10	5,67
21,5	25	3 910	5 590	4,40	3,07	7,92	5,52
22,0	25	4 000	5 700	4,30	3,01	7,75	5,42
22,5	25	4 080	5 840	4,20	2,94	7,56	5,30
23,0	25	4 200	5 950	4,10	2,88	7,38	5,18
23,5	25	4 270	6 100	4,02	2,81	7,24	5,06

* При определении длины сварки принято во внимание сопротивление трению.

Толщина основного металла в мм	Диаметр заклепки в мм	Временное сопротивление разрыву сварочного металла в кг/см		Длина непрерывного заливочного шва 8 см, эквивалентная прочности одной заклепки на срез			
		Нормальная сварка кг	Усиленная сварка кг	Ординарный срез		Двойной срез	
				Нормальная сварка см	Усиленная сварка см	Нормальная сварка см	Усиленная сварка см
24,0	25	4 360	6 240	3,95	2,75	7,12	4,95
24,5	28	4 460	6 400	4,85	3,38	8,75	6,08
25,0	28	4 540	6 500	4,75	3,33	8,55	6,00
25,5	28	4 630	6 620	4,67	3,27	8,40	5,88
26,0	28	4 720	6 760	4,58	3,20	8,26	5,76
26,5	28	4 820	6 900	4,50	3,13	8,10	5,63
27,0	28	4 920	7 000	4,40	3,09	7,92	5,57
27,5	28	5 000	7 130	4,32	3,03	7,76	5,45
28,0	28	5 080	7 300	4,25	2,96	7,65	5,33
28,5	31	5 200	7 400	5,09	3,58	9,16	6,45
29,0	31	5 280	7 540	5,00	3,51	9,00	6,32
29,5	31	5 380	7 680	4,92	3,45	8,85	6,22
30,0	31	5 460	7 800	4,84	3,39	8,70	6,10

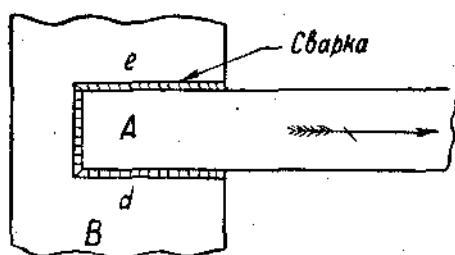


Рис. 27. Лобовой и фланговые швы.

В качестве примера на рис. 27 изображена приварка части А к части В, где торцевой шов работает на поперечный срез, а боковые швы е и d на продольный срез.

Установка машин и аппаратов. Сварочные машины должны быть устанавливаемы как можно ближе к месту работ, с наименьшим доступом к ним пыли и испарений, на фундаменте, не подвергающемся вибрациям.

При сварке покрытыми электродами должна быть устроена хорошая вентиляция, которая однако не должна вызывать сквозняков у места сварки.

Не следует увеличивать длины подводящего провода без соответствующего увеличения сечения кабеля, компенсирующего увеличение длины. Если на заводе есть инженер-электрик, он должен следить за сварочной установкой и иметь под рукой запасные части, как-то: щетки и кабельные соединения, чтобы всегда была возможность в случае надобности заменить их без задержки.

Следует также иметь в запасе электрододержатели, рабочий и соединительный кабель, защитные стекла для ручных щитков и масок, спецодежду для электросварщиков. Машина должна часто продуваться воздухом и получать достаточную смазку и вообще иметь хороший уход.

Износ или плохой контакт в месте присоединения проводов к электрододержателям обнаруживается обычно нагреванием этого места. Тогда концы проводов должны быть защищены и присоединены заново. Электрододержатель служит дольше, если сварщик наблюдает за тем, чтобы электроды были крепко зажаты во время процесса сварки.

При применении металлического электрода процесс сварки называется сваркой по способу Славянова.

При сварке постоянным током изделия, на которые наваривается металл, обычно соединяются с положительным полюсом сварочной цепи, а металлический электрод с отрицательным (рис. 28). Капли расплавленного электрода стекают на свариваемое изделие в ту точку, где металлы уже находятся в расплавленном состоянии, вследствие чего происходит сплавление металлов. Таким образом сваривание происходит только в том случае, если расплавленный металл электрода попадает на расплавленный металл свариваемого изделия (рис. 29).

При сварке переменным током любой полюс может быть присоединен к свариваемому изделию.

Если при постоянном токе соединение было сделано наоборот (с переменной полюсов), то большее количество тепла будет выделяться

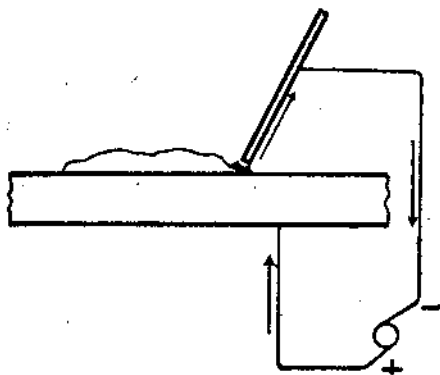


Рис. 28. Направление движения электрического тока, угол наклона электрода и длина дуги при сварке металлическими электродами.

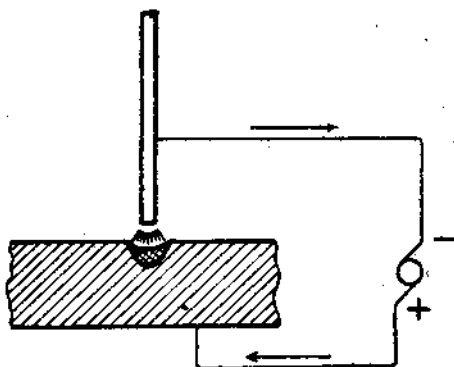


Рис. 29. Поперечное сечение кратера, показывающее глубину проникания наплавленного металла в основной.

на электроде и может случиться, что расплавленный металл с электрода попадет на еще не расплавившийся металл свариваемого изделия, и полного сваривания не произойдет. Однако это происходит не всегда. В действительности при перемене полюсов сваривание все-таки происходит, но оно не будет таким совершенным, как при соединении свариваемой части с положительным полюсом, а электрода с отрицательным.

Исключением из правила, что изделие должно быть присоединено к положительному полюсу цепи, а электрод к отрицательному, является случай, когда применяются голые электроды из марганцовистой или однопроцентной углеродистой стали и электроды с толстой шлаковой оболочкой. При пользовании вышеупомянутыми электродами было найдено, что совершенно невозможно применять эти электроды, пользуясь обычным правилом в отношении полюсов. В случае же перемены полюсов могут быть достигнуты удовлетворительные результаты. Дело в том, что дуга при обычном соединении полюсов чрезвычайно неспокойна, при перемене же полюсов этот недостаток устраняется.

При применении покрытых электродов соединение электрода с положительной стороной цепи основывается на той теории, что густой

слой шлака вокруг расплавленного металла изделия достаточно концентрирует тепло в этой точке, так что вместе с добавочным теплом, передающимся с электрода потоком расплавленного металла, в точке плавления образуется достаточное количество тепла, нужное для получения хороших результатов.

При сварке металлическими электродами вручную существуют три основных движения, которые производит сварщик, наплавляя металл.

1. Подача электрода вниз по мере сгорания вследствие оплавления его конца.

2. Поступательное движение электрода по направлению шва.

3. Поперечное или поступательно-возвратное движение электрода с тем, чтобы дать возможность расплавляемому электродному металлу равномерно распределяться по свариваемым и наплавляемым поверхностям.

Возвращаясь опять к основному закону, что сваривание происходит только тогда, когда расплавленный металл с электрода попадает на расплавленный металл свариваемого изделия, нам становится ясно, что электрод должен находиться достаточно близко к изделию, чтобы расплавленный металл с него попадал прямо и точно в кратер расплавленного металла изделия.

Если сварщик поддерживает длинную дугу, значительная часть металла с электрода в виде капель попадает на изделие вне кратера и вполне возможно, что этот металл не сварится с металлом изделия. Кроме того, как было указано выше, происходит окисление и азотирование, а также и разбрызгивание капель металла.

Основным правилом электросварки является то, что все сварные швы должны быть выполнены с минимальным количеством металла. Это объясняется тем, что металл, прошедший через вольтову дугу, обладает меньшей эластичностью и вязкостью, нежели основной металл. Он по вязкости стоит ниже нормальной литой или прокатной стали. Кромки свариваемых частей должны быть расположены как можно ближе одна к другой, но в то же время давать возможность оперировать дугой так, чтобы получить хорошее расплавление основного металла.

Если сварке подлежат части, подвергающиеся изгибу как раз на месте сварного шва, то в некоторых особых случаях допускается делать сварное соединение жестче материала свариваемого изделия, чтобы изгиб получался вне шва, так как швы, обычно получаемые в промышленности при сварке электродами среднего качества, дают незначительные углы изгиба.

Для получения хорошей сварки необходимо, чтобы весь шлак, состоящий главным образом из окалины или черной окиси, часто удалялся из шва в процессе сварки. Чем больше содержание шлака в сварном шве, тем меньше его механическая прочность. При применении электродов с толстой оболочкой необходимо удалять шлак и окись с каждого наплавленного слоя перед тем, как наплавить следующий слой.

Для получения хороших результатов кроме того важно, чтобы свариваемая поверхность хорошо очищалась перед сваркой. Присутствие масла на свариваемой поверхности гораздо более опасно, чем присутствие ржавчины, так как масло не только мешает устойчивости дуги,

но при сгорании дает известное количество углерода, который значительно увеличивает твердость металла. Масло и жиры должны быть удалены с поверхности, подлежащей свариванию, путем прочистки ее сухой известью или помощью щеток, а также погружением изделия в крепкий щелочный раствор. Присутствие кислот на поверхности также мешает устойчивости дуги. Окалина железа, будучи очень плохим проводником электричества, сильно мешает сварке металлическими электродами.

При наплавке металла по способу, указанному на рис. 30(III) и 31, получено меньшее количество прослоек шлака, уменьшающих прочность сварных соединений.

Количество металла, наплавленного в час процессом сварки металлическими электродами, зависит:

1) от количества израсходованной теплоты, 2) количества времени, в течение которого выделялось тепло, т. е. числа минут в час, в течение которых дуга горела, 3) свойства основного и электродного металла и 4) диаметра применявшихся электродов.

В американской практике при ручной сварке количество навариваемого металла колеблется от 0,5 до 2 кг в час.

Поддерживание дуги. Для приобретения навыка поддерживать дугу как раз такой длины, чтобы не давать электроду «примерзать» к

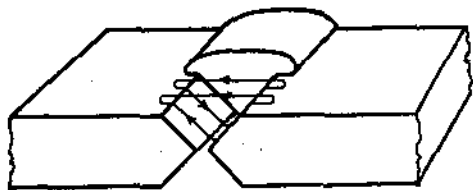


Рис. 31. Правильный образец X-образного сварного соединения. Обратите внимание на направление электродов при наплавлении смежных слоев.

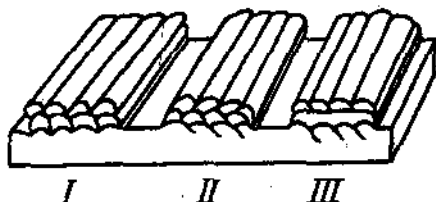


Рис. 30. Образцы неправильной и правильной наплавки металла валиками.

I — валики расположены параллельно в горизонтально-вертикальной плоскости (неправильная наплавка). II — параллельные слои металла в шахматном порядке (неправильная наплавка). III — второй слой валиков наплавлен под прямым углом к первому (правильная наплавка).

диаметра применявшихся электродов.

свариваемой поверхности, нужна тренировка руки сварщика. Это достигается путем подачи электрода вниз с постоянной скоростью и продвижением дуги непрерывно вперед так, чтобы все время сохранялась одинаковая по ширине и высоте наплавка валика.

Потолочная сварка. Применение потолочной сварки в значительных размерах мы можем найти в доках. Работа эта требует

большой тренировки и осторожности, чтобы получить хорошие результаты. При потолочной сварке наплавление металла различно в зависимости от длины дуги. Количество навариваемого металла при потолочной сварке с помощью длинной дуги сравнительно невелико и происходит лишь благодаря конденсации паров металла или удара частиц его, в то время как при короткой дуге имеет место шарообразное образование капли на конце электрода, увеличивающееся до тех пор, пока не произойдет соприкосновения его с расплавленной поверхностью свариваемого изделия. В этом последнем случае сила прилипания капли и поверхностное натяжение в изделии превос-

ходят силу тяжести, сцепление и поверхностное натяжение электрода, стремящиеся удержать каплю на его конце.

Цикл наваривания металла в последнем случае будет следующий (рис. 32):

1. Металл на обоих концах расплавляется под действием дуги.

2. Расплавленный конец электрода принимает приблизительно шаровую форму в силу хорошо известного явления поверхностного натяжения, заставляющего жидкость принимать наименьший объем.

3. Эта шаровидная капля увеличивается при непрерывном прохождении тока до тех пор, пока при помощи манипулирования электродом ее поверхность не коснется расплавленного металла изделия.

Рис. 32. Наплавление металла при потолочной варке.

делия, замыкая дугу на короткое и вызывая действие сил сцепления.

4. Силы поверхностного натяжения и сцепления в месте соприкосновения изделия и шаровидной капли заставляют ее изменить свою форму и растечься по поверхности изделия.

5. Когда металл плавится, поверхность соприкосновения с изделием увеличивается; таким образом увеличиваются силы притяжения, ускоряющие отложение металла. Эти силы действуют до тех пор, пока шаровидная капля не оторвется от конца электрода. Тогда прерывается короткое замыкание и восстанавливается дуга.

Очевидно, что силы, которые заставляют металл переходить с электрода, должны преодолеть силу тяжести, поверхностное натяжение и сцепление на конце электрода. При дальнейшем исследовании факторов, действующих на эти силы, выяснилось, что они могут быть преодолены путем применения электрода малого диаметра и поддержания очень короткой дуги.

Состав электрода, как известно, имеет некоторое влияние на легкость ведения наплавки, но трудно определить это влияние, не сделав дальнейших исследований. На

ряду с этой теорией установлено, что предварительный местный нагрев при потолочной сварке помогает начать наваривание слоев металла, так как оно облегчает первоначальное появление на холодном изделии жидкого металла, с которым должна соединиться шаровидная капля в силу сцепления и поверхностного натяжения. Однако, если дать слишком сильный предварительный нагрев, то отложение наплавленного металла несколько задерживается, так как степень застывания его уменьшится.

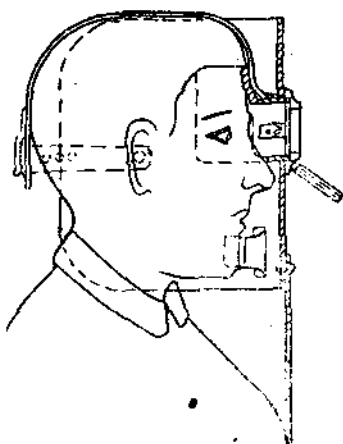


Рис. 33. Головной шлем для потолочной сварки.

Техника потолочной сварки. Потолочная сварка требует большей силы тока, чем сварка в горизонтальной плоскости. Каждый сварочный аппарат должен обладать возможностью давать максимальное напряжение при потолочной сварке, так как тенденция дуги «подвешиваться» будет наибольшей при наибольшем напряжении. При потолочной сварке довольно сильным током наваренный металл может оставаться в течение нескольких секунд раскаленным докрасна. Сварщик всегда должен ждать до тех пор, пока металл не остынет настолько, что совсем не будет заметно цвета для того, чтобы избежать стекания металла. Место сварки должно прочищаться проволочными щетками после наварки каждого слоя металла.

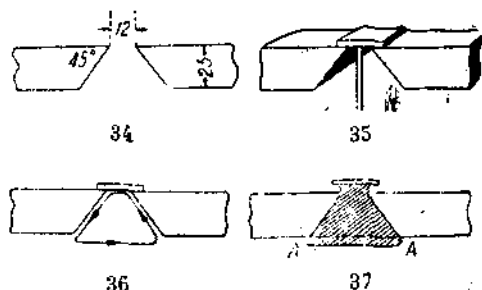


Рис. 34 — 37. Способ потолочной дуговой сварки.

Сварщик должен иметь удобный щит, позволяющий ему видеть свою работу, не напрягая шеи. Обе руки должны быть свободны и одна поддерживать другую.

Головной шлем, показанный на рис. 33, является наиболее удовлетворяющим этим требованиям. Важно заваривать шов по диагонали, так как это облегчает работу.

Рис. 34 показывает типичную трещину, расчищенную по V-образному сечению для потолочной сварки. Заварка трещины при таких условиях очень трудна и в большинстве случаев дает неудовлетворительные результаты.

Сварка может быть выполнена удовлетворительно по следующему способу. Из листа в 3 мм толщиной и шириной равной толщине свариваемого листа вырезается пластинка длиной от 75 до 150 мм, в зависимости от длины трещины. Если трещина очень длинна, то вырезается такое количество пластинок длиной 150 мм, чтобы покрыть всю длину ее. Затем

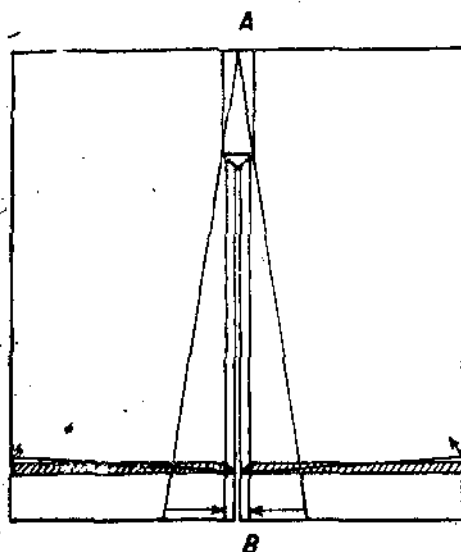


Рис. 38. Графическое изображение сжимающих усилий, стремящихся свести листы вместе и вывести их из горизонтальной плоскости, когда в процессе сварки непрерывный сварной шов наваривается от А к В.

по осевой линии одной из пластинок, на конце ее приваривается электрод диаметром 3 или 2 мм и, пользуясь электродом как ручкой, помещают пластинку в положение, указанное на рис. 35. Пластинка приваривается еще в одном или нескольких местах к основному месту сверху и затем начинается сварка по образцу, указанному на рис. 36.

Во время сварки следует давать охлаждаться каждому слою металла так, чтобы исчез цвет побежалости, и затем прочищать его щетками. Лишний металл на линии А — А (рис. 37) может быть удален, чтобы шов был заподлицо с поверхностью изделия. Этот способ позволяет делать усиление шва с противоположной стороны изделия.

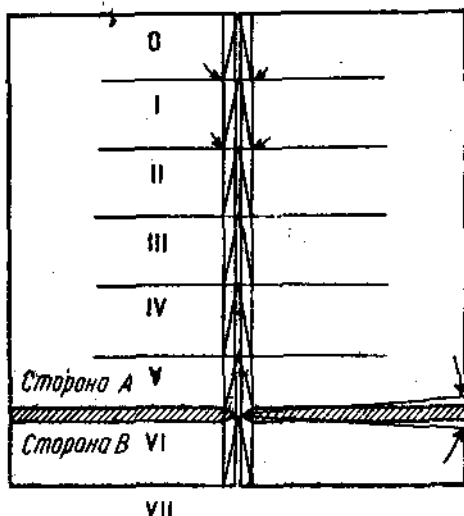


Рис. 39. Правильный метод сварки для уменьшения явления коробления. Операция сварки ведется в таком порядке:

от VI к V.I на стороне А	
* V » VI »	» В
* IV » V »	» А
* III » IV »	» В
* II » III »	» А
* I » II »	» В
* 0 » I »	» А
* VI » VII »	» В
* V » VI »	» А
* IV » V »	» В
* III » IV »	» А
* II » III »	» В
* I » II »	» А
* 0 » I »	» В

ко и здесь в очень многих случаях эта сторона дела не должна оставаться без внимания.

При сварке угольными электродами проблема расширения и сжатия решается так же, как и при ацетиленовой сварке. Сварщик всегда старается предварительно прогреть рабочее место, чтобы трещина или отверстие, подлежащее заварке, расширялись действием предварительного нагрева.

Во время охлаждения места сварки после окончания работы, если предварительное нагревание было лишь местным, нужно следить, чтобы сварной шов и предварительно нагретые места свариваемого изделия имели одинаковую температуру во время всего процесса остывания до тех пор, пока они окончательно не остынут. В случае сварки сложных отливок, где невозможно про-

той же схемы можно придерживаться при сварке в вертикальном положении.

При наваривании металла потолочной сваркой следует удалить самую грубую часть окалины и грязь с поверхности основного металла вблизи повреждения, затем прочистить ее пескоструйным аппаратом и после этого проволочной щеткой. Операция прочистки очень важна при потолочной сварке, так как чем чище свариваемые поверхности, тем легче наплавлять металл.

Быстрая работа не рекомендуется, так как хороший экономический эффект достигается медленной, равномерной и осторожной сваркой.

Расширение и сжатие. Инженер или мастер, работавший по электросварке, знает, что расширение и сжатие металла во время операции сварки является моментом, который в большинстве случаев должен серьезно учитываться. Встречающиеся при этом затруднения не так серьезны, как затруднения при ацетиленовой сварке благодаря значительно большей локализации тепла, одна-

известии местный нагрев, сварщик должен перед сваркой нагреть всю отливку, затем после окончания сварки снова нагреть ее для того, чтобы дать возможность разным частям конструкции приспособиться к новым условиям, внесенным наложением швов.

При сварке металлическими электродами предварительный нагрев производится редко. Затруднения однако встречаются довольно часто вследствие того, что навариваемый металл имеет гораздо более высокую температуру, чем соприкасающийся с ним металл изделия. Вследствие сжатия появляется тенденция к возникновению вредных напряжений в некоторых точках структуры металла как внутри, так и вне сварочного шва. Применяются различные способы для преодоления этих затруднений. Все они однако могут быть сгруппированы в две основных группы.

1) Делают по возможности конструкцию свариваемого изделия такой, чтобы она без повреждения допускала деформацию, когда сжимающие усилия действуют на отдельные части этой конструкции.

2) Когда форма частей конструкции не может быть изменена, то стремятся распределить во время сварки все тепло на возможно большей площади и насколько возможно тщательно избегать сосредоточения значительного количества тепла в какой-либо одной точке (рис. 38 и 39).

Предположим, что дуга выделяет определенное количество тепла. Степень расширения свариваемой конструкции в данной точке зависит от продолжительности времени действия дуги в этой точке и будет всецело зависеть от количества тепла, выделенного здесь. Степень сжатия будет равна степени расширения, если принять, что никаких внутренних напряжений в изделии не остается. Отсюда очевидно, что общее расширение или сжатие, стремящееся деформировать свариваемое изделие, будет меньше при выделении в данной точке 25 кг-калорий в час, чем при выделении 250 кг-калорий в час. Вообще расширение или сжатие зависит от количества выделяемого тепла и чем меньше тепла затрачивается на образование шва, тем меньше можно ожидать эффекта от расширения и сжатия.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

СВАРКА УГОЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ.

Разница между сваркой угольными и металлическими электродами заключается в том, что дуга образуется между угольным электродом и свариваемым изделием, а также в том, что сварочный пруток вводится в дугу отдельно, и ток по нему не проходит, как это имеет место при сварке металлическими электродами. Сварка угольными электродами сходна во многих отношениях со сваркой ацетиленовым пламенем.

Угольная дуга может также применяться для сварки без добавления металла и в ограниченной мере — для резания металлов. При сварке угольными электродами, уголь всегда присоединяется к отрицательному полюсу (рис. 40). Если угольный электрод присоединен к положительному полюсу, дуга будет чрезвычайно неустойчива.

Кроме того при сварке стали угольным электродом, если последний соединен с положительным полюсом, окись углерода входит в

соприкосновение с расплавленным металлом и поглощается им, быстро науглероживая металл и давая неизбежно в результате этого твердый шов.

Электроды при способе Бенардоса. При способе Бенардоса применяются угольные и графитовые электроды. Установлено, что графитовые электроды, в отличие от твердых угольных электродов, более долговечны.

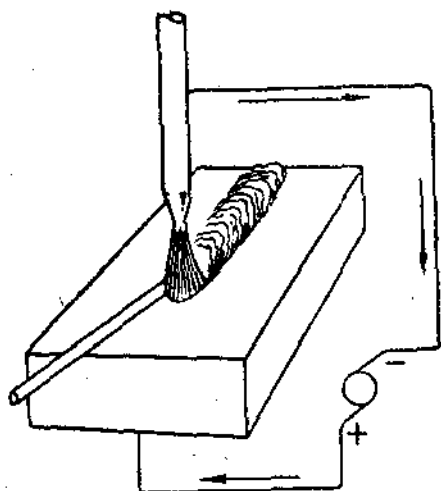


Рис. 40. Сварка угольным электродом.

Плотность сварочного тока для угольного и графитовых электродов зависит от характера выполняемой работы. Большая плотность для угольного электрода способствует устойчивости дуги и облегчает управление ею. С другой стороны небольшая плотность тока увеличивает срок использования электрода в работе и уменьшает нагревание электрододержателя.

Таблица, приведенная ниже, дает примерно среднюю силу тока, применяемую для различных диаметров угольных электродов при сварке и резке.

Таблица III.

Сила тока в зависимости от размеров угольных электродов.

При диаметре электрода (в мм) . .	5	6	10	12	20	25
Сила тока (ампер)	75	100	200	300	400	600

Увеличивая силу тока в электрической цепи и подавая электрод механически, мы увеличиваем скорость выполнения работы и существенно улучшаем внешний вид шва.

Длина вольтовой дуги при сварке угольными электродами должна быть больше, чем при сварке металлическими электродами и достигает до 40 мм в зависимости от силы тока. При нормальной работе дуга издает легкий шипящий звук.

Необходимо применять электроды однородной структуры и насколько возможно свободные от посторонних примесей. Размеры присадочных сварочных прутков зависят от силы тока, применяемого в электрической цепи дуги. При сварке угольными электродами, также как и при газовой сварке, следует обращать особое внимание на то, чтобы расплавленный металл со сварочного прутка стекал в кратер, образуемый дугой.

Сварка угольными электродами применяется в сталелитейных, где ею исправляются пороки в стальном литье. В этом случае сила тока в дуге достигает 600 ампер, хотя некоторые работы могут быть выпол-

нены при силе тока в 250 ампер. Наиболее успешным применением угольной дуги в сталелитейной является удаление песочных включений. При этом изделие располагается таким образом, чтобы позволить расплавленному металлу свободно стекать с дефектного места. При сварочном процессе отливка должна быть повернута так, чтобы место сварки находилось в горизонтальном положении. То место, с которого был удален выплавкой порочный металл, заполняется новым при помощи угольного электрода и присадочного сварочного прутка. Трудности, встречающиеся при применении газового пламени в работе такого рода, возникают благодаря сильному перегреву наконечника горелки, так как пламя направлено перпендикулярно к свариваемой поверхности.

При применении дуговой сварки по способу Бенардоса для ремонта стальных отливок часто встречаются затруднения из-за образования твердых мест в сварном шве, что обнаруживается после сварки при механической обработке изделия. Эти твердые места являются обычно следствием одной из двух причин.

1. Когда сварщик случайно прерывает вольтовую дугу и погружает горячий электрод в расплавленную массу металла, в расплавленный металл переходит достаточное количество углерода, чтобы науглеродить его до такой степени, что после остывания он становится твердым. При правильном процессе с угольным электродом необходимо сначала образовать дугу между электродом и холодным твердым металлом на некотором расстоянии от расплавленного места и затем уже переводить дугу на расплавленный металл, а не вызывать дугу в месте сварки.

2. Если сварщик при исправлении небольшого порока на отливках с большим содержанием углерода или марганца недостаточно перемещает дугу вокруг свариваемого места и металл будет прогрет в недостаточной мере для предотвращения быстрого охлаждения места сварки, то при этом в результате получается точно также местное отверждение металла. Этого дефекта можно избежать путем применения дуги в качестве нагревателя изделия или перед или сейчас же после сварки.

Сталелитейная, изготавливающая мелкие стальные отливки весом в среднем 25 кг, требует силу тока приблизительно в 300 ампер на каждого сварщика.

Процесс сварки угольными электродами применяется в ограниченной мере также и для сварки серого чугуна. Угольная дуга в применении к серому чугуну идентична во всех отношениях газовому пламени, применяемому для тех же целей. Затруднения, встречающиеся при применении угольной дуги для сварки чугуна, происходят оттого, что температура дуги не может регулироваться, хотя количество тепла и может регулироваться с большой точностью. В силу вышеизложенного от сварщика требуется большое умение, чтобы произвести сварку в тех случаях, когда поверхность, подлежащая сварке, находится в наклонном или вертикальном положении, так как расплавленный чугун стремится стекать с места сварки. Применение специальной угольной формовки частично устраняет это затруднение, но даже при наиболее благоприятных условиях все же труднее производить сварку чугуна угольной дугой, чем ацетиленовым пламенем.

То же обстоятельство имеет место при сварке угольными электро-

дами чугуна даже в горизонтальном положении, когда чугунная отливка имеет тонкую стенку. В этом случае отливка прожигается насквозь, прежде чем сварщик успеет выполнить сварку.

Это явление может быть охарактеризовано как *полулитье*, поскольку свариваемое изделие в момент сварки доводится до состояния жидкой массы, а наплавленный металл, попадает в эту массу.

Если сварка угольным электродом выполняется правильно, то металл не получает особых местных отвердений. Однако, если угольный электрод делается положительным полюсом дуги вместо отрицательного, то окись углерода, входя в соединение с расплавленным металлом и науглероживая его, дает жесткий шов.

Отверстия любого размера могут быть заварены при помощи котельных обрешков или стружки путем сплавления их в сплошную массу. В отверстия, которые должны быть заделаны, кладется один или сразу несколько кусков металла, которые расплавляются и заполняют отверстие независимо от его размеров.

Угольные электроды лучше всего применять для сварки частей, которые могут быть расположены в горизонтальном положении; они дают лучшие швы на стальных отливках, так как наваренный металл является также литой сталью и шов будет сплошным, а не рядом слоев металла, наваренных один на другой. Кроме того во все время сварки поддерживается более высокая температура, а потому и охлаждение происходит не так быстро. Отсюда явления сжатия и расширения более равномерны, и внутренние напряжения, возникающие при этом, не так значительны вследствие того, что медленное охлаждение действует частично как отжиг.

Качество сварки угольной дугой зависит от квалификации сварщика и от следующих правил, которых он должен придерживаться.

1. Для питания интенсивной дуги при 70—80 вольтах необходимо иметь 250 — 300 ампер, каковых достаточно для обычного режима работы. В сталелитейных, где сварка угольной дуги применяется для исправления дефектов в отливках, сила тока дуги должна в особых случаях достигать 600 ампер.

2. Следует принять угольные или графитовые электроды соответствующего диаметра в зависимости от изделия.

3. Дуга длиной от 20 до 25 мм применяется для окисления свободного углерода и для доведения металла изделия до жидкого состояния перед присадкой добавочного металла.

4. Как металл свариваемого изделия, так и наплавленный металл должны быть превращены в расплавленную массу, не содержащую твердых нерасплавленных частиц металла.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСВАРКИ.

Сварка катанной стали и сварочного железа. Применение электро-сварки в конструкциях и изделиях из катанной стали и сварочного железа должно производиться строго в пределах, ограничивающих область применения этого процесса. Практическая сварка этих металлов угольными электродами в промышленных целях не применяется,

так что все то, о чем мы будем говорить в дальнейшем, относится к сварке металлическими электродами.

При сварке металлическими электродами катанной стали или сварочного железа следует обращать особое внимание на следующие моменты.

Если считать, что процесс плавления протекает надлежащим образом, сопротивление на разрыв металла шва может быть принято в 80% сопротивления на разрыв металла электрода. Если применяется электрод из мягкой стали или железа с сопротивлением на разрыв приблизительно $3\,500\text{ кг/см}^2$, то сопротивление на разрыв металла сварного шва принимается около $3\,000\text{ кг/см}^2$. Стальной электрод с высоким содержанием углерода, марганца, а возможно и никкеля, который может иметь первоначальное сопротивление на разрыв приблизительно $5\,500\text{ кг/см}^2$, может дать шов с сопротивлением на разрыв приблизительно $4\,500\text{ кг/см}^2$.

Вязкость металла шва, если только не применялись электроды из специально подобранных материалов, всегда будет небольшая. Наплавленный металл и металл свариваемого изделия, прилегающий к линии плавления, в результате процесса сварки получает свойства литого металла.

В паровых котлах и резервуарах, работающих под давлением, швы обычно подвергаются испытанию, в конструкциях же из прокатной стали они, как правило, не испытываются. Однако при наличии соответствующего технического надзора и контроля во время процесса сварки в тех случаях, когда процесс изготовления шва протекает вполне нормально, можно полностью положиться на качество шва.

При соблюдении перечисленных условий сварки можно применять этот процесс с полной гарантией.

Было также установлено, что сварной шов, который при нагрузке может подвергаться изгибающим усилиям, должен делаться жестче прилегающего к нему металла изделия с тем, чтобы изгиб целиком передавался на целый металл.

Сопротивление сваренных металлов часто меняющейся переменной нагрузке является вопросом, по которому имеется мало данных, но есть основания предполагать, что оно значительно ниже, чем можно было ожидать от катанной стали торгового качества. Сопротивление сваренных листов на срез обычно принимается равным 0,8 их сопротивления на разрыв.

Твердость металла, наваренного электродом из мягкой стали на листе из мягкой стали или сварочного железа, на 10 — 15% больше твердости металла самого листа. Такая разница в твердости не оказывает серьезного влияния на механическую обработку изделия и не влияет на выбор режущего инструмента.

Сварка литой стали. Основные принципы, установленные в отношении сварки катанной стали и сварочного железа, остаются в силе и для сварки литой стали. Однако в промышленности при сварке литой стали приходится сталкиваться с несколько иными проблемами, благодаря несколько иному характеру сварочных работ, производимых со стальными отливками.

Применение угольной дуги для сварки стальных отливок уже было рассмотрено подробно. Вне сталелитейного цеха угольными электродами

производится сравнительно небольшой процент электросварочных работ со стальными отливками. Обычно считают, что не следует применять ацетиленовую сварку или сварку угольной дугой к стальным отливкам, если после этого они не отжигаются для удаления внутренних напряжений, возникших в процессе сварки.

Для сварки стальных отливок могут быть применены и угольная дуга и ацетилено-кислородный процесс, если расширение и сжатие металла во время сварки приняты во внимание и приняты нужные меры, чтобы избежать внутренних напряжений в отливке после окончания процесса сварки.

Металлическая дуга дает наиболее простое разрешение вопроса сварки стальных отливок, так как явления расширения и сжатия металла при этом способе минимальны. При сварке металлическими электродами не нужно предварительно нагревать отливки, не нужно также их отжигать для предупреждения возникновения внутренних напряжений после окончания сварки.

Так как поврежденные стальные отливки, подлежавшие сварке, обычно имеют большие размеры, то на подготовку их к операции сварки, с целью довести до минимума расширение и сжатие металла, должно быть обращено особо серьезное внимание. При подготовке свариваемого изделия к сварке основным принципом, на котором должна быть основана вся подготовка, является то, что *сварка должна быть выполнена с минимальным количеством наваренного металла между поврежденными краями*. Идеальные условия достигаются, когда скос между краями как раз достаточен для того, чтобы дать возможность сварщику оперировать дугой для получения наиболее совершенного плавления и обеспечения зажигания дуги в любой точке угла разделки.

Если скос сделан под слишком тупым углом, то сварочный шов получается более слабым. Это зависит от того, что чем больше число слоев металла в шве, тем больше количество прослоек из окалины и шлака между отдельными слоями и тем ниже получится качество сварного шва.

Скос должен делаться с обеих сторон соединения, согласно тому общему принципу, что между свариваемыми краями поврежденного изделия должно быть наварено минимальное количество металла.

В очень сложных и тонких отливках тепло должно распределяться на возможно большую площадь, а в исключительных случаях операция сварки должна производиться с перерывами, чтобы позволить теплу распространяться по свариваемой отливке и не давать ему сосредоточиться в одной точке во избежание ненужного и вредного расширения металла.

При наварке на литую сталь часто целесообразно применять электроды из металла более твердого, чем металл свариваемой отливки. Это применяется в тех случаях, когда поверхность стальной отливки подвергается слишком большому изнашиванию при работе. В этом случае электрод должен быть изготовлен из 1% углеродистой стали, 12% марганцевой стали или из серого чугуна. В последнем случае, т. е. когда сварщик применяет серый чугун в качестве сварочного прутка, а площадь сечения отливки достаточно велика, то под действием охлаждения навариваемый серый чугун переходит в белый чугун, который

весьма тверд. Металл, наплавленный электродом большой твердости, обрабатывается только шлифовкой.

Материал большой твердости может быть наварен на стальную отливку независимо от того, является ли последняя мягкой или твердой. Сварка железнодорожных крестовин из марганцевой стали при помощи электродов из 1% углеродистой стали или 12% марганцевой производится весьма успешно. Сварка производится как голыми электродами, так и электродами с оболочкой, хотя последние дают более легкое разрешение задачи получения максимальной твердости.

При применении голых электродов также можно достигнуть нужной степени твердости металла, но на практике встречаются затруднения при получении нужной степени плавления вследствие того, что электроды из твердой стали плохо плавятся без оболочки. Где только можно, сварной шов в отливке должен быть усилен, т. е. поперечное сечение шва должно быть более сечения отливки. Это необходимо вследствие меньшей вязкости шва по сравнению с вязкостью отливки. Сварной шов должен делаться, где только это представляется возможным, прочнее отливки. Вообще установлено, что литая сталь подвержена *усталости* больше, чем катанная. Наблюдалось, что отливки, подвергающиеся часто меняющейся переменной нагрузке, хорошо служат лишь в течение определенного периода времени. Первое повреждение, происходящее от поломки, легко исправляется при помощи сварки, но в сравнительно скором времени может случиться другое повреждение в другой части отливки, а в дальнейшем в отливке может появиться целый ряд других повреждений от излома.

Наиболее логичным объяснением явления такого рода является то, что при первом повреждении металл отливки перешел предел *усталости*. Если бы стальные отливки после заварки первого излома были отожжены, то этим самым возможно было бы предотвратить дальнейшие повреждения.

Сварка ковкого чугуна. С точки зрения практической сварки ковкий чугун может рассматриваться как серый чугун, покрытый слоем мягкого железа. Толщина слоя бывает различна и зависит от продолжительности времени термической обработки отливки в процессе производства. Качество отливки из ковкого чугуна обычно определяется толщиной этого легкого слоя.

Сварка ковкого чугуна всегда производится металлическими электродами, для того чтобы сконцентрировать насколько возможно тепло и предупредить отвердевание сердцевины отливки. Ковкий чугун, имеющий толстый поверхностный слой и практически почти не имеющий оердцевины, может свариваться электродом из мягкой стали, дающим шов более прочный в своем сечении, чем сама отливка. Однако сваренная отливка совершенно не выдерживает изгиба по шву. Делая шов прочнее смежных с ним частей отливки, мы заставляем изгиб происходить всецело вне шва. В литейной ковкого чугуна, где мелкие дефекты исправляются при помощи сварки металлическими электродами, отливки, которые впоследствии должны подвергаться механической обработке, отжигаются вторично после сварки.

Сварка отливок из ковкого чугуна перед отжигом никогда не дает хороших результатов, так как, если отливки предварительно не были

подвергнуты процессу отжига, они имеют структуру белого чугуна и дают трещины под действием сконцентрированного тепла дуги.

Сварка серого чугуна. Серый чугун или, как его обычно принято называть, литейный чугун из всех свариваемых металлов представляет наибольшие трудности для сварщика.

Благодаря низкой стоимости чугуна его применяют в машиностроении чаще, чем другие металлы. Конструктор машины, части которой должны быть отлиты из чугуна, обычно стремится сделать их настолько толстыми и жесткими, чтобы они легко сопротивлялись изгибающим усилиям. Все же вследствие отсутствия вязкости и незначительной степени упругости чугунные отливки часто ломаются. Вследствие широкой области применения отливок проблема сварки чугуна является быть может наиболее важной в области применения электросварочного процесса.

Большое количество работ по сварке чугуна, аналогичных показан- ным на прилагаемом рис. 41, выполняется успешно. В работах такого

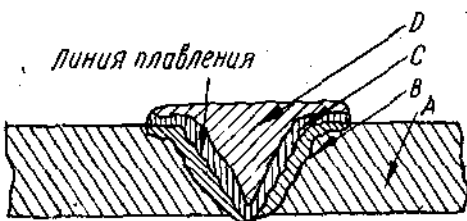


Рис. 41. Действие тепла на металл при сварке чугуна металлическими электродами.

А — чугун в нормальном состоянии; В — отбеленный чугун; С — сталь закалившаяся вследствие поглощения углерода; D — наплавляемый электродный металл с неизменяющейся структурой.

Трудность получения прочного шва в чугуне при применении металлических электродов возникает из его металлургических свойств. Чугун, смежный с линией плавления и плавящийся вместе с наплавленным железным электродом, охлаждается холодной массой отливки, в результате чего металл в этом месте получается очень хрупкий и твердый. Твердость получается вследствие того, что быстрое охлаждение не позволяет карбиду железа перейти в железо и графит и сварочный жар выжигает углерод и кремний до такой степени, что железо охлаждается более интенсивно. Металл в этой области имеет структуру белого чугуна. Основным родом структуры здесь является цементит.

Твердость наплавленного металла, смежного с линией плавления, увеличивается вследствие поглощения им углерода из чугуна. Фактически основной слой наплавки во время этого процесса переходит из обычной мягкой стали в сталь с большим содержанием углерода. Повреждение сварного шва типа, указанного на рисунке, при хорошем во время сварки плавлении обычно происходит в зоне чугуна, смежной с линией плавления, так как затвердевший чугун более хрупок, чем весь массив чугуна и высокоуглеродистая сталь, образовавшаяся на линии плавления. На практике сварщик сваривает чугун мягкой сталью прерывающимся процессом, позволяя теплу распростра-

няться по металлу и тем самым предотвращая насколько возможно сжимающие усилия, которые стремятся оторвать слой наплавки от чугуна.

Если процесс сварки ведется непрерывно и сварщик не предупреждает концентрации тепла в чугуне, то он увидит на опыте повреждения, происходящие вследствие отрыва стали от чугуна. Причиной этому будет то, что сталь при охлаждении до определенной температуры сжимается на больший процент своего первоначального объема, нежели чугун.

Рис. 42 показывает применение шпилек и канавок в целях увеличения общей прочности шва при сварке чугуна железными электродами. Этот способ часто применяется при сварке крупных чугунных изделий по большому сечению.

Рис. 43 показывает способ сварки чугуна мягкими электродами без применения шпилек. Способ этот достигает цели, так как между наплавкой и чугуном создается участок, работающий скорее на срез, чем на разрыв.

Сварка мягкими стальными электродами чугунных частей с толщиной стенки менее 6 мм не нашла широкого применения в промышленности, так как она вследствие большой локализации тепла ведет часто к образованию трещин в отливках. Работы по сварке чугунных отливок с сечением больших размеров выполняются металлическими электродами с большим успехом.

Укрепление шпильками. Предположим, что мягкая сталь должна быть приварена к чугуну там, где части могут свободно располагаться одна относительно другой. В таком случае дело обстоит просто. Если сварка производится в таком месте, что части не могут свободно устанавливаться одна относительно другой вследствие сжимающих усилий, появляющихся в результате охлаждения, является необходимость применения шпилек.

Если бы был заварен в последнем случае шов стальными электродами на чугуне без шпилек, то он имел бы по началу очень красивый вид, но во время остывания он неизменно даст трещину вдоль края. Это объясняется тем, что чугун, смежный со швом, приобрел структуру белого чугуна. Резкая граница структур, а также слой более слабого чугуна являются причиной неизменного появления трещины.

Если однако стальные шпильки правильно распределены вдоль лицевой части чугуна, подлежащего сварке, или смежного с местом сварки, так что шов не может оторваться от основной массы чугуна, то напряжение, возникающее при охлаждении, дает в результате вытягивание шва — и соединение между сварным швом и чугуном, снаб-

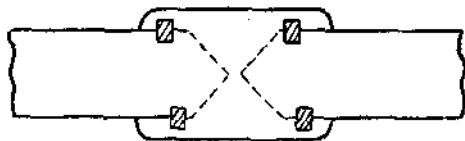


Рис. 42. Применение шпилек, расположенных в шахматном порядке при сварке чугуна железными электродами.

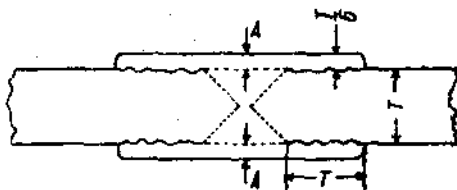


Рис. 43. Сварка железными электродами без применения шпилек.

Сечение А — А благодаря большому сопротивлению на разрыв стали эквивалентно по сопротивлению на разрыв сечению Т чугуна.

женным стальными шпильками, остается неизменным. Так как мягкая сталь в 4 раза прочнее чугуна, то шпильки надо распределять так, чтобы площадь поперечного сечения шпилек была бы примерно в четыре раза меньше сечения чугунной части, усилия от которой передаются шпилькам.

При хорошем выполнении сварка с постановкой шпилек дает даже паронепроницаемые соединения в чугуне. Одним из весьма полезных применений шпилек является постановка больших шпилек в качестве анкеров или шипов при поломках и отливках такого рода, как например зубцы зубчатых колес. Такого рода большие анкерные шпильки в количестве 1 — 3 штук с несколькими мелкими, расположенными соответствующим образом, придадут сварному шву достаточную прочность, чтобы выдержать нужную нагрузку на срез и на удар.

Сварной шов, прошедший механическую обработку, дает прекрасную рабочую поверхность, хорошо сопротивляющуюся износу.

Метод укрепления шпильками применяется также для усиления стального литья, в котором первоначальное сечение не могло выдерживать требуемого напряжения.

Метод укрепления шпильками заключается в следующем.

1. Трещина расчищается V-образно с одной стороны листа, если доступна одна сторона, и до половины с двух сторон, если обе стороны доступны для сварки. При этом следует счищать как можно меньше металла, чтобы расстояние между краями излома было минимальным.

Перед началом сварки отверстия для шпилек просверливаются и проходятся метчиком. Шпильки плотно ввинчиваются в отверстие, входя на глубину, превышающую по крайней мере в четыре раза их диаметр. Для удобства выполнения этого нужно иметь прутки, нарезанные по всей длине, которые ввинчиваются в отверстие и затем отшлифовываются на 6 — 10 мм над поверхностью изделия, в зависимости от доступности, т. е. в узкой V-образной выемке шпильки должны быть ближе к свариваемой поверхности, чем в широкой.

2. Шпильки обвариваются кругом так, что они как бы становятся частью чугунной отливки, затем металл наплавляется между шпильками накрест или по диагонали, пока V-образно зачищенная свариваемая поверхность и смежная поверхность, являющаяся нижней стороной канавки, не будут полностью заполнены, прежде чем будет начато главное заполнение.

Иначе говоря следует наплавлять металл по одному слою за раз так, чтобы в каждый данный момент не происходило одновременно застывание шва с большой площадью сечения.

Первоначальная приварка шпилек соединяет шпильку и чугун в одно целое. Сварка от шпилек к шпильке по диагонали или накрест стягивает поврежденные части вместе в их первоначальное положение, если хотя бы небольшое количество металла по линии излома осталось незатронутым при расчистке V-образной канавки. Это может быть сделано в большинстве случаев, но естественно не тогда, когда части сломаны и потеряны и их приходится заменять новой отливкой или ковкой.

При укреплении стальными шпильками чугунных частей, особенно цилиндров и т. п., после сварки часто требуется механическая обработка, а твердый слой металла непосредственно под сварочным швом

мешает обычной обработке резанием и заставляет прибегать к шлифовке.

Существуют различные способы избежать образование твердого слоя металла. Одним из новейших способов является заканчивание процесса сварки никкелево-медным электродом, который имеет свойство влиять на чугун так, что в нем не образуется твердого слоя цемента. Этот электрод широко применялся в автопромышленности для починки цилиндров с поврежденной поверхностью и других аналогичных деталей. Более старый способ заключается в том, что дно V-образной канавки выстилается медью, которая затем снимается при механической обработке.

Пожалуй лучшим способом является снабжение изделия для обработанной его части втулкой. Многие цилиндры, особенно цилиндры паровых машин, снабжаются этими втулками уже при изготовлении их. В таком случае втулки вынимаются и в случае надобности слегка пригоняются вновь после окончания сварки. При сварке чугуна стальными электродами разница в сжатии между расплавленным слоем наваренного металла и отливкой часто создает затруднения.

Прочность наплавленной стали в значительной степени больше прочности чугуна, так что сталь при сжатии может оторваться от поверхности чугунного изделия, или в некоторых случаях, где было хорошее плавление, может быть поврежден чугун.

Тот факт, что разрыв происходит обычно по линии шлаковых отложений в месте соединения металлов, указывает на плохое плавление металлов и на то, что это место является поверхностью скольжения или движения металлов друг к другу. Даже при хорошем плавлении металлов разрыв произойдет поблизости этой линии со стороны чугуна.

Дуговая сварка чугуна. Процесс сварки металлическими электродами является иногда единственным, который можно применить в некоторых областях сварки. Примерами могут здесь служить сварка отливки, позволяющих применять лишь ограниченное количество тепла, а также выполнение различных работ, требующих применения потолочной сварки. Последний вид работы обычно бывает невыполним при других методах сварки вследствие текучести расплавленного чугуна.

Обычно рекомендуемые приемы сварки чугунных изделий металлической дугой показаны на рис. 44 — 46.



Рис. 44. Подготовка чугуна к сварке.

При подготовке отливки к этому процессу, следует обратить внимание на то, чтобы вся окалина и песок были состроганы или удалены при помощи пескоструйного аппарата со всей свариваемой поверхности. Вдоль линии излома или трещины выстрагивается прямоугольная канавка. Размер этой канавки зависит от толщины отливки и равен приблизительно 6, 10 или 12 мм в стороне квадрата (a на рис. 44). Затем канавка заваривается металлом до уровня поверхности отливки.

Первая шпилька вставляется возможно ближе к краю трещины. Расположение шпильки определяется толщиной и конфигурацией отливки и размером шпильки. Размер и число шпилек зависит от количества

теристикой: 1) хорошее проникание металлов, 2) предупреждение образования затвердевшего металла на линии плавления или в сварочном шве, 3) принятие мер и средств против расширения отливок, 4) отсутствие пузырей и пустот, 5) одинаковый коэффициент расширения отливки и навариваемого металла и 6) наплавка металла, приблизительно соответствующего по своей характеристике металлу отливки.

Свойства эти могут быть получены следующим путем.

1. Хорошее проникание металла может быть получено путем применения соответствующего сварочного прутка или электрода и предварительного нагрева.

2. Затвердения металла на линии плавления или в шве можно избежать тем же путем применения соответствующего сварочного прутка или электрода и предварительного нагрева.

3. Предварительный нагрев дает также возможность уменьшить расширение отливки.

4. Соответствующий сварочный электрод и предварительный нагрев уничтожают пузыри и пустоты в металле шва. Соответствующий выбор металла сварочного прутка или электрода дает в результате металл, соответствующий по характеристике металлу самой отливки.

Следует заметить, что хотя соответствующий электрод и предварительный нагрев дают теоретически идеальный шов, однако необходимо кроме того манипулировать дугой и совершенно отчетливо понимать принципы работы в их практическом применении.

Материал электродов. При хорошей сварке в качестве электрода обычно применяется металл, имеющий ту же характеристику и прошедший ту же обработку, что и металл свариваемого изделия.

5. Необходимо также, чтобы расширение и сжатие основного и навариваемого металлов были одинаковы и чтобы было обеспечено сваривание металлов. Отсюда вытекает, что состав навариваемого металла должен быть одинаков с составом отливки или свариваемого изделия. Обычно в навариваемом металле дается припуск на потери составных веществ, которые могут произойти в процессе сварки.

Материал электродов для сварки чугуна на основании вышеприведенных данных будет состоять из чугуна, имеющего следующую характеристику.

1. Большое содержание углерода, для того чтобы компенсировать потери его, происходящие при применении дуги с высокой температурой, и чтобы способствовать образованию чугуна хорошего качества.

2. Высокое содержание кремния для компенсации его потерь и для облегчения образования графитистого чугуна.

3. Низкое содержание марганца вследствие его вредного влияния, т. е. вследствие того, что он задерживает образование графитистого чугуна.

4. Низкое содержание фосфора, так как даже небольшое его количество ведет к хрупкости металла.

Пробовали применять различный состав чугунных электродов в связи с предварительным нагревом. Очень хорошие результаты дают стандартные сварочные прутки, изготовленные для газовой сварки, при применении известковой обмазки, если при этом отливка может быть нагрета. Процесс сварки ведется при 800°C.

Предварительный нагрев чугуна при дуговой сварке нужен в том

случае, если требуется получить шов с особо хорошей характеристикой. Этим достигаются следующие результаты:

1. Уменьшение остаточных деформаций и уравнивание расширения и сжатия в отливке, а также между навариваемым металлом и металлом изделия.

2. Уничтожение газовых пузырей и пустот, образующихся по причинам, указанным выше, путем поддержания металла в тестообразном или жидком состоянии достаточно долго для того, чтобы дать возможность газам улечься, а окисям и посторонним примесям подняться на поверхность.

3. Это способствует хорошему прониканию (провару) металла, особенно при сварке графитистого чугуна, благодаря удлинению периода, в течение которого металл находится в жидком состоянии, что позволяет шлаку всплывать на поверхность, а также способствует уменьшению периода времени, нужного для растворения углерода, так как предварительный нагрев частично уже выполняет этот процесс. При предварительном нагревании отливок образование линии шлаковых прослоек доводится до минимума.

4. Это позволяет охлаждаться наваренному металлу отливки насколько возможно медленно и предотвращает отверждение и образование отбеленного металла.

Равномерное охлаждение способствует образованию свободного углерода, которое в свою очередь способствует получению мягкого чугуна. Было установлено, что если чугун быстро затвердевает и затем очень медленно охлаждается, то углерод, входящий в соединение с металлом в процессе охлаждения, переходит в свободный, что дает мелкозернистый металл высшего качества.

Существует возможность при дуговой сварке дублировать этот процесс предварительным нагреванием отливки до соответствующей температуры перед навариванием металла; таким образом устраняется возможность получения отбеленного чугуна, и процесс охлаждения замедляется. Переход углерода из связанного состояния к свободному наступает очень быстро (рис. 47).

Обращаясь к рисунку, мы видим, что разрез сделан пилой с целью показать, что металл легко допускает механическую обработку. После надреза пилой образец был сломан, чтобы видеть структуру наплавленного и основного металла. Наплавленный металл имеет плотную мелкозернистую структуру, сама отливка имеет структуру графитистую. Наваренный металл прочнее самой отливки и хорошо поддается обработке.



Рис. 47. Сечение чугуна, предварительно нагретого до 800°C и сваренного металлическим литым электродом.

Значение приведенного выше п. 1, трактуемого о предварительном нагревании с целью освобождения от остаточных деформаций и об использовании расширения и сжатия, становится ясным, если иметь в виду следующие моменты. При нагревании или охлаждении металла получающееся при этом расширение или сжатие вызывает напряжения. Наибольшие напряжения нагрева возникают в момент нахождения металла очень близко от точки плавления, или в момент начала сжатия.

Действие напряжения при сварке становится понятным, если мы обратимся к рис. 48. Предположим, что конструкция по фиг. 1 должна быть сварена в точке *W* и что сечение отливки в этой точке равно 125×25 мм. Тепло, получаемое при сварке в точке *W*, продолжает расширять металл до момента начала плавления. Это расширение заставляет продвигаться свободный конец отливки вниз, аналогично расширению металла при забивании клина. После затвердения металл начинает сжиматься до тех пор, пока температура отливки не сравняется с температурой окружающего воздуха. При сжатии наблюдается соот-

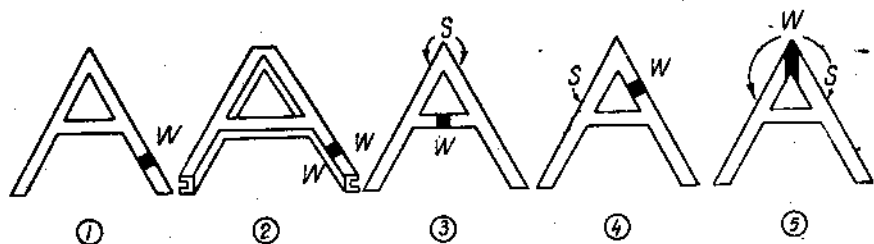


Рис. 48. Напряжения, возникающие при сварке.

ветствующее обратное движение свободного конца отливки. Если отливка не плоская, а П-образного сечения, как это имеет место на фиг. 2, то конец ее не может двигаться свободно, что вызывает значительное напряжение в нижней полке сечения. При охлаждении отливки начинается сжатие, как и в первом случае, вызывающее сильные напряжения в нижней полке отливки. Если отливка сплошная и площадь сечения ее настолько велика, что сварочный нагрев не распространяется на всю отливку, то это вызывает расширение и сжатие с сопровождающими их напряжениями, которые часто за собой влекут деформации и поломку. Фиг. 3, 4 и 5 (рис. 48) иллюстрируют подобные случаи, где буквой *W* обозначено место сварки, а буквой *S* точки, в которых возникают наибольшие напряжения. Поломка вследствие напряжений, возникающих при расширении и сжатии, не всегда произойдет в точке наибольшего напряжения, но может произойти также и в точках, где сопротивление металла недостаточно для преодоления напряжений. Такой пример показан на фиг. 3 (рис. 48), где сваривается поперечина между раскосами и напряжения возникают в вершине угла, образованного ими. Если площадь сечения при вершине угла достаточно велика, чтобы выдержать напряжение, то излом может произойти в другой части раскосов, имеющей меньшую прочность в какой-либо точке. Необходимо подробное исследование в отношении прочности конструкций каждой отдельной части отливки, если сварка является ответственной.

Если отливка проста по конструкции, то нужно только предварительно нагреть ее в точках возникновения напряжений, как указано в предыдущих примерах. Если же отливка сложна по конструкции, то эта проблема становится более серьезной, так как взаимодействие между отдельными частями отливки усложняется и тогда приходится предварительно нагревать всю отливку, чтобы избежать действие остаточных деформаций и связанных с ней расширения и сжатия. Кроме предварительного нагревания часто бывает необходимо нагреть отливку и после сварки для обеспечения успешной работы хорошего качества.

Многие сварщики думают, что они выигрывают, когда сваривают отливку без предварительного нагревания, однако дело на самом деле обстоит иначе, и, хотя отливка может и не треснуть во время сварки, но в ней могут остаться внутренние напряжения, которые отправят ее обратно на сварочный стол.

Некоторыми минусами предварительного нагрева являются потеря времени, возможность появления деформации, денежные расходы, а также высокая температура, которой подвергается сварщик во время работы. Последнее соображение можно однако считать второстепенным, так как всегда можно защитить сварщика, применяя соответствующее оборудование и меры предосторожности. Расширение области применения дуговой сварки в отношении чугунных отливок в значительной степени зависит от развития методов предварительного нагрева, от появления на рынке электродов для сварки без предварительного нагрева отливок металлической дугой, а также электродов, обладающих свойством отлагать вязкий металл с минимальным коэффициентом расширения.

Удовлетворительные результаты могут быть получены при дуговой сварке стальными (из мягкой стали) электродами и при сварке угольной дугой с применением как чугунных, так и стальных сварочных прутков при условии предварительного нагрева отливок.

Следует быть особенно внимательным при работе угольным электродом, так как в каждой точке соприкосновения угля с поверхностью отливки мы получаем твердое место. В некоторых случаях сварки с помощью стального сварочного прутка очень хорошие результаты получаются при применении отжига в дополнение к предварительному нагреванию. Нагрев после сварки дает уменьшение напряжений, возникших при сварке, и отжигает закалившиеся части наваренного металла. Одним из преимуществ предварительного нагрева является то, что операцию сварки можно проводить с максимальной быстротой, в то время как сварка металлической дугой холодных отливок без предварительного их нагрева очень медленна и нудна, так как для успешной сварки необходимо наваривать металлы очень небольшими порциями, чтобы довести нагревание отдельных мест и деформацию изделия до минимума.

Хотя металлические электроды некоторых специальных составов дают мягкий шов, в действительности же только сам наплавленный металл остается мягким, но со стороны, прилегающей к отливке, шов всегда будет иметь некоторую пропойку отбеленного чугуна. Распилив ножовкой сварочный шов поперек, мы обнаружим этот твердый слой.

Когда можно сделать сварной шов при помощи металлического электрода на чугунном изделии, которое потом должно быть подвергнуто механической обработке, рекомендуется пользоваться электро-

дом из специальных сплавов. Одним из распространенных сплавов, применяемых для этой цели, является монель-металл.

Этот металл должен навариваться на изделие, находящееся по возможности в горизонтальном положении. Особенно следует избегать потолочной сварки. Металл всегда должен навариваться на холодную поверхность отливки, и за один прием не следует наваривать валика длиной более 50 мм. Сейчас же после того как прервется дуга, следует осадить шов легкими ударами ручника. Этим достигают уплотнение шва и освобождают металл шва от напряжений, возникших при охлаждении. При сварке отливок, подвергающихся сжатию, весь шов тщательно прочеканивается или вручную или при помощи пневматического инструмента после того, как V-образная канавка или щель заварена двумя слоями металла, осаженного вышеуказанным способом.

Кроме осаживания каждые 50 мм металла, следует прочеканивать его после каждого второго слоя и, когда вся канавка заварена сплошь, металл должен быть прочеканен и грубо зачищен. Работу по необходимости приходится вести довольно медленно, так как нужно наваривать каждые 50 мм шва на холодный металл, соединяя обе части отливки, или прерывать сварку до тех пор, пока металл хорошо не остынет.

Сварка меди. Процесс электросварки не имеет широкого применения для сварки меди с медью. Если такого рода работа производится, то она ведется при помощи угольных электродов, с применением дуги только в качестве источника тепла для сварки. Однако электроды с оболочкой дают надежду на развитие этого способа. Затруднения, встречающиеся при сварке меди, которая прошла механическую обработку, заключаются в том, что медь изменяется по своей структуре, переходя из прокатного металла в литой, так что металл шва получается очень хрупкий и не имеет желательной степени вязкости.

Такого рода работа встречается в электротехнической промышленности, где применяется сварка меди с медью в электрических соединениях; но в этих случаях шов подвергается только срезающим усилиям и не требуется, чтобы он хорошо сопротивлялся изгибающим усилиям.

Наиболее важной областью применения сварки меди угольной дугой является сварка медных соединений трамвайных рельс. В этом случае конец соединения заделывается в медное упко (ввод) и место это приваривается к стали рельса при помощи угольной дуги. Сваренный контакт можно считать совершенным с электрической стороны. Так как он не подвергается сильным механическим напряжениям, то хрупкость шва здесь не является недостатком.

При сварке меди электрической дугой важно довести свариваемый металл почти до состояния плавления, прежде чем наплавлять металл сварочным прутом. Для сварки меди обычно применяется угольная дуга так, что шов нагревается этой же дугой. Если же сварка производится металлической дугой, то необходимо произвести предварительный нагрев другой дугой или какой-либо горелкой. Рекомендуется применять флюсы как в том, так и в другом случае. В качестве сварочного прутка рекомендуется применять фосфористую бронзу, приблизительно следующего состава: меди 92 — 94%, фосфора 0,25 — 0,50%, остальное — олово. Важно, чтобы сварочный стержень содержал раскисляющие материалы, иначе свариваемый металл будет в очень силь-

ной степени пропитан окисью меди, ослабляющей прочность соединения. Соединения, сделанные из описанного выше материала, имеют сопротивление на разрыв приблизительно 1400 кг/см^2 . Единственным различием при сварке тонких и толстых изделий является количество расходуемой энергии и число слоев навариваемого материала.

Дуговая сварка крупных медных отливок. Отливка исследуется с целью определить место трещины, если она не видна, и потом расчищается пневматическим инструментом. Предостережение: не расчищайте слишком глубоко дно трещины, иначе при сварке дуга прожжет отверстие насквозь, а такого рода отверстие очень трудно заварить. Струей песка из пескоструйного аппарата надо удалить все посторонние вещества и окалину поблизости места сварки.

Затем отливка подвергается местному отжигу на расстоянии 200 мм с каждой стороны трещины, для того чтобы она могла выдержать напряжения, возникающие при сварке. Вокруг отливки воздвигается временная печь из кирпичей, в которой отливка нагревается до 200°C и затем охлаждается в воде. Нагревание производится газово-воздушным пламенем.

Для выполнения самой сварки отливка снова нагревается до вишнево-красного цвета и сваривается. После сварки, пока отливка еще красна, надо слегка осадить шов плоской стороной молотка и вновь быстро охладить водой. Мелкие трещины и мельчайшие свищи в отливке зачеканиваются при помощи ручной расчеканки, применяемой котельщиками. Следует применять ток несколько большей силы, чем обычно, а именно: 180 — 200 ампер с обратной полярностью. При более короткой дуге металл разбрызгивается, а после удлинения дуги металл течет быстро и равномерно и, попадая прямо в кратер, дает очень гладкий валик сварки.

При сварке более мелких отливок они нагреваются докрасна целиком и охлаждаются после сварки путем погружения в воду.

При предварительном нагревании следует принять некоторые меры предосторожности. Воздвигается временная кирпичная печь. Надо начинать нагревать отливку небольшим пламенем, пока она не прогреется вся и пока пары не выйдут из трещин и расслоений отливки.

Если нагревать отливку слишком быстро, то давление скоро возрастает в этих расслоениях и пары не смогут выйти достаточно быстро через эти мелкие свищи, что способствует образованию пустот внутри отливки. Это значит, что потребуются больше сварки и притом иногда в очень трудно доступном месте.

Следует обождать, пока отливка хорошо прогреется (5 — 10 минут), потом увеличить пламя и уже быстро нагревать до вишнево-красного цвета. Если сварка продолжается слишком долго и отливка за это время успевает остыть до красного цвета, едва заметного в тени, следует приостановить сварку и нагреть отливку снова до вишнево-красного цвета. Эти мелкие отливки предварительно не отжигаются перед сваркой, но охлаждаются путем погружения тотчас же после сварки. Не следует держать отливку слишком долго в огне, так как это влечет образование трещин в другом месте. Нагревание, сварка и охлаждение должны происходить как можно быстрее.

Шов усиливается в высоту от 5 до 6 мм через каждый дюйм на рас-

стояние от 25 до 40 мм с обеих сторон трещины и осаживается легкими ударами плоской стороны молотка.

Сварка бронзы. Сварка бронзы бронзовыми электродами успешно применяется уже в течение многих лет. Хотя при сварке бронзы бронзовыми электродами практически невозможно получить полное плавление, все же получаемая степень плавления во многих областях применения сварки достаточна для того, чтобы дать вполне удовлетворительные результаты сварки. Подшипниковая втулка гребного вала обычно делается из бронзы и подвергается довольно быстрому износу. Эти втулки гребного вала восстанавливаются наваркой помощью металлической дуги, причем в качестве электродов пользуются бронзовой проволокой.

Другой областью успешного применения сварки является ремонт направляющей колес водяных турбин. Разъедание водой имеет своим следствием быструю порчу этих колес; путем дуговой сварки с большим успехом наваривается новый металл в том месте, где вода разъела металл этой части турбины.

Сварка латуни и алюминия. Процесс дуговой электросварки никогда не применялся в промышленности достаточно успешно для сварки латуни.

Для сварки листового и литого алюминия недавно было предложено применять алюминиевые электроды с обмазкой. Пользуясь машиной постоянного тока, необходимо при этом переменить полюса, т. е. заземлить отрицательный полюс и варить положительным полюсом, при напряжении разомкнутой электрической цепи в 38 вольт и сваривающей дуги от 18 до 22 вольт. Рекомендуется применять силу тока 150 ампер. Необходимо прогреть изделие перед сваркой, направляя на него пламя небольшой паяльной лампы, или каким-нибудь другим ручным приспособлением, пока оно не нагреется настолько, чтобы до него едва можно было дотронуться голыми руками. После того, как дуга уже образовалась, теплота ее в дальнейшем будет поддерживать нужную температуру свариваемого изделия.

Если металл изделия начинает течь или становится слишком пластичным, сила тока должна быть уменьшена до нужных пределов. После того, как дуга непрерывно работала в течение некоторого времени, и мы увидим, что свариваемое изделие имеет достаточную температуру, можно допустить дальнейшее уменьшение силы тока. Это конечно зависит от размеров поперечного сечения свариваемого металла и до некоторой степени от его состава.

Нужно подвести под свариваемое место медный лист, которому придана такая форма, что он целиком пригнан и прижат к месту сварки. Это делается для того, чтобы размягченный алюминий не проваливался сквозь свариваемую трещину или отверстие.

Сварка монель-металла. Монель-металл должен «раскисляться» для получения удовлетворительных результатов при производстве сварных швов. Лучшими присадками для этой цели считаются магния, марганец и кремний, перечисленные здесь в порядке их значения для этой операции.

Эти вещества лучше всего применять в виде сплавов, измельченных в порошок, которым покрываются голые сварочные прутки из монель-металла, в виде тонкой оболочки. Очевидно, что сплавы, применяемые

для этой цели, должны быть достаточно хрупкими и предпочтительно мягкими, чтобы их можно было превратить в порошок.

Связывающее вещество может изготавливаться из денатурированного спирта с содержанием 60 г шеллака на один литр спирта. Другие подобные этому связывающие вещества будут одинаково хорошо пригодны для этой цели.

Состав порошка для оболочки может быть довольно разнообразным: точность составных частей здесь не играет особой роли. Главное — важно ввести в свариваемый металл то количество магнeзии, кремния и особенно марганца, которое обычно применяется в литейных. Например, следует вводить от 0,05 до 0,50% магнeзии, от 0,20 до 1% кремния и по крайней мере 0,20% марганца. Максимально допустимое количество марганца не имеет значения, так как излишек его не приносит вреда. Лишнее количество магнeзии или кремния дает однако в первом случае грязный, во втором — хрупкий металл.

Оболочка наносится путем погружения сварочного прутка в порошок, находящийся во взвешенном состоянии в жидком растворе шеллака, после чего прутки высушиваются. Оболочка может быть нанесена также кистью, хотя это требует большей затраты времени и материала. Она хорошо пристает к прутку и не осыпается при упаковке и перевозке.

Толщина оболочки бывает различной, но для электрода диаметром 4 мм на каждые 100 м длины вес оболочки будет около 0,25 кг или около 2% общего веса электрода (прутка).

Сплавы, применяемые для изготовления порошка, могут быть различных составов, но только с обязательным условием, что все они должны превращаться в порошок и всегда должны быть соблюдены вышеприведенные границы содержания магнeзии и кремния.

Было отмечено успешное применение ферро-марганца, металлического марганца, а также одного из марганце-кремне-магнeзиевых сплавов, имеющих следующий состав.

Таблица IV.

Состав марганце-кремне-магнeзиевых сплавов.

Составных частей	Сплав № 1	Сплав № 2	Сплав № 3
Магнeзии	25—30%	14—18%	8—10%
Марганца	25—30%	27—33%	45—50%
Кремния	35—40%	45—50%	40—45%
Углерода	Не более 0,20%	Не более 0,20%	Не более 0,20%

Любой из этих сплавов можно применять отдельно или смешивая его с 1 — 2 частями ферро-марганца.

Конечно, возможны и другие сплавы или комбинации их, которые могут давать те же результаты.

Марганце-кремне-магнeзиевые сплавы № 1 и № 2 могут применяться как отдельно, так и будучи смешанными с равными частями ферро-марганца, причем большой разницы в результатах не получится.

Ферро-марганец отдельно или смешанный с $\frac{1}{4}$ частью ферро-силиция иногда дает хорошие швы, но не настолько здоровые по структуре и не столь вязкие, как с примесью магнелии. Последняя является как будто основной частью оболочки. Марганец и кремний точно также способствуют «раскислению» и дают нужную текучесть расплавленному металлу, а в результате этого хорошую сваренную поверхность, но кроме того они в значительной мере служат повидимому и как растворители магнелии.

Магнелия не может быть размельчена в порошок или применяться в чистом виде, так как слишком энергично вступает в химические реакции и окисляется, прежде чем соединиться с металлом шва. Марганец и кремний предохраняют магнелию от окисления до момента ее поглощения расплавленным металлом. Никкелево-магнелиевый и никкелево-кремне-магнелиевый сплавы одного типа также могут применяться для этой цели.

Не считая применений специальных раскислителей, описанных выше, дуговая сварка монель-металлом существенно не отличается в деталях от сварки сталью. При толщине изделия 6 мм и больше должны применяться сварочные прутки из монель-металла в 4 мм, при толщине изделия от 3 до 6 мм должны применяться сварочные прутки от 2,5 до 3 мм. Подходящей силой тока для первого случая считается 180—200 и для второго 75—125 ампер.

Лучше всего сделать весь шов в один прием, а не наваривать его в несколько слоев, так как шов, наваренный этим способом, легко дает трещины и др. пороки. Шов должен быть хорошо наварен над поверхностью, так как в нем почти неизбежно получаются мельчайшие отверстия сейчас же под поверхностью шва, даже при самых благоприятных условиях сварки.

Важным отличием от обычной сварки сталью является то, что тут мы соединяем с положительным полюсом электрод, а не изделие. Если соединить изделие с положительным полюсом, то металл будет лишь капать с электрода, а не будет стекать с него свободно и непрерывно, как это нужно для хорошей работы.

Лист, брусок или отливка должны быть хорошо очищены от окалины при помощи шлифовального круга или механической обработки с обеих сторон у краев шва; кроме того необходимо хорошо покрыть эти края при помощи щетки слоем того же раскислителя, которым покрывается прутки.

ГЛАВА ШЕСТАЯ

НЕИСПРАВНОСТИ ПРИ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОСВАРКЕ.

Отыскание причин неполадок в сварочных машинах. Электросварочное оборудование, как и всякие другие электрические машины, всегда должны находиться под надзором у человека, знающего свое дело. Ремонт должен производиться только специалистами электриками. Однако некоторые несложные повреждения могут быть обнаружены сварщиком. Например, если ток начинает сильно меняться в процессе сварки, то это может происходить вследствие повреждения проводки, плохого заземления или слишком большой кратковременной

нагрузки. Это можно обнаружить, проверив проводку и заземление и включив в цепь мотора электрическую лампочку, которая покажет меняющуюся нагрузку тем, что будет гореть то ярко, то в полнакала.

Таблица V.

Неисправности в электросварочных установках.

Симптом	Возможная причина неисправности	Способ устранения причины неисправности
Изменение силы тока	1. Неисправность проводки 2. Плохое заземление 3. Чрезмерная кратковременная нагрузка	Проверка проводки Проверка заземления
Достаточная сила тока, но плохое «проникание» металла	Неправильная полярность	Наблюдение за процессом горения электрической лампочки, включенной в цепь мотора 1) при помощи угольных электродов, 2) соленой воды, 3) вольтметра, 4) указателя полярности
Сила тока уменьшается, причем: 1. Скорость мотор-генератора уменьшается	Слишком мало сечение питающей линии Слабые контакты в электрической цепи самого мотора (трехфазный мотор) В одной фазе перегорел предохранитель. Загрязнение контактных колец мотора	Проверить, не нагрелся ли в некоторых местах мотор Нет ли гудения
2. Скорость мотор-генератора не уменьшается	Загрязнение коллектора генератора Плохое соединение в обмотке возбуждения	Проверить Проверить
Трудно получить дугу и трудно ее поддерживать	Возбуждение от постороннего источника не в порядке Неправильно отрегулировано сопротивление поля возбуждения	Слишком мало напряжение холостого хода Проверить реостат

Если сила тока падает и одновременно уменьшается скорость вращения мотор-генератора, следует прежде всего проверить линию мотора. Она может оказаться слишком малого сечения. Это может происходить также вследствие плохого контакта в цепи проводников самого мотора. Для того чтобы отыскать эту точку, следует

тщательно ощупать мотор и отыскать нагревающееся место. При трехфазном токе нужно прислушаться, нет ли гудения, которое означает, что в одной из фаз перегорел предохранитель, затем осмотреть контактные кольца мотора, так как перебои в работе могут быть вследствие загрязнения их поверхности.

В том случае, если сила тока падает, а скорость работы мотор-генератора не изменяется, нужно посмотреть, не загрязнился ли коллектор генератора и не слабы ли контакты обмоток возбуждения.

Если ток больше, чем полагается, и несмотря на это проникание металла плохое, следует обратить внимание на то, правильно ли выбран сварочный электрод, или быть может металл, подвергающийся сварке, не подходит.

Иногда эти неисправности вызываются обратной полярностью. Если имеется подозрение в этом направлении, следует произвести испытание с чашкой воды или посредством индикатора полярности. Если эти приборы нельзя получить, заменяют металлический электрод маленьким кусочком графитового электрода и вызывают вольтовую дугу. Если полярность правильна, то дуга возникает довольно легко и в несколько секунд образуется воронка, если же полярность обратна, дугу получить более затруднительно и она неустойчива, воронка на предмете не образуется и заостренный конец на электроде исчезает. Если дуга с трудом зажигается и с трудом удерживается, это может быть вызвано неисправностью в цепи независимого возбуждения вследствие плохого контакта, искрящих щеток или загрязнившегося коллектора. Такая неисправность может быть вызвана также плохой регулировкой поля, поэтому следует повернуть установку реостата.

Во всех случаях, когда указанные выше пробы не дадут результатов, следует воспользоваться услугами опытного электрика.

Если коллектор становится неровным, его следует почистить стеклянной бумагой и щетки должны всегда точно прилегать к коллектору. Наиболее частая причина искрения заключается в неточно пригнанных или в неподходящих по качеству щетках.

Очень многие машины для дуговой сварки имеют шариковые подшипники. Эти подшипники должно осматривать каждые 6 месяцев или около того, чтобы убедиться, что они имеют достаточно смазки и что масло не стало густым. Если подшипники неадекватным образом смазываются, то становятся неисправными и потребуют переустановки.

Иногда применяются в агрегатах для дуговой сварки обыкновенные скользящие подшипники. В этих случаях особое внимание следует обращать на подшипники, в особенности в подвижных установках.

В обыкновенном подшипнике масляное кольцо должно быть в своей канавке, чтобы правильно смазывать подшипник. Если случайно при движении машины кольцо выскочит из своей канавки, тогда подшипник нагревается из-за недостаточного притока масла.

Весьма удобный способ сделать сварочный агрегат передвижным без того, чтобы ставить его на тележку, заключается в установке машины на стальную или деревянную платформу, удобную для передвижения ее посредством обыкновенного подъемного крана. Таким образом машина находится на довольно хорошем фундаменте и в то же время обладает способностью передвигаться.

Теперь более приняты бензиновые двигатели для привода агрегатов для дуговой сварки. При этом типе двигателей необходим внимательный уход, чтобы получить их бесперебойное действие.

Сварочные агрегаты, приводящиеся в движение от бензиновых двигателей, иногда устраиваются с ременным приводом. Такое устройство бывает удовлетворительным, когда привод сконструирован правильно. Однако агрегаты, соединенные помощью муфт, также работают удовлетворительно и эта конструкция получает все более и более широкое распространение.

Иногда сварщики испытывают затруднения в поддержании дуги при установках с приводом от бензинового двигателя. Одной из наиболее частых причин этого является слабое действие регулятора на двигателе. Если регулятор действует быстро, когда нагрузка приложена к машине, то скорость генератора, а следовательно и надлежащее напряжение, будут поддерживаться. Это дает хорошую сварку. Если однако регулятор действует медленно, то скорость падает, напряжение уменьшается и поддержание дуги становится затруднительным.

Причины плохой сварки. 1. Длинная дуга, например от 4,5 до 6,5 мм (22 — 25 вольт на дуге), при электроде в 4 мм.

2. Несоответствие силы тока диаметру применяемого электрода.

3. Не соответствующий для данной работы электрод.

4. Неправильная полярность на электроде.

5. Нечистая поверхность свариваемых частей.

6. Отсутствие очистки щетками от окислы и грязи нижнего слоя при наложении на него следующего слоя (когда применяется более чем один слой).

7. Плохое заземление, причиняющее постоянные перерывы дуги.

8. Непригодность доски к работе на многих дугах, вызывающая широкие колебания силы тока, указываемые амперметром.

9. Остывание металла в месте сварки (бронза и алюминий требуют основательного нагревания перед началом сварки).

10. Слишком быстрая форсировка работы при чугуне вызывает разрыв сварки при охлаждении вследствие напряжений сжатия. Чугун должен свариваться медленно.

11. Материал, не поддающийся сварке: а) некоторые сорта чугуна (отбеленный при охлаждении или слишком загрязненный), б) некоторые сорта слишком загрязненной стали, в) алюминиевые отливки с очень высоким содержанием цинка (цинк испаряется при сравнительно малом нагревании, образуя газ и вызывая пористость сварки) и г) латунь и латунные отливки со слишком высоким содержанием цинка (цинк испаряется, образуя газ и вызывая пористость сварки).

12. Длинная дуга сообщает сварке пористость и дает плохое проникание.

Кабели для сварки. Возвратный кабель (кабель заземления) и соединения должны быть точно такого же хорошего качества, как и рабочий кабель. Вышеизложенное относится ко всем кабелям, передающим ток, независимо от рода сварочных аппаратов.

Заземление присоединением к частям клепаной конструкции не всегда дает хороший результат. Заклепки ставятся в нагретом докрасна состоянии и естественно на поверхности заклепки при ее остывании появляется окисла, которая служит как бы изолятором, а так как ток

сравнительно силен, а напряжение тока сравнительно мало, то вышеуказанная комбинация требует возможно наилучших условий для заземления. Иначе говоря: возвратная цепь бывает хороша, когда падение напряжения не превышает падения напряжения в исходящем или электродном кабеле, идущем к электрододержателю, и она плоха, когда падение больше, чем падение в исходящем электродном кабеле.

Способ проверки падения напряжения в исходящем и возвратном кабелях следующий.

1. Замкнуть цепь, касаясь электрододержателем места, в котором производится сварка.

2. Установить реостат генератора тока, чтобы дать ток в 200 ампер.

3. Произвести отсчет напряжений на распределительной доске или, если другой вольтметр имеется под руками, измерить падение напряжения в кабелях в исходящем и возвратном. Если известны размеры кабеля, то падение напряжения легко может быть вычислено. Если падение напряжения не согласуется с вычислением, тогда нужно осмотреть, нет ли слабых соединений как в тех местах кабеля, где соединяются различные отрезки кабеля, так и в соединениях свариваемого предмета с «землей», как например при больших цистернах или клепаных конструкциях.

4. Плохое соединение выявляется вследствие его нагревания. Если же все соединения чисты и плотны, то при этом все же может наблюдаться чрезмерное падение напряжения, например в случае большой нефтяной цистерны, где замыкание цепи устроено через клепаную стальную обшивку. При кабеле № 00, длиной в 100 м, падение напряжения составляет 5 вольт при 200 амперах, полное же падение составляет например 20 вольт, следовательно проход тока через стальную цистерну вызывает падение напряжения в 15 вольт. Это указывает, что клепаные соединения не дают хорошего электрического контакта. Средством для исправления служит применение возвратного кабеля № 00 и заземление поблизости того места, где производится сварка.

5. Если другого вольтметра в распоряжении не имеется, может быть применен следующий способ: замыкают цепь машины на выходящих борнах главного рубильника, устанавливают реостат на силу тока в 200 ампер и отмечают напряжение по вольтметру (A). Затем замыкают цепь электрододержателем на свариваемом предмете в отдаленной точке и устанавливают машину на 200 ампер. Замечают напряжение (B) в этом случае. Разность напряжений $B - A$ будет действительное падение напряжения в кабеле.

Если сварка производится на большом расстоянии от генератора, сечение кабелей должно быть увеличено так, чтобы падение напряжения в обоих кабелях (исходящем и возвратном) не превышало 10 вольт.

Выдувание дуги. При некоторых видах производства дуговой сварки сварщики иногда имеют затруднения в том, что многие из них называют выдуванием дуги. Это есть такие условия, которые обычно рассматриваются как следствие действия на дугу магнитного поля в области дуги. При некоторых работах это явление настолько значительно, что сварщик испытывает большие затруднения в том, чтобы производить ровное отложение металла. Не всегда возможно определить точно, какой наилучший путь, чтобы обойти эти условия и заставить дугу правильно действовать.

Одним из видов работы, при которых это выдувание дуги причиняет затруднения, является автоматическая дуговая сварка продольных швов в цистернах. При обсуждении вопроса об автоматической дуговой сварке тонких листов в американском сварочном обществе были высказаны следующие замечания о влиянии магнитного поля.

Общезвестно, что когда электрический ток проходит через проводник, то вокруг проводника в определенном направлении располагается магнитное поле определенного напряжения. Это магнитное поле имеет стремление действовать по пути наименьшего сопротивления.

Рис. 49 представляет схему сварки листов со швом, идущим от *A* до *B*, причем сварочный генератор соединен медной поддерживающей планкой. Это является обычным соединением сварочной цепи для целей контроля магнитного поля.

По мере продвижения сварки от *A* до *B* внимательное наблюдение за дугой и дуговым пламенем указывает определенное отклонение

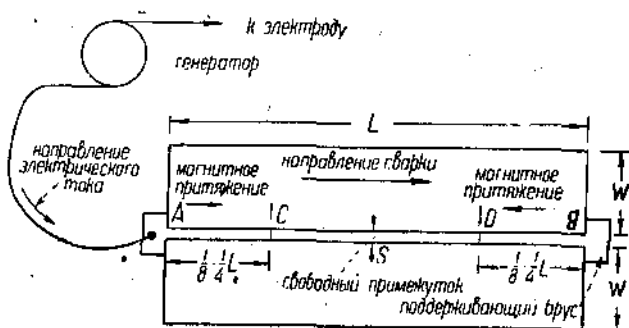


Рис. 49. На крайних участках шва происходит наиболее интенсивное выдувание дуги.

вперед как потока дуги, так и пламени приблизительно на $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$ длины шва. Это отклонение вперед является максимальным при начале сварки и становится почти нулевым приблизительно в точке *C*. От этой точки до точки *D* отклонение дуги постепенно изменяется от отклонения, направленного слегка вперед, на отклонение, направленное слегка назад. Дуга наиболее устойчива между этими точками. От *D* до конца шва в точке *B* обратное отклонение быстро увеличивается, пока в расстоянии 20 мм от конца или около того это отклонение назад становится столь сильным, что гасит дугу.

Неустойчивость дуги служит причиной отсутствия расплавления, пористости и неоднородности сварки шва соединения. В общем можно сказать, что при медной подкладке дуга имеет тенденцию отклоняться в сторону соединения с корпусом. Величина усилия, которая зависит от напряжения магнитного поля, вызывающего его, изменяется с величиной сварочного тока, величиной свариваемых листов, свободным зазором между кромками шва *S* и положением электрода на шве.

Магнитное поле располагается в плоскости листов, подлежащих соединению, вдобавок к магнитному полю, расположенному concentрично вокруг электрода и соединяемых листов.

Рис. 50 представляет расположение и направление магнитного поля, возбужденного сварочным током дуги при сварке двух листов. Поле 1 располагается вокруг электрода, поле 2 вокруг свариваемых листов и поле 3 в листах поблизости дуги и в направлении одинаковом с полем 1. Очевидно поле 3, которое стремится оставаться в листах, и является причиной того, что дуга отклоняется от каждого края сварки.

Благодаря такому расположению этого поля между дугой и начальной или конечной точками листов возникает отклоняющее действие, которое обычно менее заметно при начале, чем при приближении к концу сварки.

Так как очевидно невозможно избавиться от этих полей при сварочных операциях, необходимо применить внешний контроль как средство побороть эти магнитные воздействия.

Такая схема контроля, как она выполнена Всеобщей компанией электричества, заключается в наложении магнитного поля требуемого

направления и напряжения для того, чтобы дуга возможно меньше страдала от действия магнитных полей 1 и 3 и всяких других, которые могут возникнуть в зажимном устройстве. Поле 2 стремится отклонить дугу немного вперед, что желательно.

Части, подлежащие сварке, удерживаются парой медных зажимов; медный охлаждающий брус и уголки из стальных полос образуют поддерживающий брус в целом. Под медным охлаждающим брусом находится изолированный проводник,

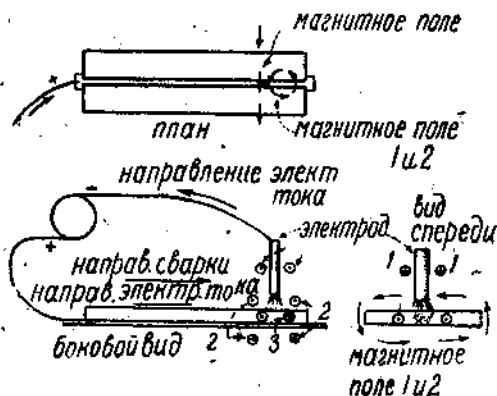


Рис. 50. Расположение и направление магнитных полей.

присоединенный так, что часть сварочного тока может быть шунтирована через него (рис. 51).

Когда ток проходит через изолированный проводник, расположенный под охлаждающим брусом по направлению к сварке, то образуется магнитное поле в свариваемых листах в направлении параллельном полю 2. Необходимо, чтобы свариваемый предмет и остальные уголки поддерживающего бруса имели контакт, иначе выходное сопротивление воздушной прослойки, когда там не имеется контакта, будет уменьшать поток через свариваемый предмет и делать магнитный контроль недействительным.

Магнитное поле, образующееся около свариваемого предмета, влияет на вольтовую дугу так же, как магнитный поток машины постоянного тока оказывает влияние на проводник якоря. Применяя те же самые магнитные законы, заключаем, что это поле будет стремиться отклонить дугу в том направлении, в котором она движется. Можно сделать этот контроль действительным, необходимо только изолированный проводник поставить так, чтобы заставить магнитное контролирующее поле проходить в продолжение части пути через свариваемый предмет и поперек свариваемого шва.

По вопросу о выдувании дуги в американском сварочном обществе было высказано следующее. При экспериментальной сварке планок из мягкой стали в $10 \times 75 \times 550$ мм по возникновении дуги намечается отклонение ее в направлении стрелки 1 на протяжении А (рис. 52). Когда дуга проходит через зону В, имеется легкое отклонение в направлении стрелки 2, которое становится более сильным в области С, когда дуга приближается к концу сварки, где она обнаруживает весьма сильную тенденцию действовать в обратном направлении, как показано стрел-

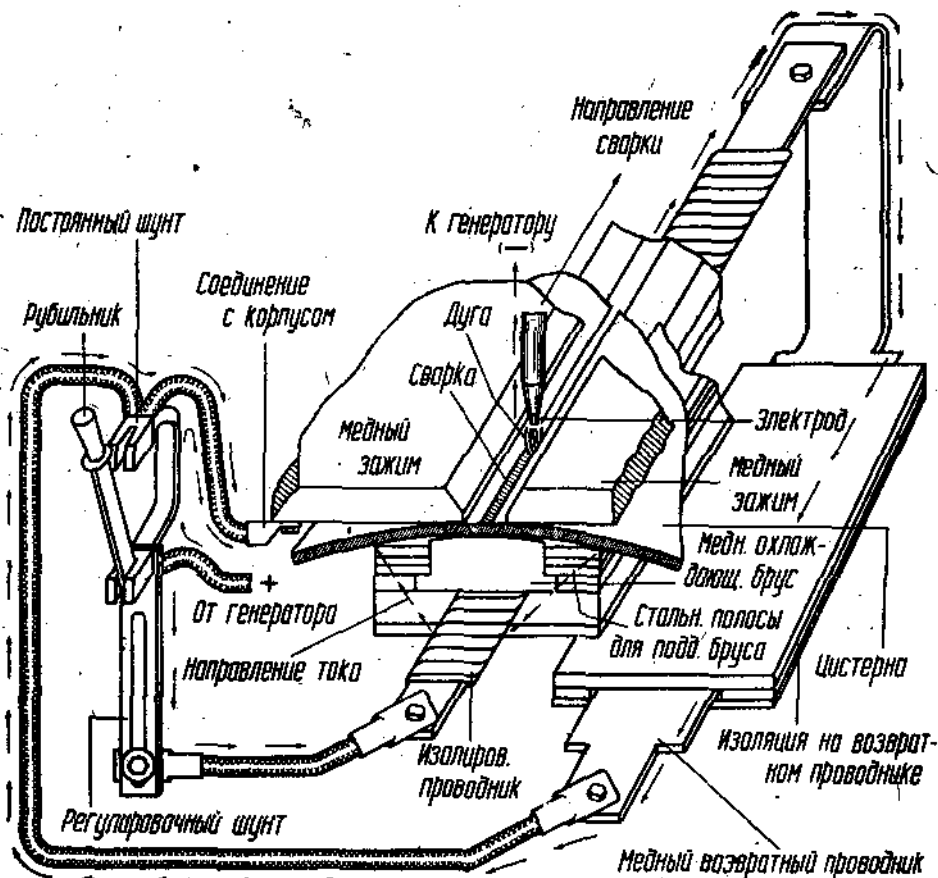


Рис. 51. Схема магнитного контроля дуги.

кою 3. Представляется, что масса металла, подвергаемого сварке, а также форма его имеют большое влияние на направление магнитного ветра. Два куска мягкой стали $10 \times 75 \times 200$ мм были расставлены на 12,5 мм один от другого и сварены почти на половину их длины, как показано на рис. 53, причем на остальном участке остался зазор в 12,5 мм.

Когда лист (рис. 53) был положен, как указано на рис. 54, он нейтрализовал магнитное отклонение и, если его сделать достаточно

массивным, то он изменит отклонение в обратном направлении, как показано стрелкой 6 (рис. 54).

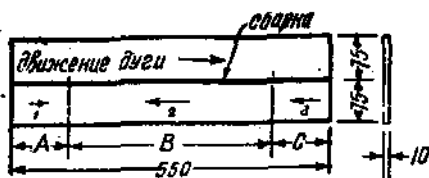


Рис. 52. Явления выдувания дуги замечаются на крайних участках.

выполнено посредством срезания на конце внутренних кромок листа, применяемого для устранения магнитного отклонения, как показано на рис. 55, на котором показан также другой лист,

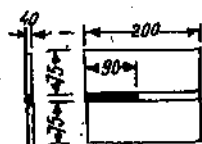


Рис. 53. Брус, сваренный до половины длины шва, подготовленный для наблюдения за магнитным полем.

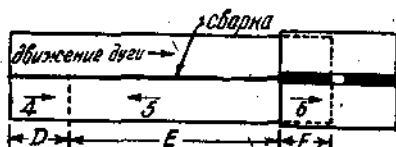


Рис. 54. Сваренные до половины бруски положены на листы для устранения магнитных отклонений.

применяемый для устранения магнитного отклонения дуги при начале сварки (область 7).

Рис. 56 показывает, как лист для устранения магнитного отклонения может быть продолжен за середину свариваемых листов таким

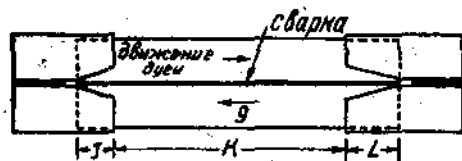


Рис. 55. Скосы на внутренних кромках брусков, служащих для устранения магнитных отклонений.

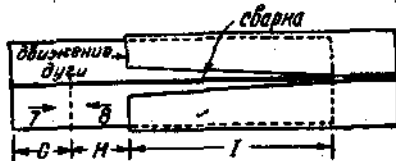


Рис. 56. Листы для контроля дуги на протяжении большей части ее пути.

образом, что отклонение дуги контролируется на протяжении большей части ее пути. Правильным координированием веса, размера, толщины и формы, образованной вырезкой внутренних кромок, было возможно уничтожить магнитное отклонение почти во всех случаях.

Сварщик должен хорошо ознакомиться с природой этого явления, чтобы он при столкновении с ним не приписывал его материалу электрода, сварочной установке или подаваемой энергии. Сварщик может это сделать, производя отложение металла на конце бруса, расположенного та-

ним образом, чтобы он выступал миллиметров на 600 от края сварочного стола, и затем пробуя сделать такое же отложение металла после наложения нескольких витков кабеля вокруг бруса.

Другой способ получить знакомство с этим явлением заключается в пробе отложения металла внутри угла стального ящика. Если таким путем будет установлено наличие неблагоприятных условий для производства сварки, создаваемых влиянием магнитного поля, то обычно они могут быть устранены расположением точки заземления и кабеля таким образом, чтобы предупредить появление или нейтрализовать неблагоприятное влияние магнитного поля.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.

Защита сварщика во время процесса сварки. Лучи вольтовой дуги имеют такую высокую степень интенсивности, что незащищенный глаз или кожа не должны подвергаться ее действию ближе 6 м от той точки, где действует дуга. Поражения, причиняемые светом дуги, во всех отношениях подобны солнечным ожогам. Хотя это воздействие очень болезненно, но оно временно, и не отмечено ни одного случая, когда кто-либо получал бы длительный вред от лучей вольтовой дуги, применяемой для целей сварки. Сварщик смотрит на дугу через цветные предохранительные стекла, вставляемые в специально защитные ручные рамки (ручные щитки) или в головные шлемы. Недавно однако специалисты оптики стали изготовлять особые стекла ordinарной толщины надлежащего оттенка для предохранения глаз и кожи лица сварщика. Эти стекла изготовляются нескольких оттенков желто-коричневого цвета и позволяют сварщику значительно лучше видеть, что происходит в дуге, защищая его в то же время в полной мере от слишком сильной интенсивности света. Цвет стекол выбран такой, чтобы совершенно исключить ультра-фиолетовую и инфра-красную части спектра. Эти стекла большинством сварщиков считаются превосходящими по качеству прежние комбинации цветных стекол.

Там, где сварщик должен действовать обеими руками, как например при дуговой сварке угольными электродами или металлическими электродами потолочных швов, сварщик надевает головной шлем. При обыкновенной же горизонтальной сварке, производимой металлическими электродами, он обычно применяет только ручной экран (щиток), который он держит левой рукой.

Предохранение рабочих, находящихся вблизи места сварки, от действия вольтовой дуги. Стенки кабин, в которых производится дуговая сварка, должны быть окрашены в черный цвет, вследствие чего действие отраженных лучей уменьшается до минимума. Сварщик может получить сильные ожоги задней стороны шеи и ушей отражением от блестящей поверхности.

В дополнение к предохранению глаз и кожи сварщика от вредного влияния лучей дуги рекомендуется предохранять соседних рабочих, покрывая стены и потолок такой краской, которая не отражала бы ультра-фиолетовых лучей. Найдено, что краска для этой цели может быть составлена из окиси цинка, слегка затемненной сажей и соединен-

ной с водой, в которой разведен клей, чтобы придать окраске глянцевитую поверхность.

Там, где сварщик применяет электрическую дугу в открытой мастерской или где работают другие люди, обычно устанавливают легкие

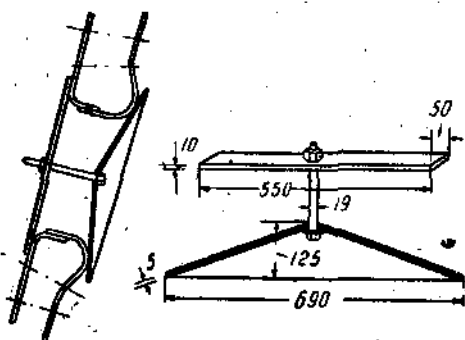


Рис. 57. Предохранительный экран для сварки лавов.

переносные экраны таким образом, чтобы свет от дуги не мешал другим людям, работающим поблизости. Употребление электрической дуги на открытом полу мастерских, которые обслуживаются кранами, противоречит основным правилам безопасности большинства уставов по той причине, что вспышки яркого света дуги приводят в замешательство крановщиков и могут вызвать серьезные последствия. Рис. 57 показывает одну из конструкций предохранительного экрана для сварки лавов.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

ОБРАБОТКА СВАРНОГО ШВА.

Термическая обработка свариваемых изделий. Вопрос о последующей термической обработке сварных швов и сваренных изделий является весьма важным. В общем обычная, правильно выполненная, сварка мягких стальных листов и стальных отливок в частях и изделиях неответственного характера не требует последующей тепловой обработки. Термическая обработка наиболее заметно дает благоприятные результаты в тех случаях, когда она применяется к высокоуглеродистой стали и к стальным сплавам.

Если части отливки подвергаются после сварки механической обработке, то требуется произвести отжиг этих частей. Так как наплавляемый металл представляет по существу литой металл, то практически одна термическая обработка в какой бы то ни было форме не может придать ему те же самые механические качества, какие имеет сталь, подвергавшаяся механической обработке.

Обычно придерживаются мнения, что напряжения, появляющиеся в сварке при остывании, существенно уменьшают ее прочность. Чтобы проверить справедливость такого утверждения, были произведены следующие испытания.

Стальные бруски 19 мм толщиной, 25 мм шириной и 150 мм длиной были срезаны под углом в 45° ; разведены на расстояние 1,5 мм и сварены электродом Реблинга диаметром 4 мм, при силе тока в 180 ампер. Бруски № 1, 2 и 5 были жестко прижаты тисками к чугунной плите для предупреждения сдвига во время сварки и охлаждения. Таким образом были созданы такие же условия для внутренних напряжений в металле, какие получаются при неподвижном способе сварки листов.

Испытываемые бруски были изготовлены из прокатанного в горячем

состоянии материала, имевшего разрывное усилие в $34,2 \text{ кг/мм}^2$ и следующий химический состав: углерода $0,19\%$, марганца $0,45\%$, фосфора $0,008\%$, серы $0,017\%$ и кремния $0,047\%$.

Брусок № 1, сваренный и охлажденный на воздухе в тисках, при испытании на разрыв выдержал $32,6 \text{ кг/мм}^2$.

Брусок № 2 был сварен и охлажден на воздухе в тисках. После этого вынут из тисков, нагрет в печи до 760° и медленно охлажден до комнатной температуры в течение 16 часов. Заметных изменений формы бруска в результате нагрева не наблюдалось. Брусок выдержал $33,2 \text{ кг/мм}^2$.

Брусок № 3 был сварен и охлажден на воздухе в тисках. Затем с неснятыми тисками брусок был помещен в печи, нагрет до 760° и потом медленно охлажден до комнатной температуры в течение 16 часов. Брусок выдержал $29,7 \text{ кг/мм}^2$.

Брусок № 4 был сварен без тисков в незакрепленном состоянии и охлажден на воздухе. Центр бруска на 10 мм отошел от продольной осевой линии бруска вследствие усадки металла сварки. Общая длина сваренного бруска 300 мм .

Брусок № 5 был сварен в тисках и, пока металл сварки был еще вишнево-красного цвета, брусок был погружен в воду. После охлаждения брусок был вынут из тисков и нагрет в отжигательной печи до 760° Ц , а затем медленно охлажден до комнатной температуры в течение 16 часов. Заметных изменений формы бруска в результате отжига не наблюдалось. Брусок выдержал $30,8 \text{ кг/мм}^2$.

Полученное искривление при испытании бруска № 4 ясно показывает, что в неотожженной трубке при сварке с закреплением должны оставаться некоторые остаточные напряжения, однако испытание брусков №№ 1, 2, 3 и 5 указывает, что напряжения эти очевидно имеют незначительную величину.

Проковка сварного шва при дуговом процессе. Так как наплавляемый металл при дуговой сварке отличается пониженной вязкостью и пластичностью, то возникает вопрос, насколько можно изменить его механические качества при помощи механической обработки. Произведенные в Америке опыты относительно проковки наплавленного при дуговой сварке металла дали следующие результаты.

Металл, отложенный при дуговой сварке, обладает ковкостью в пределах следующих приблизительных температур: от 750° до 1316° Ц .

Предел усталости литого малоуглеродистого, отлагаемого дугой, металла может быть в значительной степени повышен проковкой молотом. Проковка малоуглеродистого металла, отложенного при дуговой сварке, повышает его предел упругости, предел текучести, предел усталости и разрывное усилие. Вязкость отложенного посредством дуги металла может быть проковкой значительно увеличена.

Хотя наиболее прочная сварка из произведенных имела разрывное усилие в 4100 кг/см^2 и наиболее вязкий металл, отложенный при дуговой сварке, показал сужение в 60% , однако нет оснований утверждать, что эти величины не могут быть превзойдены при дальнейшем изучении воздействия процессов механической и термической обработки.

Возможно получить сварку стальных сплавов при посредстве дугового процесса такого качества, что механические свойства ее будут близки к свойствам основного металла.

По данным некоторых исследователей, проковка электросварных швов мягкой стали, выполненных металлическими электродами, ухудшает вязкость.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА.

Сварочные автоматы. Скорость сварки, сила тока, скорость отложения металла и пр. при ручной сварке в очень большой степени ограничиваются физическими условиями, в которых находится сварщик при сварке. Сварщик должен с одной стороны иметь навык и умение поддерживать устойчивую дугу для получения однообразного отложения металла и устранения прерывания дуги, вызывающего потерю времени;

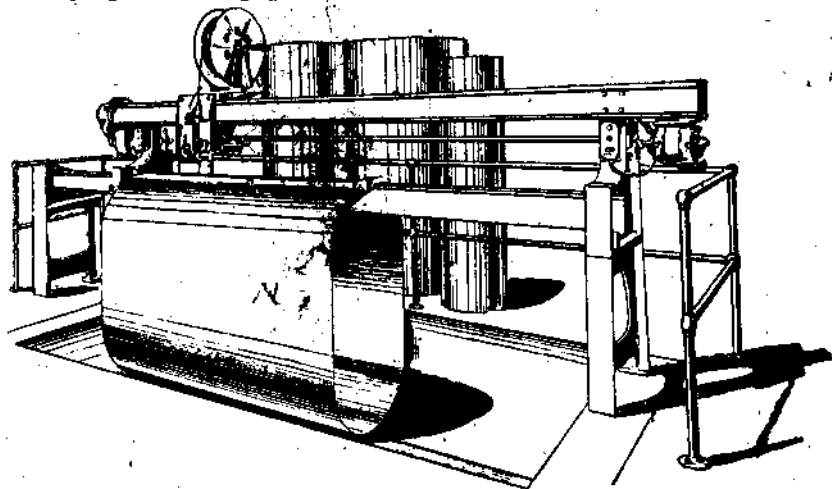


Рис. 58. Сварочный автомат для сварки больших резервуаров.

с другой стороны он должен уметь вести дугу вдоль шва равномерно, чтобы металл отлагался в том месте, где нужно. При тонком материале, если дуга задерживается в какой-либо точке дольше, чем следует, в листе прожигается дыра, которую при тонком материале практически невозможно заварить. Это приводит к браку свариваемой части или потребует дорогого стоящего ремонта. При работах с более толстыми частями продолжительное усилие для поддержания дуги и напряженное наблюдение за сваркой вызывают постепенное замедление скорости сварки в течение дня. Сюда надо отнести также действие выделяемого тепла. Если имеется возможность применить какое-либо механическое средство для подачи электродной проволоки и поддержания однообразных условий для дуги, а также для равномерного продвижения дуги вдоль сварки, то очевидно можно достигнуть получения равномерной скорости сварки в течение всего дня. Далее, эта равномерность позволяет применить более высокие величины силы тока и следовательно более высокие скорости сварки.

В общем те же условия относятся и к автоматической сварке при посредстве угольных электродов, но в значительно меньшем объеме,

так как не требуется поддерживать длину дуги в таких узких пределах, как для металлических электродов.

Рис. 58 представляет машину, автоматически сваривающую тонкий листовый материал для трансформаторных кожухов. В этом случае кромки листа выгибаются и удерживаются вместе при помощи соответственных скреп. Дуга, проходящая вдоль стыка, сплавляет кромки вместе. Этот тип соединения допускает быстрый и удобный способ сварки листов без прибавления металла и может быть применен весьма часто.

Автоматическая сварка с помощью металлических электродов в настоящее время имеет более широкое применение, чем какой-либо другой способ, поэтому последующее изложение относится главным образом к описанию применения этого способа (рис. 59). Преимущества автоматической сварки следующие: 1) более высокая скорость сварки, 2) постоянство электрических режимов для дуги.

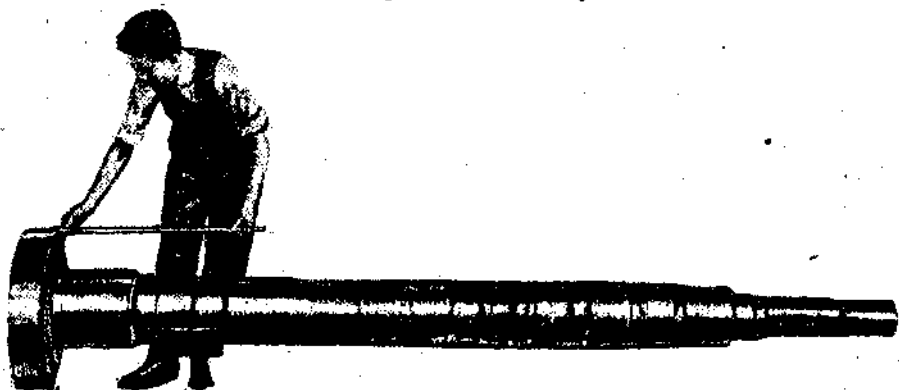


Рис. 59. Вал с неправильно выточенными заплечиками подготавливается для автоматической дуговой сварки.

Первый пункт важен по экономическим соображениям, так как более высокие скорости дают низкие стоимости сварки. Второй пункт важен в отношении производства сварки высокого качества. С другой стороны второй пункт существенно влияет на первый: если поддерживаются однообразные условия, то возможно ускорить сварку. При ручной сварке увеличение скорости часто ведет к ухудшению качества сварки.

При изготовлении конструкций должен быть поставлен на первом месте второй пункт. Для получения наибольшей выгоды желательно, чтобы электродная проволока имела значительную длину, чем избегается потеря концов электродов, обычно выбрасываемых сварщиками при сварке вручную, а также потеря времени, которое отнимается на замену электродов и возобновление дуги всякий раз, как меняется электрод.

Детали конструкции сварочного автомата могут значительно видоизменяться, но в основе автоматическое устройство состоит из трех частей: мотора для подачи проволоки, роликов, подающих проволоку, и промежуточной передачи. Эти части могут быть смонтированы и сгруппированы очень многими способами. Необходимо предусмотреть какой-либо способ для медленного выдвижения электрода

до свариваемой поверхности при начале сварки, с реверсированием мотора и отводом электрода для зажигания дуги и последующего приближения электрода к свариваемому предмету с надлежащей скоростью, после того как дуга образовалась. Для достижения таких результатов устраиваются различные комбинации контактов и реле.

Сварочный автомат может быть снабжен приспособлением для сообщения электроду колебательного движения в том случае, когда сварки производятся на толстом металле или имеют значительную ширину. При ручной сварке в тех местах, где соединение не имеет однообразной формы, т. е. где кромки листов неровно обработаны или же погнуты и имеют неравные зазоры, сварщик проходит эти места медленно, наплавляя больше металла, где это требуется, а в тех местах, где шов становится уже, увеличивает скорость.

Сварочный автомат неспособен воспроизвести это действие, и следовательно при пользовании им швы и соединения должны быть тщательно подготовлены, чтобы соединение имело равномерный зазор во всех точках.

Это в некоторых случаях требует скашивания кромок и всегда требует зажимных и поддерживающих приспособлений для удержания кромок соединяемых листов неподвижными.

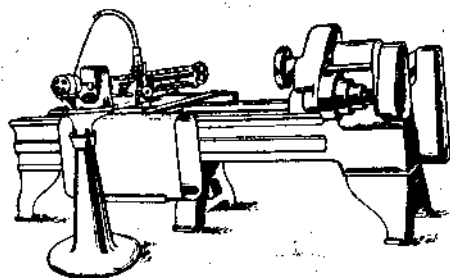
В большинстве случаев свариваемые листы должны плотно прижиматься к металлической подкладке, которая позволяет применить более сильный сварочный ток и избежать в то же самое время возможности вытекания расплавленного металла из листов. Это улучшает также внешний вид нижней стороны соединения.

Необходимо предусмотреть приспособления для продвижения дуги с равномерной скоростью вдоль линии сварки. Это достигается движением вдоль сварки либо дуги, либо свариваемого предмета. Обычно это движение достигается посредством мотора постоянного тока с регулировкой скорости. Управление этим мотором может быть так связано с управлением для сварочного станка, что мотор, продвигающий дугу, автоматически пускается в ход, когда образуется дуга, и останавливается, когда дуга прекращается.

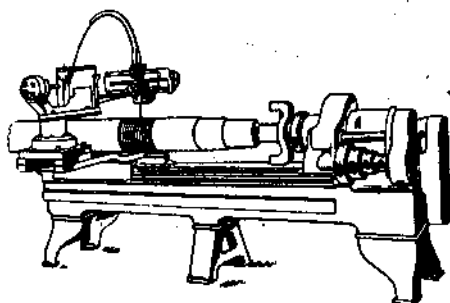
Комбинация этих трех факторов — автоматической сварочной головки, зажимного приспособления и механизма движения дуги — обуславливает необходимость выполнения конструкции практически для каждого отдельного применения. Например, для сварки стальных цилиндрических барабанов требуется только прямолинейный шов для бокового соединения (рис. 60); для случая же картера задней оси автомобиля сварка должна идти по контуру картера и этим вызывается необходимость вертикального движения некоторых частей механизма. Другое применение автоматической сварки находит в наращивании изношенных валов (рис. 61 — 63). В этом случае сварка наносится в форме непрерывной спирали на вал или ось, которые наращиваются свыше требуемых размеров и затем обрабатываются до нормального размера. Ввиду концентрации тепла возможно наращивать валы электрических моторов, не снимая с вала вращающихся частей или обмотки.

При простых работах по наращиванию возможно отлагать до 1,8 кг металла в час на толстых частях. Наращиваемая часть должна быть достаточной толщины, чтобы поглощать и отводить то количество тепла, которое выделяется при непрерывной сварке с данной скоростью.

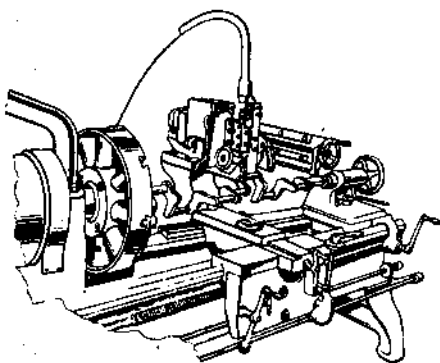
Это показано на рисунках валов, которые были нарезаны при посредстве автоматической сварки. Соленоидные тормозные колеса состоят из стандартных стальных частей, которые соединяются посредством автоматической сварки. В работах по сварке цистерн и барабанов, где представляется большое поле для применения этого процесса, отношение между производительностью автоматической и ручной сварки можно определить как $2\frac{1}{2} : 1$. Отлагаемый металл при автоматиче-



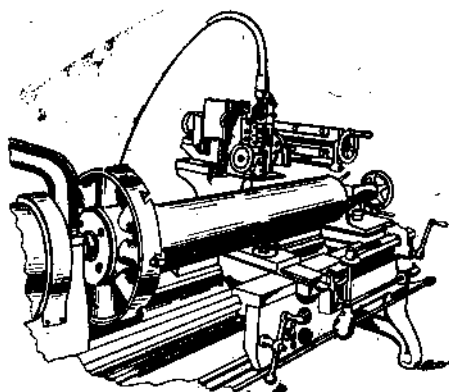
60



61



62



63

Рис. 60 — 63. Различные способы использования вращательного движения токарного станка для получения поступательного движения при сварке различных форм помощью автоматической дуговой варки.

ской сварке отличается теми же самыми свойствами, как и отложенный ручной сваркой. Он имеет также склонность к хрупкости и не вносит значительных деформаций.

Так как применение автоматической сварки сопряжено с употреблением более или менее сложных и дорого стоящих вспомогательных механизмов, то оно оправдывается только тогда, когда условия производства носят массовый характер. В этом отношении есть сходство с некоторыми из более сложных станков, как например с башенными токарными станками, винторезными машинами и т. д. При данной установке сварочного автомата продукция его должна быть достаточна для того, чтобы покрыть стоимость вложенного в оборудование капитала и време-

ни, затраченного на отрегулировку оборудования для успешного выполнения требуемой операции.

Таблица VI.

Скорость сварки в метрах в 1 час. (при сварке цистерн и барабанов)

Толщина металла в мм	Ручная сварка	Полуавтоматическая сварка	Автоматическая сварка
1,5	—	7,5—15	15—30
3,0	2,1—5	4,5—9	9—15
5,0	1,8—3,6	2,6—7,5	6—10
8,0	1,5—3,0	2,5—4,5	3—7,5
9,5	0,9—1,5	1,5—2,5	1,5—2,5

Полуавтоматическая сварка. Иногда контур шва, подлежащего сварке, имеет настолько неправильную форму, что нельзя устроить механического приспособления для точного движения электрода по шву с равномерной скоростью. В таких случаях полезно применить приспособление, которое позволило бы сварщику направлять дугу, как при ручной сварке и в то же время автоматически производило бы продвижение электрода и обеспечивало устойчивость дуги. Такое приспособление освободит сварщика от части мускульного напряжения и следовательно допустит применение более высоких величин силы тока, чем при ручной сварке, хотя возможно и не достигающих тех, которые могут быть применены при вполне автоматической сварке.

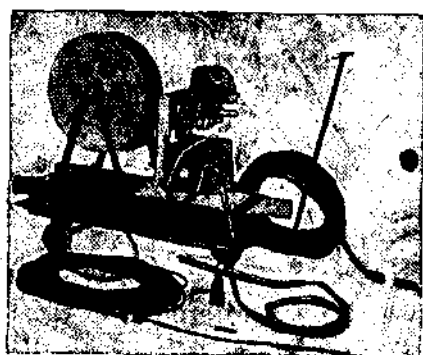


Рис. 64. Передвижной сварочный полуавтомат.

Полуавтоматический сварочный аппарат состоит из гибкой металлической трубки, присоединенной к автоматической сварочной головке для принятия электрода при проходе его через подающие ролики. На конце этой гибкой трубки помещена рукоятка, позволяющая удобно держать и направлять электродную проволоку к дуге. Ток подводится к этой рукоятке, или иначе сварочному прибору, так что проволока только на короткой длине между сварочным прибором и дугой действительно проводит ток. Это уменьшает нагрев в электродной проволоке и позволяет применять высокую силу тока. Если ток проводится на большой длине электродной проволоки, то последняя нагревается на протяжении от дуги до точки, в которой ток подводится к проволоке (рис. 64). Во многих случаях температура проволоки достигает такого уровня, который делает ее неподходящей для сварки. Очень хорошо известно, что электродная проволока, нагретая докрасна, не образует и не поддерживает дуги.

При полуавтоматическом устройстве, как и при автоматической

сварке подача электрода производится от катушки непрерывно, так что короткие концы, обычно идущие в отход при ручной сварке в количестве до 15%, всецело устраняются. Сварщик может сваривать более быстрым темпом и более продолжительное время, так как он в большой степени освобожден от физического усилия в поддержании равномерно короткой дуги, требующейся для успешной сварки. Кроме того при такой сварке могут применяться более высокие силы тока, что допускает большую скорость и более высокую скорость отложения металла.

При полуавтоматическом оборудовании зажимные приспособления и подкладки для сварки могут применяться или не применяться—в зависимости от характера работы.

Полуавтоматическое устройство может быть сконструировано как принадлежность к сварочному автомату там, где желательно по временам применять автоматический процесс. Сверхкомплектные части, включая направляющую и сварочный прибор, могут быть присоединены к сварочной головке и работа может производиться на расстоянии до 3,1 м от сварочной головки. Сварочный полуавтомат может быть сконструирован также как самостоятельная единица исключительно для полуавтоматической сварки и монтируется либо в форме подвижной, либо стационарной установки—в зависимости от того, может ли подлежащий сварке предмет быть подвинут к сварочному автомату или автомат должен передвигаться к нему.

Автоматическая сварка угольными электродами. Имеются два типа сварочных автоматов совершенно аналогично тому, как имеется два способа ручной сварки, а именно: с угольными и металлическими электродами, каждый из которых имеет некоторые достоинства, ограничивающие применение их определенными работами. Оба способа показаны графически на рис. 65. При сварке металлическим электродом тепло подводится для расплавления электрода и нагревания металла, подвергаемого сварке, а скорость сварки зависит от того, как быстро плавится металлический электрод; действие же угольного электрода заключается просто в подводе тепла, которое сплавляет обе кромки вместе, следовательно здесь нет какого-либо ограничения скорости, присущего самому процессу. При обоих способах сварки для получения и поддержания дуги применяются механизмы, вместо того чтобы производить то же самое вручную.

Автомат для сварки металлическим электродом производит подачу электрода с катушки к свариваемому предмету, причем машина автоматически поддерживает надлежащую длину дуги. Вследствие механических затруднений максимальная толщина электрода, применяемого в этом типе сварочных автоматов, не превышает 5 мм, и поэтому скорость отложения ограничена скоростью, с которой этот электрод может расплавляться. Для обычных толстых листов это сказывается на том, что ручную сварку с более толстым электродом и более сильным



Рис. 65. Схема сварки угольным и металлическим электродами.

током может выиграть в стоимости и скорости по сравнению с автоматической сваркой. Но при мелких работах, где требуется соединение частей, этот способ имеет широкую область применения.

Сварка при посредстве автомата с угольным электродом весьма сходна с ручной сваркой угольным электродом, за исключением двух главных отличий: во-первых длина дуги всегда одна и та же и поэтому уголь не может касаться металла, чем исключается возможность попадания углерода из электрода в сварку, а во-вторых, электрод движется с постоянной скоростью, чем устраняются в сварке кратеры, которые при ручном способе приводят к пористости сварки.

Так как скорость сварки зависит от выделяемого тепла, то само собой очевидно, что сварка угольным электродом может производиться со скоростями много выше скоростей, возможных при сварке металлическим электродом. Фак-

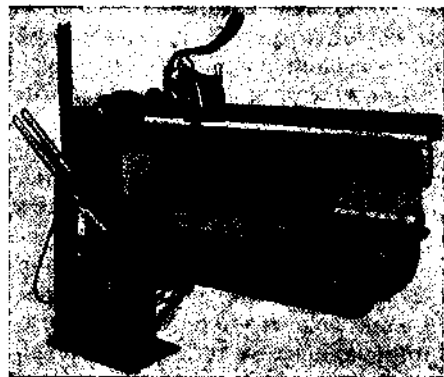


Рис. 66. Сварочный автомат с прямолинейным движением головки.

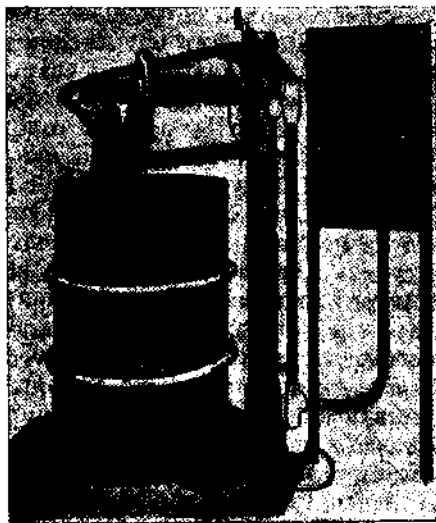


Рис. 67. Автомат для сварки барабанов.

тически для автоматов с угольными электродами максимальный предел скорости ограничивается только силой тока оборудования.

Форма, которую принимает аппарат для автоматической сварки угольным электродом, бывает различна, завися от работы, которую он предназначен выполнять. Основой является автоматическая головка, которая может быть пристроена к желаемому оборудованию. Наиболее простой является головка на стержне с приводящим в движение механизмом для применения к таким работам, которые помещаются снаружи от сварочного прибора. Рис. 66 показывает эту головку и направляющую в комбинации с системой зажимов, которые удерживают предмет, подлежащий сварке. Рис. 67 показывает ту же самую головку, примененную для сварки днища барабана. Имеется еще много других форм применения, одной из которых является трактор, передвигающийся вдоль свариваемого предмета от собственного мотора. Применение автоматической сварки угольным электродом так широко распространено, что трудно

указать его границы. Можно с уверенностью сказать, что всякая работа, в которой требуется соединять между собой большое количество металлических частей, вызывает применение автоматической сварки угольным электродом. Некоторые из применений ее следующие: трубы, станины генераторов, цистерны для хранения нефтяных продуктов, рельсы и связи, бочки, паровые котлы, нагревательные котлы, дымовые трубы, радиаторы, роторы для электрических моторов, вентиляционные кожухи, газопроводы, стальные башни и мн. др.

Типичные для автоматической сварки соединения показаны на рис. 68—69. Каждое соединение, показанное на этом рисунке, может быть выполнено с одинаковой легкостью и преимущество должно быть дано тому типу, который лучше подходит для наиболее легкой сборки.

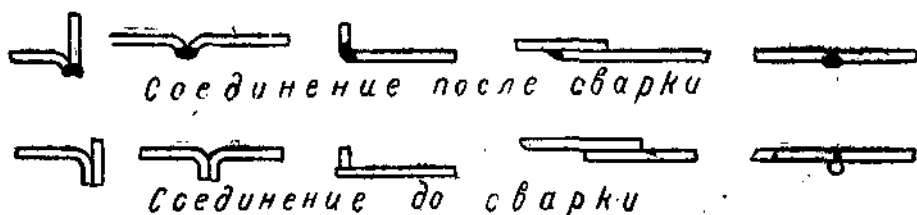


Рис. 68—69. Типы соединений, которые можно выполнить дуговой сваркой угольными электродами.

Некоторые механические факторы, связанные с автоматической дуговой сваркой. Как автоматическая, так и ручная сварка являются теперь признанными производственными процессами в металлообрабатывающей промышленности. Крупные шаги в развитии основной техники автоматической сварки с последующими применениями к изготовлению металлических изделий сделаны там, где получили развитие повторные операции.

Одним из наиболее ранних применений автоматической сварки, где экономия была более очевидной, была сварка металлических резервуаров: цистерн, труб и т. п. Дальнейшее ее развитие сделало возможным замену многих литых чугунных машинных частей сварными. Применение автоматической сварки таким образом распространилось на многочисленные равнообразные изделия, конструкция которых требует соединения швов и стыков однообразного вида.

Область применения автоматической сварки может быть разбита на три обширных класса: 1) сварка частей, которые могут быть скреплены зажимами и иметь поддержку во время сварки, 2) сварка частей, которые могут быть или не быть скреплены зажимами и во всяком случае не нуждаются в поддержке во все время сварки и 3) работы по наплавке ремонтного типа.

В каждом случае требуется подходящий источник энергии для сварки, удовлетворительное устройство для автоматической подачи проволоки и механическое приспособление для сообщения относительного движения между дугой и свариваемым предметом. Эти три элемента должны быть так связаны, чтобы функционировать точно, как целая единица. С точки зрения производственной необходимо достичь экономичных скоростей сварки. Для этого необходимо изучить свойст-

ва соединяемых частей и применяемых электродов, а также подготовку сваряемого предмета.

В отношении источника энергии опыт показывает, что вообще говоря является правильным применять более высокие плотности тока, чем нормально принято при ручной сварке.

В качестве источника энергии для сварки могут применяться машины либо постоянного либо переменного напряжения. В некоторых случаях было найдено более экономным применять 60-вольтные машины постоянного напряжения для обслуживания нескольких автоматических дуг. В других случаях, где применяется только один агрегат или где несколько агрегатов устанавливаются в мастерской и отдельных помещениях, более выгодны машины переменного напряжения.

Если приходится иметь дело со сваркой предметов сравнительно тонких, то всегда требуются зажимные и поддерживающие устройства для

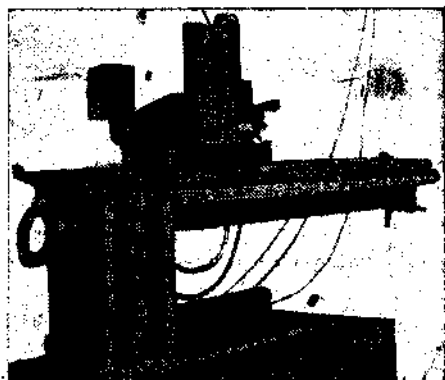


Рис. 70. Автомат для сварки продольных швов цилиндрических предметов.

удержания свариваемых частей в правильном относительном положении. Обычно эти приспособления связаны со сваркой продольных швов или швов по окружности. Рис. 70 показывает полное приспособление автомата для закрепления, поддержки и сварки продольных швов цистерн, кожухов или труб из листовой стали легких или средних калибров. При сварке предметов с тонкими стенками поддерживающее устройство имеет наибольшее значение вследствие малой термической емкости свариваемых частей. По мере увеличения толщины стенок важность этого обстоятельства уменьшается.

С производственной точки зрения, в особенности для тонких листов, важно, чтобы предмет, подлежащий сварке, сперва был зажат в таком положении, где не было значительных воздушных прослоек между поддержкой и свариваемым материалом. Далее необходимо надлежащим образом подготовить для сварки швы соответственно автоматической подаче электрода. Сварщик должен только следить, чтобы кромки не были погнуты или искривлены и имели бы одинаковое соприкосновение с поддерживающей полосой. Части, подлежащие сварке, должны подаваться к сварочному станку тщательно подготовленными к сварке, точно так же, как это делается в клепальной мастерской, и процессы работы должны быть расположены в правильной последовательности от отдельных листов до законченного изделия.

Если части имеют достаточную жесткость, чтобы удерживаться в правильном положении во время сварки, то можно ограничиться прихватыванием частей между собой посредством прерывистой сварки.

Необходимо позаботиться о надежном устройстве автоматической подачи сварочной проволоки, которое автоматически приспособлива-

лось бы к любым изменениям в длине дуги и напряжении. Простота устройства существенна, чтобы избежать тонкой регулировки и мелких частей, подверженных износу и требующих частой замены. Такое устройство показано на рис. 71. Оно автоматически «зажигает» и поддерживает дугу между электродом и свариваемым предметом без помощи сварщика. Скорость мотора, подающего сварочный электрод, непрерывно контролируется условиями состояния дуги, так что подача электродов происходит всегда точно с такой правильной скоростью, чтобы поддерживать постоянную длину дуги по мере расходования электрода. Устройство автоматической подачи проволоки такое, как показано на рис. 71, делает невозможной подачу электрода с иной скоростью, чем в точности равной оплавлению электрода, независимо от силы сварочного тока или величины электрода. Реостат в последовательном соединении с магнитным полем движущего мотора позволяет с удобством менять длину дуги соответственно с изменением величины электрода и толщины и качества свариваемого металла. В общем автоматические устройства для подачи проволоки должны быть так сконструированы, чтобы моментально и мощно отвечать на малейшие изменения в напряжении дуги. Это значит, что мгновенные изменения дуги, вызываемые неправильностью основной металлической поверхности, должны производить соответственные изменения в скорости электрода или даже изменять направление вращения мотора, чтобы поддерживать постоянное напряжение дуги.

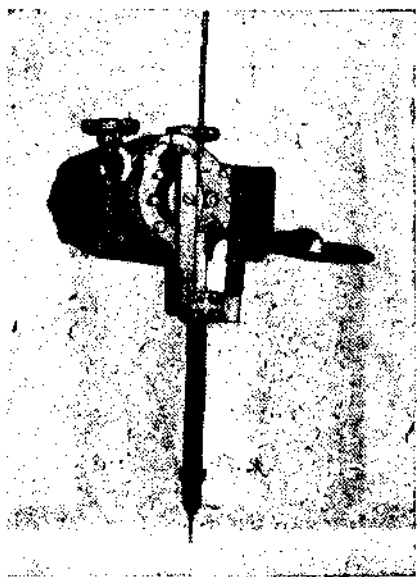


Рис. 71. Сварочная головка автомата.

В настоящее время находится в эксплуатации много автоматических установок для ремонта износившихся вагонных и паровозных колес наращиванием гребней на бандажах и для наращивания изношенных машинных частей, как то: валов, шпинделей и пр. В каждом из этих случаев применения автоматической сварки необходимо установить правильные рабочие соотношения между напряжением дуги и силой тока, величиной электрода и скоростью продвижения дуги. Эти величины могут изменяться для металлов различного химического состава и различных сортов электродов.

Чтобы помочь сварщику в выборе надлежащей скорости сварки и силы тока для различной толщины листов, приведены данные в таблице VII. Соотношения применяемой скорости и силы тока для различных толщин металла, приведенные в этой таблице, дали хорошие результаты при сварке швов стальных листов. Нельзя делать вывод, что соотношения, приведенные в таблице, могут считаться наиболее благоприятными во всех случаях, так как слишком много переменных

Таблица VII.

Соотношение скорости сварки и силы тока для разной толщины листов.

Толщина листа в мм.	1,25	1,5	2	2,5	3,0	4,0	9,5
Средняя скорость метров в мин. .	1,760	0,685	0,510	0,380	0,300	0,250	0,180
Средняя сила сварочного тока в амперах.	140	200	250	250	275	300	300

величин играют роль в производстве сварных швов. Каждый случай применения требует особого анализа для получения наилучшей комбинации. Чистый внешний вид и большая прочность автоматически сваренного шва, выполненного на цилиндре из листовой стали толщиной в 1 мм, показаны на рис. 72. Эта сварная конструкция выдержала гидравлическое испытание на давление свыше 20 атм. без пропусков в каком-либо сварном шве — и наконец лопнула в целом листе на месте, диаметрально противоположном продольному шву.

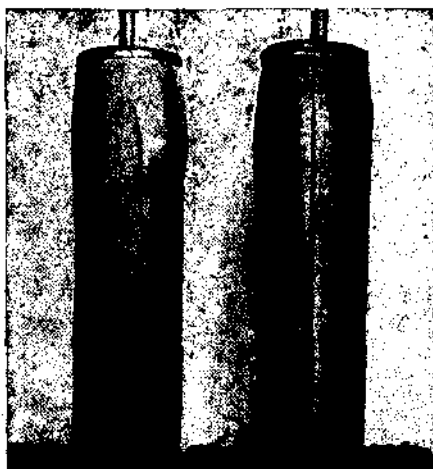


Рис. 72. Цилиндр, испытанный под давлением свыше 20 атм., лопнул не на месте шва.

При работах по наращиванию валов, колес, фланцев и т. д. лучше всего придерживаться умеренно высоких скоростей и большой силы тока. Это дает более чистую сварку и поддерживает более элгеричную и более стойкую дугу. Хорошие результаты получаются при скорости от 300 до 400 мм в минуту, при силе тока в 300 ампер с электродом диаметром 4,5 — 5 мм.

При работах по наращиванию валов, колес, фланцев и т. д. лучше всего придерживаться умеренно высоких скоростей и большой силы тока. Это дает более чистую сварку и поддерживает более элгеричную и более стойкую дугу. Хорошие результаты получаются при скорости от 300 до 400 мм в минуту, при силе тока в 300 ампер с электродом диаметром 4,5 — 5 мм.

Скорости сварки. Действительная разница между скоростями автоматической и ручной сварки зависит всецело от особенностей данной работы и материала, а также расположения и типа соединения, которое подлежит заварке. В общем однако на плоских соединениях, стыковых типа, свариваемых в нижнем положении, приблизительное сравнение скоростей при ручной и автоматической сварке указывается таблицей VIII.

Это сравнение скоростей автоматической и ручной сварки основано на работах производственного характера. Не следует делать вывод, что все типы работ могут быть выполнены при помощи автоматического процесса. В большинстве случаев условия для автоматической сварки носят более строгий характер, чем требования для ручной сварки. Части, которые подлежат автоматической сварке, должны быть подготовлены гораздо более тщательно, чем это необходимо для ручной сварки. При соединениях внатрой перекрывающие части должны равномерно прилегать одна к другой вдоль всей перекрывающей кромки.

Поэтому во избежание неудач должен быть сделан тщательный ана-

лиз всей сварочной работы, прежде чем решить вопрос о применении автоматической сварки.

Таблица VIII.

Сравнение скоростей дуговой сварки (при сварке нижним швом плоских соединений).

Ручная сварка				Автоматическая сварка			
Толщина листа в мм	Диаметр электрода	Амперы	Метры в час	Толщина листа в мм	Диаметр сварочной проволоки	Амперы	Метры в час
12,5	8	250	1	12,5	5	350—275	4,5
10	6	225	1,2	10	5	310—280	7,0
6	5	175	2,0	6	5	360	13,5
5	4	150	3,0	5	5	340	18,0
3	3	125	4,5	2	4	200	30,5
				1,5	4	185	36,5
				1,25	4	185	50

Автоматическая сварка успешно и экономично применяется к работам производственного характера в тех случаях, когда продолжительность сварки по сравнению с продолжительностью установки будет такова, что в окончательном результате получится большая производительность посредством автоматической сварки, чем при ручной.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

ОСОБЫЕ ПРОЦЕССЫ ДУГОВОЙ ЭЛЕКТРОСВАРКИ.

Дуговая сварка по способу Лангмюира. Сварочный процесс, в котором применяется комбинация из водорода и электрической дуги, носит название сварки по способу Лангмюира или атомно-водородной.

Аппарат состоит: 1) из трансформатора постоянного напряжения, охлаждаемого воздухом, 2) распределительной доски с амперметром и реактором, сконструированным так, чтобы он давал сильный ток для образования дуги и автоматически уменьшал этот ток до желаемой во время сварки величины, 3) соответствующего электродержателя для двух вольфрамовых стержней, образующих дугу, и для подвода водородного газа поверх этих стержней и сквозь дугу, 4) редукционного клапана, сообщенного с газопроводом электродержателя и установленного на давление в 0,1 — 0,15 атм.

Аппарат сконструирован для действия от однофазного переменного тока в 60 периодов при стандартных напряжениях до 550 вольт. При этом процессе свариваемый материал не входит в цепь тока и дуга не касается свариваемого изделия.

Действие водорода тройное: 1) выбирает из сварки все окислы, окислы и нитриды, создавая очень вязкое легко обрабатываемое соединение, 2) отводит воздух от вольфрамовых электродов, предупреждая тем самым быстрое окисление их и 3) действует как мощный передатчик тепла от дуги к металлу (что наиболее существенно).

Проходя сквозь дугу, водород преобразуется в атомное состояние, поглощая при этом большое количество тепла. Свариваемый металл

имеет каталитическое действие, заставляя атомный водород снова обращаться в нормальное молекулярное состояние. При таком обращении водород освобождает большое количество ранее взятого тепла непосредственно на поверхность свариваемого предмета.

Вычислено, что при помощи этого процесса достигается температура на одну треть выше, чем при ацетилено-кислородном пламени.

Класс материалов, которые могут быть свариваемы посредством этого процесса, очень велик. Кроме обычных металлов, много других металлов и сплавов, которые раньше считалось трудным или невозможным сваривать при посредстве других процессов, могут быть удовлетворительно свариваемы способом атомного водорода.

Сварка по способу Бенардоса с применением сварочного прутка с флюсовой оболочкой. Этот процесс представляет способ дуговой сварки угольными электродами с применением присадочного сварочного прутка с флюсовой оболочкой. Флюс предназначен не только для защиты

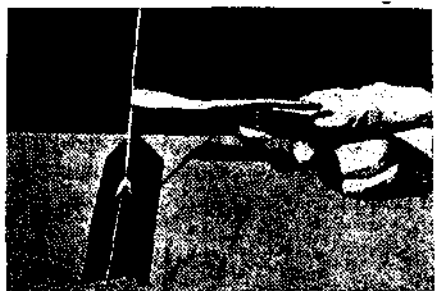


Рис. 73. Сварка угольника по способу Бенардоса.

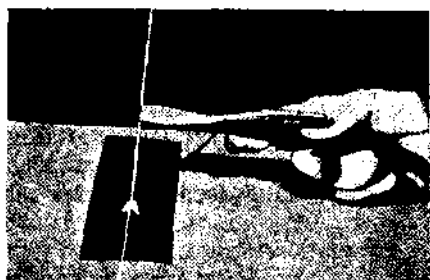


Рис. 74. Сварка швом по способу Бенардоса.

металла и получения устойчивости дуги, но и для обеспечения пути наименьшего сопротивления для дугового потока, вследствие чего дуга удерживается между острием угля и серединой сварки. Разработаны специальные сварочные прутки с поперечным сечением, находящимся в таком отношении к толщине свариваемых листов, что один сантиметр свариваемого шва может быть выполнен одним сантиметром длины проволоки. Это исключает необходимость в регулировании подачи присадочного материала. Сварщик должен просто лишь опускать проволоку в сварной шов по мере продвижения плавки. Поэтому его внимание целиком может быть обращено на поддержание устойчивой дуги. Посредством этого процесса были произведены сварки тонкого материала, причем они оказались достаточно эластичными, чтобы выдержать загиб вплотную (рис. 73 и 74).

При сварке некоторых стальных сплавов и нежелезных сплавов развитие большой скорости оказывает влияние на увеличение прочности сварного соединения.

Электрический вихревой процесс (электроник торнадо). Этот процесс является специальным применением угольно-электродной дуги в автоматических сварочных машинах. Электрическая дуга нормально контролируется с трудом. Она создает свое собственное магнитное поле

и прохождение сварочного тока через свариваемые части создает магнитные поля переменного напряжения.

Поэтому дуга имеет тенденцию отклоняться от пути наименьшего сопротивления в стороны вследствие взаимодействия потока электронов с результирующим магнитным потоком. При электрическом вихревом процессе применяется специальное устройство, налагающее сильное магнитное поле на пламя дуги, что позволяет дуге продвигаться сквозь переменные поля без отклонения. По этой системе сообщают дуге вращательное движение, откуда этот процесс и получил свое название. Повидимому имеется значительная обеспеченность в получении при этом процессе вязкого металла сварки. Отлагаемый металл обычно ложится значительно более ровно, чем при дуговой сварке угольным электродом.

Дуговая горелка (метод Церенера). Этот процесс есть применение обычного сварочного процесса при посредстве электрической дуги с двумя угольными электродами, который известен под названием электрической горелки. При этом способе ток не проходит через свариваемый предмет, а дуга, образовавшаяся между двумя угольными электродами, дает пламя, которое можно использовать для сварки или для паяния. Первые опыты сварки этим процессом были произведены по схеме на рис. 75; положительный электрод состоял из двух углей, расположенных, как показано на рисунке. Нужно заметить, что у концов углей образуется воронка приблизительно в форме полуокружности. Отрицательный электрод, который меньше в диаметре, чем положительный, наклонен под углом приблизительно 75° к положительному электроду и заострен и расположен приблизительно в центре полуокруглой воронки. Пламя кажется выходящим из отрицательного электрода и устремляется вниз за положительный электрод. Применение этого пламени было более успешно на нежелезистых сплавах, чем на металлах, содержащих железо. Дальнейшие эксперименты повели к замене двух углем одним, составляющим положительный электрод. Новый тип положительного электрода имеет узкое сечение в центре, как показано на рис. 75 внизу.

Цель узкого сечения в центре — облегчить образование воронки, так как углерод выгорает сравнительно быстрее в суженном сечении. Далее было найдено, что введением алюминиевого стержня в положительный электрод получается более устойчивое и спокойное пламя.

Применение электродов типа «Квази-Арк». Этот процесс основан на применении электродов, покрытых асбестовой оболочкой, которая плавится одинаково с остальной сердцевинкой (рис. 76). Целью этой оболочки является: 1) предохранить свариваемый предмет от сильного нагрева, 2) ввести кислотный шлак для очистки поверхностей сварки от

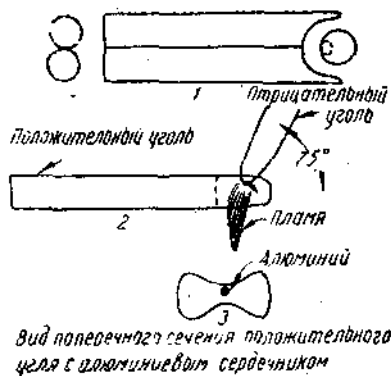


Рис. 75. Электроды при сварке по способу Церенера.

окалины и др. примесей; 3) получить совершенное соединение между сварочным металлом и металлом свариваемого предмета, 4) окружить дугу защитной оболочкой для исключения атмосферных газов и вообще 5) создать такие условия сварки, которые дали бы в результате более здоровую структуру металла в сварном шве. Вследствие наличия флюса процесс делает возможным применение низкой силы тока, и следовательно сварка происходит с незначительным термическим влиянием на качество основного наплавленного металла. Следующая таблица дает величины электродов и силы тока для типичных толщин металла.

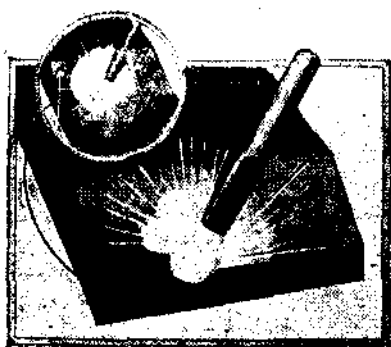


Рис. 76. Способ наплавки электродами «Квази-Арк».

Для толщины в 6 мм или выше рекомендуется делать два прохода, причем первый делается электродом меньшей величины, чем указано в таблице, с соответственной установкой силы тока.

Таблица IX.

Величины электродов и сила тока при сварке «Квази-Арк».

Толщина металла	Диаметр электрода в мм	Сила тока в амперах	Толщина металла	Диаметр электрода в мм	Сила тока в амперах
1,2	1,5	20 — 25	12,5	3,0	95—105
2,5	2,5	50 — 65	19,0	3,0	95—105
6,0	2,5	75 — 85	Свыше 19,0	4,0	95—105
9,5	3,0	95 — 105			

Рекомендуется короткая дуга. Отмечено, что флюс на поверхности отлагаемого металла имеет ярко-оранжевый цвет, металл же имеет цвет темно-красный. Когда шов выполнен, шлак легко может быть удален посредством молотка. Поверхность сварки должна быть очищена проволочной щеткой, если делается добавочный проход. Указанные данные в отношении силы тока могут показаться низкими по сравнению с данными для сварки с непокрытыми электродами, однако нужно отметить, что применение минимального количества тепла является одним из свойств этого процесса. Рекомендуется также, чтобы при применении этого способа с целью экономии времени и материала обращалось внимание на выполнение сварки с возможно малой величиной скашивания кромок.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ.

СВАРКА РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ.

При укладке новых трамвайных линий приходится выбирать тип стыка, который при данных условиях обещал бы наибольшую прочность и экономию при эксплуатации; если же требуется ремонт поломанных

стыков, то необходимо иметь в виду и производство работ с возможно небольшим перерывом движения. Пока способы сварки не были достаточно разработаны, стыки делались с накладками на болтах или заклепках; теперь однако имеются разные способы сварки стыков, которые, как можно допустить, увеличивают срок службы рельсов, соединяя их в непрерывную нить. Усовершенствование этих способов и обучение сварщиков с целью достижения возможно хороших практических результатов представляют собой две задачи, которые в результате дадут ежегодные тысячные сбережения по содержанию путей.

Рельсовые стыки системы Уна. Условия постройки, содержания и ремонта трамваев за последние 10 лет заставили применять такой тип сварки, который может быть выполнен с минимальной стоимостью и во многих случаях без перерыва движения, и в то же время обладает такой прочностью и долговечностью, которая допускает использование полного срока службы рельс. В первые годы тип стыка со сварными швами применялся главным образом из-за относительной легкости изготовления без перерыва движения, а равно гибкости и удобопереносимости приборов. Однако точные исследования последних лет показали, что стыки со сварными швами представляют преимущество в отношении не только их изготовления, но и долговечности и в частности сохранения ровной поверхности катания рельс. Так например окончательно установлено, что если сдвинуть торцы рельс *под нажимом* и закрепить их в таком положении сварными швами, надлежаще примененными к накладкам подходящей формы, а затем тщательно отшлифовать сваренный стык, то в таком стыке не будет впадин, которые, как теперь признает большинство инженеров, были главной причиной излома стыков. Кроме того поверхность катания рельсов находится после сварки стыков по этому способу в таком же состоянии, как непосредственно после прокатки. Поэтому нет причин опасаться, что головки рельс станут мягче от чрезмерного нагрева. Другая важная особенность этих стыков состоит в том, что решительно нет никакой трудности выравнивания рельс и удержания их в таком виде. Требуется очевидно только весьма незначительная работа по шлифовке и в результате получается непрерывная ровная поверхность катания рельс, которая сохраняется без дальнейших расходов. Такой тип стыков действительно обладает одинаковой прочностью на разрыв, боковой изгиб, удар и усталость, причем он относительно легко изготавливается и обходится дешево.

Способ Уна состоит в приварке накладок к головке и подошве рельс. Для этого служит динамо-мотор, снабженный защитой от перенапряжения, а равно регулятором и стабилизатором дуги; он берет от воздушного провода ток в 550 вольт и отдает нужный для сварки ток в 35 — 40 вольт, причем напряжение тока в открытой цепи составляет около 60 вольт. Надлежащее применение этого способа потребовало: выработки специальной сварочной рукоятки; надлежащей формы и размеров угольных сварочных штифтов; медных защитных стержней, служащих стабилизатором дуги и задержкою расплавленного металла швов; державок для этих защитных стержней; специального стального, сварочного стержня, покрытого раскислителями и окислителями и служащего для заделывания сварочных швов. Нужно за-

метить, что прибор для этой сварки, включая обыденное сварочное оборудование, прост, удобопереносим, легко обслуживается и ремонтируется; он может служить не только для сварки стыков, но и для любой сварочной работы на трамваях, включая соединение и сращивание кабелей, специальные ремонтные работы и сварочные работы в мастерских.

Для того чтобы определить надлежащее расположение сварных швов, подходящую силу тока, установить, какое количество нужно расходовать электродов и т. д., необходимо произвести много опытов над прочностью сварных швов на срез, на повторные удары и боковые изгибы. В результате многочисленных лабораторных опытов и наблюдений на путях выработаны нижеследующие указания относительно изготовления рельсовых стыков Уна.

Подготовка стыка. Раньше чем приступить к сварке, следует приложить все усилия к тому, чтобы убедиться в надлежащей подготовке стыка. Нельзя не придавать большого значения подготовке стыка, так как от тщательности подготовки в значительной степени зависит прочность и долговечность стыка. Зазор между концами рельсовых головок должен быть совершенно устранен тем, что тщательно подготовленные торцы сдвигаются под нажимом.

Надлежащая форма накладок. Форма накладок должна быть такова, чтобы получилась большая прочность, а также широкие и хорошо прилегающие опорные поверхности и хорошие условия работы для сварщиков.

Сборка стыков. Так как успешная сварка стыков в значительной степени зависит от механической их подготовки, то важно, чтобы опорные поверхности накладок и рельс были чисты и свободны от заусенцев и других изъянов. Ржавчину и окалину следует счищать стальной щеткой. При сборке накладок следует средние болты подтянуть настолько, чтобы они достаточно прижимали накладки, но не до отказа. Затем следует вбить пробойники в обе крайние дыры так, чтобы торцы рельс взаимно прилегали как можно плотнее. После этого нужно средние болты подтянуть до отказа, причем ударять костыльным молотком попеременно по накладкам и пробойникам, чтобы обеспечить абсолютную плотность стыка, проверяемого калибром. После этого не следует трогать стык до тех пор, пока сварщики не готовы к сварке; тогда нужно заменить пробойники болтами и подтянуть их до отказа.

Порядок сварки. Предпочтительнее собирать стыки так, чтобы они были слегка выпуклы, т. е. по середине приподняты. Для выяснения лучшего порядка сварки следует пользоваться линейкой в 600 мм длины, предпочтительнее с небольшим прорезом посередине, для того чтобы вложить прокладку, если таковая требуется для уничтожения зазора между торцами рельс. С помощью этой линейки сварщику легко установить порядок сварки, а именно: если стык приподнят посередине, то следует сварить сначала верхние швы. Если поверхность катания ровная, то следует сварить сперва один верхний шов, а затем противоположный нижний. Если стык слегка вогнутый, т. е. посередине опущен, то следует сварить сначала нижние швы. Если бы оказалась боковая вогнутость шва, то следует сварить сначала швы с противоположной стороны, так чтобы стык стремился выпрямиться при остывании.

Во всех случаях нужно иметь в виду, что при остывании стыки стремятся стать вогнутыми в сторону швов, сваренных первыми.

Медный защитный стержень. Важную особенность сварки по способу Уна составляет применение медных защитных стержней для стабилизации дуги и задержки расплавленного металла. Поэтому крайне важно, чтобы эти стержни находились в положении, указанном на рис. 77.

Способ сварки стыков. После того как стык надлежаще собран и защитный стержень поставлен на место у шва, первым подлежащего сварке, сварщик должен принять удобное положение и приступить к сварке током силой ни в каком случае не больше 220 ампер. Отличные результаты получались даже с таким слабым током, как 150 ампер, но конечно скорость сварки была соответственно меньше. До начала настоящей сварки часть накладки в 76 мм длины у того конца, с которого должна начаться сварка, а равно прилегающая часть рельса подогре-

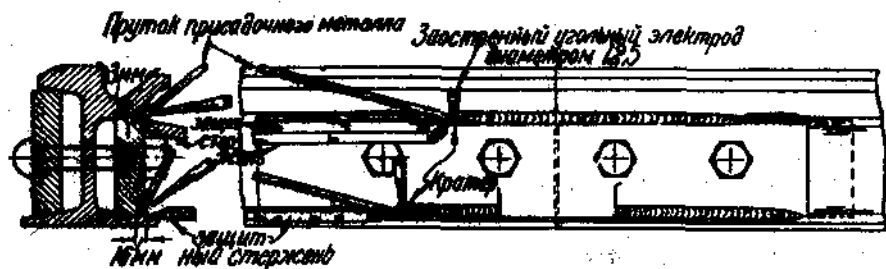


Рис. 77. Сварка стыков рельс по способу Уна.

ваются длинной угольной дугой в течение 10 — 15 сек. Дуга должна зажигаться только в накладке или защитном стержне и передвигаться так быстро взад и вперед, чтобы поверхность рельса не расплавилась. Цель этого предварительного нагрева—довести температуру накладки и рельса постепенно до сварочной температуры и предотвратить закалку шва по окончании сварки. Этим можно значительно уменьшить сварочные напряжения. На рис. 77 показаны относительные положения угольного электрода, сварочного и защитного стержней. Сварщик должен держать левой рукой сварочный стержень, представляющий собой специальный, покрытый стальным электродом, диаметром 7 мм, а правой державку электрода. Как только предварительный нагрев окончен, делают углубление (кратер) между накладкой и рельсом дугой в 10 — 16 мм длины. Затем медленно подводят рукой сварочный стержень с левой стороны кратера, по направлению к которому подвигают дугу. Ни в каком случае не следует вводить сварочный стержень в дугу настолько, чтобы получилось прерывание дуги и засорение кратера. Необходимо поддерживать чистый кратер как раз достаточной глубины для обеспечения сваривания наплавленного металла с основным, а равно для наплавки быстро действующей дугой расплавленного металла тонкими слоями вдоль кратера, давая в то время шлаку возможность стекать. При плавке конца сварочного стержня нужно избегать одновременного расплавления большого количества металла, так как за это время стенки кратера могли бы закалиться, что помешало бы на-

плавке сварочного металла на рельс. Чем равномернее скорость доставки сварочного металла, тем однороднее будет шов. В отношении нижних швов следует заботиться, чтобы проникание в рельсы было по всей длине шва возможно малое. Никогда не следует добиваться большего проникания, чем нужно для обеспечения хорошей площади расплавления и все заботы должны быть направлены больше в сторону получения *площади расплавления*, чем глубокого проникания в подошву рельс. *Скорость передвижения* дуги должна быть около 76 мм в минуту, а из сварочного стержня диаметром в 7 мм следует расходовать по 25 мм на 25 мм сварочного шва. Сварку можно в любой момент прервать для пропуски вагонов, однако перерыв не должен быть дольше

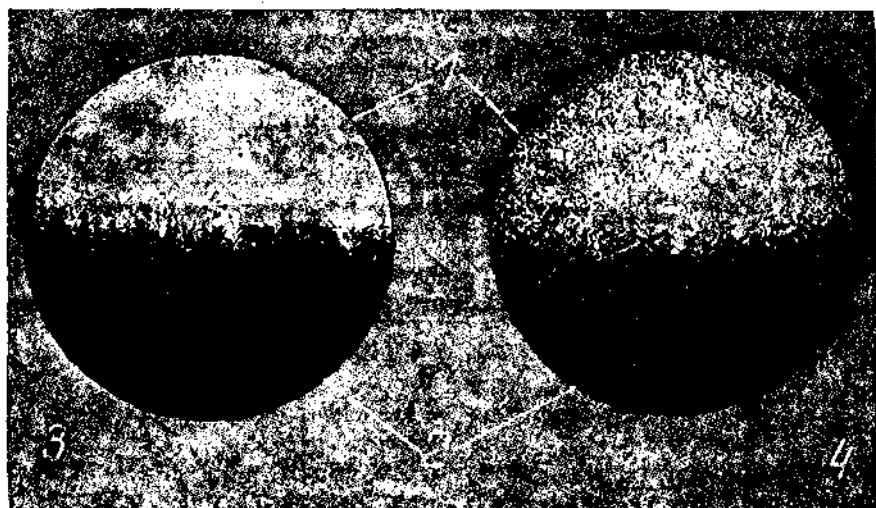


Рис. 78. Микрофотография сварного шва.

допустимого без вредного остывания стыка. Во всех случаях перерыва следует из предосторожности предварительно подогревать длинную дугу то место шва, в котором должна возобновиться сварка, и ни в коем случае не следует подводить сварочный стержень до образования дугой чистого хорошего кратера.

Последующий нагрев. Концевые части всех швов, у которых прекратилась сварка, должны подвергаться последующему нагреву длинной дугой в течение 10 — 15 сек., совсем как при предварительном нагреве. Цель этого — *уменьшить скорость охлаждения металла и этим уничтожить сварочные напряжения.*

Улучшение структуры шва. Сперва делают сварной шов, а затем наплавляют поверх него второй слой металла, так что получается улучшение структуры сварочного шва и прилегающих частей накладки и рельс. Предварительный и последующий нагревы могут быть выполнены для улучшения структуры точно так, как это делается при нанесении второго слоя шва. Улучшение в отношении сопротивления усталости настолько резки, что теперь это должно считаться одною из главных особенностей стыков Уна. Из микрофотографии (рис. 78)

видно значительное улучшение структуры благодаря этому способу. Эти микрофотографии были сняты в аналогичных местах сварного шва по границе наплавки и основного металла шва, причем обнаружена крупнозернистая структура до применения этого способа, а мелкозернистая после его применения.

Расположения сварных швов. Из рис. 79 видно, что сварные швы расположены так, что концы их не приходится точно друг против друга. Это сделано для того, чтобы получить постепенный переход у концов стыка. Чтобы достигнуть такого перехода, накладки взаимно смещают или ставят попеременно короткие и длинные. Видно также, что во всех случаях швы у подошвы рельсов прерваны на небольшой кусок у зазора между торцами рельсов. Этот способ очень рекомендуется, так как сварочные напряжения доводятся до минимума и наибольшая прочность получается в месте стыка, подверженном наибольшему напряжению на удар и изгиб.

Шлифовка. Непосредственно после сварки или по крайней мере до пропуска вагонов через сваренные стыки следует тщательно отшлифовать таковые, предпочтительно шлифовкою вперед и назад — так чтобы линейка не указывала ни выступов, ни впадин. Если по какой-либо причине нельзя получить шлифовальный станок немедленно, то следует снять напильником или ручным стругом наиболее крупные неровности, так чтобы стык не подвергался ударам при проходе вагонов.

Способ Индианополис. При сварке по способу Индианополис сварочной машиной служит реостат, включенный между воздушными проводом и рельсами. Применяется металлический электрод. Стыки изготавливаются с помощью патентованных листовых накладок, которые бывают двух сортов: вершинные (Арах) и симплекс (Simplex). Форма и расположение вершинных накладок показаны на рис. 79 и 80 в применении



Рис. 79. Временный стык Индианополис для Вин'олевских рельс.

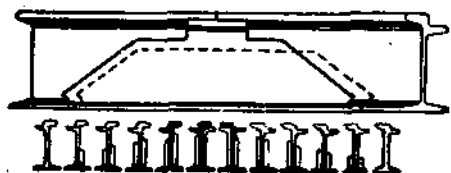


Рис. 80. Временный стык Индианополис для балочных рельс.

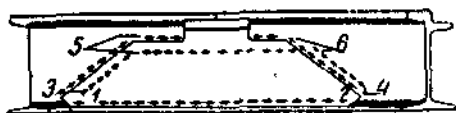


Рис. 81. Порядок сварки вершинных стыков Индианополис.

к тавровым (Вин'олевским) и балочным рельсам, а ход сварки указан стрелками на рис. 81. Разгонное расположение накладок представляет существенную особенность этого способа, дающую распределение напряжений, которым подвергаются стыки. Накладки симплекс схожи по форме и расположению, но не доходят до головки рельса.

Ход работы. В случае старых рельс нужно очистить их от ржавчины, грязи, смолы и влаги, пользуясь для этого старым напильником или стальной щеткой или (если необходимо) угольной дугой.

Затем нужно выровнять рельсы по шаблону; вплотную сдвинуть торцы рельс у их головок, выровнять и подклинить уровень подошвы рельс, не обращая внимания на поверхность катания, которую придется отшлифовать или сварить и отшлифовать до правильного уровня по окончании изготовления стыка.

Метод сварки металлическими электродами. Хотя обыкновенно применяют при сварке рельсовых стыков сварочные машины, получающие ток от воздушного провода, однако в значительной мере применяют также генераторы с бензиновыми двигателями. Особо удобный случай применения на трамваях нормального типа сварочных машин представляет прокладка новых путей, так как они допускают производство работ до прокладки воздушного провода и независимо от него.

Рельсовые стыки Мойсселя. Стык состоит из ряда стальных брусьев или стержней вдоль рельс, перекрывающих их с обеих сторон и приваренных к ним. Бруски круглого сечения с петлею посередине. Подкладка с Мойсселевскою петлею или выступом, как часть листов, может быть приварена к нижнему сечению рельс и дает добавочную прочность и жесткость. Цель применения ряда брусьев и накладок — обеспечить прочность, не ослабляя рельс. Эта конструкция допускает свободное удлинение и укорачивание рельс (см. Способ Лорена сварки рельсовых стыков, стр. 186 отдел III, гл. II).

ПРИЛОЖЕНИЕ.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СВАРОЧНЫХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ ЗАВОДОМ «ЭЛЕКТРИК».

Принципы действия сварочных генераторов постоянного тока. При дуговой сварке один полюс машины соединяется со свариваемым предметом, другим полюсом является электрод. Для зажигания дуги касаются электродом свариваемого предмета, т. е. замыкают машину на короткое. Касание электродом свариваемого изделия в процессе работы происходит довольно часто.

В машинах нормальных такое замыкание является недопустимым, так как сила тока достигает таких величин, при которых обмотка якоря может быть сожжена.

Отсюда вытекает одно из основных требований, которому должен удовлетворять сварочный генератор: он должен без повреждения выдерживать короткие замыкания.

При горении дуги электрод плавится и заливает расплавленным металлом сварной шов. При этом, благодаря стеканию капель расплавленного металла и дрожанию руки сварщика, длина дуги все время меняется, вследствие этого меняется и сопротивление дуги. Для устойчивого горения дуги необходимо, чтобы при указанных выше значительных изменениях длины и сопротивления дуги сила тока в дуге изменилась незначительно. Кроме того для зажигания дуги и для ее устойчивого горения требуется напряжение генератора более высокое, чем напряжение на дуге при нормальной работе, поэтому напряжение холостого

стого хода сварочного генератора должно быть соответственно выше рабочего.

Указанные особенности горения сварочной дуги требуют от питающего дугу генератора падающей внешней характеристики (кривой зависимости напряжения от силы тока). Подобные падающие характеристики сварочного генератора достигаются соответственным выбором схемы машины.

В настоящее время известно значительное количество различных схем машин с падающей характеристикой.

ВЭО выпускает следующие типы сварочных машин для дуговой сварки: СМГ-1, СМГ-2 и СМК-3 — для постоянного тока.

Сварочный генератор СМГ-1. Машина СМГ-1 построена по схеме Американской всеобщей электрической компании — GEC. Принцип

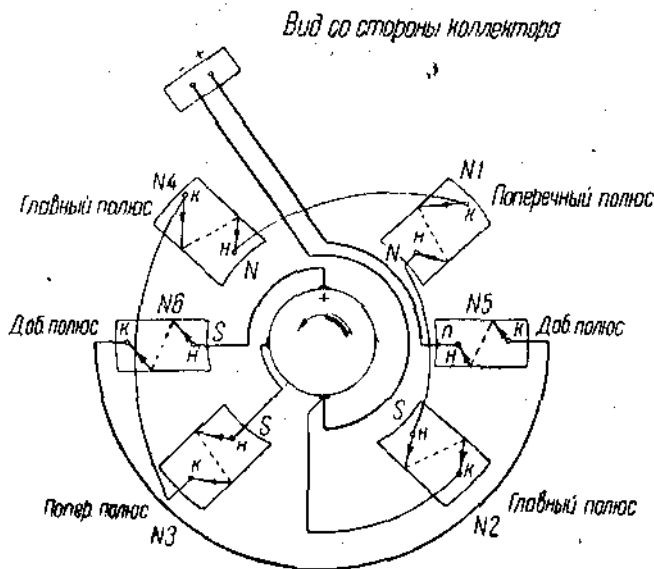


Рис. 82. Схема сварочного генератора завода «Электрик» СМГ-1.

действия этой машины заключается в следующем: двухполюсная в электрическом отношении машина имеет 4 полюса, по два одинаковой полярности рядом.

Полюса эти при работе машины вследствие реакции якоря и своего взаимного расположения образуют две перпендикулярных системы, магнитные потоки в которых могут меняться независимо. Щетки помещены в нейтральной зоне, между полюсами противоположной полярности.

Электродвижущая сила якоря обуславливается суммой магнитных потоков обеих пар полюсов.

При нагрузке поток от поперечной составляющей реакции якоря замыкается через лежащие рядом одноименные полюса (см. схему рис. 82), причем в одной системе полюсов он идет навстречу основному потоку, а в другой — по направлению основного потока.

Так как полюса насыщены значительно уже при холостом ходе машины, то в первой магнитной цепи поток увеличивается поперечными ампер-витками реакции якоря очень мало, в то время как в полюсах другой системы поперечное поле реакции якоря производит значительное ослабление магнитного потока. Так как при холостом ходе магнитные потоки обеих систем почти одинаковы, то указанное действие поперечных ампер-витков реакции якоря в результате значительно ослабляет общий поток машины, следовательно и электродвижущую силу ее и напряжение на зажимах; чем больше будет ток в якоре, тем значительнее и уменьшение общего потока.

Таким образом получим падающую внешнюю характеристику генератора — зависимость напряжения от силы тока.

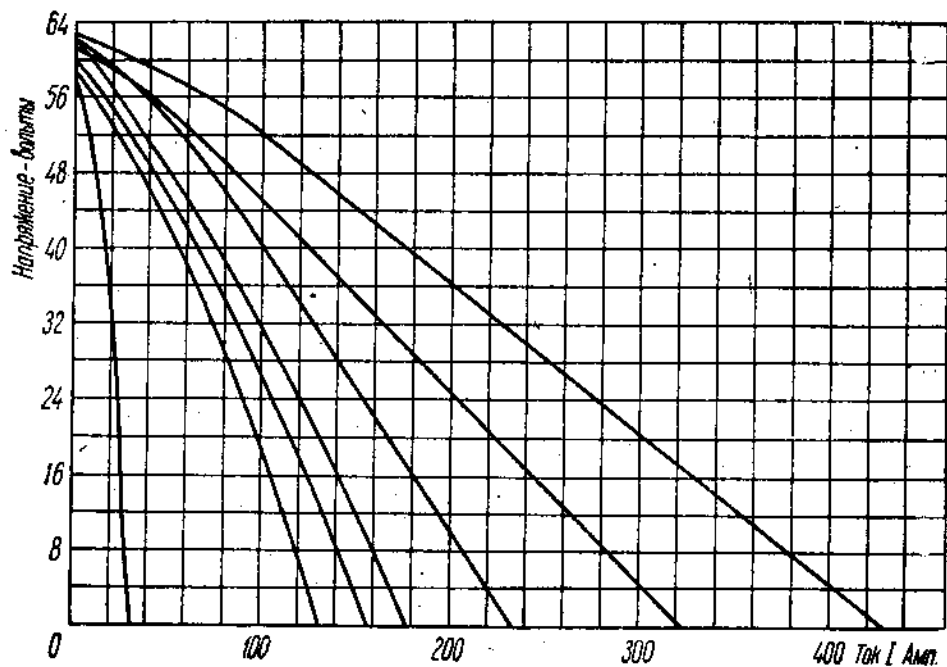


Рис. 83. Внешние характеристики сварочного генератора СМГ-1.

При сдвиге щеток с нейтрали кроме поперечного будет действовать и продольное поле реакции. В случае сдвига щеток по направлению вращения якоря, оно ослабляет основное поле, усиливая таким образом действие реакции поперечного поля; при сдвиге щеток против направления вращения якоря продольное поле усиливает основное поле полюсов и следовательно ослабляет действие реакции поперечного поля.

Таким образом при постоянном возбуждении для разных сдвигов щеток от машины можно получить внешние характеристики с большой регулировкой тока рабочего и короткого замыкания.

Из сказанного выше ясно, что при крайнем сдвиге щеток по вращению якоря получим наименьший рабочий ток, при обратном крайнем сдвиге щеток — наибольший.

Напряжение холостого хода для различных положений щеток изменяется незначительно.

Катушки возбуждения машины питаются током от части обмотки якоря, находящейся под насыщенным полюсом. В виду того, что при различных нагрузках поток этого полюса меняется незначительно, электродвижущая сила в этой части обмотки якоря почти постоянна. Ток возбуждения снимается посредством одной из главных и одной добавочной щетки, помещенной между одноименными полюсами (электрическими).

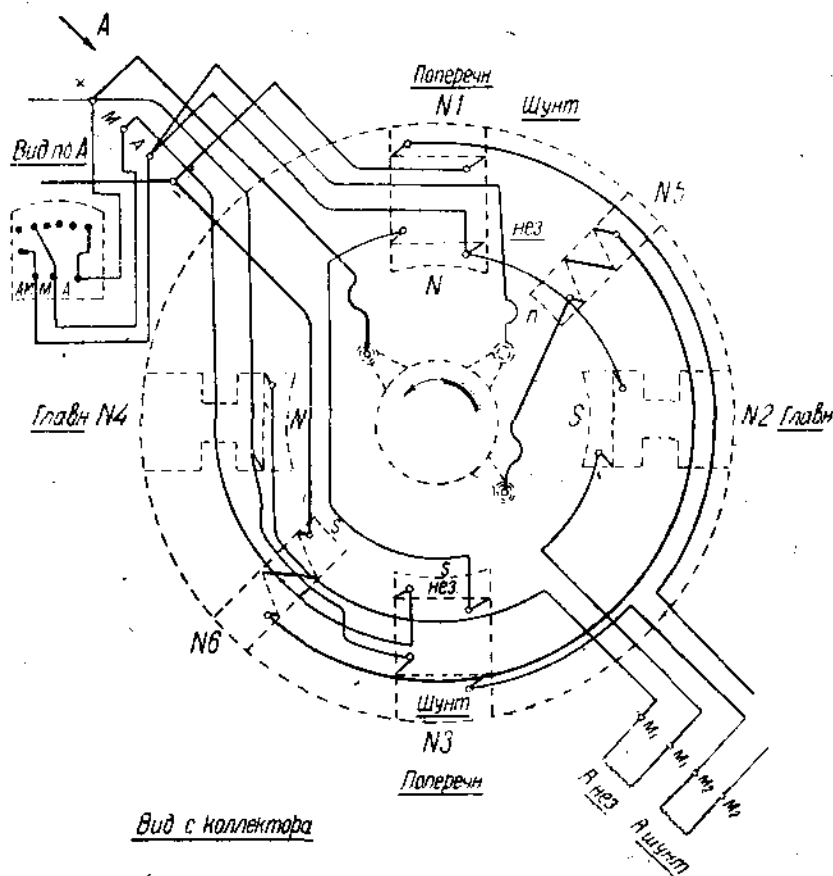


Рис. 84. Схема соединений генератора СМГ-2.

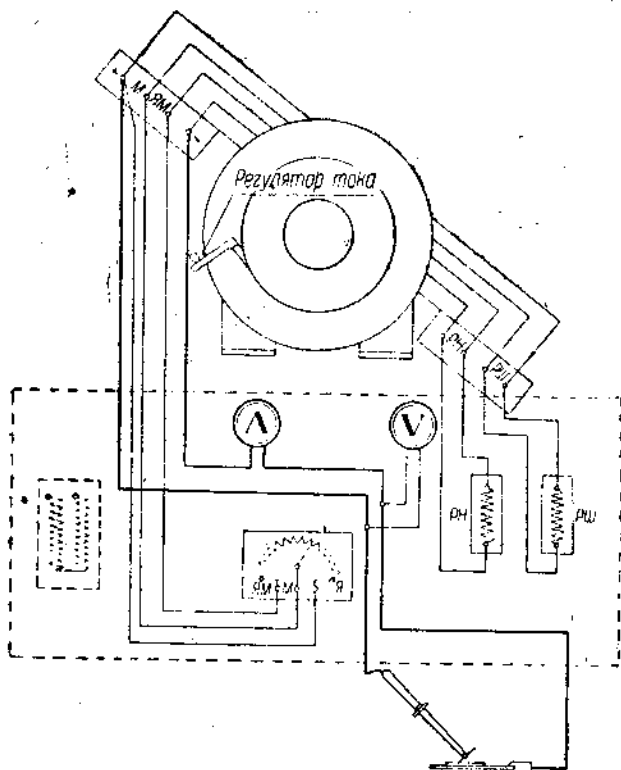
Перемещение щеток для регулировки рабочего тока легко производится посредством специальной передачи рукояткой; для суждения о положении щеток и тем самым о силе тока короткого замыкания и рабочего передаточный механизм снабжен шкалой и указателем.

Никаких регулировочных реостатов в схеме машины нет, так что по обслуживанию и установке тока генераторы СМГ-1 очень просты, при работе на сварку дают вполне хорошие результаты, обладая подходящей как статической, так и динамической характеристикой,

Для улучшения динамической характеристики генераторы СМГ-1 могут быть снабжены стабилизатором. Номинальные данные машин СМГ-1: 25 вольт, 200 ампер в продолжение 1 часа при 1450 об/мин; на них можно производить сварку любых деталей током от 20 до 300 ампер, причем для получения малых рабочих токов в сварочную цепь включается добавочно реостат.

Вид внешних характеристик генераторов СМГ-1 представлен на рис. 83.

Сварочный генератор СМГ-2. Сварочный генератор СМГ-2 выполняется по видоизмененной схеме ГЭС и по характеру действия похож на генератор СМГ-1. Подобно последнему СМГ-2 имеет четыре полюса, по два одноименных рядом, образующих две перпендикулярные магнитные системы, причем у одной пары полюсов для большего их насыщения сделаны вырезы. При нагрузке генератора, подобно генератору СМГ-1, реакция ампер-витков якоря размагничивает одну пару полюсов и подмагничивает другую (с вырезами). Вслед-



* Стабилизатор только по особому заказу - включать последовательно в сварочную цепь.

Рис. 85. Схема включения генератора СМГ-2.

ствие насыщения последних, увеличение потока их при всех нагрузках незначительно, размагничивание же другой пары полюсов с увеличением тока якоря сильно уменьшает общий поток машины, равный сумме потоков обеих пар полюсов. Таким образом при постоянном возбуждении получается падающая внешняя характеристика. Подобно генератору СМГ-1, возбуждителя для генератора СМГ-2 также не требуется, постоянное возбуждение берется от части витков якоря, находящихся под насыщенными полюсами, поток которых почти постоянен, постоянна следовательно и электродвижущая сила, индуцируемая в этой части якоря. Ток снимается помощью одной из главных и одной дополнительной щетки, расположенной между главными, причем на вырезанных и на цельных полюсах обмотки возбуждения две самостоятельные цепи (см. схему рис. 84). В отличие от генератора СМГ-1 для большей крутизны

падающей внешней характеристики генераторы СМГ-2 снабжены еще и небольшой шунтовой обмоткой возбуждения, расположенной на невырезанных полюсах. Регулировка сварочного тока у генератора СМГ-2, производится реостатом, включенным в цепь катушек постоянного возбуждения невырезанных полюсов, и лишь для работы на предельных токах (больших и малых) приходится смещать в ту или другую сторону щетки машины помощью соответствующей передачи.

Для улучшения динамической характеристики генератора СМГ-2 в цепь как шунтовых катушек, так и постоянного возбуждения вырезанных полюсов включаются добавочные сопротивления (рис. 85).

Регулятор постоянного возбуждения может быть вынесен к месту работы, что создает определенные удобства для сварщика.

Внешние характеристики генератора почти сходны по виду с характеристиками СМГ-1. Номинальные данные машины СМГ-2: 40 вольт, 200 ампер, продолжительно и 300 ампер, в продолжение 1 часа при 1430 об/мин., таким образом машина допускает как холодную, так и горячую сварку в пределах указанной мощности. Для увеличения стабилизации дуги к машине может быть поставлен дроссель-стабилизатор.

Сварочный генератор СМК-3. Сварочные генераторы СМК-3 строятся по схеме Кримера. Падающая внешняя характеристика достигается здесь благодаря взаимодействию различных обмоток возбуждения.

Чисто шунтовая машина, вследствие того что обмотка возбуждения приключена на внешние зажимы, имеет приблизительно параболического вида внешнюю характеристику с очень небольшим током короткого замыкания, обусловливаемым остаточным магнетизмом. Увеличивая постоянное намагничивание при помощи добавочных катушек с независимым возбуждением, получим соответственно больший ток короткого замыкания; величина последнего всецело определяется током независимого возбуждения, почему регулирующий независимое возбуждение реостат и носит название «регулятора тока».

Для различной величины тока напряжение на зажимах машины определяется величиною намагничивающих ампер-витков, которые создаются согласным действием шунтового и независимого возбуждения, причем часть ампер-витков возбуждения идет на покрытие падения напряжения в якоре и других последовательно с ним включенных сопротивлениях, остальные же обуславливают напряжение на зажимах машин и дуги.

Чем меньше сопротивление шунтовой цепи (оно изменяется реостатом), тем больше для любого напряжения и шунтовые ампер-витки и следовательно общие намагничивающие ампер-витки машины, что справедливо для любого тока независимого возбуждения.

При некотором определенном — так называемом «критическом» — сопротивлении шунтовой цепи — для любого тока короткого замыкания, обусловливаемого величиной независимого возбуждения, в нижней ненасыщенной части кривой намагничивания машины шунтовые ампер-витки будут как раз равны ампер-виткам, необходимым для поддержания напряжения на зажимах машины; машина поэтому в этих пределах будет давать постоянной величины ток, обусловленный величиной независимого возбуждения.

Далее при значительном увеличении сопротивления внешней цепи с увеличением напряжения, по мере насыщения магнитной системы,

шунтовых ампер-витков уже не будет хватать на поддержание внешнего напряжения и на это частично пойдут ампер-витки независимого возбуждения, оставшаяся часть которых будет обуславливать величину нагрузочного тока: последний станет таким образом с увеличением напряжения, вследствие увеличения сопротивления внешней цепи, уменьшаться и при разомкнутой внешней цепи все ампер-витки — шунтовые и независимого возбуждения — пойдут на поддержание холостого хода.

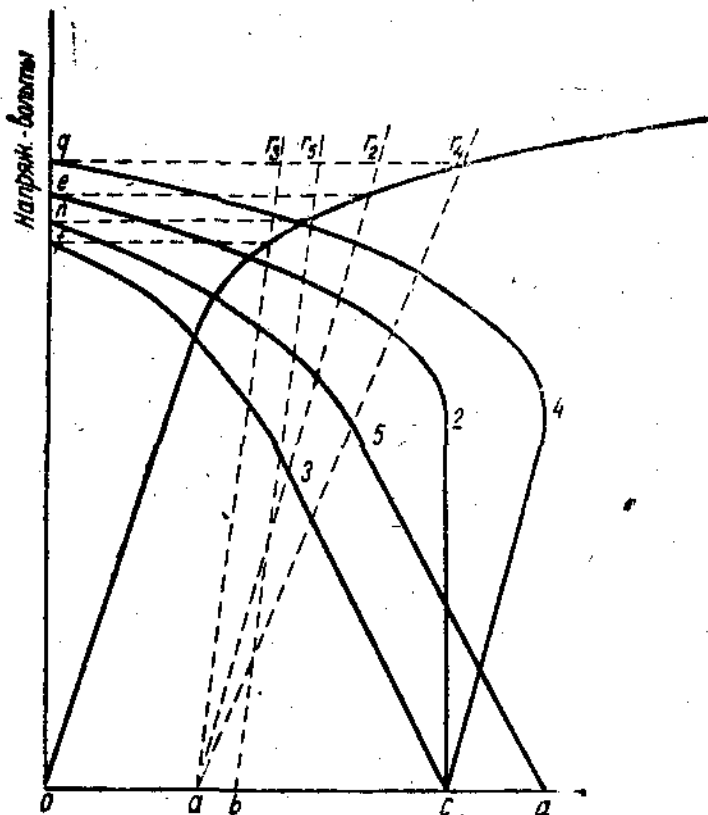


Рис. 86. Внешние характеристики генератора СМК-3.

Таким образом машина дает падающую вертикальную внешнюю характеристику (см. кривую 2 на рис. 86).

В случае, если сопротивление шунтовой цепи реостатом увеличить и сделать больше «критического», то при прежнем токе независимого возбуждения и следовательно токе короткого замыкания — для любого напряжения шунтовые ампер-витки будут меньше, чем в указанном выше случае «критического» сопротивления шунтовой цепи; поэтому соответственно меньше будет и рабочий ток; действительно шунтовых ампер-витков не будет хватать в этом случае на поддержание внешнего напряжения и на прямолинейной нижней части кривой холостого хода машины (рабочий участок), — на это пойдут частично и ампер-витки

независимого возбуждения, оставшаяся часть которых и будет обуславливать величину тока нагрузки (кривая 3 на рис. 86).

В случае, если сопротивление шунтовой цепи будет меньше «критического», для любого напряжения нижней прямолинейной части кривой холостого хода — шунтовых ампер-витков будет больше, чем это необходимо для поддержания внешнего напряжения генераторов, и часть шунтовых ампер-витков пойдет вместе с ампер-витками независимого возбуждения на поддержание тока нагрузки, который по величине будет на указанном участке превышать ток короткого замыкания.

При последующем значительном увеличении сопротивления внешней цепи и увеличении напряжения генератора в верхней насыщенной части кривой холостого хода указанный выше избыток шунтовых ампер-витков, идущий на поддержание тока в сопротивлениях самой машины, уменьшается; при некотором напряжении шунтовые ампер-витки покрывают лишь внешнее напряжение машины, ампер-витки же независимого возбуждения обуславливают величину тока нагрузки.

При дальнейшем увеличении сопротивления внешней цепи напряжение растет дальше, величина же тока нагрузки быстро уменьшается, так как все большая и большая часть ампер-витков независимо возбуждения идет вме-

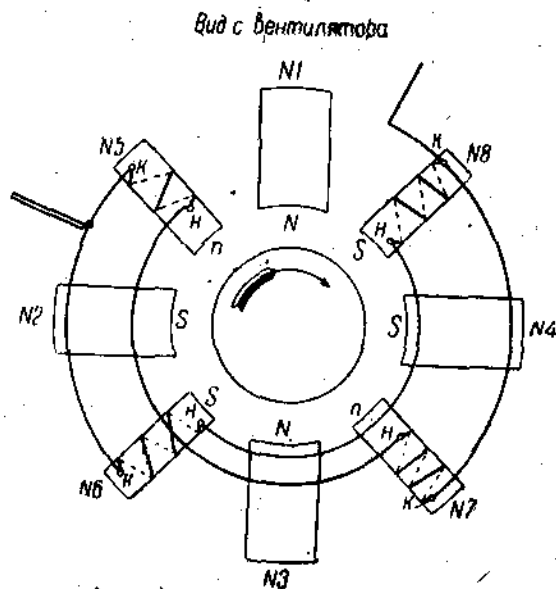


Рис. 87. Схема соединений генератора СМК-3.

сте с шунтовыми на поддержание внешнего напряжения; при холостом ходе, при разомкнутой внешней цепи, напряжение генератора поддерживается и обуславливается ампер-витками и шунтового и независимого возбуждения (кривая на рис. 86).

Таким образом для любой рабочей точки (данное напряжение и ток) можно получить различные внешние характеристики: или «вертикальную» или с током короткого замыкания, большим рабочего или меньшим, что зависит от взаимного соотношения ампер-витков (токов) независимого и шунтового возбуждения.

Как указано было выше, регулирующий ток независимого возбуждения реостат носит название «регулятора тока»; так как при каком-либо независимом возбуждении и следовательно токе короткого замыкания — напряжение и рабочее и холостого хода зависит от сопротивления шунтовой цепи, то реостат в ней поэтому носит название «регулятора напряжения».

Из сказанного выше видно таким образом, что, комбинируя возбуждение генератора помощью «регулятора тока» и «регулятора напряжения», получим всевозможные внешние так называемые «статические» падающие характеристики.

При постороннем возбуждении
 Независ. возб - 110 Независ. возб - 220
 $H_2 - N_2 - M_1 - N_1$ $H_2 - N_2 - M_1 - N_1$

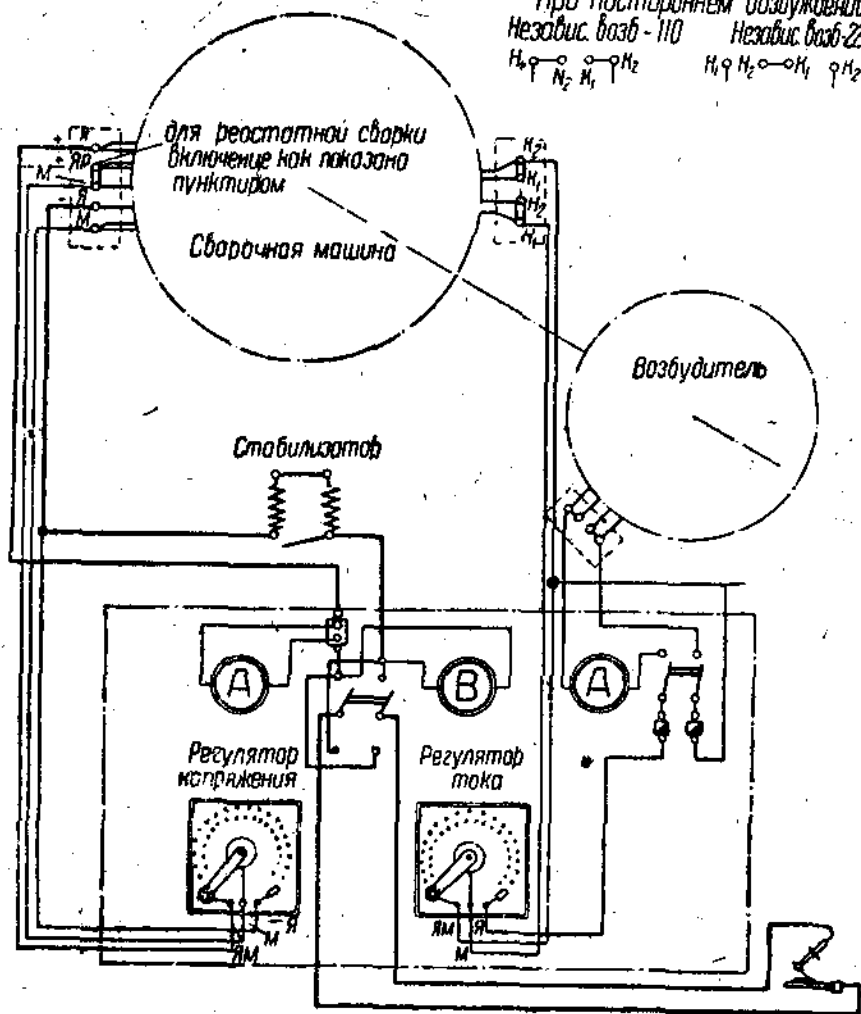


Рис. 88. Схема включения сварочных машин типа СМК-3.

Так как для сварочного генератора имеет существенное значение быстрота изменения магнитного потока и напряжения при колебании длины и сопротивления дуги, — из этих соображений, для улучшения так называемой «динамической» характеристики, машины СМК-3 снабжаются кроме указанных выше обмоток шунтовой и независимого возбуждения еще обмоткой последовательной, ампер-витки которой действуют навстречу первым, т. е. размагничивают машину.

Для получения какой-либо величины тока короткого замыкания при наличии такой последовательной обмотки приходится брать большие ампер-витки (ток) независимого возбуждения, именно на величину разматывающих ампер-витков последовательной обмотки. Вид внешней статической характеристики, по сравнению с машиной с двумя обмотками возбуждения, для данного сопротивления шунтовой цепи почти не изменится, лишь возрастет несколько напряжение холостого хода за счет добавочных ампер-витков независимого возбуждения.

Для улучшения динамической характеристики машины, кроме применения последовательной обмотки и других конструктивных соображений к деталям, на малые и средние токи последовательно со сварочной цепью включается дроссель-стабилизатор.

Сварочный генератор СМК-3 рассчитан на продолжительную нагрузку 50 вольт 460 амп. и 600 амп. в продолжение часа при 1 450 об./мин.

Для работы токами большими 600 амп. генератор СМК-3 можно включить на параллельную работу с другими подобными генераторами.

При выключении последовательной обмотки (для чего имеется соответствующий вывод) при независимом возбуждении от возбудителя или внешней цепи генератор СМК-3 может быть использован, как машина постоянного напряжения (65 — 85 В) для сварки несколькими дугами через соответствующие реостаты.

Обмотка независимого возбуждения рассчитана на 110 и 220 вольт и допускает легкое переключение помощью перемычки на борновой доске.

Схема соединений и схема включения генератора СМК-3 приведены на рис. 87 и 88.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ ПОЯТИЯ.

Из всех применений электрического тока за последние годы может быть ни одно не является с производственной точки зрения столь важным, как электрическая сварка сопротивлением. Где бы ни применялся любой из разнообразных методов сварки сопротивлением, производственная задача разрешается с понижением расхода рабочей силы помощью простых по обслуживанию и совершенно безопасных машин, дающих соединения бесшумно, чисто и с замечательной быстротой. Было бы чрезвычайно трудно перечислить все отрасли производства, которые применяют в той или иной форме электрическую сварку сопротивлением. В этой главе будет сделана попытка показать некоторые из основных применений различных видов сварки в промышленности.

Теория процесса сварки сопротивлением состоит в следующем. Электрический ток низкого напряжения и большой силы пропускается через электрическую цепь, состоящую из медных проводов большого сечения с относительно малым сопротивлением и свариваемых предметов с относительно большим сопротивлением. Количество тепла, выделяющееся в отдельных участках цепи при прохождении по ним электрического тока, пропорционально сопротивлению участков. Следовательно в указанной выше цепи с включенными в нее свариваемыми предметами наибольшее количество тепла будет выделяться в свариваемых предметах. При надлежащей силе тока температура свариваемых предметов легко и быстро может быть доведена до сварочного жара, после чего при механическом сдавливании предметов будет получаться их сварка.

Особенностью этого процесса является то, что тепло выделяется внутри свариваемого материала в точках контакта свариваемых предметов. Это обстоятельство является весьма существенным, так как дает возможность весьма быстро производить нагрев свариваемых предметов до сварочного жара. При правильно сконструированном аппарате сварка производится чрезвычайно быстро, получается весьма надежной и требует от рабочего очень простых манипуляций, при помощи которых он регулирует тепло, время и давление.

Электрическая сварка сопротивлением находит применение главным образом при массовом производстве. Часто аппараты изготовляются для обработки изделий из одного металла и для производства сварки деталей одинаковой формы. Для ремонтных работ эти аппараты обычно не применяются. Только в редких случаях такое применение аппаратов может дать удовлетворительные результаты.

Каждый аппарат обладает в известных границах гибкостью в работе, но необходимо твердо помнить, что экономичность применения этих

аппаратов будет значительно возрастать с увеличением числа одинаковых повторных операций.

Аппарат для сварки сопротивлением состоит из однофазного трансформатора, имеющего вторичную обмотку из одного или двух витков. Напряжение на зажимах аппарата (вторичной обмотки) берется от 1 до 10 вольт и ток в сварочной (вторичной) цепи определяется размерами свариваемых деталей. Трансформатор помещен в тяжелой станине, на которой монтируются зажимы для закладки изделий и механизмы для регулировки тепла и давления.

Аппараты для электрической сварки сопротивлением в настоящее время достигли высокой степени совершенства и их применение в производстве дает огромную экономию труда и времени.

Ниже будут перечислены основные виды сварки сопротивлением, которые могут производиться помощью изготовляемых в настоящее время аппаратов.

Сварка стык по методу сопротивления состоит в соединении деталей (торец с торцом), при котором получается полное сваривание по всему поперечному сечению деталей.

Сварка швом по методу сопротивления состоит в соединении деталей из листового материала. Ток пропускается поперек свариваемых листов с постепенным перемещением вдоль шва места прохождения тока (обычно перемещением свариваемых деталей).

Ударная сварка по методу сопротивления состоит в приведении свариваемых деталей в соприкосновение ударом значительной силы и в разряде через соединяемые концы электрического конденсатора большой емкости.

Сварка точками по методу сопротивления состоит в соединении обычно внахлестку деталей из листового, полосового и пр. материала. Ток пропускается через зажатые между коническими электродами детали.

В дальнейшем каждый из этих процессов будет описан более подробно с указанием преимуществ и недостатков и иллюстрацией отдельных примеров применения. Предварительно же следует остановиться на некоторых общих замечаниях о сварке сопротивлением.

Для этого вида сварки применяется однофазный переменный ток любой коммерческой частоты. Трансформатор в аппаратах для сварки сопротивлением будет брать ток от сети мастерской и преобразовывать его в требуемый для сварки. Постоянный ток, как правило, не применяется, хотя в настоящее время имеется одна точечная машина, работающая на постоянном токе.

Следует сказать несколько слов о гибкости аппаратов для сварки по методу сопротивления. Мощные аппараты могут быть использованы для сварки мелких деталей и аппараты малой мощности могут сваривать относительно крупные детали. Но первые будут невыгодны в эксплуатации, так как аппараты для сварки мелких деталей более дешевы, однако они будут давать малую производительность — и при перегрузке легко можно сжечь трансформатор.

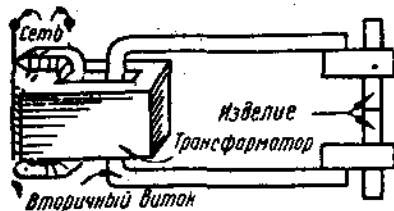
Для незнакомого с теорией электричества может казаться, что ток достаточной силы для получения большого количества тепла, требуемого при сварке, будет опасен для рабочего. В действительности рабочий даже не чувствует этого тока, потому что при сварке сопротивлением применяется ток очень низкого напряжения.

Время, требуемое для сварки сопротивлением, весьма мало. В большинстве случаев, где применяется этот процесс, время определяется несколькими секундами или даже долями секунды и соединение этим методом может быть осуществлено значительно скорее, чем любым другим способом. Этот фактор определяет экономию в затрате труда и энергии, так как получается быстрый локализованный нагрев и ток выключается в момент достижения сварочного жара, следовательно потери на холостой ход отсутствуют.

Большинство металлов лучше всего свариваются при температуре примерно на 100° ниже их точки плавления, те же металлы, которые не имеют пластичного состояния перед точкой плавления, будут свариваться при температуре плавления и сварка будет получаться почти мгновенно.

Принцип электрической сварки встык, точками и швом. Отбрасывая всякие технические понятия и оставляя в стороне такие детали, как трансформатор, электроды и т. п., так называемая электрическая сварка сопротивлением, обычно известная под названием стыковой, точечной и швовой сварки, может быть коротко определена как процесс «нагревания и сдавливания».

Электрическая сварка практически проходит через такой же ряд операций как и кузнечная за исключением того, что при прохождении



электрического тока через свариваемые детали происходит выделение тепла внутри изделия, когда же детали достигают пластичного состояния, дается сильное давление, получаемое от механического приспособления, и таким образом получается сдавливание деталей.

Рис. 89. Схема трансформатора.

Согласно закону Джоуля мощность в ваттах, которая развивает тепло в цепи в 1 секунду, пропорциональна квадрату силы тока i в амперах, умножаемому на сопротивление R в омах: $w = i^2 R$. Здесь w — мощность в ваттах, которая превращается в теплоту в течение одной секунды. Рассматривая эту формулу и принимая во внимание, что цепь представляется замкнутой, видим, что через все части цепи должен проходить одинаковой силы ток. Сила тока зависит от электрического напряжения (вольт), даваемого источником тока, будь это генератор, трансформатор или аккумуляторная батарея. Таким образом нагрев будет самый сильный там, где будет наибольшее сопротивление.

Обращаясь к рис. 89, увидим, что сварочная цепь или так называемая вторичная цепь обычно очень коротка, следовательно она требует очень малого электрического напряжения, для того чтобы через нее проходил ток.

Сварочные цепи бывают общей длиной от 600 мм до 15 м. Последняя длина максимальная и употребляется в так называемых сварочных клещах. Чтобы через такие цепи проходил достаточный электрический ток, требуется напряжение от 2 до 16 вольт. Опытом доказано, что удовлетворительная сварка может быть получена при силе тока от 2 900 до 2 700 ампер на см^2 площади сварки.

Сварка сопротивлением, как например точечная сварка, может быть

произведена как постоянным, так и переменным током. Тем не менее для постоянного тока требуются особые генераторы низкого напряжения, подобные тем, которые требуются при электролизе. Применение таких генераторов сопровождается большими затруднениями в смысле их обслуживания (наличие щеток и коллектора), кроме того для включения и выключения тока потребовался бы выключатель. Такой выключатель для выключения тока в тысячи ампер был бы очень тяжел и дорог. По этим причинам постоянный ток полностью уступил место переменному току, при котором низкое напряжение и большая сила тока могут быть получены помощью трансформатора.

Рис. 90 изображает вид простого трансформатора. Каждый трансформатор состоит из трех главных частей: сердечника, первичной и вторичной обмотки.

Первичная обмотка сварочного трансформатора имеет большое количество витков сравнительно тонкой проволоки, в то время как вторичная обмотка имеет обыкновенно один виток, сделанный или из гибкого кабеля или гибких медных полос большого сечения, так как 1 см^2 поперечного сечения медного провода без чрезмерного нагрева может нести ток приблизительно в 160 ампер. Принцип, на котором основано действие трансформатора, заключается в следующем.

Если определенное напряжение подводится к первичной обмотке, то на каждый виток этой обмотки будет приходиться часть общего напряжения. Таким образом, если напряжение в 110 вольт приложено к обмотке, состоящей из 55 витков, то на каждом отдельном витке будет напряжение в 2 вольта. Если другая обмотка, называемая вторичной, надета на тот же сердечник, то мы увидим, что индуктивное действие магнитного потока в сердечнике, получаемого от тока в первичной обмотке, вызовет во вторичной обмотке такое же напряжение на каждом витке, как и в первичной обмотке, т. е. если вторичная обмотка имеет один виток, в нем будет напряжение в 2 вольта. Другая характерная черта трансформатора заключается в передаче им энергии: энергия в первичной цепи, не учитывая незначительных потерь, всегда равняется энергии во вторичной цепи, т. е., если во вторичной цепи проходит ток в 2 200 ампер при напряжении в 2 вольта, то энергия в ваттах будет: $\text{вольты} \times \text{амперы} = \text{ватты} = 2\,200 \times 2 = 4\,400 \text{ ватт}$.

Но в первичной цепи ток в 40 ампер будет давать то же количество энергии, так как в этой цепи напряжение 110 вольт. Таким образом по данной выше формуле $110 \times 40 = 4\,400 \text{ ватт}$.

Благодаря этому характерному свойству трансформатора возможно полное регулирование тока на первичной стороне трансформатора при помощи недорогих выключающих приспособлений.

Обучение сварщиков. Обучение сварщиков для электрической сварки сопротивлением задача несложная, но важно, чтобы немногие правила

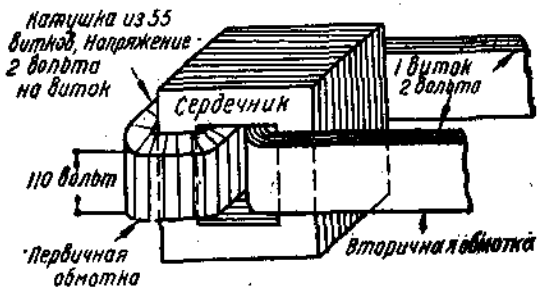


Рис. 90. Вид простого трансформатора.

работы были точно усвоены, потому что неправильная работа приведет к плохой сварке и к замедлению процесса сварки. Сварщик, который сближает детали быстрее, чем металл может расплавляться, увидит, что он получит сварку поверхностей только в нескольких точках, после чего оплавление прекращается и его работа сходит на нет. Тогда он должен разорвать шов и все начинать сначала. При такой работе происходит: 1) потеря времени и энергии, 2) пережог места сварки, что ослабляет шов и 3) сварочный аппарат подвергается ненормальным напряжениям, что может на нем плохо отразиться.

Поэтому в сварке сопротивлением подбор подходящего человека является важным фактором и руководитель должен удалять неопытного или небрежного рабочего. При сварке вручную толстого материала, не всегда можно винить в неудаче сварщика, так как существует предел тому усилию, которое человек может дать. В таких случаях следует ставить механическое приспособление для сдавливания концов и механические зажимные устройства.

При правильной конструкции эти приспособления улучшат качество продукции, сэкономят время сварки и избавят сварщика от больших напряжений.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

СВАРКА ВСТЫК.

Сварочные аппараты. Основное требование заключается в том, чтобы детали имели одинаковое сечение в месте шва. Помощью механического приспособления детали приводятся в соприкосновение и через них пропускается ток большой силы, от прохождения которого будет выделяться тепло. Главным образом в точке контакта между деталями.

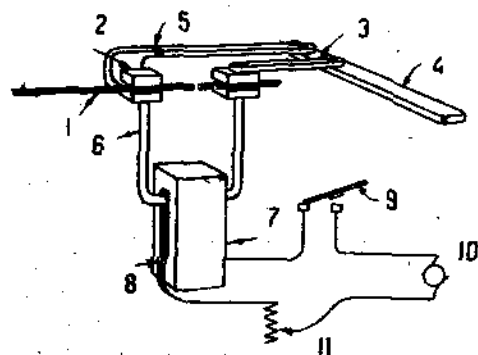


Рис. 91. Схема аппарата для сварки встык.

1 — свариваемый стержень, 2 — неподвижный зажим, 3 — подвижный зажим, 4 — рычаг, 5 — изолятор, 6 — вторичный виток, 7 — железный трансформатор, 8 — первичная обмотка, 9 — выключатель, 10 — альтернатер, 11 — регулятор сопротивления.

Для доведения металла в месте шва до температуры сварочного жара требуется весьма значительное время, после чего дается давление, для того чтобы сжать между собою нагретые до сварочного жара концы свариваемых деталей. Давление и ток поддерживаются ровно столько времени, сколько требуется, чтобы обеспечить полное соединение деталей в однородное целое.

На рис. 91 показаны основные части аппарата для сварки встык по методу сопротивления. Свариваемые стержни закрепляются в зажимах, из которых один неподвижный, а другой подвижной. При малых сечениях подвижной зажим может приводиться в движение ручным рычагом, но при больших сечениях это движение будет слишком затруднительно для сварщика и поэтому применяется гидравлическое или меха-

ническое приспособление. Трансформатор питается переменным током и мощность его регулируется включаемым в первичную цепь регулируемым сопротивлением. Сварочный ток берется от вторичной обмотки, которая имеет один виток из медного кабеля большого сечения. Изоляция предохраняет только от замыкания сварочного тока помимо свариваемых предметов.

Два аппарата для сварки встык могут очень близко походить один на другой и в то же время быть приспособленными для значительно отличающихся работ. Конструкция зажимов, например, меняется для различных металлов и различной формы деталей одного и того же металла. Расстояние между зажимами является также существенным фактором, так как некоторые детали требуют нагрева более значительных участков металла, чем другие.

При сварке разнородных металлов, о чем речь будет дальше, металл с большей электропроводностью должен быть выставлен из зажима на большую длину. Покрывая зажимы пластинками эльконита (сплав, о котором будет речь ниже), получаем возможность выпускать из зажимов меньшие концы свариваемых деталей, так как к сопротивлению выступающих из зажимов концов прибавляется сопротивление эльконитовых пластинок. Во всех аппаратах для сварки по методу сопротивления также применяются различные приспособления для охлаждения зажимов, так как без охлаждения зажимы легко горят и требуют дорогого ремонта или замены. Если электроды не охлаждаются, тепло будет постепенно распространяться и на трансформатор и таким образом понижать его мощность. Наиболее простое охлаждение электродов осуществляется пропусканием через них постоянной охлаждающей воды. Очень существенно, чтобы трансформатор был рассчитан на силу тока, требуемую изделием, так как, если свариваемые детали будут одинаковы по размерам и из одного металла, каждая операция сварки будет требовать приблизительно одинаковую силу тока.

Производство работ. Хотя производство сварки встык по методу сопротивления не требует слишком тщательной подготовки, как это необходимо при других процессах сварки, все же необходимо отметить, что будут получаться лучшие результаты с экономической точки зрения, если уделять этому вопросу некоторое внимание. Детали, покрытые ржавчиной или окалиной, будут свариваться не так легко и не так быстро и износ аппарата будет больше. Стоимость очистки деталей ниже по сравнению с потерями, которые получаются от производства сварки в менее выгодных условиях. Поэтому не имеет смысла пробовать сваривать большое количество материала, покрытого окалиной, без очистки (см. «очистка», «травление»).

Рационально поставленное производство требует хорошей заготовки деталей и соответствующей их подготовки до поступления на аппарат.

Готовые детали вкладываются в зажимы аппарата с небольшим выступом за края зажимов. Величина выступов определяется размерами деталей и свойствами металла. Если свариваются две детали одного металла, но различного сечения, необходимо уменьшить сечение конца более массивной детали на длину, которая будет потеряна при сварке. Воздействием на рычаг выступающие из зажимов концы приводятся в соприкосновение и затем включается ток. Выступающие из зажимов концы тотчас же начинают нагреваться. Как только концы будут на-

греды до температуры сварочного жара, рабочий увеличивает давление, сдавливая концы друг с другом, и в то же время выключает ток.

Только путем тщательного поставленного опыта устанавливается время, нагрев и давление так, чтобы строение металла в шве было то же, что и в местах, не затронутых действием сварки. В случае сварки стали, на основании опытов рекомендуется, чтобы поверхность контакта и металлы в непосредственной близости к сварке нагревались током до температуры не выше, чем это обычно имеет место при кузнечной сварке, т. е. до температуры 1200 — 1300° Ц. Материал не должен подвергаться действию высокой температуры дольше, чем это необходимо для доведения его непосредственно за поверхностью сварки до сварочного жара. Чем меньше длина участков, подвергающихся при сварке нагреву, тем лучше. Давление, приложенное во время сварки, должно быть достаточным, чтобы привести металл в плотный контакт и слегка его деформировать. При температуре сварочного жара металл находится в пластичном состоянии и сварка осуществляется благодаря сдавливанию друг с другом в пластичном состоянии свариваемых поверхностей, так что зерна кристаллов металла приводятся в такое плотное соприкосновение, что получается рост зерен кристаллов от одной детали к другой. Сварка, произведенная при таких условиях, является видоизменением кузнечной сварки. Опыты показывают, что сварка этого рода, когда имеет место значительное выдавливание металла, получается несколько слабее, чем свариваемый металл, в виду того, что происходит изменение структуры вследствие некоторого обезуглероживания стали и образования в шве раковин. Если сварка произведена с применением большой силы тока в течение сравнительно длительного периода, благодаря чему получается нагрев до высокой температуры, распространяющийся на участки значительной длины, то в результате получается сварка, сопровождающаяся значительным движением зажимов и значительным утолщением в месте шва. Получается значительное обезуглероживание стали в непосредственной близости к шву — и структура металла в шве получается неправильная и неоднородная. В непосредственной близости к шву будет обнаруживаться перегрев. Отжиг восстановит строение стали вблизи шва, но не сможет полностью восстановить ее в самом шве вследствие получившегося обезуглероживания.

Сварка, исполненная при таких условиях, будет слабее чем основной металл. Однако некоторые практики заявляют, что сварка с большой осадкой дает лучшие результаты.

Правильно определить момент, когда следует выключить ток, может только опытный сварщик. Этот опыт дает ему возможность расходовать меньшую мощность и получать лучшую сварку.

Специальные указания для различных металлов. Этим методом свариваются почти все металлы, имеющие применение в промышленности в более или менее значительном объеме. В дальнейшем кратком описании будут указаны некоторые методы, применяемые для приспособления процесса к различным наиболее важным металлам.

Алюминий. Этот металл при нагреве до сварочного жара почти не обладает никакой прочностью, вследствие чего контроль нагрева и давления доступен только очень опытному сварщику. Поэтому аппараты для сварки алюминия обычно снабжаются тщательно выверенными автоматическими устройствами для контроля нагрева и давления.

Латунь и бронза. Латунь является хорошим проводником электрического тока, так что только небольшие сечения обладают достаточным сопротивлением, чтобы получить нагрев до температуры сварочного жара. Также должен даваться больший допуск на потерю по длине (обжатие), т. е. выступающие из зажимов концы должны браться такой длины, чтобы между зажимами получалось расстояние примерно равное трем диаметрам свариваемого материала, как показано на рис. 92. Величина выступающих концов может быть относительно уменьшена при сварке материала диаметром более 6 мм.

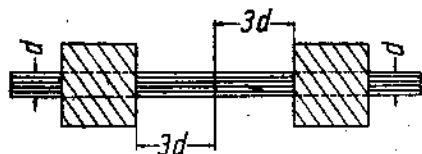


Рис. 92. Выступающие из зажимов концы латуни или бронзы.

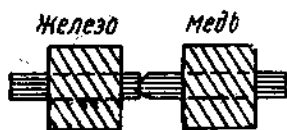


Рис. 93. Выступающие из зажимов концы меди.

Металл поддается сварке с большим трудом и для сварки требуется весьма равномерное давление, что наиболее хорошо достигается помощью действия груза. Давление не должно прекращаться, пока сварка достаточно не затвердеет, чтобы избежать образования трещин при охлаждении.

Чугун. Так как чугун при нагреве очень быстро переходит из твердого состояния в жидкое, он может подвергаться сварке только при малых сечениях.

Медь. Условия примерно те же, что при сварке латуни. В случае очень малых сечений рекомендуется, чтобы каждый конец выступал из



—Рис. 94. Выступающие из зажимов концы железа и меди.

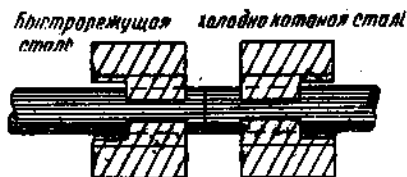


Рис. 95. Зажим быстрорежущей стали, навариваемой на прутки стали обыкновенной.

зажима на величину равную двойному диаметру, как показано на рис. 93. Медь, латунь и алюминий являются настолько хорошими проводниками, что они требуют более длительного времени для нагрева. Так как все эти металлы быстро переходят в жидкое состояние при нагреве до температуры плавления, обжатие должно производиться быстро и давление не должно быть слишком сильным. При правильно примененном обжатии весь перегретый металл будет выдавлен из шва и в результате получится хорошая прочная сварка. Медь удовлетворительно сваривается с мягким железом при обработке на конус конца медного стержня для уменьшения его сечения (рис. 94).

Быстрорежущая сталь. Одним из весьма существенных применений сварки в смысле получающейся экономии является приварка рабочей

части инструмента из быстрорежущей стали к державкам из обыкновенной машиноподелочной стали при производстве режущего инструмента. Многие фабриканты инструмента применяют с большим успехом сварку по методу сопротивления для приварки дорогих режущих частей инструмента к дешевым державкам. Если эта работа выполняется на аппарате для сварки встык, то конец быстрорежущей стали должен выступать из зажима, примерно на $\frac{1}{3}$ по сравнению с выступающим концом державки, как показано на рис. 95. В случае, если свариваемые части — неодинакового сечения; необходимо уменьшить большее сечение, как показано на рис. 96. Режцы для токарных и строгальных станков иногда навариваются на аппарате для сварки точками, однако в случае отсутствия точечного аппарата для этой работы также может быть применен аппарат для сварки встык со специальными зажимами, как показано на рис. 97.

Хорошо известно, что для сварки по методу сопротивления флюс не является необходимым, но в этом случае, применение раствора буры для по-

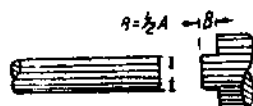
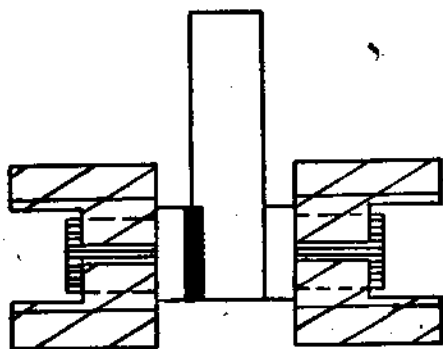


Рис. 96. Подготовка для сварки встык брусков неодинакового сечения.



Пластинки быстрорежущей стали

Рис. 97. Специальные зажимы для наплавки пластин быстрорежущей стали.

гружения свариваемых кусков часто повышает качество сварки. После того как сварка закончена, инструмент должен быть немедленно отожжен. Для отжига необходимо подвергать нагреву все изделие.

Некоторые заводы, производящие таким способом инструменты в значительных количествах, имеют большие хорошо оборудованные печи, специально построенные для отжига инструмента после сварки. Также следует в этом случае уделять серьезное внимание подготовке кусков стали к сварке. Один завод производил подготовку кусков к сварке, обрабатывая их на фрезерном станке, и ему пришла мысль, что он может получить значительную экономию, заменив подготовку на фрезерном станке подготовкой на наждачном круге. Он произвел опыт, но в то же время проделал тщательное испытание сварки. После окончания сварки инструмент сбрасывался с высоты около 1 м так, что концами он ударялся о два камня, расположенные на определенном расстоянии один от другого. Завод нашел, что сварка после подготовки на наждачном круге давала около 85% брака, в то время как сварка после подготовки на фрезерном станке брака почти не давала.

Свинец. При сварке свинца с оловом или даже при сварке в торец свинцовых труб может быть получен хороший результат. Металл имеет очень низкую точку плавления и не меняет заметно цвета при нагреве до сварочного жара, так что указателем его температуры является толь-

ко его пластичность. Лучшие сварки получаются, если свариваемые концы будут скошены для уменьшения сечения в шве.

Сталь. Как уже указывалось, при сварке стали по методу сопротивления температура не должна подниматься до точки плавления, вследствие чего требуется применение значительного усилия для надлежащего сдавливания концов. В случае сварки стальной проволоки возникает опасность получения хрупкого материала в месте сварки, вызываемого сильным охлаждающим действием зажимов, поэтому аппараты, предназначенные для указанной цели, снабжаются приспособлением для электрического отжига проволоки на небольшом расстоянии по обе стороны от места сварки. Присадка к стали небольшого процента никкеля не только делает более легкой сварку, но и дает материал, обладающий большей прочностью на растяжение.

Олово. Олово не представляет затруднений при сварке, но сечения свариваемых концов должны уменьшаться для уменьшения силы тока, требуемой для нагрева концов до сварочного жара.

Цинк. Сваривается при тех же условиях как и олово и часто сваривается в комбинации с последним.

При сварке нежелезных металлов окисление и чрезмерный нагрев могут быть устранены маленькой стружкой воды, направленной на горячую поверхность. Эта стружка образует вокруг сварки оболочку перегретого пара. Сварщик должен стараться избегать слишком большого давления, так как уменьшением величины утолщения будут достигаться экономия времени и материала.

Когда это возможно, свариваемые встык концы деталей однородного материала должны иметь одинаковые сечения. В случае, если желательна сварка неодинаковых сечений, большее сечение должно быть уменьшено, как это рекомендовалось для приварки высокоуглеродистой стали к малоуглеродистой державке, или аппарат для сварки встык может быть сделан с двумя трансформаторами, один из которых будет давать ток для подогрева детали большего сечения и другой будет давать ток для сварки.

Многие работы, которые исполняются по способу точечной сварки, могут быть осуществлены на аппаратах для сварки встык при помощи специальных зажимов, как это было указано при рассмотрении сварки быстрорежущей стали. При сварке этим способом меди, стали или латуни один из зажимов должен быть коническим и оба зажима должны быть коническими для сварки оцинкованного железа. Так как сварка встык обычно производится при горизонтальном расположении деталей, а сварка точками при вертикальном положении электродов, то это применение аппаратов для сварки встык ограничено деталями, которые могут поддерживаться в требуемом положении, не вызывая быстрой утомляемости сварщика.

Изменения сварки встык. Угловая сварка. Прямые стержни могут свариваться под любыми углами и эта работа не представляет затруднений, лишь бы материал был надлежащим образом нарезан, чтобы он легко обрабатывался на аппарате. Рис. 98 изображает хорошее устройство зажимов для угловой сварки. Таким же порядком свариваются тонкие трубки при изготовлении щитов от ветра, за исключением того, что измененная конструкция аппарата делает излишним скашивание конца свариваемой трубки, лишней металл просто выцavляется. Это

значительно понижает стоимость подготовки материала для сварки.

Автоматическая сварка встык. Это название дается сварке встык, которая производится быстро с применением большой силы сдвигания концов во время сварки и большой силы сварочного тока, который автоматически выключается при движении зажимов при обжатии или каким-либо другим

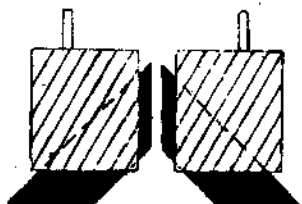


Рис. 98. Устройство зажимов для угловой сварки встык.



Рис. 99. Зажатие свариваемых встык кусков и вид законченной сварки.

способом. Иногда эта сварка называется сваркой при плотном контакте.

Сварка оплавлением. Это название дается сварке встык, при которой процесс протекает в таком порядке: сначала дается легкий контакт, после чего свариваемые детали немного раздвигаются до образования потока искр и затем с большим усилием сдвигаются. Искрообразование дает достаточное количество тепла для расплавления части металла по поверхностям свариваемых концов. Этот расплавленный металл при сжатии выдавливается из шва в виде грат.

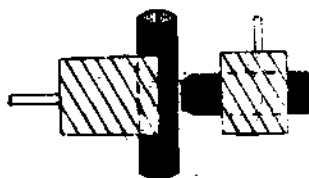


Рис. 100. Сварка встык под прямым углом.

После снятия грат остается только небольшое утолщение, которое должно быть снято, если желательно иметь всю деталь гладкой и одинаковой толщины. Рис. 99 показывает, как следует зажимать свариваемые по методу оплавления куски и как выглядит законченная сварка. Метод применяется при сварке деталей из тонкого материала, деталей с неровно обрезанными концами, при сварке труб и при сварке плоских деталей с длинными швами.

Сварка толчком. Когда стержни, трубы и т. п. свариваются под прямым углом (Т-образно), метод называется сваркой толчком. Для этой сварки применяется повышенное вторичное напряжение и сварка получается мгновенно. Рис. 100 показывает, как закладываются в зажимы детали и как конец одной детали заделывается на конус для увеличения сопротивления.

Т-образная сварка. Если желательно сварить Т-образно два куса полосового материала, то необходим специальный аппарат, так как одна из деталей должна зажиматься в два зажима, как показано на рис. 101. Участок детали между зажимами подогревается током; прежде чем применить нагрев для получения сварки между обеими деталями.



Рис. 101. Т-образная сварка встык.

Сварка осадкой. Сваркой осадкой называется сварка встык, выполняемая при нагреве, достаточном только для доведения концов дета-

лей до сварочного жара, причем этот нагрев производится медленно при значительном давлении, которое вызывает осадку материала около шва. Рис. 102 показывает, как должны зажиматься концы и как выглядит сварка осадкой. Сваренная деталь получается с утолщением шва и эта сварка некоторыми практиками считается более прочной чем сварка оплавлением.

Однако этот способ сварки неприменим для металлов, которые понижают свои качества после нагрева до высокой температуры. Такие металлы должны быстро нагреваться и сдавливаясь достаточно сильно, чтобы весь перегретый металл выдавливался из шва.

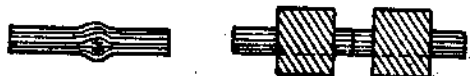


Рис. 102. Зажим и вид сварки осадкой.

Подогрев при сварке встык по методу сопротивления. Если должны быть сварены встык две детали, одна из которых требует для нагрева значительно больше времени, чем другая, как это имеет место при Т-образной сварке, получается затруднение, которое не может быть легко устранено специальной конструкцией аппарата. Затруднение устраняется наиболее просто применением специального приспособления для подогрева, как изображено эскизно на рис. 103.

Это просто медная вставка, достаточно больших размеров, чтобы перекрыть без касания ту деталь, которая требует для нагрева меньше времени. Таким образом получается соединение между медным зажимом с быстро нагревающейся деталью и деталью, которая должна быть подогрета.

Таким образом ток будет подогревать только эту последнюю деталь. Когда деталь будет нагрета почти до температуры плавления, приспособление для подогрева убирается, детали приводятся в соприкосновение и свариваются обычным способом.

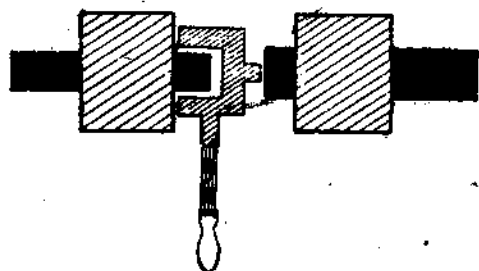


Рис. 103. Приспособление для подогрева.

Наставления для работ по сварке встык. Неудовлетворительная сварка встык плоского материала часто получается из-за плохой подготовки деталей,

как например при обрезке одного конца под прямым углом и оставлении другого конца в том состоянии, как он получен с прокатного завода. Обычно в результате получается «холодная сварка», так как после закладки деталей в аппаратах свариваемые концы не будут соприкасаться по всей поверхности, а между ними образуется V-образный зазор. Поэтому нагрев начинается неравномерно по всему сечению и некоторая часть сечения будет доходить до сварочного жара только в самый последний момент перед сдавливанием и в зависимости от количества металла, которое будет выдавлено, может достигнуть сварочного жара, а может и не достигнуть. В связи с подготовкой материала можно рекомендовать, чтобы плоские концы срезались слегка наискось так, чтобы получить уменьшение сечения, что понижает время нагрева и устраняет необходимость обдирки наждачным кругом ржав-

тины с концов, как они получаются с завода. Обдирка часто производится так неаккуратно, что тонкие края закругляются и материал снимается даже с тех мест, где он является необходимым.

Серьезным источником неполадок при сварке встык являются грязные электроды. Это обстоятельство обнаруживается, если вылетающие из шва искры имеют тенденцию менять направление и интенсивность. Качество сварки может быть испытано растяжением на прессе, изломом в тисках или исследованием продольного разреза под микроскопом. Недостатки могут происходить и от каких-либо других причин, которые находятся вне влияния сварщика. Например сварка встык высокоуглеродистой стали может оказаться неудовлетворительной вследствие неправильной термической обработки. Также следует избегать брать аппараты для сварки по методу сопротивления недостаточной мощности. Сварка не должна производиться на аппарате, который нагревает изделие слишком медленно, в особенности если сварщик работает сдельно. Естественно, что он стремится достигнуть максимальной производительности — и если аппарат не работает достаточно быстро, он может применить сдавливание, прежде чем детали достаточно нагреты. В результате получится высокий процент брака.

Мощность аппаратов для сварки встык вполне определяется площадью поперечного сечения свариваемых деталей; здесь форма сечения является весьма существенным фактором. Это является причиной привлечения для консультации инженера, опытного в проектировании и эксплуатации этих аппаратов, всякий раз когда желательно изготовить аппарат, который обрабатывал бы значительно различающиеся изделия.

Если площади сечения будут примерно одинаковы, а формы различные, то возможно, что вопрос будет только в изменении зажимов. Узкие зажимы аппарата применяются для сварки тонкого плоского материала, так как в этот случай мы будем иметь большую контактную поверхность между зажимами и изделием, и требуемое сжатие при сварке будет незначительно в виду незначительной толщины материала; таким образом возможность выскальзывания материала из зажимов при сжатии будет весьма мала. Если же сечения будут концентрированные (компактные), то контактная поверхность между изделием и зажимом будет меньше и выскальзывание материала из зажимов при сжатии может произойти легко. Поэтому в случае таких сечений зажимы должны быть более сильными и в то же время, если аппарат должен давать большую производительность, зажимы должны приводиться в действие легко и быстро.

Иногда при сварке встык получаются затруднения вследствие коррозии медных зажимов, в которые закладываются свариваемые детали. Конечно, это понижает проводимость и вызывает нежелательные изменения требуемого количества тепла. Чтобы избежать частой замены медных зажимов, на них могут быть наложены пластинки из алюминия или в некоторых случаях они могут быть покрыты хромом.

Способ Лорена (рис. 103а). Способ этот был введен в 1897 году и нашел применение для сварки стыков на трамвайных рельсах; на ряде самых крупных трамваев САСШ уложено свыше 800 000 таких стыков. Способ состоит в приварке к шейке рельс с обеих сторон по бруску поперек стыка. Бруски прикреплены к шейкам рельсов тремя сварками: первую делается сварка непосредственно над концами рельс, а осталь-

ные две сварки на концах брусков. Рельсы в месте сварки, а равно бруски должны быть очищены. Затем ставят бруски на месте по обе стороны шейки и прижимают к ним струбцинками зажимы трансформатора переменного тока по обе стороны шейки. Прижатие зажимов делается помощью больших рычагов, так что можно произвести на них гидравлическое давление для сильного прижатия брусков к рельсам по достижении сварочной температуры. По укреплении зажимов ток от генератора мощностью в 220 квт пускают в сварочный трансформатор, который понижает напряжение тока до 7 вольт при 24 000 А. Помощью утолщений или выступов ток концентрируется лишь на небольшом куске брусков с внутренней их стороны, так что нагрев сосредоточен только на частях, прилегающих к шейке рельс. Минуты через 2½ — 3 достигается сварочная температура, после чего части сжимаются давлением около 35 т. Площадь сварки в каждом отдельном случае около 22,5 см².

По окончании средней сварки и раньше чем бруски остынут, производят сварку концов брусков. Однако при последней сохраняют нажим в течение 2 — 3 мин. до охлаждения металла ниже температуры каления; это производит такое же действие, как проковка молотом, и дает чрезвычайно вязкую, прочную сварку. По окончании приварки брусков передвигают прибор к следующему стыку и восстанавливают поверхность катания рельсов шлифовальным станком.

В случае сварки на старых путях рельс, на который накатываются колеса, слегка поднимают, для того чтобы при шлифовке получить правильную поверхность катания снятием металла по обе стороны поврежденного места. Для дальнейшего усиления рельс у стыков во время сварки средней части приваривают подпорку, пригнанную снизу к головке рельс и дающую ей опору у стыков. Бруски в 25 мм толщины и 89 мм ширины выдерживают усилие на разрыв около 150 000 кг, а в отдельных случаях стыки выдерживают свыше 180 000 кг (это было предельным усилием для данной разрывной машины). Такая прочность считается вполне достаточной для всех напряжений, вызываемых в стыках разностью температуры в самые жаркие дни летом и самые холодные зимой. Там, где приходится проводить в широких размерах восстановительные работы на старых или новых прокладываемых путях, этот способ, как показывает опыт, дает дешевое и удовлетворительное изготовление стыков.

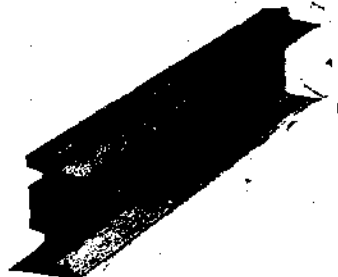


Рис. 103а. Сварка стыков по способу Лорена.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

СВАРКА ШВОМ.

Сварка швом. Этот метод в некоторой степени соединяет особенности сварки встык и точками. Он применяется для соединения непрерывным швом кромки с кромкой металлических листов или пластин,

как например при сварке продольных швов металлических труб.

Аппараты для сварки швом по методу сопротивления разработаны очень хорошо, но их применение ограничивается сваркой тонкого материала и коротких швов, хотя известно, что некоторые заводы стальных труб усовершенствовали специальные аппараты для своего производства что значительно понизило стоимость продукции.

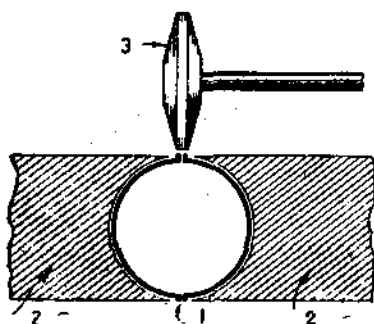


Рис. 104. Роликовый электрод при сварке швом.

1 — свариваемый материал, 2 — зажимающий электрод, 3 — роликовый электрод.

Это является быстрым и экономичным способом сварки швом стальных и латунных листов небольшого размера. При невнимательном отношении к работе сварщика или при аппарате, не вполне соответствующем материалу, в местах, где электроды проскальзывают, будут обнаруживаться дыры. Свариваемый материал должен быть очень тщательно очищен и должен надежно держаться аппаратом, чтобы получилась хорошая сварка.

Новейшее усовершенствование в области электрической сварки швом по методу сопротивления состоит в применении прерывистого тока. Если сварочные ролики находятся непрерывно под током, то с успехом могут свариваться только короткие швы и очень тонкий материал.

С целью распространения сварки на более длинные швы и более толстый материал был применен метод сварки с так называемым прерывистым движением ролика. При этом методе ролик движется прерывисто, т. е. движение ролика через определенные промежутки времени прерывается также на определенный период. В периоды остановки на ролики подается напряжение и получается сварка. Во время движения роликов ток выключается. Этот метод дает прекрасную сварку, но при сравнительно малой скорости. Наибольшая скорость — примерно 750 мм в минуту.

Метод двойной скорости рассматривался как серьезное достижение в этой области, так как скорость сварки была значительно повышена

Стандартные аппараты для сварки швом обычно снабжены двумя электродами, имеющими форму, как показано на рис. 104 и 105. На рис. 104 одним электродом является ролик, а другой электрод присоединен к свариваемому изделию и ролик прокатывается по шву. На рис. 105 оба электрода представляют собою сходящиеся ролики, прижимающиеся к кромкам свариваемых листов.

Следует отметить, что такое расположение роликов может быть легко приспособлено к сварке и плоских листов и труб. На обоих рисунках изображены сечения свариваемых изделий. Изделие проходит под роликами, ток замыкается через кромки листов и таким образом получается сварка непрерывным швом.



Рис. 105. Сходящиеся роликовые электроды.

против метода прерывистого движения ролика и сварка получалась того же качества.

Метод прерывистого тока был разработан, когда было найдено, что листы толщиной до 1,5 мм могут с успехом свариваться практически при любой длине швов, если ток будет прерываться через короткие интервалы. Это прерывание осуществлялось вначале соленоидным и впоследствии механическим прерывателем.

Соленоид включается через контакты коммутатора, сцепленного с приводным механизмом. В механическом прерывателе применяется кулачок, который действует на коленчатый рычаг и таким образом разрывает контакты.

Далее приведено описание аппарата для сварки швом (рис. 106), который сваривает материал, толщиной 1,5 мм и меньше. Длина прямых швов сосудов будет зависеть от вылета электродов аппарата. Трансформатор этого аппарата имеет мощность 50 киловатт. Для регулирования нагрева применяется 9-ступенчатый переключатель. Трансформатор имеет воздушное охлаждение через боковые и задний щиты аппарата.

Вторичная обмотка этого трансформатора набрана из тонких медных полос и допускает большую нагрузку током, благодаря хорошему воздушному охлаждению. Приводный механизм расположен на крыше корпуса, в котором смонтирован трансформатор, и состоит из приводимой в движение мотором червячной передачи, комплекта сменных зубчаток, вращающегося валика с универсальным сцеплением с передней частью верхнего электрододержателя, откуда помощью двух пар конических зубчаток приводится во вращение верхний сварочный ролик.

Нижний электрододержатель представляет собою проводящий ток кронштейн, который соединяется с нижним концом вторичной обмотки трансформатора. Делаются два различных нижних электрододержателя для прямого и кольцевого шва. Верхний ролик поворачивается на 90°, чтобы располагаться соответственно нижнему ролику при сварке прямых и кольцевых швов. Оба ролика имеют водяное охлаждение. Искос сварочных роликов незначителен и они могут легко сниматься и приводиться к первоначальной форме. Благодаря применению универсального сцепления и телескопического валика педаль может располагаться по четырем направлениям. Сжимающая пружина смонтирована вдоль верхнего электрододержателя, легко доступна и быстро настраивается на любое желательное давление.

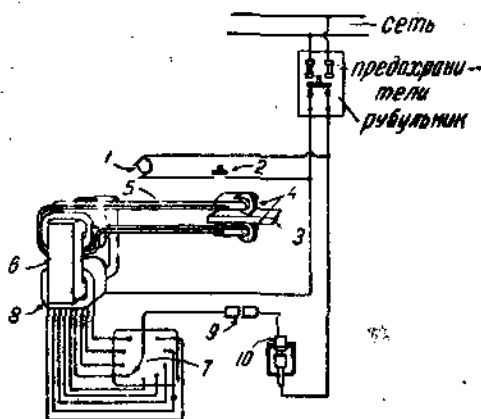


Рис. 106. Схема аппарата для сварки швом.

1—мотор для вращения ролика, 2—передача для мотора, 3—свариваемое изделие, 4—ролики, 5—вторичная обмотка, 6—сердечник трансформатора, 7—секционный переключатель, 8—первичная обмотка, 9—выключатель первичного тока, 10—прерыватель.

Чтобы при сжатии роликов между роликами и свариваемым предметом не получалось искрообразования, устраивается автоматически действующий выключатель первичной цепи, заблокированный с педалью и так отрегулированный, что он замыкает цепь только тогда, когда свариваемое изделие будет зажато между роликами. То же самое будет происходить при освобождении роликов. Другими словами выключатель должен разомкнуть цепь раньше, чем ролики освободят изделие.

Кулачковый прерыватель может прерывать ток от 300 до 1 200 раз в минуту. Это необходимо, чтобы иметь надлежащее число прерываний для различного рода материалов и для разного характера работ. Если требуется изготовить сосуд, подвергающийся испытанию давлением, необходимо большее число прерываний, в то время как только прочный шов получается лучше при меньшем числе прерываний, дающем большую продолжительность каждой сварки. Скорость, с которой аппарат будет производить сварку, может меняться в значительных пределах благодаря смене зубчаток. Стандартные зубчатки аппарата дают скорость сварки от 180 до 360 см в минуту.

Важность иметь чистый материал была указана при рассмотрении сварки точками — и здесь должна быть отмечена также отчетливо.

Сварка швом получается и при грязном и покрытом окалиной материале, но в результате получается не такое ровное, чистое соединение, какое получается при сварке чистого материала. Если роликовые электроды не будут хорошо чиститься, на них будет налипать значительное количество окалины и контакт между электродами и листом будет несовершенный, вследствие чего будет получаться неравномерный нагрев и образование углублений и прожиганий материала. Прочность сварки также будет понижена из-за включения окислов. Все эти неблагоприятные обстоятельства могут быть устранены правильной очисткой свариваемого материала. Это производится различными средствами: наждачным кругом, пескоструйным аппаратом или травлением — соответственно условиям работы.

Конструкция цельных стальных автомобильных корпусов дала толчок развитию сварки швом по методу оплавления. Наблюдается тенденция отдавать предпочтение сварке оплавлением перед сваркой встык с осадкой. Этого типа аппарат соединяет задние листы закрытого кузова автомобиля. Задняя стенка кузова устанавливается между двумя сварочными аппаратами; полное устройство состоит из двух аппаратов для сварки встык, смонтированных на одном основании. Каждый аппарат имеет трансформатор мощностью 200 киловатт. Зажимающее устройство управляется воздушными цилиндрами, рассчитанными на работу от трубопровода сжатого воздуха, имеющего давление около 5 атмосфер. Этот аппарат сваривает оплавлением шов длиной 140 см приблизительно в 5 секунд.

Сварка швом мостиком. Если при сложенных встык кромках вдоль шва будет приварена полоса или лист, такая сварка будет называться сваркой швом мостиком.

Сварка швом встык. Если сложенные плотно кромки постепенно свариваются встык, сварка называется сваркой швом встык. Обычно ток подводится двумя медными роликами.

Сварка швом внахлестку. Когда сварка сделана в форме шва внахлестку, она называется сваркой швом внахлестку. Ток может подаваться двумя роликами или одним роликом и одним неподвижным контактом.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

СВАРКА ТОЧКАМИ.

При сварке точками материал располагается между двумя медными электродами, закрепленными на концах двух держателей. Электроды под действием ноги или приводного движущего механизма плотно зажимают свариваемый материал. После этого включается ток. Медь, являясь хорошим проводником, представляет малое сопротивление проходящему по ней току, который должен пройти также через включенный в цепь свариваемый металл. Этот металл является плохим проводником, поэтому при пропускании через него большой силы тока он будет быстро нагреваться. Когда будет получен нагрев до требуемой температуры, электроды сильно сдавливаются рукой, ногой или автоматически — и сварка закончена. Рис. 107 представляет схематически существенные части аппарата для сварки точками.

В случае автоматического управления включение и выключение тока и подача необходимого при сварке давления осуществляются автоматически управляющим механизмом, который лучше приводить в движение электрическим мотором с регулировкой скорости. В этом процессе ток пропускается только через определенную точку, точно требуемой силы и в течение определенного промежутка времени. В зависимости от степени нагрева и быстроты, с которой может выделяться тепло, при сварке несложных изделий из тонкого материала могут быть получены несколько тысяч сварок в час, тогда как при сварке громоздких изделий или толстого материала число сварок сильно ограничивается в зависимости от времени, расходуемого на установку изделия в аппарат, и дополнительного времени, требуемого на процесс сварки.

Область применения. Практически точками сваривается главным образом листовая материал и большей частью малых толщин, поэтому обычно имеют место незначительные различия в подготовке материала и пронаводстве работ. Затруднения могут встречаться при сварке изделий такой формы, когда они охватывают один из электродов, как при сварке продольного шва труб. В этом случае в металле возникают магнитный поток и индуктированный ток, который будет понижать мощность аппарата. Практически это обстоятельство не может быть устранено и поэтому приходится просто делать аппарат на большую мощность, чем это обычно требуется для сварки такого материала. Большая мощ-

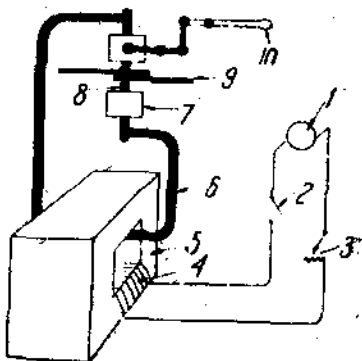


Рис. 107. Схема аппарата для сварки точками.

1 — альтернатор, 2 — выключатель, 3 — регулируемое сопротивление, 4 — первичная обмотка, 5 — сердечник, 6 — вторичная обмотка, 7 — электрододержатель, 8 — электрод, 9 — напелле, 10 — рычаг.

ность требуется также при сварке материала с недостаточно хорошо очищенной поверхностью, но в данном случае будет рационально производить очистку материала. Материал также должен быть совершенно плоским, т. е. свободным от утолщений и выпучин, чтобы получался хороший плотный контакт без применения слишком сильного механического давления. Электроды должны работать при возможно малом давлении, так как они обычно делаются из меди или медного сплава и легко изнашиваются. Конец электрода аппарата для сварки точками является единственной частью, которая требует частого исправления и замены.

В последующем изложении будет отмечено, что свариваемые точками металлы должны обладать значительным электрическим сопротивлением, так как без этого сопротивления не может быть получено значительное количество тепла, требуемого для сварки.

Алюминий. Алюминий является прекрасным проводником тока и металлом, который трудно поддается сварке за исключением процесса ударной сварки.

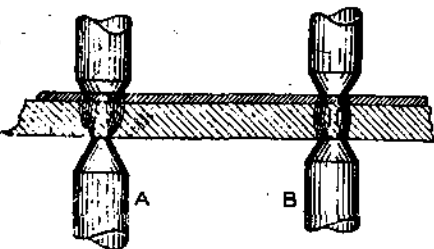


Рис. 108. Распределение тепла при двух формах электродов.

Если на электроды напаять эльконитовые наконечники или вставки, то алюминий будет легко свариваться точками.

При сварке алюминия не требуется удалять со свариваемых поверхностей естественную окись, которая образуется, когда алюминий подвержен влиянию воздуха. Материалы разной толщины, например листы 1,5 мм и 6 мм, хорошо свариваются, если применять со стороны

тонкого листа электрод с большей контактной поверхностью, а со стороны толстого листа — электрод с меньшей контактной поверхностью, как показано на рис. 108 слева.

Когда сваривают металлы разной толщины (рис. 108), пути тока выгибаются, как показано кривыми линиями; место наиболее интенсивного нагрева будет находиться в наиболее суженной части двух внутренних пунктирных линий. Если оба электрода имеют одинаковый диаметр поверхности контакта (рис. 108 справа), концентрация тепла имеет место внутри толстого листа — и в результате получается плохая сварка или значительное коробление толстого материала.

Перед сваркой все материалы должны быть очищены от масла и грязи, те же, которые имеют значительный слой окалины в местах, подлежащих сварке, должны быть очищены пескоструйным аппаратом или шлифовальным кругом.

Латунь. Латунные листы могут свариваться между собой или со стальными листами, если содержание меди в них не больше 60% или применяются электроды с эльконитовыми наконечниками. То же самое относится к бронзе и другим медным сплавам.

Медь. Некоторые сорта меди могут свариваться точками при применении эльконитовых или вольфрамовых электродов.

Оцинкованное железо. Для сварки листов оцинкованного железа требуется несколько большее время, чем для сварки других сортов

железа, но сварка может быть получена весьма хорошая. Однако возникает опасение прожигания листов, если производится сварка очень тонкого материала. Не следует пытаться сваривать листы оцинкованного железа толще 0,5 мм.

Немецкое серебро. Если аппарат сконструирован так, что нагрев до сварочного жара будет достигаться очень быстро, то не будет затруднений для получения хорошей сварки немецкого серебра.

Быстрорежущая сталь. Вопрос о приварке куонков быстрорежущей стали к державкам холоднокатаной стали обсуждался в предыдущей главе о сварке встык. Эта приварка может производиться и на аппарате для сварки точками, когда при изготовлении резцов для токарных и строгальных станков требуется наваривать небольшие пластинки быстрорежущей стали на державки из холоднокатаной стали. Если сварка хорошо сделана, этот инструмент может работать до тех пор, пока пластинка не износится до толщины бумаги.

При сварке толщина пластинки быстрорежущей стали должна быть от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ толщины инструмента в месте сварки, так как быстрорежущая сталь имеет большое электрическое сопротивление и следовательно нагревается более быстро. По достижении температуры сварочного жара ток выключается и дается сильное давление для сжатия свариваемых частей. При производстве такого рода работ нагрев и давление слишком велики для медных электродов, поэтому необходимо охлаждать электроды, пропуская через них струю охлаждающей воды. Рис. 109 показывает зажимное приспособление, которое может применяться, если необходимо иметь пластинку быстрорежущей стали тоньше, чем это было указано выше. Это приспособление будет препятствовать слишком быстрому нагреву в точке *a* мало-

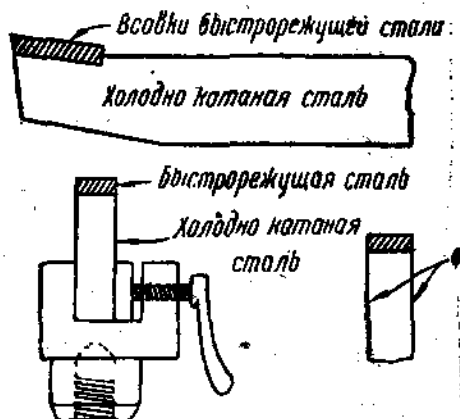


Рис. 109. Зажимное приспособление при очень тонкой пластинке быстрорежущей стали.

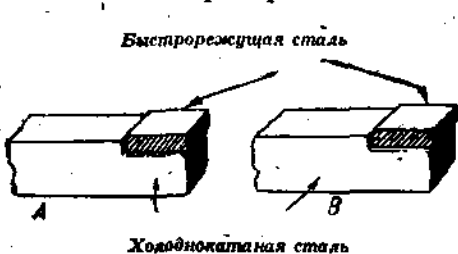


Рис. 110. Подготовка к сварке нанесением канавок.

углеродистой стали и следовательно изгибу при сжатии. Рис. 110 иллюстрирует способ нанесения на металл канавок, что практикуется при сварке толстого материала, для увеличения плотности тока в контакте и уменьшения требуемой силы тока. Способ производства сварки показан на рис. 111. Следует особенно наблюдать, чтобы свариваемые части были чисты. Прежде чем давать давление, необходимо убедиться, что они достаточно нагреты.

Сталь. Точками могут свариваться почти все сорта стали. Во время

мировой войны были получены хорошие результаты при сварке вместо клепки толстых судовых листов.

Монель-металл. То же, что и немецкое серебро.

Олово. Оловянные листы на точечном аппарате свариваются очень быстро и хорошо. То же относится к луженым железным листам.

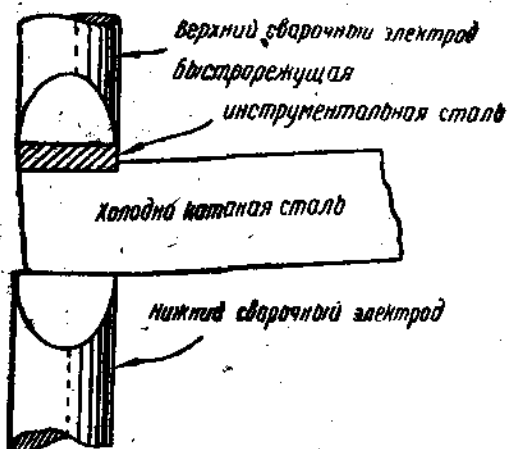


Рис. 111. Приварка пластины.

будет сгорать, прежде чем толстая деталь достигнет температуры сварочного жара, вследствие чего получится неудовлетворительная сварка и нездоровая структура. Рис. 113 показывает прочный стальной хомут, расположенный снаружи верхнего электрода для сдавливания толстых металлических пластин перед включением тока. За последние 4 года были требования на аппараты для сварки точками толстых плит, какие встречаются в конструкциях грузовых автомобилей и судов. Сварка таких плит требует больших аппаратов, способных давать сварочный ток до 100 000 ампер и снабженных приспособлениями для получения давления до 2 000 кг/см² контактной поверхности электрода. При сварке такого толстого материала плиты со стороны шва не чистятся, а чистятся только с той стороны, которая контактируется с электродами. Сами электроды доставляют много хлопот, так как они при такой тяжелой работе очень быстро изнашиваются. Это затруднение устраняется при впайке в концы электродов вставок из эльконита.

Конечно наиболее просто сваривать тонкие листы. Рис. 114 показывает два способа расположения материала и способ сварки перекрывающимися точками для образования непрерывного шва, а рис. 115 — операцию сварки встык, производимую на точечном аппарате. Смон-

Цинк. Также как немецкое серебро. Требуется меньше времени и меньшее давление, чем при сварке стали.

Практика сварки. Изменения в составе, форме и толщине материала требуют проявления большой изобретательности для снижения расходов по производству работ и повышения качества самой сварки.

Если одна из свариваемых деталей толще чем другая, то хорошей подготовкой будет такая, которая изображена на рис. 112. Без применения приспособления, подобного указанному, более тонкая деталь будет нагреваться значительно быстрее и

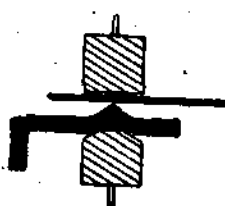


Рис. 112. Подготовка к сварке при неравной толщине свариваемых деталей.



Рис. 113. Сдавливание толстых свариваемых листов стальным хомутом на электроде.

струированы автоматические аппараты, которые производят сварку с удивительной скоростью. Работая на автоматическом аппарате, сварщик нажимает один раз ногой на педаль — и аппарат дает одну сварку, если же сварщик будет держать педаль нажатой, то одна сварка будет следовать за другой через равные промежутки времени, зависящие от скорости, на которую настроен аппарат. Такая автоматизация значительно понижает стоимость работ и уменьшает брак от прожигания или не-

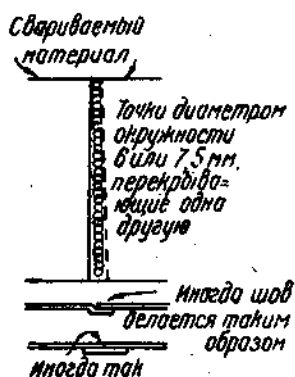


Рис. 114. Способы расположения материала.

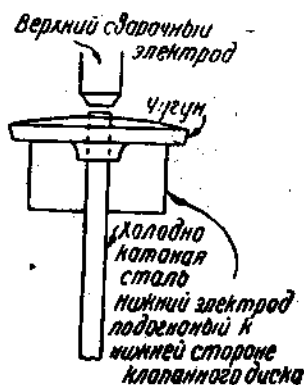


Рис. 115. Сварка встык на точечном аппарате.

удовлетворительной сварки, происходящей вследствие невнимательной работы сварщика.

При сварке точками на металле толщиной более 0,5 мм остаются небольшие углубления, которые мешают отделке изделия. Для устранения этих углублений с лицевой стороны изделия применяют плоский электрод и с другой стороны более заостренный.

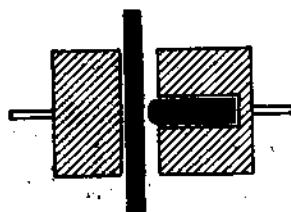


Рис. 116. Расположение электродов при сварке встык на точечном аппарате.

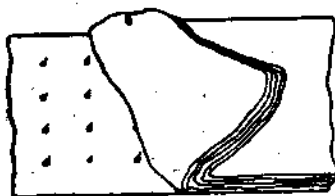


Рис. 117. Войлок накладывается на лист с приваренными гвоздями.

В некоторых случаях сварка сопротивлением выполняется таким методом, который имеет нечто общее и со сваркой встык и со сваркой точками. Рис. 116 показывает расположение электродов для производства такой сварки. Таким образом могут привариваться болты или стержни к плитам или трубам.

Очень интересное применение точечной сварки изображено на рис. 117. Оно дает экономичный способ заполнения войлоком пространства между внутренней и наружной обшивками электровозов. Большой сапожный гвоздь вжат в тяжелой медной ручке, которая соединена с трансфор-

матором для точечной сварки. Кнопка, находящаяся на рукоятке, приводит в движение выключатель первичной цепи, давая рабочему возможность полного контроля работы. Головка гвоздя приваривается точкой к наружной обшивке, потом накладывается войлок, на острии гвоздей надеваются шайбы и гвозди загибаются, чтобы удержать шайбы в надлежащем положении.

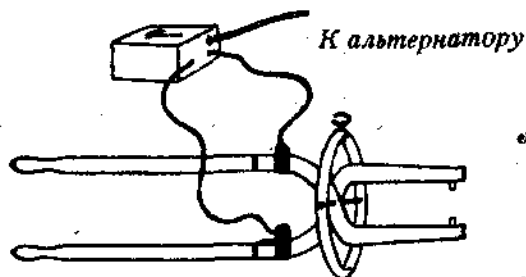


Рис. 118. Переносный аппарат для точечной сварки.

Рис. 118 изображает эскиз переносного аппарата для точечной сварки, пригодного для легкой работы.

Многие из приспособлений, применяемых для преодоления некоторых затруднений, встречающихся при точечной сварке или для увеличения коэффициента полезного действия аппаратов, были стандартизованы в особые классы работ, и это привело к употребле-

блению специальных названий для некоторых из этих приспособлений, которые будут объяснены ниже.

Различные способы сварки. Автоматическая точечная сварка. Это название применяется в точечной сварке, когда применяемое давление, замыкание и размыкание цепи производятся вполне автоматически.

Сварка мостиком. Этот процесс употребляется для соединения тонких листов кромка с кромкой, без нахлестки и без уменьшения размеров свариваемых деталей, как это имело бы место при сварке встык. Листы складываются в надлежащем положении и затем тонкие полусы или диски привариваются точками вдоль шва.

Рис. 119 показывает законченную сварку и правильный и неправильный способы производства работы. Сварка, осуществленная помощью

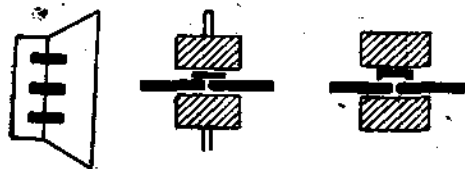


Рис. 119. Законченная сварка и правильный и неправильный способы ее исполнения при сварке мостиком.

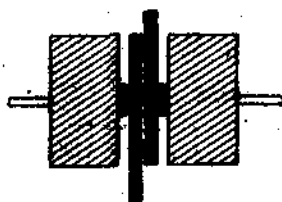


Рис. 120. Сварка точками толстого материала (с прокладкой).

мостика с выступами, как показано на рис. 119 справа, будет гораздо слабее, чем сварка, осуществленная простой плоской полусой или диском.

Сварка с прокладкой. Там, где нужно сварить точками толстый материал, часто желательно найти средства для локализации тока и уменьшения необходимого давления. Для этой цели можно употреблять небольшие металлические диски (выштамповки); на рис. 120 показан один из способов их размещения. Когда сечение, через которое

проходит ток, будет таким образом уменьшено, нагрев материала получится значительно быстрее и частично расплавленные диски легко вгоняются в шов, образуя хорошую сварку.

Сварка рычагом. Род точечной сварки, при котором свариваемый предмет, состоящий из деталей листового металла, собирается в шаблоне, являющемся одним зажимом вторичной цепи аппарата. Другой зажим вторичной цепи располагается вокруг первого в виде согнутого в кольцо медного стержня или рельса. Сварка производится посредством отдельного медного стержня, который замыкает цепь между кольцом и наделием, как обыкновенный рычаг, и, таким образом, получается необходимый нагрев и давление (рис. 121).

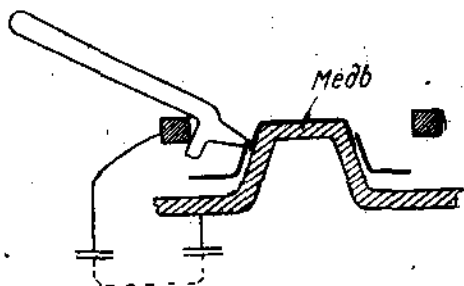


Рис. 121. Способ сварки рычагом.

Сварка с выштамповкой (рельефная). Эта сварка более или менее подобна сварке с прокладкой, только при этой сварке кольцевые выштамповки получаются на одном листе. При этом способе сварки можно употреблять сравнительно легкий переносный аппарат для сварки относительно толстых стальных листов, так как требуются меньшие мощность и время для производства сварки.

Двойная точечная сварка. Сварка, производимая посредством одновременного применения двух трансформаторов на противоположных сторонах свариваемых листов, причем ток проходит последовательно через обе вторичные цепи, производя одновременно сварку двух точек.

Сварка внахлестку. Это название относится к тому случаю, когда листы или детали перекрывают друг друга и свариваются точками.

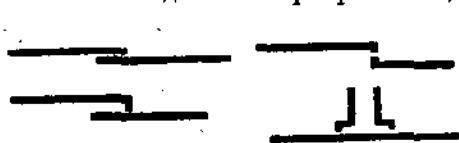


Рис. 122. Сварка точками внахлестку.

Это одна из самых распространенных работ, производимых на аппарате для точечной сварки, и употребляется в этой простой форме большей частью для работы с тонким листовым материалом. Два способа расположения листов были уже показаны на рис. 114 и 115.

Рис. 122 изображает еще несколько наиболее обычных способов. Если требуется сварить толстые листы без специальной подготовки деталей, то для такой работы потребуется тяжелый аппарат большой мощности и на большое давление.

Фигурная сварка (сварка проволочных изделий). Этот термин относится к точечной сварке двух проволок или стержней, расположенных внакладку под углом один к другому, как при изготовлении проволочных корзин для бумаг, каркасов для абажуров и т. д. Рис. 123 показывает выемку в электродах для закладки материала.

Сварка несколькими электродами. Иногда можно сэкономить время, производя одновременно несколько сварок, и в этом случае сварочный аппарат снабжен двумя или больше электродами. Рекомендуется подготавливать материал, как показано на рис. 124. Выступы помогают лока-

ликовать ток. Такой способ применяется для приварки шпилек к листам. Для получения хорошей многократной сварки требуется отдельный трансформатор для каждой сварки.

★ *Точечная сварка несколькими точками.* Вместо того, чтобы употреблять ряд электродов как в предыдущем случае, проще сделать на материале ряд выступов и применить электроды достаточного размера,

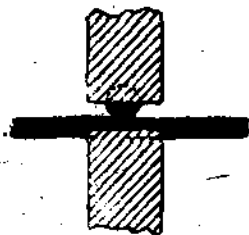


Рис. 123. Сварка проволочных изделий.

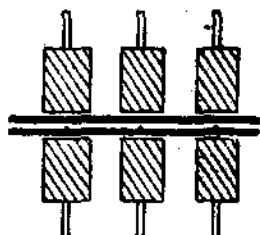


Рис. 124. Сварка несколькими электродами.

чтобы сразу перекрыть несколько выступов. Рис. 125 изображает электроды и подготовку материала свариваемых предметов для двух простых случаев многократной точечной сварки.

Сварка посредством контактных выступов или заострений. Металл, подлежащий сварке, снабжается остроконечными выступами, которые при сварке располагаются один против другого, как показано на рис. 126. Благодаря этому получается меньшая поверхность контакта между свариваемыми листами, что увеличивает сопротивление и дает возможность делать сварку с меньшим расходом времени и мощности. Этот способ сварки называется еще сваркой с выштамповками (рельефной).

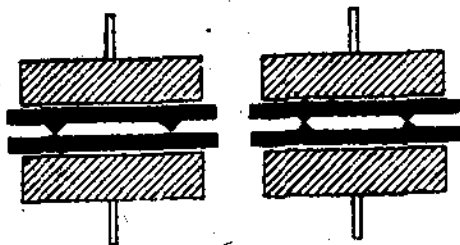


Рис. 125. Точечная сварка несколькими точками.

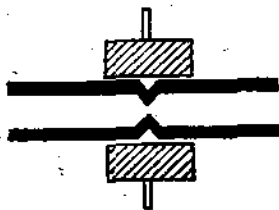


Рис. 126. Сварка посредством контактных выступов.

Сварка с гребневидными выступами. Это то же самое, что сварка с заостренными выступами, с той разницей, что вместо отдельных заострений на выступах свариваемые поверхности снабжаются выступами в виде гребней, которые при сварке соприкасаются крестообразно или под углом, чем увеличивается сопротивление, концентрируется теплота и создается возможность произвести сварку с меньшим расходом времени и мощности.

Сварка швом или линейная сварка. Оба термина применяются для одного и того же способа.

Т-образная сварка. Когда требуется сварить две детали в виде буквы Т, как показано на рис. 127, процесс будет представлять собою комбина-

цию стыковой и точечной сварки. При этом одна из свариваемых деталей помещается в расточку медного электрода или зажима, а другая опирается на электрод как при точечной сварке. Эскиз на рис. 116 изображает другое расположение. Надо обратить внимание на то, что одна из деталей на рис. 127 имеет надрезы, для того чтобы образовать род выступа для локализования тока.

Сварка узлом производится так же, как и сварка мостиком.

Комбинации всех вышеуказанных процессов сварки были изображены для специальных работ. В действительности все аппараты для сварки сопротивлением применяются только для тех работ, для которых они построены. Тем не менее иногда требуется только изменить конструкцию электродов, для того чтобы аппарат мог быть приспособлен для сварки других изделий. Например рис. 128 показывает, как стержни или трубы могут быть приварены точками к железным угольникам при изготовлении решеток или лестниц.



Рис. 128. Способ сварки решеток и лестниц

В этом случае нет необходимости делать углублений в обоих электродах, как при сварке проволоки. Практика показала, что точечная сварка, всюду где возможно применение точечных аппаратов, во всех отношениях выше, чем клепка, и в настоящее время производится исследование для того чтобы добиться более широкого применения точечной сварки для замены клепки в кораблестроении. Но клепка может быть произведена и помощью аппарата для точечной сварки, который служит для нагрева заклепок. Доказано, что этот способ и экономичен и надежен. Затруднение, которое встречалось вначале, заключалось в износе электродов аппарата при осадке головок заклепок. Это затруднение было устранено тем, что стали употреблять медный электрод для нагрева заклепки и затем переходить на стальной штамп для осадки головки. Рис. 129 изображает главные особенности такого устройства.

При дальнейшем развитии стали применять один штамп из сплава эльконита или стальной штамп с эльконитовым сердечником, причем диаметр сердечника приблизительно в два раза больше диаметра стали, подвергающейся осадке.

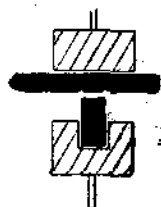


Рис. 127. Т-образная сварка.

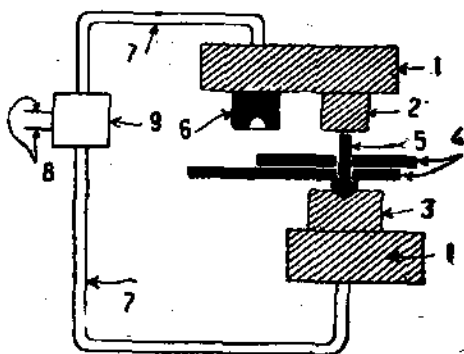


Рис. 129. Клепка при помощи аппарата для точечной сварки.

1 — Нижний электрододержатель, 2 — верхний электрод, 3 — нижний электрод, 4 — свариваемый предмет, 5 — заклепка, 6 — стальной штамп, 7 — вторичная обмотка, 8 — первичная обмотка, 9 — трансформатор.

Рис. 130 изображает положение зажимов при более простом способе клепки аппаратом для точечной сварки, а также употребление зажимов, помещенной между листами и выходящей заостренные концы в стороны обоям отверстий.

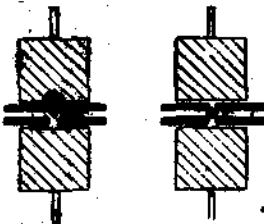


Рис. 130. Более простой способ клепки при помощи аппарата для точечной сварки.

Преимущества процесса точечной сварки следующие: нетрудно сделать соединение, которое прочнее, чем соединяемые детали; большая экономия времени как при самой операции, так и при подготовительной работе; на соединение не влияют последующие применения высокой температуры; операция — чистая и спокойная; ток включается только во время производства сварки; флюса не требуется, так как при этом процессе нет окисления материала.

Аппараты для точечной сварки. Так как для успешной точечной сварки необходимо и тепло и давление, то конструкция аппарата должна быть

такова, чтобы не только получались «нагрев» и «сжатие» вообще, но чтобы можно было точно регулировать каждый из этих факторов в зависимости от меняющихся условий работы.

Рис. 131 изображает типичный аппарат для точечной сварки. Деталь 2 — сердечник сварочного трансформатора; деталь 3 — вторичный виток. Этот виток соединен с двумя электрододержателями, сделанными из тяжелых медных стержней. Один из этих держателей 12 неподвижен, между тем как держатель 10 монтирован на подвижном коленчатом рычаге 1 так, что при движении этого рычага взад и вперед получается относительное движение электрода 11.

Детали 3, 10, 11 и 12 составляют в общем вторичный виток. Когда подвижной рычаг 1 опускается, то электроды 11 приближаются друг к другу, зажимая таким образом изделие. Чтобы произвести вышеуказанное движение, надо нажать на педаль 15. Эта педаль в свою очередь приводит в действие систему рычагов 16, рычаги приводят в действие вертикальную штангу 5, верхний конец которой соединен с задним концом подвижного рычага. Одной из составных частей детали 5 является выключатель 6. Этот выключатель устроен так, что он остается в бездействии, пока электроды разомкнуты. Когда электроды придут в соприкосновение друг с другом и остановятся, давление ноги на педаль

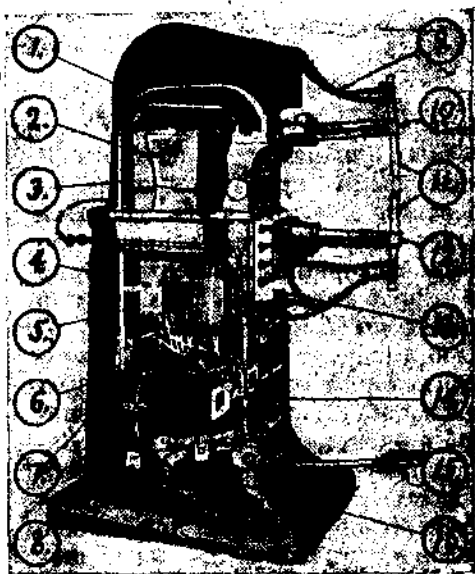


Рис. 131. Аппарат для точечной сварки.

будет сжимать пружину 8, при сжатии пружины диск выключателя 7 двигается вверх, пока он не упрется в два контакта первичной цепи. Дальнейшее движение ноги заставляет диск 7 сойти с места, размыкая таким образом цепь в конце сварки. Когда диск замыкает оба контакта — ток первичной цепи проходит через регулируемую катушку 4. Назначение этой катушки принять напряжение первичной цепи и разделить его так, чтобы часть этого напряжения была передана на первичную катушку верхнего сварочного трансформатора. Таким образом устанавливается известное число вольт на виток во вторичной обмотке.

Шланг 9 служит для подачи воды к сварочным электродам для их охлаждения, так как электроды находятся в соприкосновении с расплавленным свариваемым металлом.

Назначение доски с пазами спереди аппарата, которая обычно называется передней суппортной доской, состоит в том, чтобы дать возможность поставить нижний электродержатель в положение, наиболее удобное для индивидуальной работы. Эта доска также сделана из меди и составляет часть вторичной цепи, так как гибкий виток 3 непосредственно соединен с ней, а нижний держатель 12 соединяется с ней помощью крепления болтами.

Деталь 14 — бортовая доска, на которой расположены все выводы для присоединения внешнего источника тока и переключения регулирующей катушки и верхнего сварочного трансформатора.

Содержание оборудования для точечной сварки. Аппараты для точечной сварки не будут хорошо работать, если нет постоянного наблюдения и ухода за ними. В особенности важно, чтобы все электрические соединения содержались всегда в чистоте и были плотны. Если замечается ослабление нагрева, то необходимо в первую очередь посмотреть, нет ли где-нибудь слабого соединения. Если аппарат работает недостаточно легко, необходимо прочистить и смазать маслом движущиеся части. Особенно необходима чистка контактных поверхностей электродов. Нижний электрод находится все время под наблюдением сварщика, но верхний может загрязниться и быть причиной медленного нагревания, поэтому при первом признаке неудовлетворительной работы следует его немедленно осмотреть. Причиной слишком сильного нагревания может быть неисправность водяного охлаждения, если электроды охлаждаются водой. Следует время от времени прочищать систему охлаждения, что помогает поддерживать аппарат в хорошем состоянии (рис. 132).

Уже говорилось о том, что желательно очищать поверхности свариваемых деталей от ржавчины, окалины и грязи. Если материал чист, то сварка будет свободна от шлаковых включений и раковин и будет производиться при точно установленном количестве тепла, которое будет давать трансформатор. В этом случае также будем иметь минималь-



Рис. 132. Охлаждаемые водой электроды для точечной сварки. (Налево — сплошные медные, направо — из вольфрамовой бронзы).

ный износ электродов и следовательно минимальный расход на их замену. Для устранения лишнего износа аппаратов необходимо как можно подробнее инструктировать сварщиков о сути сварки сопротивлением, чтобы они не пытались устранять все встречающиеся трудности путем налегания с размаху на рычаг аппарата. Они должны давать давление лишь достаточное для того, чтобы металлы нагревались до температуры сварочного жара, и затем выключать ток и производить сварку, давая полное давление.

Если металлы не были достаточно нагреты, то увеличение давления уже не даст хорошей сварки. Также важно принять меры к тому, чтобы не было попыток производить сварку только за счет нагрева, не давая достаточного давления. Это будет вызывать пережог металла и порчу электродов. Во всех случаях следует точно придерживаться инструкции выпущенного аппарата завода относительно режима тока, времени сварки и т. п. для металлов различной толщины.

Аппараты для точечной сварки не требуют особого ухода, но некоторый уход все же необходим, для того чтобы поддерживать аппарат в состоянии, при котором он даст максимальную эффективность в работе. Больше всего в аппарате изнашиваются контакты выключателя и электроды и их особенно следует содержать в хорошем состоянии. Контакты выключателя должны быть установлены на одинаковом расстоянии друг от друга. Электроды должны быть установлены так, чтобы обеспечить требуемое давление при сварке. Следует иметь в виду, что плоский контакт у выключателей затрудняет отвод тепла. Перед началом работы следует убедиться, что диаметры контактных поверхностей электродов имеют надлежащую величину и что нажимное устройство дает требуемое давление. Сильный нагрев электродов вызывает пережог металла, поэтому если электроды слишком накаляются, следует проверить систему водяного охлаждения. Конструкция шва влияет на время, требуемое для получения хорошей сварки, и это следует учитывать при разработке конструкций деталей.

При конструировании также следует принимать во внимание усадку, чтобы изделия получались требуемого размера. Сварщик должен знать, что неправильное положение деталей между электродами будет вызывать неровности на поверхности материала и удорожать отделку.

При испытании точечная сварка не должна вырываться в самой сварке, или около сварки. Если это имеет место, следует металлы в месте сварки и около нее подвергнуть тщательному микроскопическому исследованию.

Специальные сплавы для электродов. При употреблении медных электродов коммерчески было невозможно сваривать точками многие металлы высокой электропроводности, например медь и алюминий. Металлы разной электропроводности при медных электродах также не могли быть удовлетворительно сварены, как например медь с оцинкованным железом. Даже для тех металлов, для которых медные электроды оказываются удовлетворительными, имеется ограничение их применения вследствие того, что чистая медь недостаточно тверда и следовательно не выдерживает больших давлений при больших силах тока. Обычно после нескольких сварок медный электрод оказывается отожженным и настолько садится под давлением, что меняется качество сварки.

Эльконит представляет собою в основном ряд сплавов меди и вольфрама. Эти сплавы дают материал для электродов, обладающий свойствами меди в отношении электропроводности и свойствами вольфрама в отношении твердости и сопротивления износу. Сплавы эльконита изменяются от марки OW, которая содержит по весу 40% меди и может обрабатываться механически, до марки 30 W5, которая содержит по весу 15% меди и механически очень трудно обрабатывается.

Эльконит марки 10 W3, который представляет собою среднюю марку группы, обладает твердостью 225 по Бринеллю против 82 для твердой меди и 30 для мягкой меди. Временное сопротивление сплава на сжатие—14 000 кг/см² против 4 000 кг/см² для твердой меди. Для быстродействующих сварочных автоматов и для сварки толстых деталей медные электроды не могут применяться вследствие их быстрого износа. В этих случаях применяют такой сорт эльконита, который содержит достаточное количество вольфрама, чтобы получить требуемое сопротивление сжатия, препятствующее осадке электрода.

Для металлов с высокой электропроводностью употребляют эльконит с достаточным количеством вольфрама, для того чтобы получилось нужное сопротивление. При сварке латуни или алюминия очень важно давать слабое давление между электродами (приблизительно 50% давления, необходимого для сварки стали). Это обеспечивает более высокое сопротивление, а употребление эльконита дает еще добавочное сопротивление. Отсюда возможность получать сварку при большей контактной поверхности электродов, благодаря чему происходит меньшее сжатие свариваемого материала, а также получается примерно на 25% меньший расход энергии.

Таблица I.

Возможные соединения точечной сваркой.

Металлы	Алюминий	Аскалой	Латунь	Медь	Оцинкованное железо	Железо	Свинец	Монель-металл	Никель	Нихром	Жесть	Цинк
Алюминий	+											
Аскалой		+		+	+	+		+	+	+	+	
Латунь			+	+	+	+		+	+	+	+	
Медь		+	+	+	+	+		+	+	+	+	
Оцинкованное железо . .		+	+	+	+	+		+	+	+	+	
Железо		+	+	+	+	+		+	+	+	+	
Свинец							+					
Монель-металл								+		+	+	
Никель								+	+	+	+	
Нихром		+	+	+	+	+		+	+	+	+	
Жесть		+	+	+	+	+		+	+	+	+	
Цинк												+

Для получения равновесия теплового эффекта при нагреве свариваемых металлов до сварочного жара и для устранения возможности перегрева одного из них разные по теплопроводности и электропроводности металлы лучше всего свариваются при применении электродов из различных сортов эльконита. Например в некоторых случаях

такие сочетания как медь и оцинкованное железо или медь и нихром дают наилучшие результаты, когда применяются медный электрод со стороны нихрома и эльконит марки 20 W3 со стороны меди.

Помещенная выше таблица показывает сочетания металлов, которые могут быть удовлетворительно сварены точками при помощи эльконитовых электродов.

При сварке встык разнородных металлов, вместо того чтобы выставлять из зажимов разные металлы на различную величину, можно достигнуть надлежащего теплового баланса путем применения эльконитовых электродов при небольшом движении из зажимов свариваемых концов; получающиеся при сварке металлические искры прилипают и вьедаются в медные зажимы и не влияют на зажимы, покрытые сплавом.

При формировании и осадке заклепок один эльконитовый штамп служит и для нагрева и для осадки вместо двух общепринятых медных штампов, из которых один служит для нагрева, а другой для осадки.

Для быстрой многократной сварки с выштамповками медь часто непригодна вследствие ее быстрого износа. В таком случае эльконит увеличивает срок службы электрода и применяется или для покрытия всей контактной поверхности электрода пластинкой толщиной 10 мм, или в электрод заделываются покрытые сплавом медные вставки в тех частях, которые соприкасаются с выступом на свариваемом металле (рис. 133). Делать из эльконита весь электрод не требуется, необходимо лишь покрыть эльконитом контактную поверхность, подверженную износу. Этот способ дает удешевление стоимости, а также уменьшает потери тепла, которые получались бы вследствие наличия в цепи слишком большого количества металла с высоким сопротивлением. Сплав легко припаявается серебром при употреблении специального флюса и припоя, содержащего по крайней мере 65% серебра. После пайки эльконит может быть легко механи-

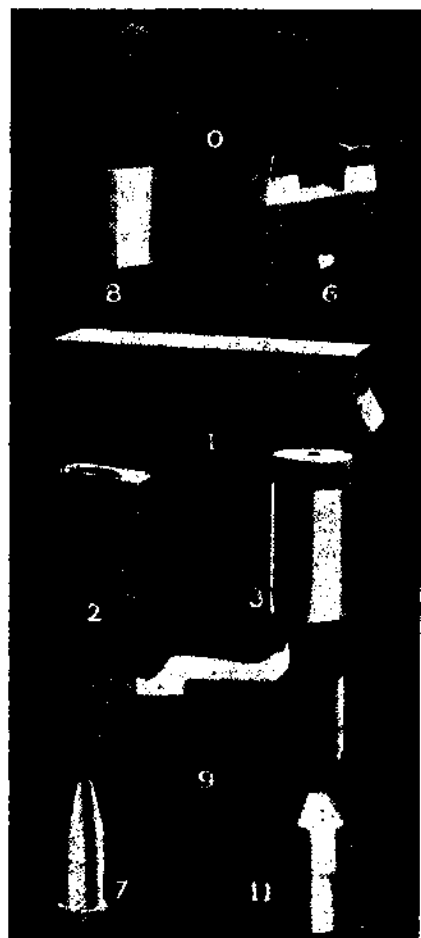


Рис. 133. Эльконитовые наконечники и их применение.

6, 7, 9—для сварки оплавлением; 6, 8—для сварки с выштамповкой; 2—половина зажима, применяемого для приварки стальных спиц к ободу и втулке стальных колес; 3—контакт токоперывателя к аппарату для сварки швом; 7—наконечник из сплошного сплава, применяемый для сварки латуни и стали большой толщины; 11—ставина из сплава, применяемая для точечной сварки стали средней толщины, металлов высокой проводимости и разных металлов.

сопротивлением. Сплав легко припаявается серебром при употреблении специального флюса и припоя, содержащего по крайней мере 65% серебра. После пайки эльконит может быть легко механи-

чески обработан до желаемого размера и формы, за исключением некоторых очень твердых сортов, которые требуют шлифовки.

Точечная сварка делается тремя различными способами, в зависимости от работы и имеющихся аппаратов.

При первом методе, в начале сварки дается сравнительно небольшое давление, для того чтобы получить значительное сопротивление и следовательно быстрый нагрев на соприкасающихся поверхностях пластин, а затем давление сильно увеличивается, чтобы закончить сварку, после того как достигнута требуемая температура.

Второй метод такой же, как первый, за исключением того, что ток дается через короткие и частые интервалы вместо непрерывного в течение всего периода нагрева.

При третьем методе употребляется сильное давление, чтобы произвести сварку с начала и до конца при непрерывном прохождении тока. Для пластин одинаковой толщины при третьем методе требуется аппарат большей электрической мощности, чем при первых двух методах.

Малоуглеродистая сталь. Независимо от того, будут ли соединяемые листы одинаковой и разной толщины, применяется любой из трех методов. Предпочтителен третий метод.

Высокоуглеродистая сталь. Может быть применен любой из вышеуказанных методов, но результаты будут разные. Третий метод дает прекрасную сварку, но она будет твердой и очень хрупкой, требующей термической обработки, чтобы иметь практическое значение.

Второй метод, если правильно выполнен, даст сварку гораздо менее хрупкую, но листы могут коробиться.

Точечная сварка стальных листов с высоким содержанием углерода не может применяться в современной промышленности так широко, как точечная сварка листов с низким содержанием углерода из-за трудности избавиться от хрупкости сварки. Хрупкость может быть значительно уменьшена (если не совсем устранена), соответствующим подбором давления и вторичного напряжения так, чтобы дать нагреву распространиться по листам на площади приблизительно в шестнадцать раз большей, чем площадь действительной сварки. Однако это вызовет коробление листов, если должно быть дано несколько сварок, близко одна от другой.

Нежелезные металлы. Третий метод дает лучшие результаты для таких металлов.

Сталь сваривается почти при всяком давлении, так как сама сталь обладает большим сопротивлением прохождению электрического тока, но при сплавах меди или алюминия это будет не так, поэтому для увеличения сопротивления следует уменьшить давление почти до такого, при котором наступает образование искр, мгновенно прожигающих отверстия в алюминии или меди (или в каком-либо другом металле). Это очень деликатная регулировка и ее следует производить очень аккуратно, так как иначе и электроды и самые детали будут совершенно испорчены.

При сварке стали со сталью (как например листовой стали для автомобильного кузова) можно употреблять самое разнообразное давление и ток — и все-таки будут получаться хорошие результаты.

При сварке медных или алюминиевых сплавов должна быть применена более тонкая регулировка плотности тока и давления, в противном случае результаты будут плачевные.

Проследим процесс сварки двух деталей листового алюминия, например толщиной 1,3 или 1,5 мм.

Нижний электрод аппарата берется плоский с диаметром приблизительно от 25 до 28 мм. Верхний электрод должен иметь конец сферической формы с радиусом приблизительно 6 мм. Свариваемые детали помещаются между этими электродами и давление понемногу доводится до величины, предупреждающей образование искр, в противном случае получится прожог металла.

Как было сказано выше, давление должно быть установлено очень тщательно, чтобы не получалось образования искр. Ток берется значительно большей плотности, чем при обыкновенной точечной сварке стали. Это необходимо потому, что хороший проводник требует большей силы тока для получения требуемого нагрева. При включении тока необходимо иметь в виду те указания, которые давались при рассмотрении сварки газовой горелкой, а именно: для получения хорошего сплавления присадочного металла с основным металлом, необходимо предупреждать образование пленки окиси размещиванием присадочной проволокой расплавленного металла.

То же самое необходимо при сварке двух деталей методом сопротивления. При нагреве немедленно образуется пленка окиси на листах или на поверхностях, которые надо сварить друг с другом. В точечной сварке эта пленка разрушается сдавливающим действием электродов. Это возможно только тогда, когда аппарат специально сконструирован так, что принято во внимание это сдавливающее действие электродов, давление между которыми в начале нагрева весьма незначительно. Это — весьма существенное обстоятельство, которое следует помнить тем, кому приходится сваривать указанные выше нежелезные металлы.

Это приводит нас к старинному изречению, которое постоянно повторяется хорошими сварщиками. «Хорошая сварка — это правильно примененные нагрев плюс давление». Однако, если при сварке стали и железа нагрев и давление могут меняться в широких пределах, то при сварке алюминия и его сплавов, также как и при сварке меди и ее сплавов, нагрев и давление должны быть строго и точно отрегулированы. Это обстоятельство не должно упускаться из виду при стремлении получить хорошую сварку.

Сказанное вполне относится и к сварке меди и ее сплавов. Слабое давление между электродами вначале и затем, когда начнется нагрев, быстрое сдавливание деталей при надлежащей плотности тока будут давать весьма удовлетворительную сварку меди, фосфористой бронзы, алюминиевой бронзы и других медных сплавов.

Если требуется получить однородную сварку, аппараты должны быть построены так, чтобы они могли работать вполне автоматически и чтобы каждая сварка производилась в течение точно установленного промежутка времени и при постоянной плотности тока. Этого можно достигнуть только при автоматизированных аппаратах.

То же самое относится и к сварке всех указанных материалов. Вначале свариваемые детали должны находиться под очень малым давлением, затем давление должно быть увеличено пропорционально сечению свариваемых деталей.

Точечная сварка алюминия. При исследовании сварки было установлено, что хорошим материалом для электродов является хром. Хром

плавится при температуре $1\ 540^{\circ}\text{C}$, т. е. почти на 870° выше чем алюминий. Он является несколько лучшим проводником электричества, чем алюминий и не легко образует сплавы с алюминием. Далее хром достаточно тверд, для того чтобы не терять своей формы при применяемых при сварке давлениях. Попытки снабдить медные электроды хромовыми вставками показали, что он слишком хрупок для такой работы. Тогда некоторое количество медных электродов было покрыто хромом электролитически и с такими электродами аппарат стал давать в день до 10 500 точек вместо 5 250 точек при медных электродах.

Электроды изготовляются из медного прутка диаметром 25 мм. Контактные поверхности электродов обычно закруглены по радиусу в 6 мм. При такой форме электродов на листах получают углубления. Но если давление и сила тока правильно установлены, то углубления получаются неглубокие. Установлено, что листы толщиной 0,25—0,5 мм, которые почти невозможно сварить при электродах с плоскими контактными поверхностями, могут быть легко сварены электродами с полусферической поверхностью контактов. При плоских контактах электродов невозможно обеспечить равномерное распределение давления по всей поверхности электродов, отчего получаются неравномерное распределение тока и неровные поверхности в месте сварки. В электродах высверливаются отверстия на расстоянии 10—12 мм от контактной поверхности, и в эти отверстия подается охлаждающая вода.

На качество получаемой сварки влияют: сила тока, время, в течение которого проходит ток, и применяемое механическое давление. Эти три фактора должны варьироваться до тех пор, пока не получаются хорошие результаты при каждой данной работе. Устанавливая условия для точечной сварки металлов разной толщины, лучше всего придерживаться следующего правила: *применять большой силы ток и наименьшее давление, при котором отсутствует образование искр.*

Всякий алюминий покрыт пленкой окиси. Слой пленки окиси обладает очень высоким сопротивлением и, если применять напряжение достаточно высокое, чтобы получить пробивание этой пленки, то будет получаться быстрый перегрев металла и образование раковин или дыр, прежде чем ток может быть включен.

Пленка окиси производит практически такое же действие на сварку, как наличие тонких слоев масла или краски. Алюминий можно сваривать точками через такие пленки, но для этого потребуются сильное механическое давление. В общем будут получаться лучшие результаты, если предварительно очистить металлы или посредством обдирки или погружением в щелочь, причем после первого погружения следует второе — в азотную кислоту, чтобы нейтрализовать щелочь на поверхности металла.

Можно сварить три листа или более, причем ограничивающими факторами будут толщина самого толстого листа и количество свариваемых листов. Катанные листы могут быть сварены с литыми деталями.

Было установлено, что характерные особенности точечной сварки листа не зависят от его закалки и что закалка металла, окружающего сварку, существенно не страдает от нагрева при сварке. Однако при сварке твердых сплавов надо помнить, что часть металла при сварке точками плавится и затвердевая получает литую структуру.

Твердые сплавы в литье имеют относительно малое удлинение. Такая сварка не должна применяться там, где шов подвержен динамическим усилиям. В общем установлено, что при правильном регулировании тока и надлежащей форме электродов могут быть получены вполне устойчивые хорошие результаты.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ УДАРНАЯ СВАРКА.

Электрическая ударная сварка есть процесс сварки металлических частей при помощи быстрого разряда электрической энергии, которая сопровождается образованием дуги, и тушится ударом, производимым одновременно или тотчас же за образованием дуги.

Электростатическая сварка. Если при сварке дуга получается от разряда конденсатора, сварка называется «электростатической».

Электромагнитная сварка. Если для образования дуги при сварке пользуются энергией магнитного поля, трансформируемой в электрическую энергию, то сварка называется электромагнитной.

Электрическая ударная сварка применяется в массовом производстве. Один аппарат обслуживает различные изделия, отличающиеся по величине, но необходимо отметить, что для данной машины должны быть спроектированы более или менее специальные закрепляющие зажимы. Если будет свариваться только небольшое количество деталей специальной формы и размера, необходимые затраты на зажимы могут быть слишком велики. Таким образом очевидно, что ремонтные работы нельзя производить при помощи этих аппаратов.

Область применения. Существуют неограниченные возможности применения автоматических аппаратов, работающих по этому методу. Так как время сварки совершенно ничтожно, то производительность будет зависеть только от скорости закладки и выемки из аппарата деталей. Благодаря этому может быть получена чрезвычайно высокая производительность. Кроме того может быть использована неквалифицированная рабочая сила.

Автомобильные части. Изучение деталей, применяемых в конструкции выдающихся автомобильных фирм, показывает более 50 существенных деталей, где ударная сварка может дать значительные выгоды против существующих методов.

Инструмент. Стоимость производства многих видов инструмента может быть понижена и качество инструмента улучшено благодаря применению приварки специальной режущей части к более дешевой державке.

Металлы торгового качества. Хотя имеющиеся на рынке металлы в большинстве случаев неоднородны или неодинаковы по сечению, но для ударной сварки эти особенности не представляют препятствия.

Аппараты для ударной сварки. Принципы ударной сварки были открыты в 1905 году инж. Чобб (Chubb). Развивая свои оригинальные опыты, Чобб разработал аппараты для сварки проволоки сравнительно малых сечений. Этими аппаратами были произведены вполне удовлетворительные сварки проволоки различных металлов. Сварка проволоки с весьма различными механическими качествами не представляла за-

труднений; например была произведена вполне вязкая сварка плавны с оловом, вольфрама с алюминием, меди с алюминием.

В 6.новном аппарат состоит из приспособления для ударного столкновения свариваемых частей, практически одновременно с разрядом электрической энергии. В аппарате для сварки проволоки энергия берется от электролитического конденсатора. Набор алюминиевых пластин, погруженный в электролит из раствора буры, заряжается постоянным током очень малой силы и разряжается в момент сварки. Разряд происходит между свариваемыми частями и расплавляет их с некоторым взрывом. В этот момент детали сдвигаются ударом молота и получается совершенное соединение. Расплавление и соединение металлов происходит примерно в 0,005 секунды. Рис. 134 показывает схему этого процесса.

Применение электролитического конденсатора в качестве источника энергии имеет определенные пределы, так как в конденсаторе, размеры которого не являются чрезмерно громоздкими, может быть запасено ограниченное количество энергии. Поэтому Чобб разработал схему для использования электрической энергии, запасенной в магнитном поле, таким образом заменил электростатическую энергию электромагнитной.

Только в 1919 году опытным путем был разработан аппарат, работающий на этом принципе, который давал вполне удовлетворительные сварки встык сечений до 12 мм в диаметре. Дальнейшие работы распространяют этот метод на значительные большие сечения.

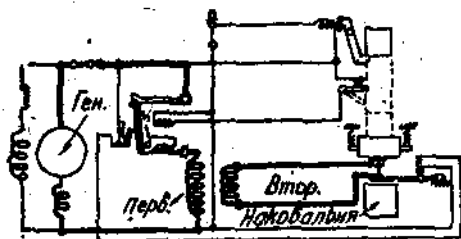


Рис. 135. Аппарат для электромагнитной дуговой сварки.

аппарате имеется реактивная катушка с двумя обмотками, одна из которых (первичная) будет на короткий промежуток времени присоединяться к источнику постоянного тока, а вторая (вторичная) будет присоединяться к свариваемым предметам. Помощью соответствующего зацепляющего приспособления падающий молот отключает первичную обмотку от источника тока при замкнутой вторичной обмотке. Энергия исчезающего магнитного поля преобразовывается в цепи вторичной обмотки в энергию электрического тока, и в это время происходит быстрое размыкание на незначительный промежуток свариваемых частей, благодаря чему получается мощная дуга, которая расплавляет поверх-

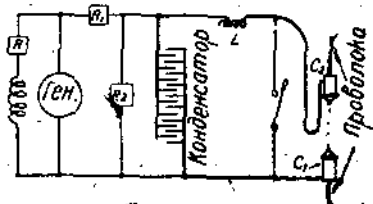


Рис. 134. Сварочный аппарат конденсаторного типа.

Рис. 135 представляет схему электрических соединений. Когда размыкается электрическая цепь, обладающая большой индуктивностью, как например катушка с большим числом витков, запасенная энергия стремится препятствовать разрыву цепи и вызывает возникновение дуги. Электрическая дуга является источником высококонцентрированного тепла, особенно хорошо соответствующего операциям сварки. В аппарате

ности концов. В надлежащий момент молот сдавливает ударом свариваемые концы и таким образом получается сварка. Полная операция занимает около 0,1 секунды времени, в течение которого не получается ни окисления, ни значительного нагрева детали. Осциллограммы, снятые при сварке медного и стального стержней диаметром 10 мм, показывают пиковое значение силы тока 2 600 ампер, напряжение на дуге 30 вольт, максимальную мощность 60 киловатт, расход энергии 0,00077 киловатт-часа и время 0,094 секунды.

Преимущества процесса. Можно указать на следующие преимущества электрической ударной сварки.

Экономия расхода энергии. Количество энергии, требуемое для ударной сварки, равно примерно $\frac{1}{8}$ количества энергии, требуемой для сварки того же материала встык, но это отношение не может быть полностью получено на зажимах источника тока вследствие первичных потерь во время возбуждения поля. Манипуляции с электрическими цепями вероятно не могут осуществляться достаточно быстро, чтобы запастись точно необходимым количеством энергии, но по крайней мере $\frac{3}{4}$ энергии могут быть сэкономлены по сравнению со сваркой встык.

Экономия времени. Процесс сварки происходит настолько быстро, что времени, расходуемого на самый процесс сварки, можно совсем не учитывать. Следовательно производительность будет зависеть главным образом от времени, расходуемого на закладку и выемку изделий. Экономия в этом направлении может быть получена применением автоматических или полуавтоматических приспособлений. Наблюдения за временем ряда операций при других методах сварки показывают, что экономия времени при применении ударной сварки обещает быть весьма значительной, что позволит сильно повысить производительность и понизить расходы на рабочую силу.

Сварка неравных сечений. Исключительно короткое время действия дуги при ударной сварке не дает возможности теплу во время процесса сварки распространяться по металлу. Необходимая энергия концентрируется в очень малом объеме металла в месте сварки и не рассеивается на нагрев остального металла. Следовательно возможно получение сварки неравных сечений, как например приварка тонких стержней к тяжелым плитам или труб к болванкам. Подготовка или предварительная обработка поверхностей не требуется. Такие сварки для получения удовлетворительных результатов при других процессах требуют или предварительного подогрева детали большего сечения или изменения ее формы, чтобы образовать выступ, сечение которого было бы равно сечению второй детали. Это свойство открывает широкое поле применения ударной сварки и позволяет сваривать такие изделия, сварка которых раньше была невозможна, и значительно упрощает метод производства других изделий, свариваемых в настоящее время другими методами со специальной обработкой.

Сварка разнородных металлов. Точно также как аппарат конденсаторного типа производит сварку металлов с весьма различными физическими свойствами, аппарат электромагнитного типа может давать такую же сварку. Многие из сварок этого рода до сего времени были невозможны.

Во многих промышленных изделиях желательно соединить части из латуни или меди, служащие проводниками электрического тока или

для целей укрепления со стальными частями, чем достигается удешевление. Ударная сварка разрешает многие из этих проблем без применения винтов, болтов или заклепок.

Сварка без изменения свойства. Ударная сварка делает возможной сварку таких деталей, в которых получающийся при других методах сварки нагрев вызывает или изменения физического строения металла или механических качеств, как например твердости после волочения или закалки. Сварка может быть произведена после соответствующей обработки без изменения свойств благодаря локализованному нагреву при сварке; непосредственно после окончания сварки деталь может браться в руки и не будет чувствоваться заметного нагрева. При производстве инструмента это качество имеет большую ценность.

Однородные сварки. При правильной установке аппарата на данную сварку, характер сварки всегда будет постоянным и не зависит от опыта сварщика. Первоначальная установка производится по простой таблице, которая позволяет обслуживать аппарат неквалифицированному рабочему без опасения за качество работы. При большинстве других сварочных процессов качество работы в большей мере зависит от опыта сварщика, благодаря чему возможность получения плохих результатов становится серьезной.

Обработка шва. Процесс ударной сварки дает значительно меньший грат, или утолщение, чем сварка встык, поэтому стоимость обработки шва получается меньшей. Во многих случаях обработка шва вообще является излишней. Последние результаты указывают, что ударная сварка имеет много замечательных применений и устраняет существовавшие до сих пор затруднения, особенно при сварке нежелезных металлов и различных сталей.

Вполне возможно, что процесс будет распространен и на другие виды соединений кроме простого соединения встык. Опыты показывают, что возможны весьма разнообразные применения ударной сварки в промышленности и поэтому имеются основания ожидать широкого развития этого процесса.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ТЕРМИТНОЙ СВАРКИ.

Термитная реакция. Термитная сварка основана на известном свойстве алюминия в порошке и измельченной окалины (магнитный железняк), тщательно предварительно перемешанных и подогретых до температуры около 1300°C , вступать между собой в весьма энергичное химическое соединение. Алюминий при этом отнимает от окалины кислород, в результате чего получается окись алюминия (шлак) и чистое железо. При реакции развивается столь большое количество тепла и столь высокая температура, что как само выделяемое железо, так равно и окись алюминия (шлак) приходят в расплавленное состояние. Температура реакции не может быть определена при помощи обыкновенных измерительных приборов. Теоретически по подсчетам металлургов она равна приблизительно 2800°C , т. е. почти в два раза превышает температуру плавления стали.

Практически для реакции применяют не подогревание термитной смеси, а зажигание смеси в одной какой-либо ее точке при помощи специального запала, обыкновенно состоящего из переноси бария, алюминиевой пудры и магнезии в порошке. Реакция, начавшись в одной точке, распространяется затем по всей массе.

Если залить стык двух металлических частей, предварительно подогретых до красного каления, железом столь высокой температуры так, чтобы оно прошло в провор между частями и охватило стык со всех сторон, то мы получим в конце концов в нижней части формы однородную застывшую отливку, представляющую собой сплав металлических частей с железом. (в данном случае термитным).

При термитной реакции в случае зажигания термита специальным запалом (способ Гольшмидта) не происходит абсолютно никаких взрывов и нет опасности в хранении материала и обращении с ним, так как термит воспламеняется лишь при температуре близкой к температуре плавления стали.

Разделка места излома. Желательно, чтобы на обеих свариваемых частях в точках их, лежащих вне сварочной формы, делались насечки для отмеривания того допуска, который необходимо иметь, учитывая усадку термитной стали при ее охлаждении. Затем вырезают металл вдоль линии излома, предусматривая при этом для получаемой таким образом щели добавку термита и весу порции (для размера сечений, подлежащих сварке), указанному в таблице I.

Существуют два способа для такого вырезывания металла. Новейший и наилучший метод заключается в применении для реакции металла пламени ацетилено-кислородной горелки. В том случае, если этот спо-

соб не находится в распоряжении, необходимо высверлить ряд отверстий вдоль линии надреза и затем удалить весь заключающийся между этими отверстиями металл. Между свариваемыми вместе частями получается при этом сплошная щель, обеспечивающая свободное протекание термитной стали.

Если сама трещина имеет направление по диагонали, то рекомендуется при вырезывании делать щель таким образом, чтобы направление ее было возможно ближе к вертикали.

Очистка разреза. После этого очищают концы свариваемых частей на протяжении не менее 14 см. Необходимо удостовериться в том, что вся грязь и весь жир удалены с поверхности, охватываемой свариваемой формой. В противном случае при подогреве после утрамбования формы жир будет гореть в пространстве между формой и частями, подлежащими сварке.

В случае применения ацетилено-кислородной резки необходимо удостовериться в том, что удалены все окислы и шлаки, могущие образоваться вследствие резки.

Допуск на усадку. Необходимо удалять свариваемые части на достаточное расстояние друг от друга, имея в виду усадку термитной стали при ее охлаждении. Указанное расстояние, в зависимости от размера свариваемых частей и продолжительности предварительного подогрева, может колебаться от 5 до 8 мм. Во многих случаях для получения такого уширенного прозора приходится раздвигать свариваемые части домкратом или другим механическим способом. В других случаях, например при сварке двойной брусковой паровозной рамы, приходится подогревать часть противоположную свариваемой при помощи горелки подогревателя:

В некоторых случаях вокруг такого места рекомендуется устраивать небольшой очаг из кирпича или листового железа, для того чтобы сосредоточить жар и защитить другие части от огня. Это допускается однако только во время предварительного подогрева. Необходимо следить за тем, чтобы для раздвигания не был применен слишком большой нагрев, иначе металл может изменить свою структуру. Подогрев до темного жара обыкновенно достаточен.

Восковые модели. Модели изготавливаются обычно из желтого воска. Воск кладут в котел и нагревают до тех пор, пока он не станет пластичным. Еще лучше совершенно расплавить воск и дать ему застыть до пластичного состояния. После этого воск накладывается в виде хомута на части, подлежащие сварке, как это показано на рис. 136. Промежуток между концами свариваемых частей должен быть также заполнен воском. Необходимо кроме того сделать в воске отдух, направленный от отверстия для подогрева к выпору. Подходящим способом для этого является протыкание воска горячим железным прутом. При утрамбовании формы следует затыкать дыры концами (отбросы прядения).

Форма для сваривания паровозной рамы делается длиннее, чем форма для починок других частей, для того чтобы верхняя часть литника и тигель могли поместиться, не соприкасаясь с паровозной площадкой, резервуарами для воздуха и проч.

Опоки. Опоки с просверленными отверстиями в боковых стенках и днище должны быть установлены в надлежащее положение и хорошо

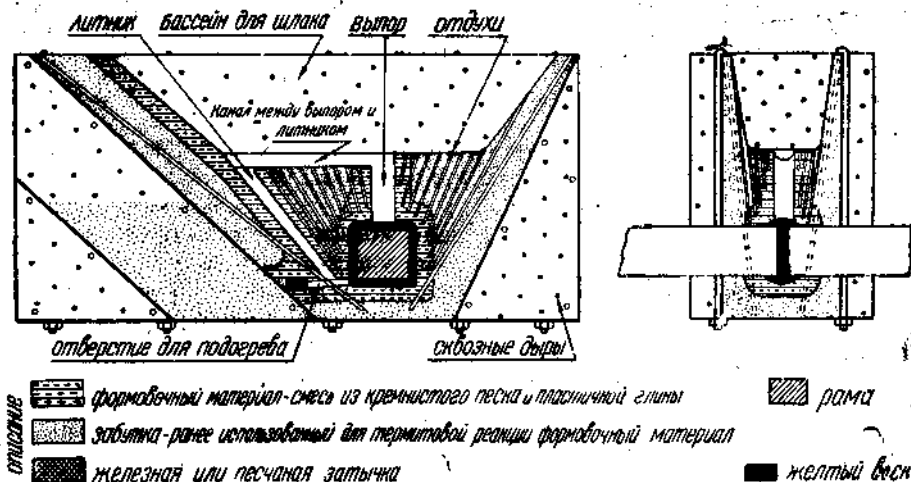


Рис. 136. Форма для термитной сварки.

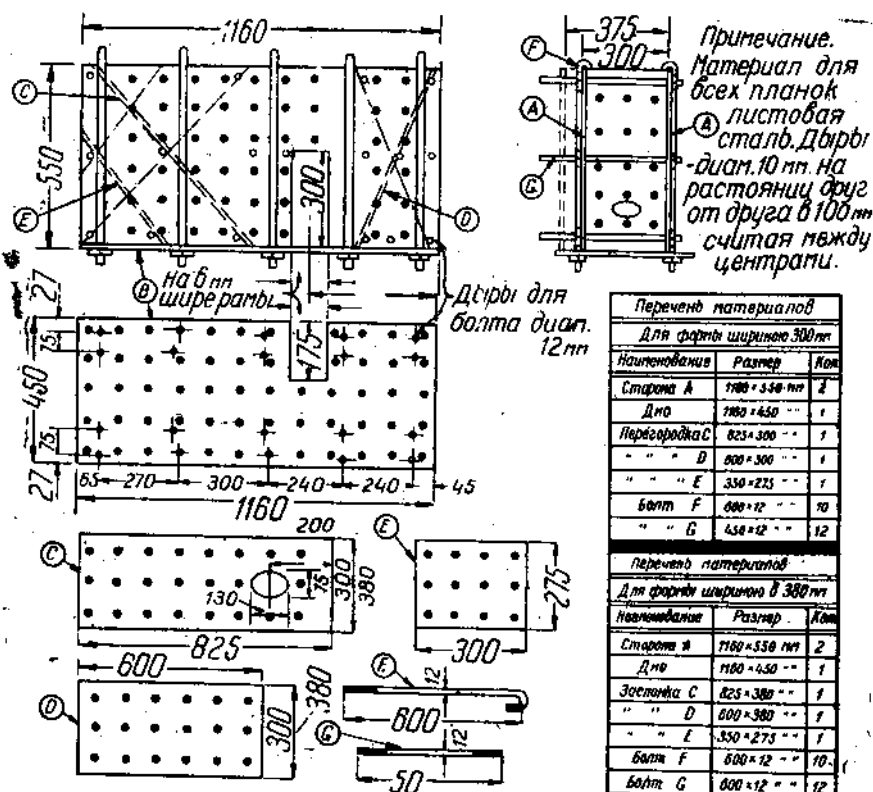


Рис. 137. Детали стандартной сварочной формы для термитной сварки частей паровых рам с сечением до 160 × 200 мм.

подвешены, для того чтобы вес их не передавался на свариваемые части. Устройство опоки показано на рис. 137.

Выбор надлежащего формовочного материала является одной из важнейших задач всего процесса термитной сварки, так как в прямой зависимости от этого выбора находится прочность сварки. В результате многочисленных опытов выработан материал, обладающий необходимыми качествами — огнеупорностью и пористостью после сушки.

Формовочный материал состоит из следующих частей: трех частей чистого с острыми углами песка и одной части горной пластичной глины. Песок должен проходить без остатка через сито, имеющее квадратные отверстия в $0,75 \text{ мм}^2$; 40% песка должно задерживаться на сите, имеющем квадратные отверстия в $0,3 \text{ мм}^2$. Глина и песок должны быть хорошо перемешаны с добавлением $\frac{1}{40}$ по объему частью глютрина¹ и достаточным количеством ($\frac{1}{12}$ часть) воды. Это дает надлежащую консистенцию.

Если перемешивание производится вручную, то песок и глина должны быть предварительно высушены (нужно следить за тем, чтобы температура при высушивании не превышала 200°C) и хорошо перемешаны, прежде чем будет произведено добавление воды и глютрина. Глютрин должен быть предварительно смешан с водой.

В случае, если применяется пластичная глина более жирная, смешивание должно быть сделано возможно тщательнее и количество глины должно быть уменьшено.

Формовочный материал требует более сильной утрамбовки у места сварки. Для этого кроме обычной трамбовки можно пользоваться инструментом, имеющим торец размером $10 \times 40 \text{ мм}$. При помощи такого инструмента формовочная масса может быть уплотнена в местах, прилегающих к восковому хомуту и прочим моделям.

В начале работ по термитной сварке указанный выше формовочный материал должен применяться для изготовления всех частей формы. В дальнейшем использованный материал может быть прогноточен, просеян и вновь пущен в дело в качестве забутки. Для облицовки частей формы, непосредственно соприкасающихся с термитной сталью, должен всегда применяться свежий материал. Облицовка должна быть толщиной около 25 мм. Добавление к формовочному материалу воды должно быть сделано до получения надлежащей консистенции, для того чтобы можно было легко производить трамбование массы.

Трамбование в опоке. При трамбовании формы необходимо положить небольшое количество формовочного материала в опоку и сильно действовать небольшой трамбовкой, начиная с краев к центру и сохраняя один и тот же уровень. Большое усилие при ударах здесь не может повредить, так как от прочности формы зависит весь успех термитной сварки. Не следует упускать из виду, что материал должен быть хорошо утрамбован под моделью. Он должен быть крепок и тверд, как в этом месте, так и во всех тех местах, где ему приходится соприкасаться с восковой или деревянной моделями, а в дальнейшем следовательно и с термитной сталью. На всем протяжении между воско-

¹ Глютрин или сульфитная щелочь есть отброс целлюлозного производства. Он состоит из растворимых смол, танина, растительного сахара и воды (см. книгу: «Формовочные материалы», изд. Объединенного Научно-Технического Совета в Лгр. 1930 г.).

вой моделью и опоккой толщина формовочного материала в зависимости от размера свариваемых частей должна быть не менее 10 и не более 60 см. Столь значительное количество формовочного материала необходимо для того, чтобы ферма могла выдержать высокую температуру термитной стали.

Модели для отверстий. Деревянная модель отверстия (рис. 138) для предварительного подогрева должна примыкать одним своим концом к самой нижней части восковой модели. Другой ее конец должен быть пропущен через специально для этого предназначенное отверстие в перегородке опоки. В том случае, когда части, подлежащие сварке, имеют одинаковые размеры, отверстие для предварительного подогрева должно находиться против самой середины восковой модели, для того чтобы обе части могли быть подогреты одинаково. В том же случае,

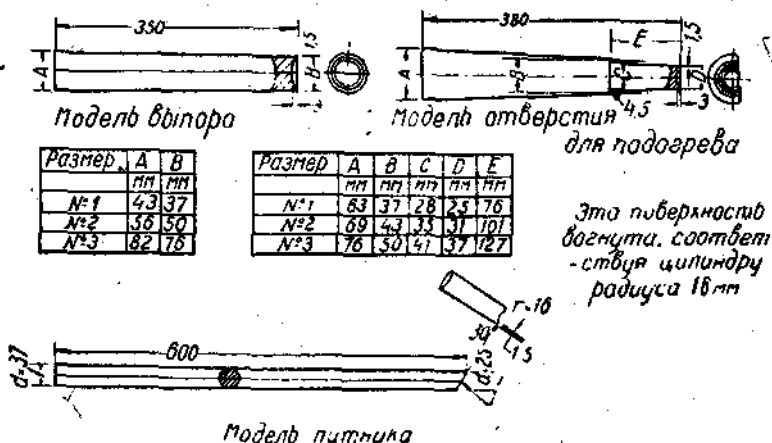


Рис. 138. Деревянные модели литника, выпора и отверстия для подогрева формы. Эти размеры достаточны для сварки частей площадью до 160 × 200 мм. Для частей большего размера модели должны быть соответственно увеличены.

когда приходится сваривать менее массивную часть с более массивной, отверстие для предварительного подогрева должно быть расположено ближе к последней, так как она требует сравнительно большего подогрева.

При наличии отверстия для предварительного подогрева, литник помещается против него. Соединение этих двух каналов должно быть сделано в середине между восковой моделью и заплечиком в отверстии для предварительного подогрева.

Если обе формовочные модели хорошо пригнаны одна к другой, то удаление остатков формовочной массы в местах соединения не представляет затруднений. Весьма важно, чтобы вся внутренняя поверхность формы и отверстий была гладка, тверда и не имела выступов, которые, легко рассыпаясь, могли бы попасть в термитную сталь.

Многие мастера имеют свои специальные приемы трамбовки формы. Обычно же работа начинается с того, что утрамбовывают забутку до подошвы воскового хомута или немного выше. Затем выбирают забутку и освобождают пространство на 25 мм от поверхности воскового

хомута, где должна быть облицовка, и плотно втрамбовывают сюда облицовочную массу. Таким же образом забутка и облицовочный материал утрамбовываются плотно у того места, над которым должно находиться отверстие для подогрева. Далее прорывают канавку для подогревательного отверстия, которое должно находиться здесь. Модель отверстия для подогрева просовывается и уколачивается молотком так, чтобы она погрузилась в формовочный материал до своего надлежащего положения. Затем берут большое количество облицовочного материала и утрамбовывают его вокруг модели отверстия для подогрева до тех пор, пока эта модель не будет совершенно закрыта. С обеих сторон от этой модели до самого воскового хомута втрамбовывается в большом количестве забутка. Когда слой формовочной массы над моделью отверстия для подогрева достигнет толщины около 5 — 8 см, снова выбирают забутку на протяжении 25 мм вокруг воскового хомута и насыпают и втрамбовывают сюда облицовочный материал. Таким же образом выкапывают ямку глубиной до вершины модели отверстия для подогрева, в расстоянии 25 мм или немного более от воскового хомута. Осторожно устанавливают модель литника и пространство вокруг заполняют облицовочным материалом до прежнего уровня тем же порядком, т. е. втрамбовывая забутку и удаляя ее обратно из тех мест, где она должна быть заменена облицовкой; действуют далее до тех пор, пока форма не будет совершенно заполнена. Модель выпора устанавливается совершенно так же, как и модель отверстия для подогрева. В верхней части формы формовочный материал выбирается для образования бассейна. Более подробно об этом будет сказано ниже.

Выпор. На вершине восковой модели помещают модель выпора. Если имеется несколько вершин, то модели выпоров помещают на каждой из них. Выпор включает в себе запас стали, которая должна оставаться жидкой довольно продолжительное время. Он защищает отливку от усадки. При наличии выпора усадочная раковина если и образуется, то именно в выпоре, а не в самой сварке.

Выпор является также местом, куда всплывает обсыпавшийся песок и прочие посторонние материалы, которые могут попадать в термитную сталь при прохождении ее через форму. Выпор препятствует попаданию этих материалов в сварку.

Иногда приходится сваривать части в таких местах, где деревянная модель выпора не может быть удалена. В таких случаях можно применять для модели выпора железную трубку (никоим образом однако не медную, не жестяную, не оловянную, не оцинкованную) и оставлять ее в форме после утрамбовывания.

Выпор для вертикальной сварки. В случае вертикальной сварки, т. е. тогда, когда ось обеих частей вертикальна, а плоскость сварки горизонтальна, следует разделить место излома и поместить выпор так, чтобы газы, шлак и песок не могли попадать в сварку. Не рекомендуется помещать выпор непосредственно против части, соответствующей верхнему краю хомута, так как от близости источника тепла, каковым является выпор, легко расплавится часть, находящаяся над местом сварки. С другой стороны, если выпор поместить на 6 или более миллиметров ниже верхнего края хомута, может образоваться мешок на уровне основания выпора, в который будет попадать воздух в тот момент, когда форма быстро наполняется сталью. Весьма важно поэтому,

чтобы на самом верхнем краю хомута, на всем протяжении вокруг свариваемых частей, были устроены отдухи, которые давали бы возможность воздуху свободно выходить в тот момент, когда форма наполняется.

Некоторые мастера находят полезным накладывать на свариваемую часть, вокруг всего сечения, тонкие деревянные планки. Эти планки, после того как форма будет утрамбована, вынимаются. Благодаря этому верхний край хомута вентилируется полностью на всем протяжении. Конечно такие отдухи будут наполняться сталью. Так как их сечение однако очень мало, то сталь будет быстро охлаждаться от рамы и не будет поэтому к ней привариваться. Такие стальные прослойки могут быть вследствие этого легко удалены после сварки.

Отдухи. Когда форма утрамбована, необходимо вырезать верхнюю ее часть так, чтобы получился бассейн для шлака. Последний не должен переливаться через край сварочной формы. Далее следует вырезать в верхней поверхности формы канал или жолоб, соединяющий вершину литника с вершиной выпора. Это необходимо для того, чтобы шлак с самого начала своего появления на поверхности бассейна мог быстро притекать к выпору и выравнивать давление на литник и выпор еще тогда, когда металл находится в жидком состоянии. Затем следует совершенно освободить форму от воздуха, пропустив для этого связь формовочный материал прут из стальной проволоки диаметром 2,5—3 мм до уровня, находящегося на 8—10 см выше днища опоки. Необходимо следить за тем, чтобы отдухи не доходили до поверхности воскового хомута или моделей, так как в противном случае отдухи наполнятся сталью и не будут выполнять своего назначения. Чем больше сделать отдухов, тем лучше. Некоторые из них, несколько большего размера, должны быть сделаны в каждом углу формовочного ящика. Они должны оставаться открытыми даже тогда, когда шлак заполнит бассейн совершенно, до самой его вершины. Назначение таких отдухов — дать выход из формы воздуху, который может попадать в льющуюся сталь, и газам, образующимся вследствие весьма высокой температуры расплавленной стали.

Установка тигля. Слегка ударяя по моделям литника, выпора и отверстия для подогрева, осторожно вытаскивают эти модели, сметая песок, который имеет стремление попасть в дыры. Лучше всего для этой цели пользоваться формовочным подъемником. После того как модели литника и отверстия для подогрева будут удалены, необходимо загладить все острые углы и выступы в вершине литника, а также у места соединения литника с отверстием для подогрева. Последнее проще всего делать при помощи прута диаметром 6 мм, слегка загнутого на конце. После предварительного подогрева могут быть также сглажены острые углы и выступы у места соединения отверстия для подогрева с восковым хомутом, а также и у основания выпора.

Предварительный подогрев. Для этой операции необходимо установить горелку термитного подогревателя так, чтобы она была направлена в отверстие для подогрева в форме, в расстоянии 25 мм от него. Далее, производится вдувание. Его надо производить слегка, так как слишком сильное вдувание может повредить форму. Когда воск выпорит, получится вполне удовлетворительная форма, в точности соответствующая восковой модели. Необходимо после этого закрыть все отверстия в верх-

ней части формы так, чтобы в них не могло ничего попасть. Затем следует заделать выпускное отверстие тигля и зарядить тигель термитом, так, как это будет указано дальше. Необходимо далее быстро поднять заряженный тигель и установить его и прочно закрепить так, чтобы дно тигля возвышалось на 75 мм над отверстием литника и приходилось непосредственно над его центром. Если тигель не может быть установлен непосредственно над самым литником, то необходимо направить термитную сталь в литник при помощи особого жолоба, как это показано на рис. 139.

Подогрев необходимо производить до тех пор, пока форма совершенно не высохнет и не будут доведены до надлежащей температуры части, подлежащие сварке. Температура подогрева должна примерно равняться той температуре, при которой обычно производится проковка.

Продолжая производить предварительный подогрев и убедившись в том, что тигель не только совершенно высошен, но и достаточно нагрет, заряжают тигель термитом с добавлением необходимой присадки. Выпускное отверстие тигля должно быть при этом заделано так, как это будет указано ниже.

Термит, упакованный в мешках, перед употреблением в дело необходимо тщательно перемешать, высыпая его для этого на противень и переворачивая несколько раз, прежде чем высыпать термит в тигель. Нельзя перемешать хорошо термит тогда, когда он уже выпан в тигель. Для того чтобы избежать расстройств материала, закрывающего выпускное отверстие тигля, необходимо положить несколько горстей термита до того, как будет засыпана вся остальная масса.

Зажигательная смесь не должна класться в тигель ранее того, как термит будет готов для зажигания. Если поверхность термита, предварительно выровненная, окажется в расстоянии менее 5 см от уровня верхнего края тигля, или если тигель слегка наклонится, то рекомендуется устраивать над тиглем кольцевую надстройку. Диаметр такого кольца должен быть немного менее диаметра верхнего края тигля для того, чтобы кольцо могло быть опущено в тигель на глубину примерно в $2\frac{1}{2}$ см. Оно должно быть высотой от 20 до 25 см и должно быть сде-

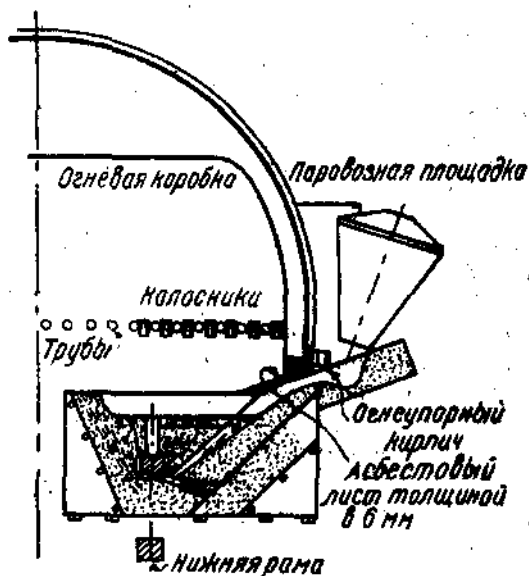


Рис. 139. Способ, применяемый при производстве сварки в местах мало доступных. Жолоб в случае, если футеровка сделана из специального формовочного материала, должен быть перед употреблением в дело тщательно высушен. Для футеровки жолоба лучше всего применять смесь магнезии со смолой.

лано из железа толщиной в 6 мм. Пространство между кольцом и тиглем должно быть заполнено огнеупорной глиной.

Сильный огонь в начале подогрева не вреден. К концу же подогрева не следует употреблять слишком много нефти, для того чтобы дать возможность слабому пламени выжечь из формовочного материала всю ту нефть, которая могла в него проникнуть в первый период предварительного подогрева.

Заделка отверстия для предварительного подогрева. Удостоверившись в том, что все части, подлежащие сварке, достаточно подогреты, быстро отодвигают горелку и направляют ее наконечник в выпор для того, чтобы таким способом выдуть весь песок и грязь, которые могли проникнуть в форму. Если трудно подобраться с горелкой к выпору, то направляют наконечник горелки в литник. Необходимо возможно тщательнее осмотреть внутреннюю поверхность формы, имея в виду, что на ней могут быть частицы отделившегося песка. Только убедившись в том, что эти частицы удалены, можно приступать к заделке отверстия для предварительного подогрева. Отверстие это затыкают либо песчаной пробкой, либо железной ваточкой. Если применяется железная затычка, то надо убедиться в том, что она не заржавлена, не заключает олова и не оцинкована. Для изготовления песчаной пробки некоторые мастера обертывают толстой бумагой соответствующую часть модели отверстия для предварительного подогрева, осторожно снимают полученную таким образом форму, втрамбовывают в нее формовочный материал и затем медленно и осторожно подогревают пробку.

Какого бы рода затычка отверстия ни применялась, она должна быть слегка подогрета перед установкой, для того чтобы была уверенность в том, что затычка совершенно суха. Затем ее устанавливают осторожно в надлежащее положение, так чтобы она при последующем ее забучивании не могла проскочить через заплечик отверстия для предварительного подогрева и загородить таким образом нижнее отверстие литника. Вполне годится короткая затычка, но она должна хорошо подходить к отверстию для подогрева. Такая короткая затычка может быть забучена затем формовочным материалом и слегка забита в отверстие для подогрева. Это последнее забучивается небольшим количеством формовочного материала кругом. Материал втрамбовывается в промежутки между сварочной формой и стальной пластинкой, специально для этого приспособленной. Такая заделка предупреждает всякую возможность вытекания термитной стали через отверстие для предварительного подогрева. Во время протекания термитной реакции все приборы для подогрева должны быть удалены на безопасное расстояние. Иногда вследствие недостаточной сухости футеровки тигля или самого термита происходит разбрызгивание шлака во время реакции. Необходимо поэтому наблюдать за тем, чтобы выпор и все остальные отверстия в форме, кроме литника, были прикрыты небольшими кусками листового железа, для того чтобы шлак не попадал в форму и не прилеплялся к свариваемым частям.

Зажигание термита. Необходимо размешать зажигательную смесь, находящуюся в жестяной коробке, и положить пол чайной ложки смеси на поверхность термита в тигле (температура, развиваемая подогревателем, недостаточна для воспламенения термита и реакция не может начаться без применения зажигательной смеси).

Зажигательный порошок может быть заменен непосредственно спичкой, но так как эта операция довольно трудна и может привести к тому, что лицо, зажигающее смесь, обожжет себе пальцы при внезапной вспышке, то предпочтительнее либо зарыть в зажигательную смесь спичечную головку и затем уже зажечь эту спичку, либо поднести к смеси железный прут, раскаленный докрасна. Иногда применяют зажигательную смесь в бумажной обертке с фитилем в виде запала. В этом случае можно для зажигания термита погрузить в него на глубину 2 — 3 см железный прут и затем, вынув прут, опустить в полученную ямку запал.

Весьма важно выждать, чтобы реакция закончилась в тигле, прежде чем расплавленный термит будет выпущен в сварочную форму. Кипение термита в сварочной форме вследствие не вполне законченной реакции вызывает раковистость в отливке. Пробивание выпускного отверстия следует производить тогда, когда реакция совершенно закончилась. Реакция продолжается обычно от 25 до 30 секунд. Мастер по прекратившимся звукам бурления легко улавливает момент окончания реакции. Удары по гвоздю для пробивания следует производить либо железным прутом с оттянутым в виде лопаточки концом, либо куском полосового железа сечением $0,5 \times 4$ см и длиной 120 см.

Выдерживание сварочного прозора. Само собой разумеется, что весьма важно поддерживать полученное ранее расстояние, предусмотренное на усадку, до тех пор пока сварка достаточно не окрепнет и не будет в состоянии сама сопротивляться стремлению рамы уничтожить это раздвижение. С другой стороны весьма возможно, что еще более опасно оказывать сопротивление усадке металла в форме при его отвердевании. Установлено, что при сварке паровозной рамы сваренное место, хотя и находящееся еще через полчаса после сварки в состоянии ярко-красного каления, все же обычно уже достаточно прочно для того, чтобы выдерживать давление от рамы, если конечно это давление не будет произведено слишком внезапно. Рама должна быть осторожно освобождена от домкрата через полчаса после сварки. Наблюдая за показаниями упомянутых выше засечек на раме, легко определить, может ли сварка притти в расстройство в случае освобождения рамы или нет. В последнем случае рама конечно должна быть немедленно освобождена от домкрата.

В тех случаях, когда раздвижение достигается при помощи подогревания параллельной части, подогреватель должен быть удален либо в момент выливания термита в сварочную форму, либо немного спустя после этой операции. Если подогревание прекращено своевременно, параллельные части будут укорачиваться совершенно равномерно и одинаково. Во всех таких случаях необходимо проверять, не препятствует ли стягиванию сварки домкрат или что-либо другое ему подобное. Следует помнить, что сварочный металл имеет весьма малую прочность при высокой температуре и что сварка может быть легко повреждена при наличии препятствий к усадке.

Режим остывания сварки. Во избежание остаточных температурных напряжений сварочную форму следует оставлять по окончании реакции на месте возможно долгое время. Предпочтительнее снимать ее на другой день. В случае особой необходимости сварочная форма мо-

жет быть снята через 2-3 часа при сварке легких паровозных рам и через 4 часа — при сварке рам более тяжелых.

Удаление наплывов, оставшихся на месте выпора и прочих отверстий. После того как сварочная форма будет удалена, необходимо срезать металл, оставшийся от выпора и литника, при помощи режущей горелки. Можно поступить и иначе — просверлить эти отростки в их основании и затем их сбить.

Определение потребного количества термита. Количество термита, необходимого для сварки частей различных размеров, может быть определено из приведенной ниже таблицы I. Вес порций дан в ней в предположении, что хомуты и прочие приделки имеют размеры, указанные для них в самой таблице.

Определение количества термита в зависимости от веса примененного воска. Вес термита, потребного для сварки, легче всего определять, исходя из веса воска, примененного для моделей. Такой подсчет желательно во всяком случае иметь для контроля.

В тех случаях, когда количество термита определяется по весу воска, необходимо строго следить за тем, чтобы воском было заполнено все то пространство, которое будет занято впоследствии термитной сталью. Воск должен заполнять не только хомут, но также и пространство между свариваемыми частями. Если взвесить воск до начала и по окончании этой операции, то разница даст нам вес израсходованного воска.

«Железнодорожный термит» (американской спецификации). «Железнодорожный термит» поставляется в готовом виде, перемешанный с необходимыми присадками: марганцем, никкелем и сталью, в количестве достаточном для того, чтобы получить 7,5 кг термитной стали высокого качества. Благодаря применению присадок температура реакции, хотя и понижается, но все же остается вполне достаточной для сварки. Количество углерода при этом увеличивается и качество металла улучшается. Установлено, что для сварки литого железа и стали этот термит дает наилучшие результаты. «Железнодорожный термит» поставляется в мешках, заключающих в себе 13,3 кг термита каждый. Для сварки при этом достаточно взять по одному мешку термита на каждые 450 г воска. Этот расчет предусматривает достаточное количество термитной стали не только для самой сварки, но также и для литника и выпора.

Расчет потребного количества обыкновенного термита. В том случае, когда в распоряжении сварщика имеется не «железнодорожный термит», а термит обыкновенный, он должен взять на каждые 100 кг обыкновенного термита по 1 кг чистого марганца и никкелевого термита и 15 кг обсечек мягкой стали.

При крупных сварках можно брать процент обсечек больший, чем при сварках малых. Избыток тепла будет при этом достаточен для того, чтобы расплавить обсечки, не понижая температуры термитной стали до степени, не отвечающей требованиям сварки.

В качестве нормального состава для крупных сварок можно рекомендовать обыкновенный термит с добавлением 20% обсечек мягкой стали, 1% дробленого марганца и 1% никкелевого термита. Таким образом на каждые 100 кг обыкновенного термита необходимо добавлять 20 кг обсечек, 1 кг марганца и 1 кг никкелевого термита.

Таблица 1.

Расчетные размеры и вес порций для сварки прямоугольных сечений.

Сечение: ширина — высота в см	Прозор в см	Хомут в см	Выпор диаметр в см	Литник диаметр в см	М награвательного и соединительного отверстия и диаметр в см	Вес корродированного горючего в кг
5 × 5	0,9	8,6 × 9,9	1,9	1—2,5	1—2,5	3,5
5 × 10	1,3	4,4 × 1,3	1,9	1—2,5	1—2,5	4,5
8 × 8	1,3	4,8 × 1,3	2,5	1—2,5	1—2,5	5,0
8 × 15	1,4	6,3 × 1,4	2,5	1—2,5	1—3,2C и 1—1,9C	9,9
10 × 10	1,4	6,2 × 1,4	2,5	1—2,5	1—3,2	7,2
10 × 20	1,7	8,2 × 1,7	2,5	1—2,5	1—3,2C и 1—1,9C	18,9
13 × 13	1,7	7,6 × 1,7	3,8	1—2,5	1—3,2	14,4
13 × 20	1,9	9,7 × 1,9	3,8	1—2,5	1—3,2C и 1—2,5C	22,5
15 × 15	1,9	8,7 × 1,9	3,8	1—2,5	1—3,2	19,8
15 × 23	2,2	10,2 × 2,3	3,8	1—2,5	2—3,2C	31,5
18 × 18	2,2	9,9 × 2,3	5,1	1—2,5	1—3,2	29,2
18 × 25	2,5	11,5 × 2,5	5,1	1—2,5	2—3,2C	45,4
20 × 20	2,5	11,3 × 2,5	5,1	1—2,5	1—3,2	38,3
20 × 30	2,9	13,3 × 2,8	5,1	1—2,5	2—3,2C	65,3
23 × 23	2,7	12,4 × 2,7	5,1	1—3,2	1—3,2	51,8
23 × 33	3,1	14,2 × 3,1	6,3	1—3,2	2—3,2C	90,8
25 × 25	3,6	13,3 × 2,8	6,3	1—3,2	1—3,2	67,5
25 × 38	3,3	16,2 × 3,3	6,3	1—3,2	2—3,2C	11,7
28 × 28	3,2	14,6 × 3,2	6,3	1—3,2	2—3,2C	90,8
28 × 41	3,6	17,1 × 3,6	6,3	1—3,2	2—3,2C и 1—3,2NC	141,8
30 × 30	3,3	15,9 × 3,3	6,3	1—3,2	2—3,2C	108
30 × 46	3,8	18,7 × 3,8	7,6	1—3,8	2—3,2C и 1—3,2NC	186,8
33 × 33	3,5	16,8 × 3,5	6,3	1—3,2	2—3,2C	186,2
33 × 48	3,9	20 × 3,9	7,6	1—3,8	2—3,2C и 1—3,2NC	212,3
36 × 36	3,8	18,1 × 3,8	7,6	1—3,8	2—3,8C	162
36 × 51	4,1	20,9 × 4,1	7,6	1—3,8	2—3,8C и 1—3,8NC	272,4
38 × 38	3,8	19 × 3,8	7,6	1—3,8	2—3,8C	186,8
38 × 56	4,4	22,5 × 4,4	7,6	1—5,1	2—3,8C и 1—3,8NC	326,3
41 × 41	4,1	20,3 × 4,1	7,6	1—3,8	2—3,8C	227
41 × 61	4,8	24,1 × 4,8	8,9	2—3,8	4—3,8C	416,3
46 × 46	4,4	22,5 × 4,5	7,6	2—3,2	4—3,8C	317,8
46 × 66	5,0	26,3 × 5,0	8,9	2—3,8	4—3,8C	506,3
51 × 51	4,8	24,4 × 4,8	8,9	2—3,8	4—3,8C	416,3
51 × 76	6,4	29,2 × 5,4	8,9	2—3,8	6—3,8C	686,3
56 × 56	5,1	25,7 × 5,1	8,9	2—3,8	4—3,8C	517,5
56 × 81	5,7	31,7 × 5,7	8,9	2—2,9	6—3,8C	832,5
61 × 61	5,4	28,9 × 5,4	8,9	2—3,8	4—3,8C	641,3
61 × 91	6,0	34,3 × 6,1	10,2	2—5,1	6—3,8C	1091
66 × 66	5,7	30,8 × 5,7	10,2	2—3,8	6—3,8C	817,2
66 × 97	6,3	35,6 × 6,3	10,2	2—5,1	6—3,8C	1271
71 × 71	6,0	33 × 6,0	10,2	2—5,1	6—3,8C	990
71 × 107	6,7	41,9 × 6,6	11,5	2—5,1	8—3,8C	1598
76 × 76	5,4	34,9 × 6,3	10,2	2—5,1	6—3,8C	1136
76 × 114	7,0	41,9 × 7,0	11,5	2—5,1	8—3,8C	1879

Примечание. С — отверстия, соединенные с литником; NC — отверстия, не соединенные с литником.

Таблица рассчитана по формуле:

$$\text{Прозор} = \frac{\sqrt[3]{\text{пл. сечения}}}{4}$$

Толщина хомута (в среднем сечении) равна ширине прозора.

$$\text{Ширина хомута} = \frac{3\sqrt[3]{\text{пл. сечения}}}{10} + \text{удвоенный прозор.}$$

Указанные выше диаметры литников являются средними их диаметрами. Практически литник должен быть коническим. Диаметр его основания должен быть примерно на 3 мм меньше и диаметр вершины на 3 мм больше, чем данный в таблице размер.

Расширение и сжатие. При расчетах сжатия термитной сварки следует иметь в виду, что действительной усадкой небольшого количества термитной стали между концами свариваемых частей можно почти пренебречь, тогда как действительное сжатие сварки может колебаться в пределах от 1— до 6 мм. Это происходит вследствие того, что во время предварительного подогрева концы частей продвигаются вперед и приближаются друг к другу благодаря удлинению прилегающих частей, вызванному предварительным подогревом. Например, если излом раздвинут на 6 мм для допуска стягивания и удлинение частей во время предварительного подогрева приближает их друг к другу почти на 6 мм (может быть на 0,5 мм менее), то части после сварки должны быть точно на линии (по отношению к сделанным засечкам). При сварке крупных частей (по сравнению с частями малыми) должны быть сделаны несколько большие допуски на усадку, так как в этом случае для доведения места излома до надлежащей температуры требуется более продолжительное время и теплота распространяется поэтому дальше вдоль частей, вызывая большее удлинение и большее стремление к упрочнению оставленного в изломе прозора.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

ТИГЛИ.

Устройство тигля. Реакция при термитной сварке происходит в тигле (рис. 140) с футеровкой из магнезита со смолой, имеющей в дне сильно обожженный магнезиевый камень (АА). Этот последний в свою очередь имеет отверстие в виде трубки, в которое вставлен тщательно пригнанный малый магнезиевый камень или штепсель (ВВ). В этом

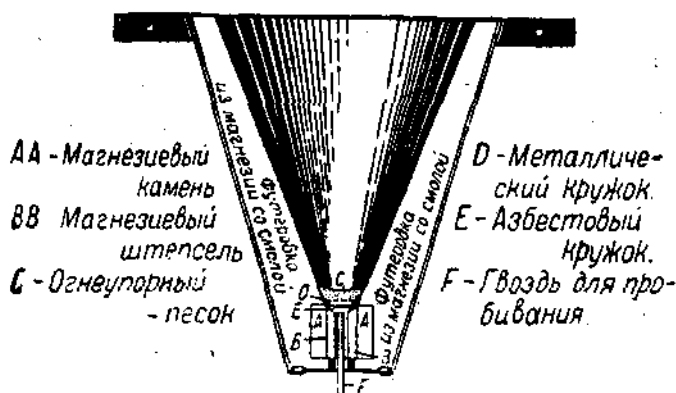


Рис. 140. Вертикальный разрез автоматического тигля для термитной сварки с показанием заделки выпускного отверстия.

штепселе имеется круглое отверстие, через которое и выливается термитная сталь. Штепсель при его замене может быть легко удален осторожными ударами, направленными вверх, после чего может быть вставлен новый штепсель. Для большей надежности рекомендуется применять для каждой реакции новый штепсель.

Задачей, которая преследуется при устройстве тигля с отверстием в дне, является дать возможность стали, образующейся при термитной

реакции и опускающейся на дно тигля, пройти в сварочную форму (после того как выпускное отверстие будет пробито), не перемешиваясь со шлаком, который вытекает повднее, приходя в соприкосновение со свариваемыми частями.

Заделка выпускного отверстия тигля. Перед заделкой тигля необходимо прежде всего вставить в дно его штепсель (ВВ), обернутый в лист гладкой бумаги. Штепсель закрывается нижеследующими материалом, служащим в качестве заделки выпускного отверстия: гвоздем для пробивания, вставляемым в отверстие штепселя и закрываемым асбестовой прокладкой и сверху нее металлическим кружком. Вся эта заделка засыпается огнеупорным песком из специального пакета.

Материал для заделки выпускного отверстия тигля, включая и штепсель, обыкновенно поставляется в готовом для работы виде. Гвоздь для пробивания выталкивается в тигель из штепселя направленными вверх ударами железного прута, как это было указано выше. При неоднократном использовании тигля дно его изнашивается. Это вызывает необходимость в особо тщательной заделке выпускного отверстия тигля, во избежание преждевременного прорыва заделки при реакции.

Во многих случаях можно производить исправление изношенных тиглей магниевой со смолой, удлинняя таким образом срок службы тигля.

Футеровка тигля. Тигель и штепсель, через который металл вытекает после реакции, являются двумя главнейшими факторами термитного процесса. Высокая температура и сильное кипение расплавленного термита во время реакции требует такой футеровки тигля, которая была бы не только механически прочна, но и весьма огнеупорна. Установлено, что только тигли с футеровкой из магнезии удовлетворяют этим требованиям. Материал для такой футеровки может поставляться в виде магнезии со смолой. Смола играет здесь роль вяжущего вещества. Во время процесса обжига она сгорает.

При производстве футеровки тигля необходимо придерживаться правил, указанных ниже. Количество магнезии, потребной для изготовления тиглей различной величины, указано в таблице II.

В целях предохранения и поддержания массы, таковая помещена в коническом кожухе из листового железа, имеющем у основания железную планку с отверстием, предназначенным для выпуска жидкой термитной стали.

Футеровочный материал из магнезии со смолой должен быть подогрет настолько, чтобы он был пластичным. Затем необходимо положить на дно кожуха несколько горстей футеровочного материала и установить магниевый камень так, чтобы он был погружен в материал и приходился над центром отверстия (см. рис. 141, на котором указаны размеры камней, потребных для различной величины тиглей). Далее необходимо утрамбовать вокруг камня еще некоторое количество магнезии, для того чтобы укрепить камень на месте. После этого необходимо установить чугунный конус в тигле так, чтобы небольшой выступающий у нижней его части цилиндр вошел в отверстие магниевого камня. Размеры этого цилиндрика равны размерам штепселя, описанного нами выше. Верхняя часть конуса устанавливается после этого внутри кожуха центрально посредством клиньев, размещаемых на равных между собой расстояниях вдоль всей окружности.

Таблица II

Детали автоматических тиглей, футеровочного материала, конусов, камней и штепселей.

Размер тигля мм	Вес ж.-д. тигля в кг	Полный вес тигля brutto в кг	Внутр. diam. верха тигля в см	Высота в см	Размер магнев. камня для футеровки мм	Размер штепселя мм	Размер футеровки для ба-дежи	Толщина слоя магн. под камнем в см	Вес магн. для футеровки	Размер конуса, соответ. раз. тигля мм	Полный вес конуса в кг
1	2,7	18	22	22	1	1	1	1	3,6	1	22,5
2	3,5	27	24	23	1	1	1	1	9,2	2	22,5
3	6,8	49,5	29	33	2	1	1	1,9-3,8	18,9	3	22,5
4	11,8	56,3	34	39	2	1	1	1,3	27,7	4	56,3
5	15,8	67,5	42	41	2	1	1	1,3	39,1	5	67,5
6	31,5	112,5	48	49	2	2	2	1,3	68,5	6	101
6A	45,4	158	58	53							
7	63	203	61	58	1 и 2	2	2	1,3	97,2	7	169
8	94,5	237	67	69	1 и 2	2	2	1,3	116	8	169
9	126	293	74	74	3 и 3 спец.	3	3	1,3	147	9	270
10	180	349	83	83	3 и 3 спец.	3	3	1,3	184	10	270

После этого магневия может быть утрамбована понемногу за один раз и крепко забита. От плотности и твердости футеровки зависит продолжительность срока службы тигля. При трамбовании футеровки должны наноситься энергичные сильные удары на верхний конец инструмента. Еще лучше применять для этой цели ручную пневматическую трамбовку.

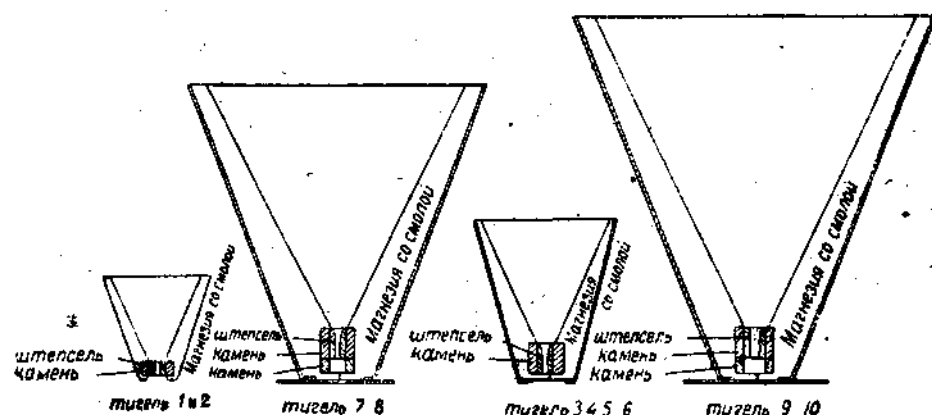


Рис. 141. Схематическое изображение автоматических тиглей с указаниями, относящимися к применению магнезитовых камней.

Не следует слишком торопиться с набивкой материала, имея в виду, что чем более тщательно и однородно сделано трамбование, тем долее тигель будет держаться.

При приближении к футеровке к вершине деревянные клинья должны быть удалены, так как футеровка, будучи на месте, сама удерживает конус в надлежащем положении.

После того как заполнение и забивка будут совершенно закончены, необходимо сделать куском мела отметку на конусе и на противоположной точке футеровки, для того чтобы иметь возможность, вынув конус из тигля, снова поставить его точно на прежнее место. Затем следует вынуть конус, стараясь при этом не привести в расстройство футеровку, положить на футеровку лист оберточной или газетной бумаги и затем осторожно поставить конус на место так, чтобы сделанные ранее отметки пришлись одна против другой.

После этого необходимо надеть на тигель кольцо и произвести тщательную обмазку огнеупорной глиной вокруг его верха, для того чтобы предохранить при обжиге верхнюю часть футеровки от жара. Рекомендуется также для этой цели класть сырую огнеупорную глину вокруг дна тигля и вовнутрь камня.

Тигель после этого готов для обжигания. Последнее должно производиться в специальной печи. Жар следует увеличивать постепенно до тех пор, пока чугунный конус не раскалится докрасна и пока дым не перестанет выходить из смолы. После этого, постепенно остудив, можно вынуть тигель из печи. Если обжигание тигля производится слишком продолжительное время, футеровка получится хрупкой и срок службы тигля значительно сократится. Если же, напротив, обжигание производится в течение слишком короткого времени, в футеровке останется некоторое количество смолы, вследствие чего при реакции произойдет сильное кипение термита. Когда тигель остынет, замазка из глины может быть удалена, конус вынут и тигель применен в дело.

Штепсель. Наиболее сильному воздействию высокой температуры подвергается дно тигля, а также поверхность отверстия штепселя, через которое металлы выпускаются. Эта поверхность должна выдерживать омывание и давление веса движущегося жидкого металла и шлака, находящихся в сильно нагретом состоянии.

Магнезитовый камень, помещающийся в середине основания тигля и вокруг которого уложен футеровочный материал, имеет в середине коническое отверстие. Штепсель имеет такую же коническую форму, как и отверстие в камне, и помещается внутри последнего. После того как штепсель изнашивается (расширение отверстия, выкрашивание), он может быть выбит и заменен новым. Благодаря этому получается возможность удлинить срок службы тигля. Штепсель, прежде чем он будет помещен в надлежащее положение, должен быть обернут листом гладкой бумаги.

Необходимость бережного обращения с тиглем. С тиглями необходимо обращаться весьма бережно, так как футеровка при грубом с ней обращении легко дает трещины и выкрашивается. Весьма важно также хранить тигли в сухом месте, так как футеровка, будучи пористой, легко поглощает влагу, сырая же футеровка вызывает при реакции сильное кипение термита. Нет никакой надобности очищать тигель от приставшего после реакции к внутренней его поверхности шлака, так как шлак, будучи весьма огнеупорным материалом, оставаясь в тигле, защищает его стенки. У дна тигля однако вблизи камня и штепселя шлак должен быть удален, для того чтобы возможно было либо прочистить отверстие штепселя, либо выбить старый штепсель и заменить его новым.

Тигли вместе со всей остальной аппаратурой по термитной сварке надлежит хранить под замком и ключом в совершенно сухом месте. Ключ должен находиться в распоряжении того, кому поручены работы по термитной сварке.

Весьма часто является возможность продлить срок службы футеровки тигля путем замазывания изношенных мест магниезией со смолой. Это имеет место особенно тогда, когда износу подверглось дно тигля и обнаружилась часть магниезиевого камня, вследствие чего становится возможным преждевременный прорыв тигля. При исправлении футеровки у дна необходимо обращать внимание на то, чтобы камень был закрыт магниезией. Магниезия при этом должна быть тщательно высушена, прежде чем тигель будет пущен в ход. В некоторых случаях для исправления тиглей применяли огнеупорную глину. Это однако никоим образом не может быть рекомендовано. Необходимо пользоваться для этой цели исключительно магниезией со смолой, которая выдерживает достаточно хорошо высокую температуру термитной реакции. Следует кроме того заметить, что глина, заключающая в себе главным образом кремнезем, разлагается под действием высокой температуры. При этом в сталь, вследствие восстанавливающего действия алюминия, вводится кремний. Кремний, а также равные нечистоты, находящиеся в самой глине, могут неблагоприятно повлиять на качество стали.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

ПРИМЕРЫ ТЕРМИТНОЙ СВАРКИ.

Приготовление паровозной рамы для сварки. Удалив некоторые части машины (для того чтобы открыть доступ к месту излома) и освободив участок шириною в 40 см для сварочной формы, необходимо установить для поддержания рамы винтовые домкраты так, чтобы ни одна часть рамы не могла осесть.

Затем следует сделать засечки на раме для отмеривания того допуска, который должен быть дан во избежание стягивания. Далее необходимо вырезать металл вдоль линии излома и очистить раму, согласно данных выше общих указаний для термитной сварки.

Затем необходимо тщательно очистить раму на протяжении не менее 5 см, для того чтобы получить с обеих сторон трещины блестящую поверхность металла. Следует удостовериться в том, что вся грязь и весь жир удалены с поверхности, охватываемой сварочной формой. В противном случае при подогреве, после утрамбования формы, получится горение жира на протяжении между формой и рамой. В случае применения ацетилено-кислородной реакции необходимо удостовериться в том, что удалены все окислы и шлаки, могущие образоваться вследствие реакции.

Убедившись в том, что рама совершенно выравнена, необходимо ее растянуть в соответствии с местонахождением излома. Если излом произошел между челюстями, необходимо вставить винтовой домкрат и раздвинуть раму на ширину от 5 до 8 мм, в зависимости от размера рамы и продолжительности предварительного подогрева. Допуск этот находится в тесной зависимости от продолжительности предварительного подогрева. Чем дольше продолжается предварительный подогрев,

тем больше тепла проникнет в раму и тем больше уменьшится первоначальный прозор. Иначе говоря, чем продолжительнее предварительный подогрев, тем больший допуск требуется на стягивание. Более или менее внимательное наблюдение над первыми же сварками сделает работающего опытным в деле определения этого допуска. Если раздвигание нельзя сделать домкратом или другим механическим способом, необходимо подотреть параллельную часть либо при помощи пламенной горелки, присоединенной к двойному подогревателю, либо при помощи жаровни. Следует подогревать, если это только возможно, параллельную часть на протяжении несколько большем, чем протяжение части, заключенной в сварочную форму и подлежащей сварке, для того чтобы получить достаточное растягивание. Это необходимо делать в то время, когда производится предварительный подогрев, не доводя однако раму до слишком высокой температуры, так как сталь вследствие этого может изменить свою структуру. Подогрев до темного жара обыкновенно уже достаточно. В случае однако недостаточной для подогрева длины параллельной части, подогрев может быть доведен докрасна. Мастер при этом должен внимательно следить за тем, чтобы подогрев не доводился до той степени, при которой может возникнуть опасение изменения структуры металла.



Рис. 142. Последовательный ход операций при термитной сварке паровозных рам.

На рис. 142 показан последовательный ход операций при термитной сварке паровозных рам. Буквой А показан прозор, разделанный для пропуска термитной стали, буквой В — вид сваренного места до момента удаления выпора и литника. Для большей наглядности выпор и отверстие увеличены.

На рис. 143 показан способ сварки паровозной рамы, сломанной в попе.

В отношении применения восковых моделей, формовочного выпора, деревянных моделей, а также расчета удлинения при подогреве и потребного количества термита см. общие указания для термитной сварки.

Сварка паровозных рам, сломанных в местах смыкания. В случае, когда рама сломана в месте смыкания, наилучший и наиболее удовлетворительный способ починки есть тот, при котором не только будут сварены вместе сломанные части, но и будет вырезан из несломанной части кусок от 2½ до 12 см (толщины) так, чтобы термитная сталь могла полностью со всех сторон залить место явлома.

На рис. 144 показана сварка паровозной рамы, сломанной в месте смыкания. Клинья и болты в сломанной части должны быть удалены. Металл должен быть вырезан в трещине, как указано. Сломанная часть должна быть растянута на 6 мм (допуск на стягивание) и удержана в этом положении при помощи малых болтов, вставленных в болтовые дыры смычки. Все дыры до установки болтов обратно на место должны быть пройдены разверткой.

Так как рамы всегда ломаются по линии болтовых дыр вследствие ослабления рам дырами, то есть основание полагать, что рама недо-

Вдвигор 4-литник
Вдвигор 3-литник

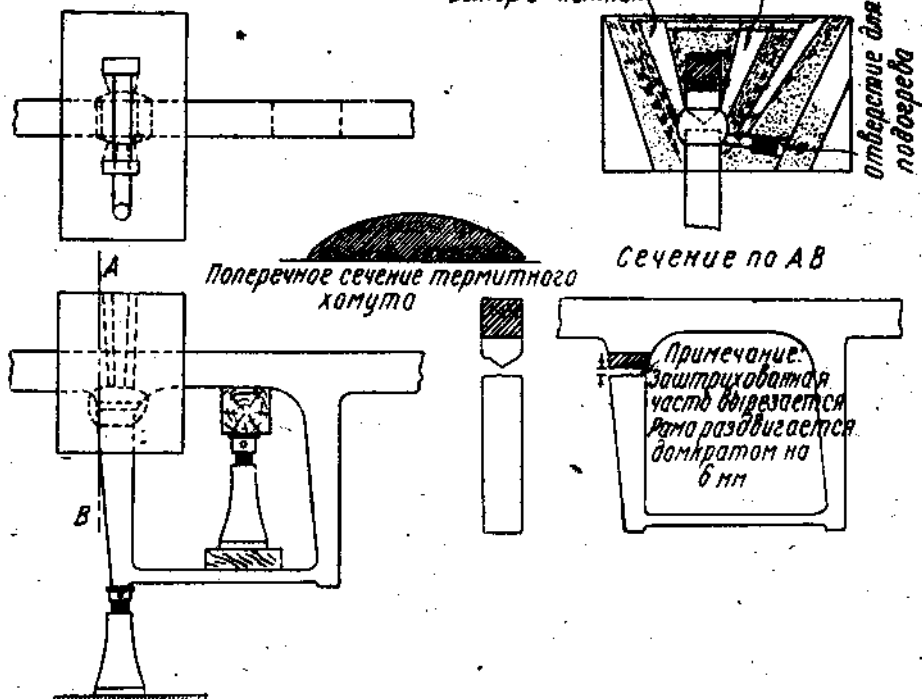


Рис. 143. Способ работы, применяемый при сварке паровозной рамы, сложенной в ногу.

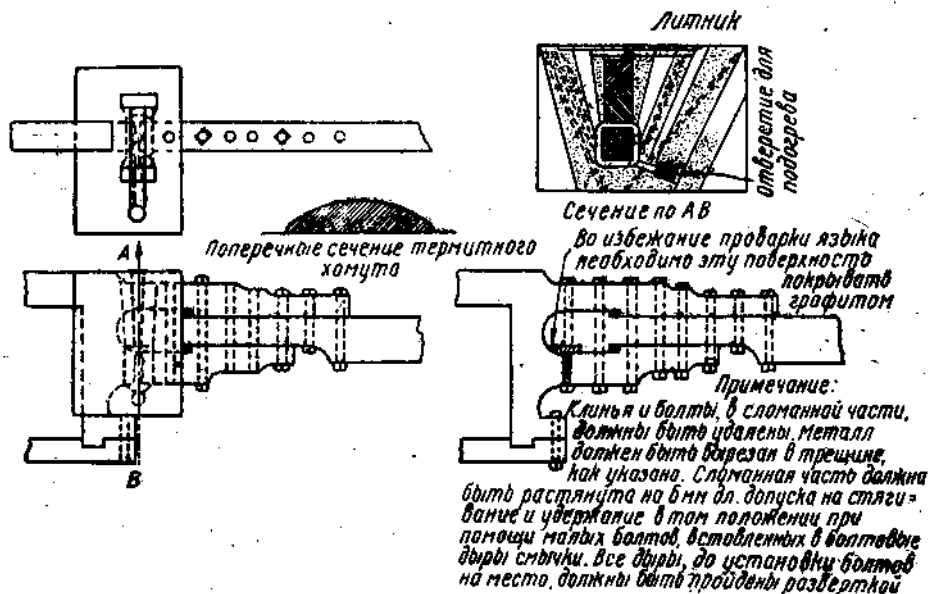


Рис. 144. Способ работы, применяемый при сварке паровозной рамы, сложенной в месте смыкания.

статочна прочна именно в этих местах. Вырезая же металл, как указано выше, так, чтобы термитная сталь могла полностью со всех сторон залить место излома и заварить болтовые дыры, мы будем иметь между двумя частями рамы термитную сталь в количестве, достаточном для того, чтобы эта сталь могла сплавиться с несломанной частью, и приварить к ней часть сломанную.

Вырезание металла в несломанной части должно быть сделано либо при помощи ацетилено-кислородной горелки, либо путем просверливания ряда дыр (рис. 145) и вырезания металла между дырами. Само собой разумеется, что металл должен быть вырезан также и в сломанной раме в месте излома, для того чтобы получить (прежде чем приступить к сварке) прозор, предусмотренный в таблице весов порций термита.

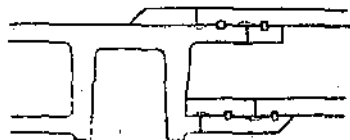


Рис. 145. Способ сверления и вырезывания в несломанной части при сварке в месте смычки.

При исправлении по указанному способу достаточно продолжительная служба смычки обеспечена. Если болтовые дыры заварены и обе части приварены друг к другу, возможность поломки в этом месте практически совершенно исключена.

Единственное возражение, которое может быть сделано против указанного способа, это трудность разъединения частей в случае необходимости устранить сцепление или убрать и сменить цилиндр. Это возражение однако неосновательно, так как достаточно просверлить ряд небольших дыр в месте приварки — и часть может быть удалена. При установке на место лучше всего прорезать паз для шпонки там, где

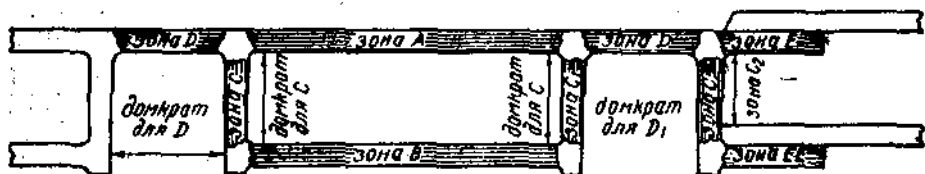


Рис. 146. Способ предотвращения остаточных напряжений стягивания при сварке паровозных рам, сломанных в различных частях.

рама вырезана, и затем скрепить раму болтами таким же порядком, как если бы рама собиралась впервые.

На рис. 146 показан способ предотвращения остаточных напряжений стягивания при сварке паровозных рам, сломанных в различных частях. Излом может случиться в разных местах, которые помечены продольной штриховкой.

Способ варьируется в зависимости от того, в какой зоне произошел излом.

Зона А. Нагреть зону В для получения удлинения на 5 — 8 мм (в зависимости от размера рамы и продолжительности предварительного подогрева) и выдерживать нагрев около получаса, как это было указано ранее (выдерживание сварочного прозора). Применять подогреватель или жаровню.

Зона В.¹ Нагреть зону А для получения удлинения на 5 — 8 мм (в зависимости от размера рамы и продолжительности предварительного подогрева) и выдерживать таковое около получаса, как это было указано (выдерживание сварочного прозора). Применять подогреватель или жаровню.

Зоны С, С₁ и С₂. Установить домкрат в С или, соответственно, в С₁ или С₂ для получения растягивания на 5 — 8 мм (в зависимости от размера рамы и продолжительности предварительного подогрева) и выдерживать таковое около получаса, как это было указано ранее (выдерживание сварочного прозора).

Зона D и D₁. Установить домкрат в D или, соответственно, в D₁ для получения растягивания на 5 — 8 мм (в зависимости от размера рамы и продолжительности предварительного подогрева) и выдерживать таковое около получаса, как это было указано ранее (выдерживание сварочного прозора).

Зона Е. Сделать вырез в несломанной части сплетения, для того чтобы освободить место для сварочного хомута.

Исправление ведущих колес паровозов. При починке спиц ведущих колес паровоза надлежит в основном придерживаться тех же правил, какие были даны для починки паровозных рам при помощи восковых моделей.

Прежде всего конечно следует снять бандаж и затем очистить место излома и вырезать металл порядком, указанным выше. Затем необходимо изготовить модель из желтого воска, пользуясь теми же приемами, какие были рекомендованы для сварки паровозных рам. Обычно эта модель делается шириною не более 8 см и толщиною в средней части от 12 до 18 мм. В поперечном сечении модель должна иметь примерно очертание сегмента круга.

Способ подогрева и наливания должен быть тот же самый, какой указан для сварки паровозных рам, с тою разницей, что в этом случае производится подогрев несломанных спиц в том же сегменте. Это делается для того, чтобы, получив таким образом прозор шириною от 5 до 6 мм (измеренный при помощи насечек), предотвратить возможность появления напряжений от усадки. Такой подогрев обычно поддерживается еще некоторое время после того, как было сделано наливание, учитывая вероятность быстрой потери тепла подогретыми таким образом спицами.

Рекомендуется соединять части обода зажимами, для того чтобы удерживать их в правильном положении во время сварки.

В том случае, когда часть спицы совершенно выломана, является иногда возможным влить в промежуток термитовую сталь, для того чтобы заменить ею выломанную часть. Это не следует делать однако в тех случаях, когда длина выломанной части превышает 15 см, так как при этом могут возникнуть остаточные напряжения вследствие усадки куска термитного металла столь значительной длины. Лучше в таких случаях вставлять кусок стали надлежащей длины и приваривать его с обоих концов к частям, остающимся от первоначальной спицы. Первой сварке дают при этом остыть, прежде чем приступить ко второй.

¹ При подогреве одной из зон А или В буксовая струнка или струнки должны быть установлены на место до начала подогрева, для того чтобы расширение происходило равномерно и не была повреждена или изогнута нога.

В том случае, когда колесо состоит не из отдельных сегментов, а отлито целым, обод должен быть разрезан для выделения сегмента, заключающего в себе сломанную шлицу. При обратной установке бандажа замыкающие клинья устанавливаются обычным способом.

Починка коленчатых валов и других подобных частей. При сварке коленчатых и других валов, рулевых баллеров, крейцкоффов и пр. более легкая часть должна быть установлена аккуратно на горизонтальных опорах так, чтобы она была устойчивой без применения каких-либо зажимов и чтобы ее вместе с тем можно было передвигать вперед и назад по линии сварки, не нарушая выравненного положения частей. Сильные зажимы должны быть установлены во время утрамбовывания формы, для того чтобы удерживать части в выверенном положении. Зажимы с части более легкой должны быть сняты до начала подогрева и выливания термита. При починке излома в части небольшого сечения, прилегающей к двум крупным частям, рекомендуется полпереть одну или обе крупные части на катках.

Специальные V-образные колодки. При сваривании коленчатых валов обычным и наилучшим способом является установка их на V-образных колодках (рис. 147). Эти V-образные колодки представляют собой массивные тща-

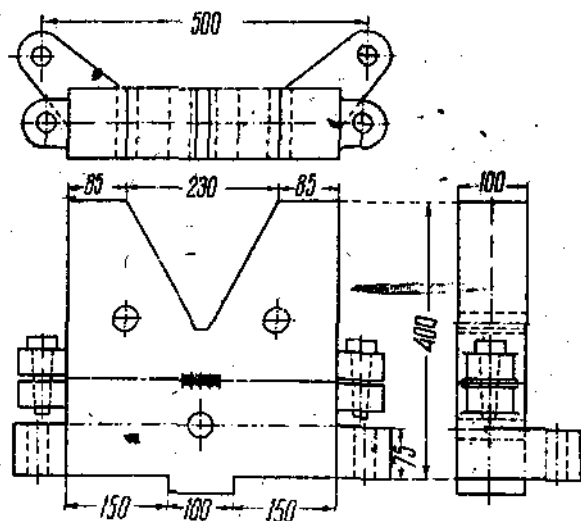


Рис. 147. V-образные колодки для термитной сварки коленчатого вала.

тельно обработанные части, которые могут скользить в направляющей тяжелой фундаментной плиты. V-образные колодки должны быть расположены вдоль направляющей фундаментной плиты таким образом, чтобы они находились у цапф коленчатого вала. С обеих сторон параллельно главной направляющей фундаментной плиты должны иметься малые шпунты, подобные тем, какие бывают в постелях строгальных станков. В этих шпунтах против V-образных колодок должны быть помещены головки прижимных болтов. Поперек вала устанавливаются короткие планки из полосового или коробчатого железа, прижимаемые к валу при помощи гаек, навинченных на концы прижимных болтов!

V-образные колодки должны быть установлены у коренных цапф таким образом, чтобы вал мог по ним скользить параллельно своей оси по крайней мере на 6 мм в обе стороны, никоим образом не задевая при этом V-образных колодок своими заплечиками и коленами. Как показывает опыт, излом коленчатых валов происходит обычно либо в коренной цапфе, либо в цапфе колена, вблизи плеча или щеки, или наконец

в самой щеке. Обыкновенно является желательным установить вал так, чтобы его колена были в горизонтальном положении. Щеки однако должны быть установлены в вертикальное положение в том случае, если излом произошел в цапфе колена, которая должна быть при этом в самом низу, для того чтобы избежать необходимости в большом количестве формовочного материала между щеками. Последнее нежелательно, так как может помешать усадке сварки в цапфе колена.

Конструкция V-образных колодок. В том случае, если излом произошел в щеке или плече вблизи цапфы колена, вал должен быть установлен так, чтобы его колена находились в горизонтальном положении (рис. 148). Это дает возможность горизонтальных перемещений, вызываемых растяжением или сжатием. В том случае, если допуск на усадку был назначен правильно, вал вернется в свое первоначальное положение, так как не будет препятствий для силы, стремящейся раздвинуть

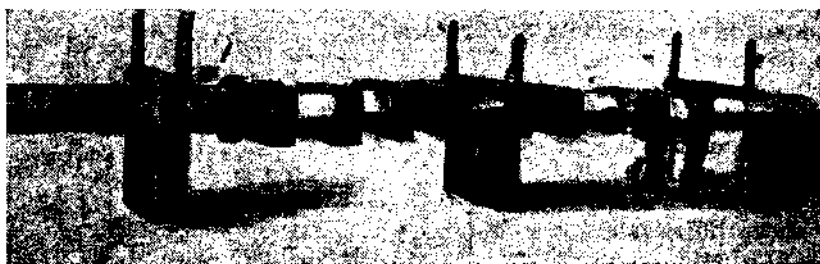


Рис. 148. Излом коленчатого вала в плече колена, разделанный и подготовленный к сварке.

трещину, и действие этой силы будет впоследствии сведено на нет равноценным стягиванием. С другой стороны такие V-образные колодки дают возможность производить наблюдения над стягиванием вала, благодаря чему при сварке валов в дальнейшем могут быть в случае надобности назначены те или иные допуски.

Эти V-образные колодки должны быть сконструированы таким образом, чтобы они разделялись горизонтально на две части. Как верхняя, так и нижняя часть должны иметь деления, точно нанесенные на них вблизи линии разреза. Средняя черта делений должна быть длиннее и толще остальных. Когда обе части колодки установлены центрами друг против друга, могут быть вставлены аккуратно шипы, предпочтительнее всего конические. Там, где должно быть принято во внимание горизонтальное стягивание, шипы должны быть вынуты из некоторой части колодок и эти последние слегка сдвинуты в отношении друг друга, насколько это требуется. Если колодки не установлены на шипах, то должны быть применены зажимные болты — для того чтобы удерживать вал в горизонтальном положении во время трамбовки формы. Перед началом предварительного подогрева эти болты конечно должны быть сняты, для того чтобы вал получил возможность свободного перемещения. Другим преимуществом этого типа V-образных колодок является то, что в них могут быть помещены, при наличии цапф равляющего диаметра, тонкие пластинки между отдельными половинами колодок вместо того, чтобы помещать планки на наклонные грани коло-

док. Толщина такой плашки должна быть в точности равна половине разности диаметров цапф.

Починки прокатных станов. Исправления прокатных станов являются особенно интересными, включая в себе: приварку новой цапфы к обыкновенному или шестеренному валкам, приварку новых зубцов к шестеренному валку, для замены выломанных, наплавку металла на изношенные соединительные концы обыкновенного или шестеренного валка, исправление изломанных станин прокатного стана, больших валов и починку тяжелых частей вообще.

Если есть необходимость в добавлении новой части цапфы, то лучше всего отлить новую часть, немного большего размера, и приварить ее обычным способом. После сварки часть обрабатывается до надлежащего диаметра и длины.

Наплавка металла на изношенные соединительные концы валка.

Такая приварка является одним из важнейших применений термита в деле ремонта прокатных станов, так как она дает возможность экономно исправлять изношенные части соединительных концов как валка обыкновенного, так и валка шестеренного. Само собой разумеется, что в том случае, когда соединительные концы совершенно изношены или сломаны, лучше наварить новую цапфу, как указано выше. Но там, где изношенность не слишком велика, изношенные части могут быть восстановлены при помощи термитной сварки с вполне удовлетворительным результатом. В этих случаях однако должен всегда применяться специальный термит для «соединительных концов».

Он изготовляется специально для этой цели и дает сталь, которая достаточно тверда и прочна, чтобы выдержать трудную службу, для которой она предназначена, и в то же время поддается обработке.

Восковая модель, представляющая собой ту часть, которую требуется возобновить, должна быть сформована на соединительных концах. Есть два различных обычно широко применяемых в мастерских способа для изготовления такой восковой модели. Первый из этих способов состоит в том, что делаются деревянные модели, которые в точности заполняют все пространство между выступами трефа (рис. 149). Для изготовления этих моделей пользуются либо новым валком, либо моделями, из которых валок был отлит. После того как деревянные модели установлены на место, надевают на соединительный конец кожух из листового железа и затем заполняют расплавленным воском пространство между деревянными моделями и оставшимися частями соединительных концов (рис. 150). После этого деревянные модели убирают и производят обычным порядком набивку сварочной формы,



Рис. 149. Завариваемая цапфа валка и деревянные модели, установленные на место.

предварительный подогрев и заливание термита. Литники соединяются у основания с соединительным кольцом, которое может быть



Рис. 150. Расплавленный воск, влитый в промежуток между деревянными моделями и оставшимися частями соединительного конца.



Рис. 151. Общий вид законченной сварки до снятия отостков, оставшихся от литников и выпоров.

сделано из воска. Сталь благодаря этому будет разливаться по всей форме равномерно (рис. 151).



Рис. 152. Три конца заварены и один конец не заварен.

При втором способе, которому некоторые мастерские отдают предпочтение, для отливки воска требуется изготовление формы из смеси портланд-цемента и гипса. Форма состоит из двух частей и отливается вокруг конца деревянной модели, соответствующей исправляемому валку. Гипсовая форма может заходить за конец обыкновенного или шестеренного валка так, чтобы она, будучи помещена в надлежащее положение на изношенном соединительном конце, могла установиться центрально сама от себя. После того как форма из портланд-цемента и гипса будет наложена на изношенный соединительный конец, промежуточное пространство, соответствующее изношенной части, заполняется расплавленным воском совершенно таким же порядком, как и для случая применения деревянных моделей. Надо иметь в виду конечно, что как деревянные модели, так и гипсовые формы являются постоянным

оборудованием и что они могут быть поэтому применены неоднократно там, где производится починка валков одного и того же

типа. Обычно в каждой мастерской имеются в запасе разнообразные виды таких форм, подходящих к различным соединительным концам валков, которые в мастерской приходится исправлять. При производстве работы по указанному способу добавление стали может быть сделано с такой точностью, что в дальнейшем не потребуется никакой механической обработки (рис. 152). Нередко случается, что соединительные концы валков, исправленные по этому способу, вызывают износ первоначальных концов, изготовленных нормальным способом, вследствие чрезвычайной твердости специальной стали, получаемой из термита для соединительных концов.

Наварка новых зубцов, взамен сломанных, на больших шестеренных валках. Это исправление обычно состоит в замене сломанных зубцов или сломанных частей зубцов. Оно имеет ту особенность, что зубец есть сравнительно очень небольшой выступ на весьма тяжелой стальной отливке. Поэтому, если бы рискнули произвести сварку обычным способом, т. е. производя предварительный подогрев отливки только у самого места сварки, как это указано в предыдущих инструкциях для производства термитной сварки, то тепло уходило бы в отливку так быстро (особенно в промежуток времени от момента удаления горелки для предварительного подогрева до начала выпуска термита из тигля), что сварка в большинстве случаев получалась бы весьма недоброкачественной. Кроме того при этом пришлось бы опасаться, что шестеренный валок даст трещину. Необходимо однако-сделать все возможное для того, чтобы сохранить в сварке тепло, а для того, чтобы это было действительно достигнуто, надо весь шестеренный валок довести до красного жара. Это можно сделать, заложив наиболее массивную часть валка в кирпичную кладку и подвергнув ее подогреву при помощи масляной или газовой горелки, надлежащим образом установленной. Одновременно часть, подлежащая сварке, должна быть подвергнута предварительному подогреву обычным способом. Следует однако следить за тем, чтобы температура повышалась постепенно, так как иначе можно опасаться, что шестеренный валок даст трещину.

Во всех тех случаях, когда при производстве сварки сравнительно небольшое количество термитной стали должно быть добавлено к тяжелой стальной отливке, или же тогда, когда одна или обе части, которые надо соединить, много тяжелее и крупнее, чем часть термитной стали, необходимо принимать меры особой предосторожности для того, чтобы обеспечить полное соединение термитной стали с более тяжелой частью, особенно в крайних частях линии соединения, где во время работы будут возникать наибольшие напряжения. Самый незначительный дефект на этой линии соединения или в крайнем волокне вызовет при начале работы трещину, которая повлечет за собой излом сваренной части. Вполне совершенная сварка в этом крайнем волокне является затруднительной вследствие того, что усадка металла в сварке (из-за небольшой разницы между усадкой стали расплавленной и стали нагретой до бела) всегда несколько больше, чем усадка стального нагретого до бела шестеренного валка. Необходимо поэтому, чтобы плавление происходило на значительную глубину даже у крайней границы термитной отливки. Плавление в этом месте более затруднено, так как жар от термитной стали поступает сюда с одной только стороны, а не со всех сторон, как это имеет место вблизи центра сварки.

На основании приведенных доводов является желательным увеличивать насколько возможно ширину поверхности, подвергающейся при сварке действию термитной стали. Это приводит в то же самое время к образованию краев или углов, которые плавятся более легко, способствуя таким образом плавке. Эти края могут быть легко получены пу-

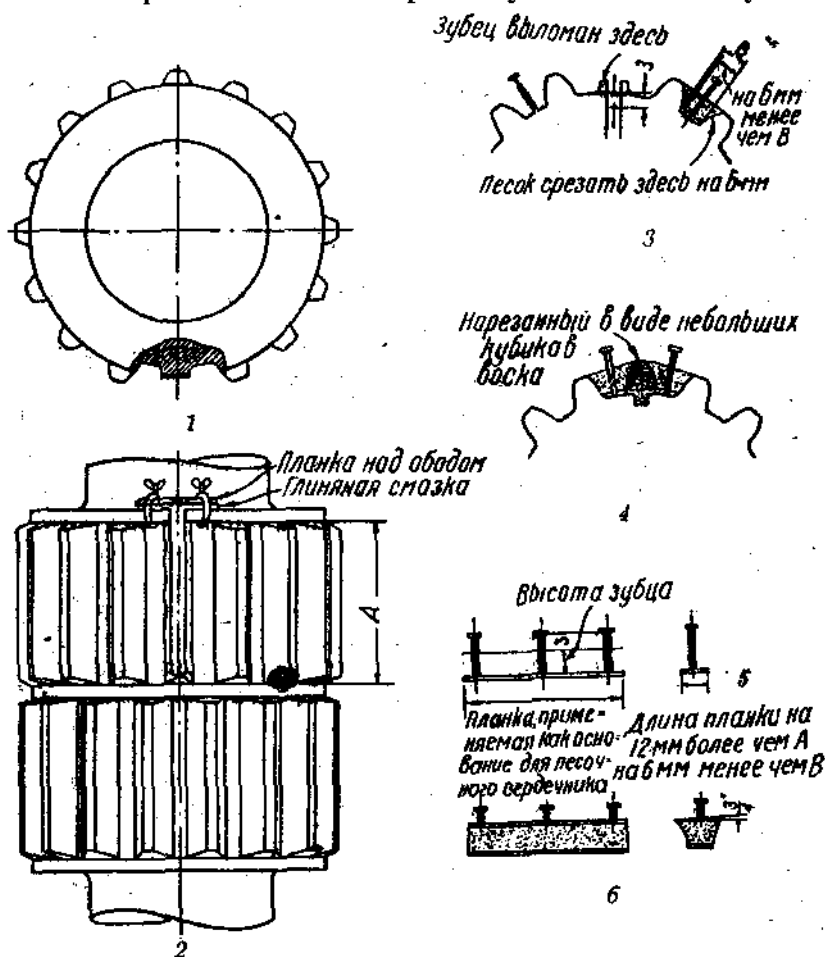


Рис. 153. Последовательный ход подготовительных работ и сварке зубцов в шестеренном валке.

1 — Разрез через сломанный зубец, показывающий обычную эпизодическую поломку. 2 — Способ вырезывания обода, укрепления планки и замазывания глиной для сварки в ободу. 3 — Устранение песчаных сердечников, образующих форму для одной половины зубца. 4 — Оба сердечника в надлежном положении и заполнение воском. 5 — Чертеж планки для поддержания основания песчаных сердечников. 6 — Разрез и боковой вид песчаных сердечников, применяемых как половины формы для высокой модели.

тем вырезывания жолоба или шпунта в основном валку шестерни в средней части основания выломанного зубца. Этот шпунт должен быть, как в глубину, так и в ширину, равен половине ширины зубца. Таким образом, если зубец, который надо наварить, должен иметь ширину у основания в 15 см, шпунт должен быть сделан в $7\frac{1}{2}$ см ширины и в $7\frac{1}{2}$ см глубины. Самый экономный способ вырезать такой шпунт — это

поместить шестеренный валок на фрезерный станок и подвергнуть обработке.

Модели, представленные на фиг. 3 рис. 153, должны быть изготовлены и пригнаны так, как указано. Для изготовления сердечников тщательно замешивают смесь из двух частей строительного песка и одной части огнеупорной глины. Эта смесь должна быть просеяна через сито № 4 и ватем смочена немного более того, чем это требовалось бы, если бы применялось трамбование формы. Если смесь плохо формуется, то можно прибавить еще глины, так как глина не оказывает никакого вредного влияния на воск.

Шестеренный валок должен быть после этого установлен горизонтально по уровню так, чтобы часть с недостающим зубом находилась в середине на самом верху. После этого можно приступить к утрамбовыванию сердечника, тщательно однако очистив предварительно пространство между теми зубцами, которые должны быть применены как направляющие, находясь выше всех остальных. Далее устанавливают модель, поддерживаемую подхватными болтами, на дно впадины между зубцами. Затем утрамбовывают крепко сердечник до высоты на 18 мм выше вершины зубца, как это показано на рисунке. Наиболее подходящим способом для такого трамбования является трамбование с применением железной или деревянной планки толщиной в 18 мм, уложенной на вершину зубца. Сердечник должен быть затем *сглажен* с этой высоты до уровня противоположного зубца (увеличенной высоты сердечник делается для того, чтобы иметь запас воска на усадку).

После того как сердечник будет окончательно утрамбован, двое рабочих осторожно вынимают его, взявшись для этого за концы подхватных болтов. Далее сердечник ставится на ящик такой величины, чтобы он был достаточен для поддержания сердечника по всей его длине. Рекомендуются подбить под сердечник немного песка, для того чтобы сделать его положение вполне устойчивым. Для исправления одного зубца нужно иметь два сердечника. Второй сердечник изготавливается по тому же способу, как и первый. После того как сердечники будут готовы, мастер, начав с одного конца, срезает слой формовочной массы толщиной в 6 мм по всей поверхности сердечника, от вершины до основания, как это показано на рисунке. Сделав это, он сглаживает поверхность, для того чтобы она была ровной, и делает на ней отметки с тем, чтобы иметь возможность всегда установить сердечник в надлежащее положение. Необходимо пояснить, что формовочную массу срезают с той стороны сердечника, которая не входит в соприкосновение с воском. Цель такого среза — увеличить объем формы, имея в виду усадку как воска, так и термитной стали.

Шестеренный валок должен быть затем поднят в вертикальное положение для сварочной операции. При такой установке необходимо строго следить за тем, чтобы шестеренный валок был хорошо подперт, во избежание его осадки от добавочного веса формовочного ящика. Это может быть сделано следующим образом.

Прежде всего необходимо вырыть в грунте яму надлежащего размера для того, чтобы поместить в нее цапфу шестеренного вала. Затем следует положить поперек верхней части ямы два двутавра так, чтобы они пришлились под заплечик шестеренного вала. Если грунт недостаточно плотен для того, чтобы надлежащим образом удерживать двутавры,

необходимо подложить под последние стальные планки, для того чтобы двутавры не могли осесть в грунт.

После этого сердечники могут быть установлены на место, по одному с каждой стороны недостающего зубца, наблюдая за тем, чтобы те стороны сердечников, которые были подрезаны на 6 мм, плотно прилегали к соседним зубцам.

Придавливающий груз должен быть затем наложен частью на соседний зубец, частью на сердечник — для того чтобы удержать сердечник в правильном положении. Далее, конец может быть легко заделан огнеупорной глиной, имеющей консистенцию замазки. Затем форма (пространство между сердечниками) должна быть заполнена мелкими кусочками воска, размером около 6 кв. см. После этого может быть влит расплавленный воск, который заполнит все пустоты между маленькими кусочками воска.

Нужно следить за тем, чтобы воск не был слишком горяч. Достаточно, если он был разогрет лишь настолько, чтобы мог свободно течь. Если воск будет разогрет до кипения, то он может повредить формовочную землю, в результате чего зубец получится неровный.

Форму не следует разбирать до тех пор, пока воск совершенно не затвердеет, на что требуется 3 — 4 часа, считая от момента выливания. В это время однако можно производить другие работы, например замешивать формовочную землю, собирать формовочный ящик и проч.

Если шестеренный валок имеет обод, то восковая модель, предназначенная для наплавления термитной стали на этот обод, может быть установлена одновременно с восковой моделью зубца. Для этого достаточно лишь скатать длинный валик из глины, диаметром около 3 см, и поместить его на шестеренном валке вокруг выреза в ободе, в расстоянии 8 см от края выреза. Глиняный валок необходимо затем подпереть планкой такой величины, чтобы она перекрывала все пространство над вершиной зубца.

Эта планка может быть укреплена двумя С-образными скобами. Между планкой и сердечником должна быть сделана с внутренней стороны смазка из глины так, чтобы расплавленный воск мог быть налит до надлежащего уровня (фиг. 2 рис. 153).

Вся указанная работа производится с применением тощей формовочной земли. Если при производстве работ по этому способу модель для нового зубца сделана достаточно тщательно, то потребуется лишь самая незначительная окончательная отделка воска. Это дает примерно экономию в один день на каждый сваренный зубец.

После того как восковая модель будет окончательно отделана, формовочный ящик должен быть установлен в надлежащее положение. Этот формовочный ящик должен быть такого размера, чтобы в него могли поместиться два зубца с каждой стороны от того зубца, который должен быть наварен. Три распорных болта должны быть пропущены через ящик, как это показано на рисунке, для того чтобы предохранить ящик от расправления при трамбовании.

Формовочный ящик должен быть затем прочно прикреплен к шестеренному валку при помощи двух полос толщиной в 12 мм, приболченных к формовочному ящику. Нижняя полоса должна быть шириною приблизительно в 35 см и должна охватывать верхнюю цапфу как раз около верхнего обода. Обе полосы должны быть изолированы от шесте-

ренного вала путем заполнения свободного пространства между полосой и шестеренным валком хорошо утрамбованной смесью песка и достаточно плотной глины. Такая предосторожность необходима для того, чтобы ящик плотно прилегал к шестеренному валку.



Рис. 154. Шестеренный валок с вырезанным зубцом.

Мастер должен после этого утрамбовать формовочный ящик, оставляя отверстия для предварительного подогрева, литника и выпора согласно указаний, данных выше. Весьма важно при этом, чтобы отверстие для предварительного подогрева (внутренний конец которого со-



Рис. 155. Формовочный ящик, кирпичный очаг и тигель в надлежащем положении. Шестеренный валок подвергается предварительному подогреву.

единяет литник со сваркой) доходило до самого низа сварки, для того чтобы была уверенность в том, что эта часть будет заполнена термитной сталью.

После того как эта операция будет закончена, необходимо сложить кирпичную печь вокруг незащищенной части шестеренного вала, в

расстоянии 5 см от зубца. Затем следует установить листовое железо вокруг незащищенной цапфы так, чтобы этот кожух опирался на полосу, прикрепляющую формовочный ящик. Кожух должен быть диаметром на 15 см шире и высотой приблизительно на 10 см выше цапфы. Необходимо утрамбовать песок между кожухом и шейкой и покрыть верх слоем песка толщиной в 10 см. Таким образом весь шестеренный валок будет изолирован. Следующая операция — предварительный подогрев.

Для предварительного подогрева необходимо поместить горелку у основания кирпичной печи и начинать подогрев с очень легкого жара. Это необходимо для того, чтобы избежать слишком быстрого нагревания шестеренного вала, что может быть причиной внутренних напряжений и в результате чего шестеренный валок может дать трещину. После того как шестеренный валок будет достаточно прогрет, огонь может быть усилен до настоящего сильного жара с тем, чтобы довести весь шестеренный валок до состояния ярко-красного каления, т. е. до температуры примерно в 650°C . Во время подогрева тигель должен быть установлен и заряжен. После этого термит может быть выпущен в сварочную форму обычным способом.



156. Законченная сварка. Виден металл в литнике и выпоре.

На рис. 154 — 156 изображены отдельные моменты по восстановлению сломанного зубца вала.

Ремонт чугунных частей. Термитный процесс, хотя и вполне подходящий для сварки чугуна, не может однако применяться при всех чугунных сварках, вследствие трудности в некоторых случаях сделать надлежащий допуск на усадку металла в сварке при остывании.

Усадка термитной стали превышает в два раза усадку тех чугунных частей, которые должны быть сварены. Как общее правило при этом можно принять, что если длина трещины превышает толщину материала более чем в восемь раз, то разница в усадке вдоль линии излома вызовет образование в термитной стали волосных трещин, перпендикулярных к линии излома. Эти волосные трещины, будучи всегда перпендикулярны к линии сварки, не имеют большого значения и не влияют на прочность сварки. Во всех тех случаях, когда длина трещины менее восьмикратной толщины, термитная сварка чугунных частей дает результаты весьма удовлетворительные. Поэтому необходимо уделять больше внимания допускам на усадку сварки, имея в виду, что чугунные части не обладают такой эластичностью, как подобные им стальные части.

Нужно особенно внимательно следить за предварительным подогревом чугунных сварок, чтобы не слишком разогреть части; темно-красное каление достаточно. Жар должен поддерживаться до тех пор, пока форма не будет совершенно высушена.

Термит для чугуна. Термитная смесь для сварки чугуна отличается от той, которая была указана для сварки ковкого железа и стали. Для этой цели рекомендуется особая смесь, известная под названием «чугунный термит». Смесь состоит из обыкновенного термита с добавлением 3% ферро-силиция и 20% обсечек мягкой стали. На каждые 100 кг обыкновенного термита добавляется таким образом 3 кг ферро-силиция и 20 кг обсечек. Такая смесь улучшает качество чугуна и дает мягкий и однородный металл в сварке.

Чугунные сварки труднее поддаются обработке, чем сварки ковкого железа и стали, так как чугун содержит в себе более 3% углерода и

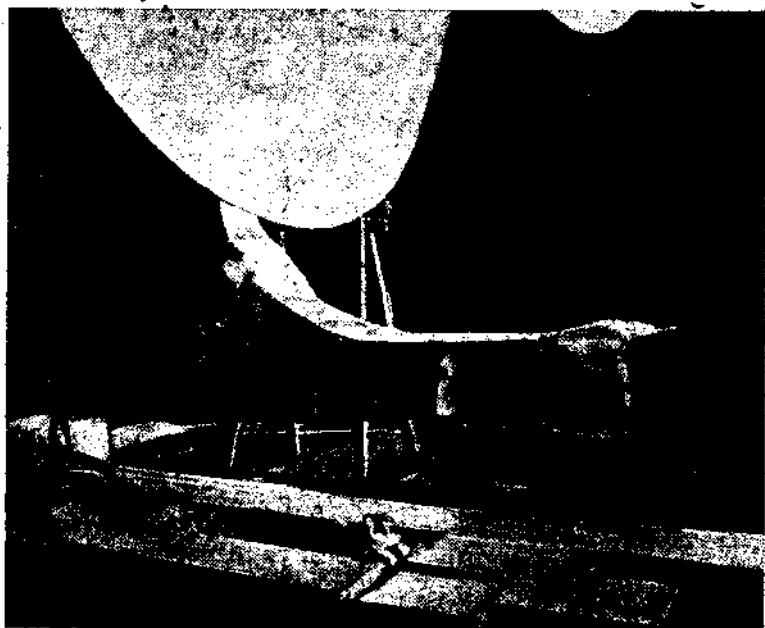


Рис. 157. Вварка новой части в ахтерштевень большого грузового парохода.

получаемый при сплавлении с термитной сталью от сварки металл является высоко-углеродистой сталью. Эта сталь более тверда и менее хрупка, чем чугун, но она трудно поддается обработке. Обработка чугунной сварки обычно производится шлифовкой.

Применение термита для ремонтных работ в морском деле. Термитный процесс широко применяется в морском деле для сварки сломанных ахтерштевней, рулевых рам, валов, якорей и кронштейнов для винтов парохода. Едва ли необходимо давать детальные указания относительно этих работ, так как действия, которые здесь требуется произвести, ничем не отличаются от ранее описанных. Обычно сварка производится в месте излома. В тех случаях однако, когда имеется более чем один излом, или если требуется заменить поврежденный металл на значительном протяжении, лучше всего вставить новую болванку или отковку взамен поврежденной части и приварить ее к оставшимся частям при помощи двух термитных сварок.

Термитный процесс для такого рода работ одобрен наиболее солидными морскими страховыми обществами. На рис. 157 представлены две термитные сварки стальной части ахтерштевня большого грузового парохода.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМИТНОЙ СВАРКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ТРУБ.

Сварка труб. Термитный процесс применяется для сварки встык труб для трубопроводов химических и холодильных установок и для трубопроводных линий высокого давления, паровых, гидравлических и сжатого воздуха, т. е. там, где требуются долговечные и не дающие течи трубы. Этот же процесс применим также для сварки элементов перегревателя у паровозов. Сварка встык труб при помощи термита обходится дешевле фланцевого соединения. Необходимая аппаратура легка и портативна, с ней удобно управляться и ее легко переносить. Сварка

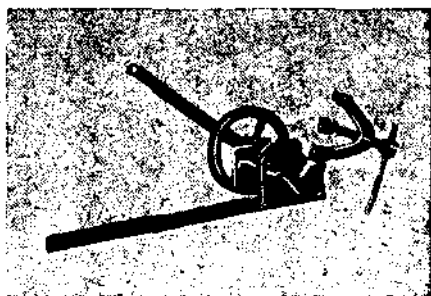


Рис. 158. Прибор для фрезеровки труб.

может быть произведена одинаково экономно как в поле, так и в мастерской. Никакого при этом подогрева со стороны или энергии не требуется. Двое рабочих, помогая друг другу, могут при благоприятных условиях сварить в день в среднем до 25 стыков труб малого диаметра.

Прежде чем приступить к подготовке труб к сварке, необходимо срезать их концы так, чтобы плоскость реза была перпендикулярна к оси трубы. Если трубы имеют нарезку, то части труб с нарезкой необходимо отрезать (рис. 158).

Указания о способе применения прибора для фрезеровки концов труб. Прежде всего необходимо повернуть ручное колесо прибора для фрезеровки влево так, чтобы как можно скорей отодвинуть фрезер назад, но не настолько однако, чтобы нельзя было разъединить малую раздвижную муфту. Это дает возможность фрезеру постепенно продвигаться вперед во время операции по фрезеровке.

Затем необходимо прикрепить фрезеровочный прибор к трубе так, чтобы конец трубы, подлежащий фрезеровке, был на расстоянии около 3 мм от фрезера. Далее следует сдвинуть рукоятку прибора внутрь так, чтобы соединить раздвижную зубчатую муфту, и начать вращать рукоятку вправо, прижимая осторожно фрезер к трубе. Если прижать фрезер к трубе слишком сильно, — будет почти невозможно вращать его при помощи храпового передаточного механизма. Если, наоборот, прижать его слишком легко, не будет достигнут максимум быстроты операции.

Далее необходимо повернуть ручное колесо в обратную сторону, для того чтобы разъединить зажимное приспособление, и медленно вращать при помощи храпового передаточного механизма фрезер вправо, имея в виду, что при слишком быстром вращении фрезера может полу-

читься дребезжание, особенно тогда, когда фрезеровка начинает идти легко.

Операция по возможности должна производиться с одной и той же скоростью. Основным назначением храпового передаточного механизма именно и является давать фрезеру возможность однообразного и непрерывного вращения. Конечно могут быть такие места, где такое непрерывное вращение невозможно. Это может быть в тех случаях, когда трубы проложены у стены или же когда они близко расположены друг от друга.

Как только первая резка будет сделана, ручное колесо должно быть снова двинуто для соединения раздвижной зубчатой муфты и фрезера снова прижат к концу трубы. Эту операцию необходимо продолжать до тех пор, пока конец трубы не будет тщательно отфрезерован.

Достаточно небольшого опыта работы с прибором, чтобы работающий научился определять на ощупь по ручному колесу тот момент, когда фрезеровка может считаться совершенно законченной. До этого времени работающий должен отодвигать фрезер назад, для того чтобы осматривать концы труб. Опилки от резки должны быть удаляемы по мере надобности во время фрезеровки при помощи мягкой щетки.

Стальная отливка, через которую проходит шпindel, имеет прорез и снабжена установочным винтом. Последний должен быть оставлен насколько возможно свободным. Однако, если во время операции фрезер будет перемещаться при вращении в направлении трубы, установочный винт во избежание такой самоподачи следует подтянуть. Такое подтягивание установочного винта закрепит медную муфту и не позволит ей вращаться до тех пор, пока вращение не будет произведено намеренно при помощи раздвижной зубчатой муфты.

Самоподача фрезера является результатом трения по надавливаемой поверхности, непосредственно позади фрезера. На эту трущуюся поверхность во избежание чрезмерного трения необходимо пускать возможно чаще по капле масла.

Фрезер время от времени следует натачивать при помощи плоского карборундового камня, натирая им равномерно всю поверхность фрезера поперек. Достаточно при этом пройти вокруг фрезера два или три раза. Когда зубцы фрезера сделаются от натачивания настолько ровными, что камень уже не будет производить на них воздействия, резак лучше отшлифовать заново, чем продолжать работу в таких условиях. Если на фрезере образовались зазубрины, его не следует употреблять в дело до тех пор, пока эти зазубрины не будут удалены при помощи шлифовки.

Производство сварки. После фрезеровки необходимо прижать концы труб друг к другу при помощи особых зажимов. Затем устанавливают вокруг концов труб чугунную форму (рис. 159) и воспламеняют надле-



Рис. 159. Форма для сварки труб в собранном виде.

жащее количество термита в небольшом плоскодонном тигле или литейном ковше. Как только термитная реакция закончится (около полминуты), выливают содержимое тигля в чугунную форму. Жидкая окись алюминия (шлак), которая плавает в тигле наверху расплавленной массы, поступает в форму естественно в первую очередь и покрывает внутреннюю поверхность формы и внешнюю поверхность труб предохранительной пленкой, которая препятствует притекающей затем перегретой стали войти в соприкосновение с поверхностью формы и труб (рис. 160). Жар расплавленной массы доводит концы труб до сварочной температуры, после чего концы, стянутые при помощи зажимов, свариваются встык. Наплыв термитной массы может быть отбит со сваренной трубы по окончании сварки. Ничто не пристанет ни к трубе, ни к форме. Небольшое выпирание металла может получиться на наружной стороне сваренной трубы, внутренний же диаметр ни в какой степени не изменится. Вся операция очень проста. Сварку может производить каждый после небольшой практики. Необходимая аппаратура, состоящая из прибора для фрезеровки труб, зажимного приспособления, тиглевых щипцов и формы, — легка и портативна и может быть доставлена всюду, где производится сварка. Так как при этом не требуется никакой внешней силы, то сварка может быть произведена везде, где бы трубы ни лежали.

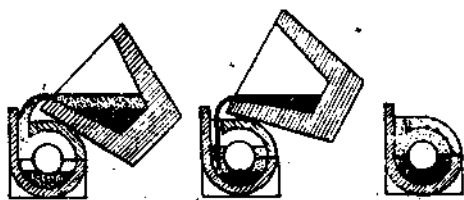


Рис. 160. Операция термитной сварки труб.

1 — Шлак втекает в форму и покрывает наружную поверхность трубы и внутреннюю поверхность формы. 2 — Находящийся в нижней части формы шлак вытесняется поступающей вслед затем сталью. 3 — Шлак и сталь в форме. Сталь отделена от поверхности трубы и формы слоем шлака.

При сварке изгибов или колен необходимо приспособить надлежащие подпорки, для того чтобы держать трубу выровненной. В загибах, где трубы между собой близко соприкасаются, надлежит разогнуть трубу, подлежащую сварке так, чтобы можно было установить форму и зажимы.

Необходимо установить по одной паре зажимных струбцин у конца каждой трубы в расстоянии 10 — 13 мм от конца, и зажать их крепко при помощи гаек и гаечного ключа, заготовленного для этой цели.

Если по окончании операции по фрезеровке концы труб потускнели, их надо сделать блестящими при помощи хорошего куса наждачной ткани или плоского карборундового камня. Ни в коем случае не следует прикасаться к отфрезерованной поверхности напильником или пальцем.

Необходимо сомкнуть вместе концы труб встык и установить в надлежащее положение продольные зажимные болты. Следует подкручивать при помощи имеющихся гаечных ключей гайки на этих болтах одновременно, тщательно наблюдая, чтобы натяжение было равномерным и чтобы концы труб были сомкнуты вместе встык точно по всей окружности. Необходимо подтягивать болты так, чтобы получить хорошую замкнутую пригонку между прилегающими концами трубы по всей окружности. Затем необходимо поместить нижнюю часть формы под трубу, со стыком в центре, и закрепить ее клиньями или землей

так, чтобы удержать форму надежно на месте. Верхнюю часть помещают после этого над стыком, который таким образом готов для сварки.

Далее необходимо подходящим образом расположить сварочные клещи на земле против формы и поместить тигель в раздвижную часть клещей. Очень важно, чтобы тигель был совершенно высушен перед употреблением в дело. Если тигель новый, рекомендуется сжечь в нем 500 г или около того термита и вылить содержимое в песок. Это самый быстрый и удобный способ высушивания тигля. Необходимо, чтобы рукоятки клещей находились около работающего, для того чтобы он мог произвести выливание из тигля тогда, когда реакция закончится.

Если употребляют двойные клещи, что иногда необходимо при тиглях большого размера, — помощник должен стоять против работающего наготове, чтобы помочь подхватить во-время тигель и помочь работающему при наливании.

При этой операции оба рабочих должны надевать очки с темными стеклами для предохранения зрения от световых и ультрафиолетовых лучей.

Работающий должен взять один мешок термита и высыпать около половины его содержимого в тигель. Имея таким образом порцию частью в тигле, частью на лопате или в мешке, работающий должен положить полчайной ложки зажигательной смеси на поверхность термита в тигле и зажечь смесь при помощи спички тотчас же после того, как спичка загорится и прежде чем головка спички успеет сгореть. Таким образом воспламенится зажигательная смесь, которая в свою очередь даст возможность для начала термитной реакции. После того как реакция удачно началась, работающий должен добавить остаток термита из мешка или с лопаты, стремясь к тому, чтобы около половины поверхности расплавленного металла была покрыта несгоревшим термитом, и насыпать термит постоянной струей без перерыва, пока весь термит не будет в тигле. Далее он должен схватить тигель клещами, крепко егожать и вылить содержимое в чугунную форму. Наливание должно быть сделано в момент полного окончания реакции. Тигель и клещи откладывают после этого в сторону и небольшой промежуток времени предоставляется для того, чтобы термитная масса могла довести концы труб до сварочной температуры. Вскоре после наливания работающий должен приложить к гайкам струбцинки гаечные ключи и непрерывно нажимать на них сверху вниз для того, чтобы уловить момент, когда концы труб начнут размягчаться. Он должен выждать тогда от 20 до 30 секунд, в зависимости от размера трубы, и затем сжать трубы вместе, повернув для этого гайки струбцинки на $1\frac{1}{4}$ оборота (1 полный оборот). Должно пройти около 10 секунд времени с того момента, как концы труб начнут размягчаться, до тех пор пока они не прогреются до температуры, достаточной для сварки. Обычно концы труб доходят до температуры, достаточной для сварки, через 30 — 45 секунд после выливания.

После того как струбцинки будут подтянуты, форму не следует снимать с места еще в течение 3 — 4 минут, затем можно удалить струбцинки и сбить чугунную форму с трубы при помощи молотка. Термитная сталь и шлак отстанут от трубы вместе с формой; они могут быть выбиты из формы впоследствии.

В каждом отдельном случае необходимо обращать особое внимание

на то, чтобы применялась полная сварочная порция, так как только полная мера термита дает хорошую сварку.

Там, где стыки свариваются в большом количестве, рекомендуется иметь несколько форм, для того чтобы не приходилось применять непрерывно те же формы, пока они горячи. Также полезно оставить форму с ее содержимым из стали и шлака на продолжительное время, прежде чем удалять ее. Самое лучшее, если возможно, оставить форму на 10 — 15 минут.

При наличии нескольких форм и тиглей сварка может идти очень быстро. Двое рабочих, помогая друг другу (один фрезерует концы труб прибором для фрезеровки, другой следует за ним, производя сварку), могут сварить в среднем в день 25 стыков труб малого диаметра.

Сварка вертикальных труб. Предыдущие указания применимы к сварке труб, находящихся в горизонтальном положении. Трубы, находящиеся в вертикальном положении, можно по существу сваривать

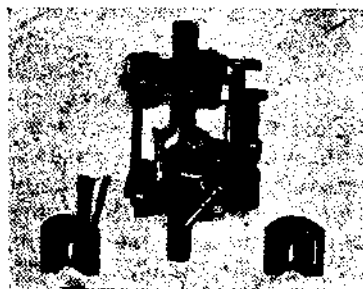


Рис. 161. Сварка вертикальных труб.

В середине — форма и струбцины на трубе в готовом для сварки виде. С правой и левой сторон — обе половинки формы с вертикальной перегородкой для разделения стального термитного хомута.

тем же способом, но при этом необходимо применять специальную форму. Эта форма сконструирована таким образом, что она разделяет стальной термитный хомут на две части и может быть легко удалена с трубы по окончании сварки. Форма имеет также несколько иного типа литник, как это видно из рис. 161.

Сварка частей большой длины. Операция по отливке плунжеров механизма для выжимания болванок из изложниц является весьма затруднительной вследствие того, что цилиндры при диаметре в 45 см и длине в $7\frac{1}{2}$ м и более имеют стенки толщиной всего лишь в $2\frac{1}{2}$ см. Так как при этом почти невозможно изготовить вполне

правильный сердечник и затем укрепить его, не давая ему всплыть, то толщина металла в отдельных местах нередко уменьшается и стенки получаются слабее, вследствие чего происходит частые изломы.

Было установлено однако, что такие отливки могут быть получены гораздо проще и притом более однообразные по толщине, если производить взамен отливки одной целой части отливку цилиндра в виде трех отдельных частей длиной около трех метров каждая и затем сваривать эти части вместе при помощи термита. Обработка всех трех сварок может быть сделана одновременно. Кроме того наружная поверхность всегда нуждается в той или иной обработке. В данном случае поэтому работы потребуются не более того, как если бы цилиндр был отлит в виде одной целой части. По такому способу сварка плунжеров производилась за последние 10 лет с большим успехом. Сварка прекрасно выдерживала службу.

Паровозные рамы длиной более, чем обычная, и другие части большой длины, трудно поддающиеся отливке, можно отливать в виде ко-

ротких частей по тому же способу и затем сваривать полученные части вместе при помощи термита. При таком способе за эту работу могут браться даже небольшие литейные мастерские. Число отдельных частей, подлежащих сварке, будет зависеть от размера литейной и от удобства получения подходящих форм и моделей.

Термитный процесс может применяться также для изготовления валов и других частей в местностях, куда доставка частей, длиною свыше обычной, затруднительна из-за недостатка перевозочных средств.

Далее термитный процесс с успехом применяется в таких местах, как рудники, где ограниченность свободного пространства вызывает необходимость в составлении частей из отдельных малых единиц.

Для коленчатых валов, взамен изгибания их ковкой, что очень часто плохо удается, отдельные куски могут быть сварены друг с другом, образуя одну жесткую часть.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

ТЕРМИТНАЯ СВАРКА РЕЛЬС.

Термитная сварка рельс выполняется выливанием сильно перегретой стали (полученной от термитной реакции) в форму, окружающую концы рельс у стыка. Термитная сталь расплавляет подошву и шейку рельса, сплавляясь также с губкой и одной стороной яблока рельса (трамвайный тип). Прокладка, вырезанная из прокатанной части того же состава, как и самый рельс, вставляется между торцами головок у поверхности катания. Нижняя часть прокладки вливается в термитную сталь. Форма сконструирована так, чтобы головка рельса и верхняя часть прокладки не расплавлялись, а только нагревались до температуры, необходимой для сварки. Внезапное удлинение концов рельс, вызванное действием разогревания окружающей их термитной стали, сдвигает эти концы вместе с большой силой и производит таким образом чистую сварку встык на обеих сторонах нагретой добела прокладки. После того как это сделано, поверхность катания доводится до надлежащего уровня и выбирается излишек металла из жолоба. Сварка, полученная таким образом, настолько совершенна, что нет возможности обнаружить ее местонахождение, после того как рельсы будут заделаны в мостовую.

Практически сварку лучше делать тогда, когда шпалы уже забетонированы. Если сварку производить ранее бетонирования, то будет довольно трудно удерживать рельсы в правильном положении по направлению и уровню после того, как временные соединительные накладки будут удалены. В стыках рельс должны быть оставлены прозоры шириною от 6 до 15 мм, в зависимости от температуры во время укладки. Путь должен быть предварительно выверен по шаблону и уровню. Необходимо обращать внимание на то, чтобы стыки перед сваркой были несколько приподняты. Такое небольшое поднятие концов рельс практически дает то преимущество, что оно обеспечивает правильность положений стыка по направлению и уровню после шлифования.

Стальная рельсовая прокладка помещается в надлежащее положение между головками рельс (рис. 162). Песочная форма из двух частей

утрамбовывается над алюминиевой моделью (рис. 163) и затем устанавливается в надлежащее положение вокруг стыка (рис. 164). Плоскость, разделяющая форму на две части, проходит через осевую линию шейки.

Модель сконструирована таким образом, что она образует вокруг концов рельс замкнутое пространство в виде хомута, в которое и выливается термитная сталь.



Рис. 162. Забивка прокладки в прозор между рельсами.



Рис. 163. Набивка половинок сварочной формы.

Литники и выпоры в форме устроены по тому же способу, какой применяется для форм в обычной практике литейных мастерских. Добавочное отверстие устроено у основания. Оно называется отверстием для подогрева. Через это отверстие рельсы нагреваются докрасна и форма высушивается, прежде чем в нее производится наливание термитной стали. При конструировании и применении формы необходимо предусматривать то, чтобы она могла автоматически плотно замыкаться при закреплении ее на рельсах.

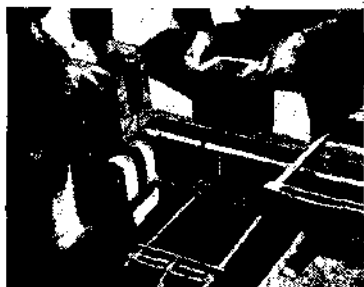


Рис. 164. Установка на рельсы сварочной формы.

Предварительный подогрев. После того как форма будет установлена таким образом в надлежащее положение, наступает очередь операции по предварительному подогреву рельс у стыка, при одновременном высушивании сварочной формы. Предварительный подогрев в операции термитной сварки есть один из самых важных факторов, так как благодаря ему происходит удлинение рельс на значительном расстоянии с каждой стороны от стыка. Это противо-

действует усадке термитной стали при ее остывании и устраняет усадочные напряжения, которые в противном случае могли бы иметь место.

Для этой специальной операции применяется горелка для предварительного подогрева облегченного типа. Горелку эту легко передвигать от одного стыка к другому. Испарительное приспособление дает возможность применять керосин вместо бензина, обеспечивая таким образом выгоду большой теплотворной способности этого рода топлива при незначительной его стоимости.

Эта машина дает вместе с тем возможность сваривать небольшое число разбросанных стыков также экономно, как если бы приходилось сваривать большое число стыков. Для починки и для сварки переходных стыков подогреватель облегченного типа представляет также большое преимущество.

Выполнение сварки. Специально приготовленный тигель с футеровкой из магнезии подвешивают над литником сварочной формы и наполняют тигель сварочной порцией термита.

Сталь, получаемая от термитной реакции, входит в форму с той ее стороны, где находится губка головки рельса, и сплавляется с губкой, шейкой, подошвой и одной стороной яблока головки. Термитная сталь не может войти в соприкосновение с поверхностью катания рельса, так как стальная прокладка заполняет промежуток между концами рельса, исключая небольшой участок в 6 мм у наружной стороны головки. Нижний конец прокладки совершенно сплавляется с жидкой сталью и превращается в составную часть сварочной плавки.

Как было объяснено выше, создаваемое при наливании металла удлинение вызывает на каждой стороне прокладки давление, достаточное для того, чтобы произвести надлежащим образом сварку стык. К концу операции место сварки будет представлять одну однородную массу.

Одно из главных преимуществ этого рода сварки в том, что она основана на предварительно рассчитанной химической реакции, всегда одинаково протекающей. Успех реакции обеспечен тем, что термит для рельса, подлежащего сварке, отвешивается в том именно количестве, которое необходимо при данном профиле, для того чтобы сварка была возможно более прочна.

Операция термитной сварки значительно упрощена благодаря применению новой усовершенствованной смеси, которая развивает такое количество теплоты, что добавки, вместо того чтобы класть их в жестянку и предварительно подогревать, могут быть введены в холодном состоянии. После того как термит вылит, форму надо оставить в спокойном состоянии на короткое время. Формовочные ящики после этого можно удалить. Металл, оставшийся в выпоре и литнике, надо удалить при помощи молотка и зубила, а также сбивания. Стык после этого готов для шлифовки.

Так как стальная прокладка несколько выступает над профилем рельса, то этот излишек металла должен быть сточен вместе с излишком металла, оставшегося в жолобе, а также на наружной стороне головки, откуда был удален выпор.

Такое стачивание лучше всего производить при помощи термитного точильного станка, специально предназначенного для этой цели. Он имеет то преимущество перед прочими точильными для рельс станками, что центр тяжести его находится над точильным кругом. Резна поэтому может быть более глубокой. Он имеет также приспособление, позволяющее производить шлифовку в жолобе рельса и на поверхности головки со стороны колеи.

Инженеры, работающие на постройке и эксплуатации городских железных дорог, сходятся в том мнении, что стык рельса есть наиболее изнашивающаяся часть верхнего строения пути и что срок службы рельса обычно зависит от срока службы стыка. Стык, находясь в таких усло-

виях, вызывает необходимость в смене рельса гораздо раньше, чем износится самый рельс.

Термитная сварка может служить средством к устранению указанных нежелательных явлений, имея кроме того следующие преимущества:

1. Она так же прочна, как и несваренная часть рельса (на растяжение, изгиб, повторные удары и проч.).

2. В рельсе нет сечений, имеющих различную вязкость.

3. Удельная электропроводность сваренного места равна электропроводности основного рельса. Она не понижается с течением времени.

С тех пор как термитная сварка рельс была введена в 1912 году, она постепенно приобретала все большую и большую популярность. В настоящее время в СССР повсеместно произведены уже сотни тысяч сварок. Един-

ственной причиной того, что термитной сваркой не пользовались в еще более широких размерах, является ее стоимость, которая по сравнению со стоимостью других имеющихся на рынке способов соединения стыков была до последнего времени высока. В течение однако нескольких последних лет, в результате обширных изыска-



Рис. 165. Части крестовины, подлежащие сварке.

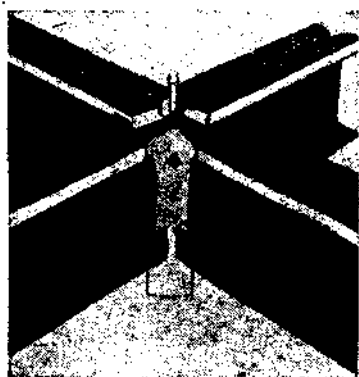


Рис. 166. Крестовина в собранном для сварки виде.

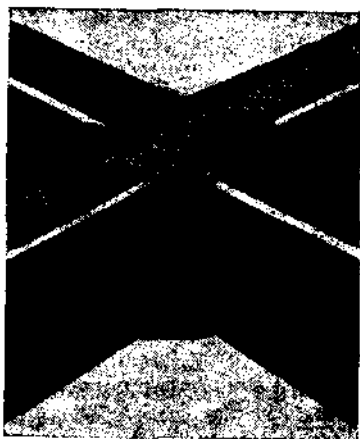


Рис. 167. Восковая модель для крестовины, подлежащей сварке.

ний и исследовательских работ, в методы сварки были внесены улучшения. Благодаря этому стоимость ее в настоящее время понижена настолько, что она во многих случаях не только не выше, а иногда даже и ниже стоимости всякого иного типа стыковых соединений.

Если одновременно применяются самозамазывающиеся формовочные ящики новейшего типа, не требующие замазывания вручную, то вся операция сводится лишь к укреплению формы на рельсах, пред-

варительному подогреву и наливанию. Предварительный подогрев требуется от 20 до 30 минут на стык. Число стыков, которые могут быть сварены в течение дня, ограничено лишь количеством стыков, которые можно за это время подогреть.

Простота и портативность сварочной аппаратуры, включая сюда и точильный станок, являются главными ее достоинствами. Для перевозки всей аппаратуры достаточно одного служебного вагона. При желании аппаратуру можно передвигать с места на место на имеющихся при ней колесах.

Переходные стыки (рис. 165—168). По всей вероятности ни один из вопросов, связанных с делом городских ж. д., не доставляет соразмерно своей важности больше беспокойства и расходов службе пути, как содержание в надлежащем порядке переходных стыков. По первому взгляду может казаться, что при среднем для городской ж. д. состоянии пути, число таких стыков настолько незначительно, что ими можно совершенно пренебречь. В действительности однако переходных стыков на дорогах гораздо больше, чем это можно ожидать. Причину этого явления нетрудно найти. Благодаря чрезвычайно быстрому развитию электрической тяги, связанному с увеличением веса подвижного состава и скорости движения, явилась необходимость в соответственном увеличении веса и высоты рельса. Требования, предъявляемые к современной мостовой, вызывают в свою очередь также необходимость в частом изменении профиля рельса, от которого требуется, чтобы он представлял возможно меньше стеснения для экипажного движения и в то же время обеспечивал хорошее состояние пути. Там же, где разнородные части пути сталкиваются друг с другом, является необходимость в переходных стыках. Если принять к тому же во внимание, что каждое изменение типа рельса требует двух переходных стыков на однопутном пути и четырех стыков на двухпутном, то становится вполне очевидным, что число таких стыков должно быть весьма значительно, особенно на городских сетях давней постройки.

Механическое соединение стыков при помощи накладок является неудовлетворительным, так как накладки редко подходят вполне точно к профилю рельса, да и трудно вообще получить такую кованую или литую накладку, которая могла бы достаточно хорошо удерживать рельсы в правильном положении как по уровню, так и по шаблону.

Другое серьезное возражение против механического соединения стыка — это трудность получения при нем достаточно удовлетворительного электрического соединения. Применение термитной сварки устраняет все эти неблагоприятные обстоятельства и дает кроме того то преимущество, что сварка может производиться средствами самих городских железных дорог в мастерских или на пути немедленно, как явится в ней надобность, без необходимости при этом доставлять на линию запас на-

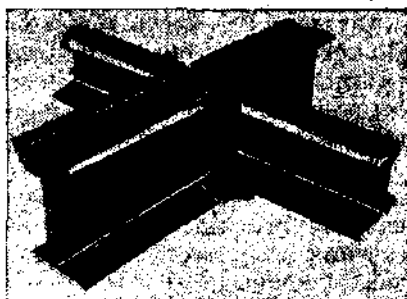


Рис. 168. Сваренная термитом приставина.

кладок или отлитых стыков, специально предназначенных для этой цели.

Сварка переходных стыков ведется тем же способом, как и сварка рельс одного и того же профиля, с той лишь разницей, что там, где производится сварка небольшого числа переходных стыков, можно для сокращения расходов пользоваться взамен деревянных моделей моделями восковыми. При таком способе, даже при наличии весьма незначительного числа стыков, подлежащих сварке, сварка может производиться достаточно быстро и экономно.

Сварка сердцевин крестовины. Преимущества пути, сваренного термитом, не заключающего в себе стыков и болтов, особенно ярко проявляется там, где встречается надобность в специальных работах, так как в таких случаях применение марганцевой стали и другие специальные работы могут быть заменены недорогой и несложной работой по термитной сварке места излома. Наблюдения над службой сваренных термитом стыков в течение нескольких лет при весьма тяжелых условиях движения в различных городах САСШ показали, что специальные термитные работы могут с успехом выдержать сравнительные испытания с другими устройствами, обходящимися в два или три раза дороже. Действительно они пережили вставные марганцевые крестовины, установленные в тех местах и подвергнутые той же работе.

Специальные подделки с применением термитной сварки могут быть выполнены в железнодорожных мастерских, в законченном виде доставлены на линию, быстро установлены в надлежащее положение и сварены с соседними рельсами с минимальной задержкой движения. Для случая двухколейных пересечений можно изготовить обе половины пересечения в мастерских и затем сварить вместе выступающие части каждой половины на линии. Установка такого рода имеет много преимуществ перед специальной работой с применением болтов и марганцевой стали по той простой причине, что сваренное термитом пересечение может быть в свою очередь приварено к прилегающим рельсам, образуя таким образом жесткую и устойчивую систему, не допускающую никакого расстройств. Это есть в данном случае основное преимущество применения термитной сварки, так как наличие в специальной части или по соседству с нею механически соединенных стыков является главной причиной преждевременного излома и ослабления пересечения. При сварке пересечений по указанному выше способу не потребуются никаких электрических соединений, так как все стыки будут иметь при этом электропроводность, равную электропроводности основной части рельса.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Первые упоминания о газовой резке металлов были сделаны в 1888 г. в докладе, прочитанном в Англии Томасом Флетчер. В 1901 году был выдан германский патент Герману А. Е. Менне на применение кислорода для резки или, как было сказано, для плавки. В сентябре 1906 года был выдан в САСШ патент Феликсу Жотранд на процесс резки листов труб и других металлических изделий при помощи приспособления, использующего смесь кислорода и водорода или другого горючего газа совместно со струей кислорода.

Единственными металлами, которые можно резать с успехом, являются железо, мягкая сталь и стали с малым содержанием углерода. Стали с высоким содержанием углерода можно резать струей кислорода при надлежащем предварительном подогреве, зависящем от количества углерода. Чем выше содержание углерода, тем более высокой должна быть температура подогрева. Например бурый нагрев оказывается достаточным для обыкновенной инструментальной стали, тогда как для некоторых специальных сортов инструментальной стали требуется темнокрасный нагрев.

Резка чугуна находится еще в стадии испытаний, но некоторые успехи уже получены при пользовании электрической дугой.

Латунные и бронзовые листы можно резать, помещая их между стальными листами. Для резки горелка устанавливается на слегка окисляющее пламя. Когда пламя касается стального листа, то, как только будет открыт кран для кислорода, идущего вдоль нагревающего пламени, температура листа весьма быстро достигает точки белого каления. Тогда металл, нагретый до белого каления, загорается и горение его сопровождается дождем искр. Горящий или окисляющийся металл стекает вниз по сторонам прорези, воспламеняя и расплавляя металл на своем пути.

Быстрота резания меняется с толщиной металла, с размером наконечника горелки, а также зависит от искусства рабочего. Применение газовой резки имеет весьма большое значение там, где производительность, быстрота и экономия в расходах являются руководящими факторами.

Принцип устройства горелки для резания или газового резака сам по себе очень прост, но осуществление производительной и прочной конструкции представляет много трудностей. Процесс заключается в быстром окислении и выдувании окисла из разрезанного материала. Предварительно металл подвергается местному нагреву, а затем струя кислорода, движущаяся с очень большой скоростью, направляется на подогретый металл; вследствие этого окислительная реакция быстро развивается в массе металла, причем окисел легко отделяется и каплями

стекает вниз. Реакция с выделением тепла может быть выражена в такой простой форме: железо + кислород = окиси железа.

В металле получается прорез. Но ширина и вид прореза зависят от устройства горелки и метода работы. Интенсивность пламени, скорость, толщина и направление режущей струи газа — все это в отдельности оказывает свое влияние на производительность и качество резки. Произведенные опыты показали, что всегда можно безопасно и с выгодой пользоваться газовой резкой, лишь бы эта работа производилась при надлежащем надзоре. Например в случае прокатной балки было доказано, что материал на поверхности, обрезанной ацетилено-кислородным пламенем, становится более твердым и жестким, чем первоначально, но обладает превосходной ковкостью. Однако отверстия, вырезанные в двутавровых полосах, должны быть обсервлены во избежание появления трещин. Недостатки в деталях, вырезанных из высокоуглеродистых сталей, можно устранить путем надлежащего предварительного и последующего нагрева.

Для обеспечения максимальной экономии при ацетилено-кислородной резке прежде всего необходимо составить таблицу средних результатов, которые получаются при резке стальных листов кислородом. Такие таблицы полезны для сравнения с работой, выполненной опытными резчиками. Рабочие должны быть снабжены такими таблицами, а также полным комплектом инструкций, издаваемых изготовителями аппаратов. Трубы, клапаны, редукторы и соединения должны находиться под постоянным наблюдением в отношении непроницаемости. Необходимо тщательно наблюдать за давлением газа в баллонах, в особенности тех, которые не находятся в употреблении, и тех, которые были в употреблении и поставлены на время в сторону. Когда давление в баллоне станет слишком низким для резки, то остальной кислород употребляется по возможности для сварочных операций или для целей подогрева. Прежде чем отправлять баллон обратно, нужно для освидетельствования на один момент приоткрыть его клапан, чтобы избежать возможности возвращения полного цилиндра. Нельзя допускать неопытных рабочих к очистке наконечников и внутренних частей режущих горелок, потому что это часто ведет к увеличению отверстий и значительной непроизводительной потере газа. Наконец нужно от резчиков требовать, чтобы по окончании резки они сразу закрывали оба газа: кислород и ацетилен.

Наклон горелки при резании. Согласно авторитетных указаний ручная резка по прямому направлению облегчается при наклонении головки горелки назад, после того как резка вполне установилась. Угол наклона изменяется в зависимости от толщины металла и других обстоятельств. Обычно величина его изменяется от 65 до 75°, считая от плиты до головки с задней стороны.

Влияние наклона горелки сказывается на значительном ускорении резки. Газы, направляемые под углом, нагревают тонкий край подрезанного металла до температуры воспламенения скорее, чем в том случае, когда наконечник расположен перпендикулярно к плите. Газы и продукты горения поворачивают назад, проходя по дуге приблизительно 90° и устремляясь вниз и назад. Часто отставание резки достигает 12 или даже 19 мм для стали толщиной в 12 мм.

При резке с наклоненной горелкой перед самым окончанием ра-

боты горелка должна быть выпрямлена, чтобы отделить металл у конца. В противном случае останется клин неотрезанного металла, так как кислород будет устремляться мимо края листа, когда горелка пойдет до конца прореза. Остающаяся часть резки останется нетронутой. При выпрямлении горелки эта часть будет чисто срезана — и отделенный кусок упадет.

Опытные резчики при ручной работе могут резать стальные листы до 12 мм толщиной, давая очень узкую прорезку и пользуясь кислородом низкого давления, причем часто достигают скорости до 60 см в минуту, а иногда и более. Опытный резчик умеет вести операцию с большой точностью, двигаясь не быстрее, чем это возможно, и не производя лишнего расхода газа. Это очень важное обстоятельство. Резчик, пытающийся работать чрезмерно быстро, срывает резку и вносит путаницу в работу. Резчик, работающий слишком медленно, напрасно расходует газ и тратит лишнее время.

Установление давления. Вполне естественно, что большинство резчиков стремятся повышать давление кислорода с целью усилить резку и начисто сдувать шлак с металла, но для большинства режущих горелок этот прием производит как раз обратное действие. Кислород, выходя из наконечника с большой скоростью, производит охлаждающее действие и в значительной степени теряет окислительную способность. В результате получается плохая по внешности резка, остается много шлака на нижней стороне прореза и происходит трата времени и потеря газа.

Нагревающее пламя нужно держать коротким, если только разогреваемые предметы не грязны и не сильно обгоржаны, и насколько возможно слабым. Именно нужно иметь яркое светящееся пламя, но умеренно-жаркое. При регулировке режущей струи нужно начинать с возможно низкого давления и медленно увеличивать его до тех пор, пока струя не будет проникать легко через всю толщину металла.

Прорезание отверстий. Чтобы сделать с помощью режущей горелки отверстие в стали значительной толщины, нужно вести подогрев до тех пор, пока не появится значительная чашечка расплавленного металла. Достигнув этого, нужно слегка наклонить на сторону головку горелки, затем быстро закрыть ацетилен и пустить режущую струю. Если ацетилен не закрыть, то при вылетании расплавленного металла произойдет обратная выпышка.

Резание толстых литников. При резании толстых литников помощью горелки резчик может достигнуть более быстрого начала работы, если он с помощью зубила отогнет небольшую стружку в том месте, где предполагается начать резку.

Резка стальных поковок. Нужно принимать особые предосторожности в тех случаях, когда кованые изделия должны выдерживать во время службы большие напряжения и когда от их качества зависит безопасность жизни и имущества. В этих случаях после резки все такие поковки должны быть отожжены. Это означает, что они должны быть нагреты до 760° или 870° Ц. для уменьшения величины зерен металла. Поковки с содержанием углерода более 0,45% перед резкой должны быть нагреты. В таких предосторожностях нет необходимости при стали с малым содержанием углерода или в том случае, когда во время работы в ней не возбуждаются большие напряжения, но все же надлежащий нагрев во

всех случаях желателен. Отжиг улучшает свойство материала независимо от того, нагревается ли ковка предварительно или нет.

Расход кислорода. Расход кислорода является наиболее важным фактором при резке. Для сокращения расхода кислорода без сокращения количества продукции резчик должен следовать тем инструкциям, которые посылаются изготовителями оборудования при каждом резке. Наконечник каждого размера просверлен так, что он действует при высшем тепловом эффекте, если поддерживают предписанные давления. Для каждой толщины металла, подлежащего резке, инструкции указывают, какой размер наконечника и какое давление нужно применить, а также с какой скоростью нужно перемещать горелку. Все такие указания являются результатом многочисленных опытов.

Для сжигания или окисления данного объемного или весового количества стали необходимо определенное количество кислорода. Если расход кислорода возрастает без увеличения количества сжигаемой стали, то происходит непроизводительная трата кислорода. Установлено лабораторными опытами, что наиболее экономично соотношение: 1 куб. м кислорода на 3,5 кг стали. К этим цифрам приходят по существу следующим образом.

Черная окись железа имеет химическую формулу Fe_3O_4 . Это означает, что три части железа (по весу) соединяются с четырьмя частями кислорода (по весу же).

Атомный вес железа 56, кислорода 16. Следовательно, молекулярный вес черной окиси железа (Fe_3O_4) будет равен $(56 \times 3) + (16 \times 4)$, или $168 + 64 = 232$.

Если, скажем, мы имеем 232 кг черной окиси железа, то из этого количества 64 кг будут приходиться на долю кислорода и 168 кг на долю железа. Чтобы определить, какое количество железа может окислить 1 кг кислорода, мы имеем пропорцию: $64 : 1 = 168 : x$, откуда $x = 2,62$ кг.

Так как один килограмм кислорода занимает объем в 0,744 куб. м, то следовательно один куб. метр кислорода окислит $\frac{2,62}{0,744} = 3,387$ или, округляя цифру, 3,4 кг железа.

Для проверки этого соотношения в САСШ были произведены очень интересные наблюдения над ручной и машинной резкой. Для опыта были взяты стальные листы 12 мм толщиной. Применялись различные размеры наконечников, различные давления и также различные скорости.

Одно из испытаний ручной работы заключалось в резке свыше 1 500 пог. м 12,5-мм листа, на что потребовалось 17 дней при 8-часовой работе или 136 часов. Это время шло только на движение горелки от одного края листа до другого, но не тратилось на замену баллонов, так как была установлена группа в 10 баллонов, которые менялись по утрам перед началом испытания. Были испытаны три наконечника различных размеров при различных давлениях, но наилучшие результаты были получены с самым малым размером. За день лучшей резки, когда было прорезано 120 пог. м, расход кислорода получился равный 16 куб. м. Значит, лучшая средняя резка составляла 15 м в час. Средняя скорость резки определена в 20,7 см в минуту, а расход кислорода в 132,8 л на 1 м длины.

Чтобы дать понятие о том, что вносит в ручную работу элемент человека, можно указать, что в один из семнадцати дней, имевший тождественные условия работы и одинаково хорошие условия погоды, при резке листов той же толщины резчик прорезал только 79 м, в другой день 91 м, в третий 105 и в четвертый 110 м. Это указывает на то, что при ручной резке рабочий не может поддерживать неизменную скорость в продолжение нескольких дней.

На испытаниях машинной резки были применены те же размеры наконечников, а давления кислорода более низкие; листы были 12,5 мм толщиной и длиной несколько больше 3,5 м. Была получена скорость 45,7 см в минуту, а расход кислорода — 93 литра на один метр длины. Ширина прореза была 3,175 мм. Так как 1 кв. м листа в 12,5 мм толщиной весит 98 кг, то, разделив его на полоски в 3,175 мм, мы получим 315 полосок метровой длины. Следовательно, для окисления 98 кг стали потребовалось $93 \times 315 = 29\,295$ или $29,3$ куб. м кислорода, а одним куб. метром кислорода было окислено $98 : 29,3 = 3,35$ кг стали, что очень близко подходит к цифре, указанной выше. Вся машинная резка оказалась гладкой и прямой. Всего было прорезано машиною около 760 пог. метров.

Разрезка цистерн и цилиндров. При разрезке лома: старых металлических цистерн, бочек или цилиндров, обязательно надо удостовериться в том, для чего употреблялись эти резервуары. Если они применялись для хранения жидких горючих или даже некоторых сухих химических препаратов, то при разрезке они являются источником серьезной опасности.

Единственный вполне безопасный и удовлетворительный способ очистки бочек и цистерн из-под бензина заключается в обмывании их струей свежего пара в продолжение 12 — 15 минут.

Резка чугуна. В практическом смысле резка чугуна отличается от резки стали в следующем:

1) необходимо пользоваться нагревающим пламенем, имеющим избыток ацетиленового газа,

2) насадку горелки необходимо держать дальше от металла,

3) подогрев чугуна необходимо вести более продолжительное время, чем подогрев стали, так как чугун перед началом операции резки должен находиться почти в расплавленном состоянии (сталь загорается при значительно более низкой температуре, чем точка ее плавления),

4) для поддержания резки необходимо непрерывно приводить наконечник в колебательное движение.

В том случае, когда резка чугуна ведется надлежащим образом и когда материал хорошего качества, внешний вид резки будет такой же, как и у стали.

Время, потребное для резки чугуна данного сечения, почти в два раза больше, чем для стали того же сечения. Это значительно повышает стоимость резки чугуна и вызывает сокращение ее применения во многих случаях. Отрезка литников и прибылей у остывших чугунных отливок обычно не практикуется также еще и потому, что поверхности резки склонны давать трещины вследствие местного нагрева.

На механических заводах резка чугуна применяется для удаления сломанных машинных частей, каковы шестерни приводов, маховиков и т. д. Снятие этих частей прежними способами обычно требовало не-

скольких дней. При помощи же горелки сломавшаяся часть, а иногда и части, прилежавшие к ней, быстро режутся, части снимаются и исправляются или устанавливаются новые части — все это в продолжение нескольких часов.

Инструкции для резки чугуна. Управление газовым резаком при реке хороших сортов чугуна и плохих его сортов совершенно различны между собою. Но, несмотря на различие манипуляций с горелкой, давление кислорода и установка пламени применяются одни и те же для обоих сортов чугуна. При резке хороших сортов чугуна необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. Выверить при открытом клапане для кислорода режущей струей редуктор так, чтобы он держал при работе правильное давление, затем закрыть клапан для резки.

2. Открыть клапан кислорода наполоборота, а клапан ацетилена на целый оборот и зажечь горелку. Открыть клапан для резки и выверить клапан ацетилена так, чтобы пламя имело ацетилен в избытке, после этого закрыть клапан для резки.

3. Держать горелку так, чтобы наконечник был направлен назад под углом в 45° . При этом внутренний конус (не наружный) должен быть на расстоянии от 3 до 6 мм над поверхностью. Придать наконечнику колебательное движение, описывая полукружности над концом линии резания, и нагревать площадь полукруга диаметром от 12 до 20 мм до яркoviшнего каления.

4. Двигая наконечник как раз над нагретым краем, быстро открыть клапан для резки и перемещать наконечник (под углом 45°) вперед вдоль линии резания с тем же колебательным движением.

5. При движении вперед постепенно выпрямлять наконечник так, чтобы угол наклона у внутреннего края ранее нагретой полукруглой площади увеличился до 75° .

6. Выдвинуть наконечник вперед приблизительно на 6 мм, чтобы прожечь расплавленный на поверхности металл, затем быстро отвести назад, чтобы прожечь сравнительно темный слой и нижнюю часть сечения, и продержать горелку один момент спокойно, чтобы нагреть верхнюю часть. Это движение практически может быть лучше всего осуществлено по счету таким образом: 1 — вперед, 2 — назад, 3 — задержать и т. д.

7. Продолжать такое движение наконечника со скоростью примерно одного цикла в секунду.

8. Когда достигнут конечный край, вести наконечник через край и поперек другой поверхности, держа его примерно под углом запаздывания, и прорезать сечение отставания.

При резке других сортов чугуна следовать указаниям, данным для ревки хороших сортов серого чугуна с тем изменением, что вместо указанного движения наконечника двигать его медленно вперед, описывая полукружность шириною от 6 до 12 мм поперек линии резания и держа горелку с наклоном назад под углом около 75° .

Замечания о резке чугуна. При резке чугуна можно видеть темный слой, простирающийся от верхней поверхности вниз на 25 — 40 мм. Ниже этого слоя материал будет светлым, по виду почти такой же, как и в случае стали.

Несомненно, что движение наконечника вперед и назад или полу-

круговое его движение дает возможность горелке прорезать темный слой почти перпендикулярно. Отставание должно начинаться только ниже этого сечения.

Если резка сорвалась, то нужно передвинуть наконечник насад вдоль одного из краев прореза примерно на 12 мм и описывать полуокружности, перекрывая этот край и точку, где остановилась резка. Если резка тотчас не восстановится, то нужно описывать полуокружности так, чтобы захватить оба края прореза и точку, где резка остановилась.

Всегда нужно надевать тяжелые асбестовые перчатки и надлежащий костюм для защиты тела, лица и головы, потому что резка чугуна является операцией более горячей, чем резка стали. Перед началом работы нужно всегда убедиться в достаточной защите от тепла, чтобы затем не было необходимости останавливать резку для поисков прикрытия и снабжения добавочными защитными средствами.

В чугунных отливках обычно не рассчитывают на гладкую аккумуляторную резку, но опытный резчик может точно следовать намеченной линии и дать сравнительно гладкие кромки. Для получения таких результатов бывает хорошо начать нагревание отливки примерно на 25 мм ниже линии реза, если позволяют обстоятельства. Пламя направляется слегка в сторону от отливки и ему дается круговое движение по направлению обратному движению часовой стрелки. Затем по открытию струи кислорода высокого давления пламя переносится спокойно на линию реза. Круговое движение продолжается и пламя постепенно поворачивается к отливке по мере того, как обеспечивается проникание кислорода.

После того как резка продвинулась миллиметров на 50, горелку отводят назад вдоль верхнего края прореза для сглаживания неровностей на его поверхности. На это требуется один момент, и резка тотчас же возобновляется, прежде чем металл успеет остыть. Этот процесс для сглаживания кромок прореза повторяется каждые 50 мм. Последовательный порядок ведения такой резки показан на диаграмме рис. 169. Если встретятся песочины, то направление кругового движения меняется на обратное, по часовой стрелке, пока прорез не минует их, а затем возобновляется прежнее движение.

Советуют вводить 6-мм железный стержень под режущую струю в прорез, где приостановилось окисление чугуна, как раз в поверхностный слой шлака, так как он сцепляется со шлаком и может провести его до нижней части прореза. Этот стержень может также служить для механического проталкивания больших отложений шлака сквозь прорез.

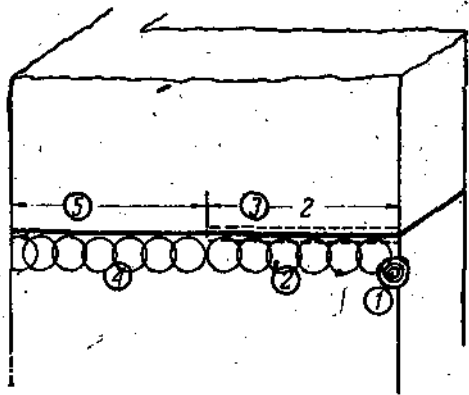


Рис. 169. Порядок ведения резки со сглаживанием неровностей.

Стоимость резки стали. На стоимость резки стали влияет такое большое число факторов, что трудно притти к твердым и устойчивым руководящим цифровым данным.

Наибольшим колебаниям подвержен элемент участия человека. Искусство различных резчиков может изменить результаты на 100%. Тонкий налет ржавчины или накипь в котле (при резании на лом) также может быть причиной увеличения расхода газа и затраты времени на 50%. Применение слишком большого наконечника и слишком высокого давления или слишком малого наконечника и слишком малого давления увеличивают стоимость резки. В зависимости от обстоятельств могут быть выгодно использованы для резки различные газы, как например водород, светильный газ, естественный газ, блаугаз и др. Для резки с частыми остановками, когда нужно, чтобы возобновление резки происходило быстро, следует применять пламя с более высокой температурой: ацетилено-кислородное или кислородно-водородное. При длинных резках может быть применен с хорошим результатом газ, развивающий более низкую температуру. Даже при машинной резке получаются разные результаты при одинаковых комбинациях газов для стали различной толщины. Ацетилено-кислородная сварка нередко предпочитается другим видам сварки только потому, что сварщик может быстро менять горелки и использовать эти же газы для резки, что невозможно при других газах.

Для получения надежных результатов необходимо пользоваться возможно более чистыми газами, употреблять кислород только такого давления, при котором можно держать прорез в чистом виде, и выбирать наконечника такого размера, чтобы можно было доводить нагрев стали как раз до того предела, при котором резка идет быстро и без перерывов и чтобы струя кислорода имела настолько малый диаметр, насколько то согласуется с ручной работой.

Для получения расхода кислорода в куб. метрах нужно падение давления в кг/см^2 помножить на водяную емкость баллона в литрах. Для получения расхода ацетилена в куб. метрах нужно взвесить цилиндр до и после операции и число израсходованных килограммов помножить на 0,9. Нужно сделать эти вычисления тщательно и по получении стоимости в рублях разделить ее на длину прореза в метрах; в результате получим стоимость газа на 1 пог. метр.

Резка кислородом представляет собою химическую реакцию между железом и кислородом, и поэтому здесь, как и во всех реакциях, чем чище будут элементы, тем быстрее пойдет реакция. Это так характерно для резки, что с кислородом, содержащим примесей более 15%, невозможно получить сколько-нибудь удовлетворительные результаты; при наличии примесей даже в несколько процентов результаты получают существенное отличие.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

ПОДВОДНАЯ РЕЗКА.

Процесс подводной резки был известен еще перед войной. Во Франции и Германии были получены очень интересные результаты.

Практическое осуществление этого процесса было предпринято французским сварочным обществом, которое усовершенствовало специ-

альную ацетилено-кислородную горелку, названную подводной горелкой для резки. Испытания этой горелки, начатые перед войной, дали удовлетворительные результаты, но были приостановлены во время военных действий.

Два года спустя этот вопрос снова возник, но уже в ином осуществлении — с применением вольтовой дуги. Известно, что под водой невозможно получить вольтову дугу и во время опытов были применены изолированные металлические электроды, затем электроды, изготовленные из угля, и наконец (хотя и без успеха) пустотелые электроды, дающие возможность вдувания струи кислорода.

По некоторым причинам испытания, касающиеся резки вольтовой дугой, были прерваны — и французское сварочное общество возобновило работы по усовершенствованию ацетилено-кислородной горелки, которая, пройдя ряд переделок и изменений в деталях, была представлена национальному флоту в 1917 году.

Принцип ее действия основан на возможности изолировать кислородно-ацетиленовое пламя от массы окружающей воды, если оно горит в пространстве, куда подается воздух, отгоняющий воду. Этот результат достигается прикрытием наконечника режущей горелки колоколом надлежащей формы и размера (рис. 170). К нему подходит труба, подводящая сжатый воздух, который распределяется по колоколу при помощи двух отдельных соединений. Этот воздух равномерно распределяется помощью специальных каналов, которые выходят под колокол через кольцевой проход, окружающий наконечник. Воздушный колокол снабжен тремя направляющими круглой формы, удерживающими его на определенном расстоянии от предмета, подлежащего резке; эти направляющие удерживают от него на неизменном расстоянии также и пламя горелки.

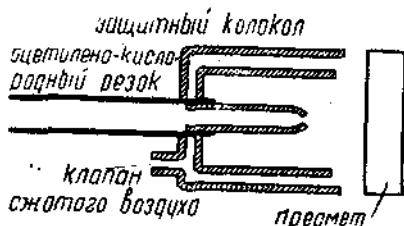


Рис. 170. Тип французской горелки для подводной резки.

Пуск в ход, регулирование и управление режущей горелкой таковы же, что и любой режущей горелкой. Кроме газа, необходимого для горения, сюда должен подводиться сжатый воздух, давление которого регулируется по давлению жидкости, внутри которой он работает; другими словами — его давление изменяется соответственно глубине, на которой производится работа. Давление кислорода и ацетилена представляет собой функции давления воды на рассматриваемой глубине; при этом ацетилен всегда применяется в растворенном виде.

Водолаз, который должен производить резку, прежде чем опускаться под воду, зажигает и регулирует свою режущую горелку, затем приказывает пустить сжатый воздух, отрегулированный предварительно до необходимого давления, и может затем опускаться под воду с зажженным аппаратом.

Если аппарат погружается неглубоко, то по зеленому цвету кислородно-ацетиленового пламени, видимому среди шумно кипящей воды, можно следить за операцией.

Работа резчиков очень трудна вследствие значительного усилия, которое требуется, чтобы подвести горелку к отрезаемой части,

а также вследствие напряжения зрения, необходимого для выполнения операции, вследствие трудности направления аппарата в то самое место, куда это представляется необходимым, но главным образом вследствие оглушающего шума, причиняемого выходящими под давлением газами, увеличиваемого еще резонансом металлического пламени. Затем движению водолаза часто мешает течение и он должен в совершенстве владеть своим водолазным снаряжением, чтобы значительную долю своего внимания уделять операции с горелкой.

За исключением этих трудностей резака под водой совершается как обычно, т. е. металлический лист или предмет, подлежащий резке, нагревается до красного каления посредством нагревающего пламени режущей горелки и затем на него направляется струя кислорода, причем горелка (резак) постепенно приближается к нему.

Результаты, полученные на испытаниях, оказались весьма удовлетворительными. Так, на глубине 5 м были разрезаны 20 стальных листов толщиной от 8 до 22 мм. Резка на длине 400 мм металлического листа толщиной 20 мм была произведена в 6 минут.

С тех пор было учреждено несколько станций во флотах Франции, Англии и Америки, которые подготовили специальный личный состав для этого нового применения режущей горелки с целью производить работы на подводной разборке судов.

Наконец, можно указать на очень интересное приспособление к режущей горелке, которое дает возможность зажигать ее под водой. Этот аппарат имеет подвижную часть, снабженную пружинами, которые крепятся к колоколу, она соединена с латунной трубкой, содержащей порошок, который воспламеняется при соприкосновении с водой. Трубка закрыта резиновой пробкой, снабженной кольцом, так что ее можно вынуть в любое время. Подвижная часть с пружинами дает возможность приблизить зажигательную трубку отверстием к наконечнику режущей горелки, когда потребуется зажечь газ, и затем откинуть ее назад, так чтобы она не мешала при операции резки.

Таким образом применением этого остроумного приспособления устраняется потеря времени, которое водолаз должен был бы затратить для подъема наверх с горелкой для ее зажигания. Резчик берет с собой эти *свечки* при погружении и таким образом может пустить в действие горелку, если по какой-либо случайной причине она потухла.

Техническая часть описанного процесса очевидно находится еще только в экспериментальной стадии и подвергнется несомненно, так же как и аппарат, усовершенствованиям и переделкам. Горелка для резки под водой, хотя имеет и ограниченную сферу применения, доказала однако свою полезность и в будущем окажет еще большие услуги в спасательных работах, в разборке под водой и т. п.

Тип германской подводной горелки. Тип подводной горелки для резки, созданный немцами, несколько менее разработан. Чашеобразный наконечник (рис. 171) приспособлен для защиты наконечника режущей горелки, и давление газов в этом наконечнике предназначается для того, чтобы не допустить воду к режущей струе, а равно и для отбрасывания шлака, пока он находится в жидком состоянии.

При такой конструкции горелку невозможно зажечь под водой, а резка может производиться только в горизонтальном положении или близком к нему—так, чтобы вода не могла проникнуть в защитный нако-

нечник. Она может работать только на малых глубинах, так как давление газов в наконечнике должно быть значительно выше давления воды на глубине, на которой нужно резать металл.

Газо-электрическая подводная горелка. Позднейшим усовершенствованием в развитии подводной резки является применение вольтовой дуги с угольным электродом. Через электрод пропущены две тонких латунных трубки, по которым с поверхности подается специальный газ для резания. Газ окисляет и выдувает металл, расплавленный дугой, а также обращает окружающую воду в пар, образуя таким образом газовую оболочку для дуги. Совокупное действие способствует ускорению работы режущего электрода, так как металл выдувается вон, прежде чем он может застыть (рис. 172). Этот прибор успешно



Рис. 171. Тип германской горелки для подводной резки.

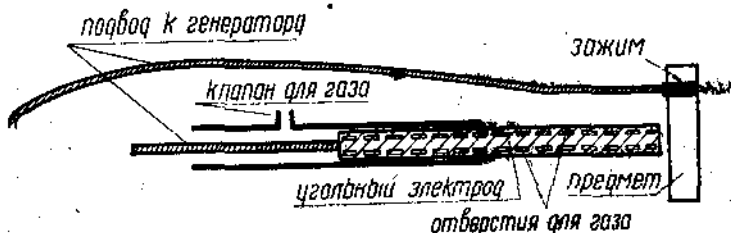


Рис. 172. Газо-электрическая подводная горелка.

применялся для резки металла от 80 до 100 мм толщиной на глубине около 15 м и толстых листов на глубине 21 м. Его возможности менее ограничены, чем в случае газовых горелок, так как действию режущей дуги не препятствует давление воды, поскольку режущий газ может

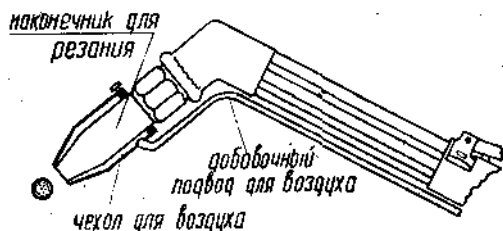


Рис. 173. Приспособление обыкновенной горелки для резки под водой.

доставить достаточно тепла для испарения окружающей воды и достаточно энергии для отбрасывания расплавленного металла.

Любая стандартная режущая горелка может быть обращена в подводную присоединением добавочного подвода воздуха, как показано на рис. 173. Чехол состоит из куска тонкой латунной трубки немного большего размера,

чем режущий наконечник: один конец трубки сведен на конус, так что остается только небольшое пространство между концом и наконечником, а другой конец имеет воротник, плотно прилегающий к верхней части наконечника. Сбоку чехла сделано отверстие, в которое вставлен конец медной трубки. Эта медная трубка изогнута сообразно нижней части горелки и прилегает к ней по всей длине. Вблизи

клапана горелки припаян еще один клапан и к нему присоединен шланг сжатого воздуха. Давление воздуха, необходимое для резки, легко вычислить, считая 1 атмосферу на каждые 10 м глубины и прибавляя одну или полторы атмосферы дополнительно. Обычно этого бывает достаточно для удаления воды от объекта резки и для быстрой работы.

Последний тип подводной режущей горелки, который недавно выпущен во Франции на рынок, работает без сжатого воздуха. Наконечник устроен так, что имеется воротник вокруг нагревающего пламени. Он снабжен также хорошо прилаженным ацетилено-кислородным сигнальным огнем, который поддерживает пламя внутри защищенной камеры.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

МЕХАНИЧЕСКИЕ РЕЖУЩИЕ ГОРЕЛКИ.

Радиограф. Радиограф представляет собой переносную механическую горелку для резки, весящую около 23 кг, которая может служить для



Рис. 174. Радиограф для резки по прямой.

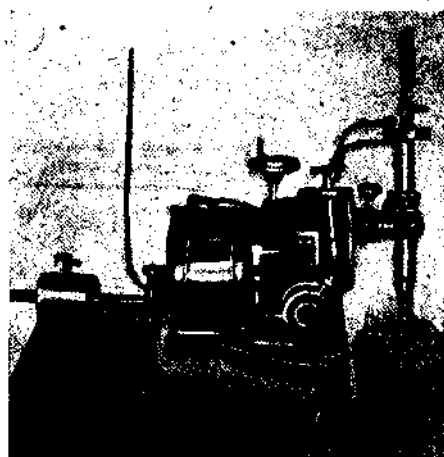


Рис. 175. Радиограф для резки по окружности.

резания по прямой и кривым линиям. У этой машины горелка помещена на горизонтальном рычаге (рис. 174), который можно устанавливать по вертикальному и по боковым направлениям. Рычаг снабжен двумя шарнирами, которые дают возможность повернуть его под любым углом в боковом направлении для резки под углом, или в плоскости резания при резке литников и т. д. Мотор соединяется с колесами ведущего механизма через коробку передач, которая дает широкие пределы для скоростей перемещения, а также для подачи по любому направлению.

При резке по прямым линиям радиограф движется по желобчатой стальной колее, которая доставляется секциями около 1,55 м длиной. Эти секции можно соединить до требуемой длины. При резании по дугам и окружности машина вращается на отводном радиусе вокруг винтового стержня, установленного на центре, выбитом на листе, который нужно обрезать. Радиограф применяется в котельных мастерских

и на верфях для резки по прямой линии, по окружностям, для обрезки по наклону кромок под чеканку и т. д.

При резке по окружности (рис. 175) у радиографа снимается внутреннее тракторное колесо и на отводном радиусе устанавливается винтовой стержень, покоящийся в выбитом центре. Если потребуется резать по большому радиусу, то



Рис. 176. Плиты, приготовленные для машинной резки.



Рис. 177. Законченные вырезанные части.

малый отводный радиус снимается и устанавливается больший. Таким образом можно вырезать окружности любого диаметра. Нужно заметить, что ведущее колесо прибора устанавливается на отводном радиусе.

Этот прибор построен для резки по прямым линиям и окружностям, но при небольшой изобретательности он может быть применен и для резки квадратов, овалов и длинных неправильных линий.

На рис. 176 изображены стальные плиты, разложенные перед резкой радиографом. Эти плиты имеют толщину 225 мм, а круги, по которым они должны быть вырезаны, 725 мм диаметром.

На рисунке можно видеть машинку, режущую одну из этих окружностей. Длина каждой окружности, которую можно вырезать, была около 2,5 м. Резка производилась со скоростью 100 мм в минуту или 24 минуты действительного рабочего времени на одну окружность. На рис. 177 показан вид законченной вырезанной части, а также машинки. Можно заметить гладкий и аккуратный вид обрезанных поверхностей. Эти плиты были разрезаны на круглые кольца для целей поковки.

На рис. 178 изображен радиограф, поставленный на 40 мм плиту для обрезки скоса.

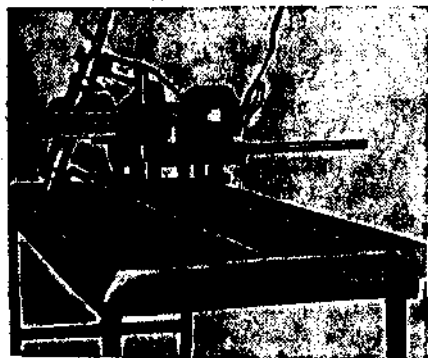


Рис. 178. Машина, установленная для резки скоса.

На одном из больших заводов САСШ была предложена задача, которая заключалась в разрезке листов стали 12 мм толщиной. Эти листы имели приблизительно 2,5 м ширины и 10 м длины, как показано на рис. 179. Резка была около 3,5 м длиной при 16 различных радиусах. После резки они должны были аккуратно подходить по форме к другим частям.

Была подсчитана ручная резка и было установлено, что дополнительно потребуется много рубки и шлифовки; кроме того при ручной резке требовалось по крайней мере 10 новых ручных аппаратов для резки. Затем обратили внимание на машинную резку. Был сделан шаблон, в точности подобный линии резки, с различными радиусами от 2 мм черного железа шириною 375 мм. Была построена специальная горелка, которая свободно вращалась вокруг штыря машины; пружина же, поставленная между стойкой и горелкой, прижимала горелку к шаблону, так что в то время, как радиограф перемещался по прямой колее, пружина удерживала горелку у шаблона, заставляя ее резать точно по чертежу.

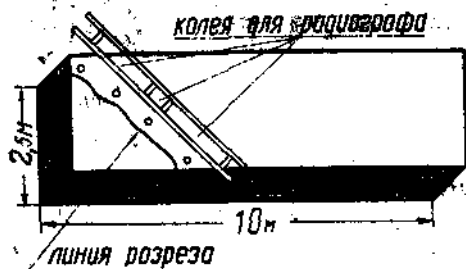


Рис. 179. Двенадцать листов, сложенных для резки.

При резке листа была установлена скорость в 550 мм в минуту, но оказалось, что это очень медленно, так как листы должны были быть доставлены к определенному времени, которое скоро истекало. Тогда листы были сложены по 4 один на другой и обрезались одновременно. После того были сложены 8 листов один на другой, и обрезались одновременно. Эти две последние резки были

выполнены так успешно, что было решено резать одновременно 12 листов. Когда эти листы были положены один на другой, их стянули болтами, поставленными через 1 м, для того чтобы прижать листы возможно плотнее друг к другу. Скорость резки была установлена в 300 мм в минуту. Таким образом, скорость резки, отнесенная на единственный 12-мм лист, была 3600 мм в минуту или 216 м в час. Резка была успешно выполнена как в отношении скорости, ровности поверхности, прямизны по вертикальному направлению, так и по чистоте и по точности выполнения согласно чертежа, так что листы могли быть тотчас же поставлены на место без всякой дальнейшей обработки. Расчет по резке листов соответствовал вышеописанному.

Пирограф. Пирограф представляет собой режущий инструмент для котельной мастерской, построенный по типу радиально-сверлильного станка и предназначен для резки фланцев котельных днищ, стенок огневых коробок и других отфланцеванных частей по длине и среза под углом для чеканки кромок за одну операцию. Каретка, поставленная на шариковых подшипниках и передвигающаяся по радиальному рукаву, поддерживает горелку. Каретка следует любой форме фланца, автоматически направляемая самим фланцем, так как ролики подачи и фрикционный опираются на противоположные стороны фланца, кото-

рый таким образом играет роль направляющей. Резка котельной стали обычной толщины производится со скоростью около 300 мм в минуту. Один человек при помощи пирографа может обрезать фланец днища шотландского котла 4,5 м диаметром, по высоте и под углом для чеканки, в течение одного часа; для выполнения этой же работы пневматическим зубилом опытному рабочему потребовалось бы от тридцати до сорока часов.

Оксиграф. Для поддержки и направления режущей горелки по определенным контурам, изображенным на бумаге или выполненным в виде металлических шаблонов, у оксиграфа применен пантограф. Оксиграф (рис. 180) марки № 1-А состоит из плиты, поддерживаемой колоннами; на плите помещена горизонтальная рама пантографа; к пантографу прикреплена в вертикальном положении горелка. На удобном расположенном столе помещается чертеж или шаблон, по которым должна быть обрезана сталь. Механик воспроизводит чертеж в половинном масштабе, так как движение горелки уменьшается в два раза действием пантографа. Ведущее колесо, помещенное в обычном вертлюге и приводимое в движение через ряд передач маленьким электрическим мотором, катится по чертежу или следует форме шаблона, направляемое рабочим. По обе стороны колеса помещены указатели, каждым из которых можно пользоваться для направления прибора по линии чертежа, в зависимости от того, режет ли горелка снаружи или внутри контура. Оксиграф № 2 построен на тех же принципах, но снабжен двумя пантографами, поставленными рядом и присоединенными к горизонтальной балке, имеющей одну или две механических горелки, а также ведущее колесо и мотор. Он приспособлен для обслуживания тяжелых поковок и больших листов. К прибору дается дополнительно боковая балка для присоединения к ней горелки и ведущего колеса при вырезании больших отверстий в листах, например набора корпусов миноносцев и т. п.

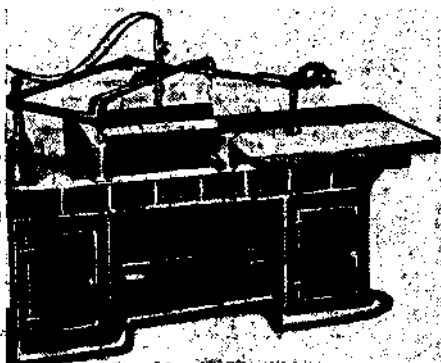


Рис. 180. Оксиграф.

Штемпеля, матрицы, поддержки у штемпелей и подкладки вырезаются в инструментальных мастерских при помощи оксиграфа с большим сбережением времени и расходов. Обычная практика вырезания или отделки матрицы такова: обстранивают болванку сверху и снизу, скашивают края, размечают и просверливают дыры по линии, прорезают промежутки между ними помощью развертки или бородка и заканчивают обработку ручником, зубилом и напильником или ограничиваясь шепингом или долбежным станком. Почти неизменно матрица, обработанная таким образом, коробится и искажается во время процесса изготовления, что вызывает необходимость или перестройки нижней части, или помещения подкладок под подушки. Снятие массы стали в середине матрицы устраняет внутренние напряжения и вызы-

вает коробление болванки. Когда не обработанная еще заготовка матрицы вырезается помощью оксиграфа, все затруднения этого рода исключаются и опасность появления трещин от закалки сокращается до минимума. Необработанную болванку нагревают и вырезают до строжки, направляя ведущее колесо по чертежу.

Когда отверстие вырезано, матрицу (еще горячую) помещают в отжигательную камеру, закрывают и оставляют остывать. По охлаждении ее строгают и отделывают обычным способом как изделие, в котором внутренние напряжения устранены. Окончательная обработка матрицы до точных размеров и снятие металла с задней стороны для зазора производится обычным путем. Оксиграф пригоден не только для грубой обработки матрицы, но может быть использован также для вырезания поддержек у штампов и подкладок.

При резке стали с содержанием углерода выше 0,75% предварительный нагрев абсолютно необходим для обеспечения гладкой и аккурат-

ной поверхности. Все матрицы из стали с более низким содержанием углерода могут подвергаться резке без подогрева. В этом случае необходимо после пригонки по направляющему шаблону матрицу снять, нагреть ее до температуры около 400° Ц или выше и затем подложить снова к направляющему шаблону и обрезать. На рис. 181 показаны две 150-мм двутавровые балки, положенные на фундамент ма-

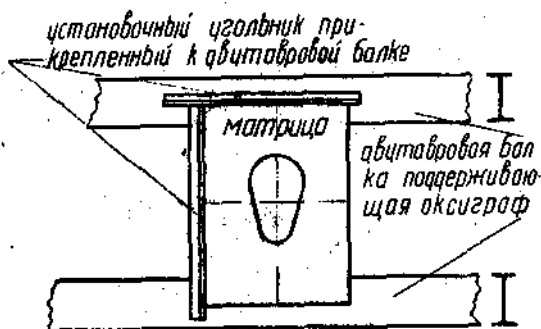


Рис. 181. Установка для вырезки матрицы.

шины для поддержки матрицы. К ним прикреплены два 38-мм угольника для удержания матрицы на месте. Фигура, по которой должна быть обрезана матрица, вычерчивается на ней и несколько в стороне от начерченной линии просверливается 5-мм отверстие для начала резки. Также на ней вычерчиваются через середину матрицы две взаимно перпендикулярные линии, которые дают рабочему возможность поставить чертеж в правильное положение. Так как матрица ставится к направляющему шаблону в холодном состоянии, затем снимается, нагревается и снова ставится к шаблону резки, необходимо принять во внимание изменение размеров матрицы вследствие расширения от нагревания. Для учета этого обстоятельства, между угольниками и матрицей, когда она в первый раз укладывается в холодном состоянии на место, кладут несколько полосок газетной бумаги. Когда затем матрицу снимают с машины для нагрева, эти бумажки убираются с шаблона и горячая матрица кладется вновь назад для обрезки. Опыт быстро подскажет, какой допуск следует принять для матрицы при различных размерах и толщинах.

На рис. 182 показана одновременная резка на оксиграфе двенадцати штук 6-мм стальных листов, уложенных один на другой. Чертеж, помещаемый на специальном столе, имеет размеры в два раза больше по сравнению с действительными размерами резки. Рис. 183, на котором

показана эта линия резки, дает гораздо лучшее представление о сложности контура, который может быть воспроизведен на этом типе машины.

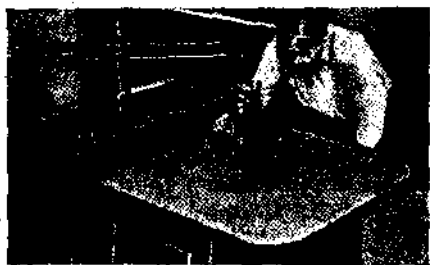


Рис. 182. Машина, режущая 12 листов одновременно.

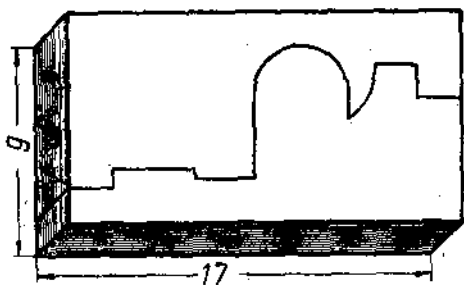


Рис. 183. Сложная резка посредством оксиграфа.

Камограф. Это машина, служащая специально для вырезки горловин и других отверстий в котельных листах и днищах (рис. 184). Машиной можно пользоваться также для вырезки зубчатых шестерен и реек из стальных листов и отливок, для вырезки матриц и иных изделий малого размера. Горелка помещается на двустороннем рукаве и направляется внутренней кулачной шайбой, которая заставляет кончик следовать предписанному пути. Особая шайба требуется для каждого нового контура. Ролик шайбы придерживается в соприкосновении с поверхностью кулачной шайбы действием магнитного притяжения.

Голограф. Голограф представляет собой машину для вырезания круглых отверстий от 12 мм до 50 мм диаметром при помощи ацетилено-кислородной горелки. Он приспособлен для вырезания дыр в строительном материале, полосах и листах.

Эллипсограф. Эта машина представляет собой приспособление для ручной резки, направляющее движение ацетилено-кислородной горелки, которое дает возможность быстро вырезать окружности, эллипсы, овалы и другие весьма разнообразные неправильные контуры из стальных листов или плит в котельных и других подобных мастерских. Рис. 185 показывает некоторые из фигур, которые могут быть вырезаны. Патента на эту машину не заявлено. Она может вырезать эллипсы размерами 500 × 900 мм, окружности 500 мм и прямые линии 500 мм.

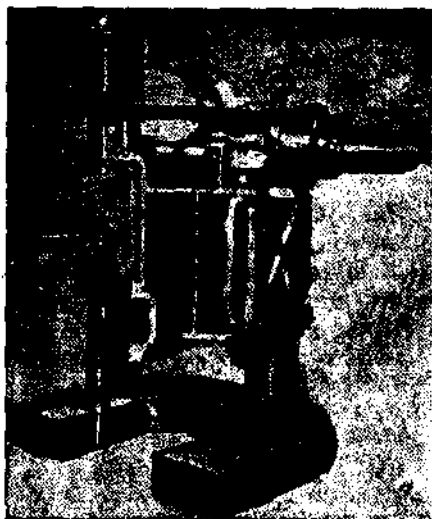


Рис. 184. Камограф.

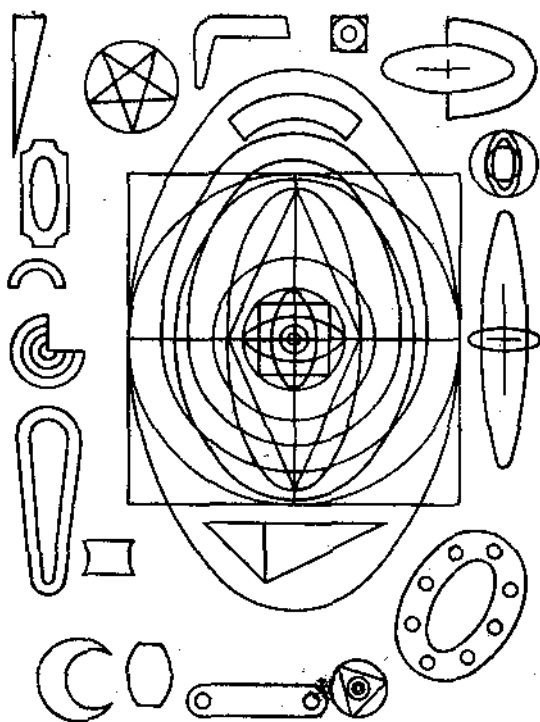


Рис. 185. Образцы резки на эллипсографе.

являет собою горелку, приводимую в движение мотором, для резки листов, брусьев и других стальных изделий. Она может передвигаться либо по колее, либо непосредственно по обрезаемому листу. При длинных прорезах машина может держать направление и без

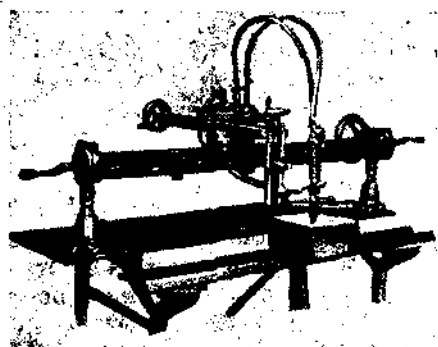


Рис. 186. Универсальная режущая машина Гьюи.

Универсальная машина для резки Гьюи. Эта машина предназначена для таких тяжелых работ, как вырезка прямоугольников и фигур других очертаний из заготовок для изготовления колеччатых валов (рис. 186). Она имеет три движения: продольное, поперечное и вертикальное. Первые два движения, используемые по отдельности или совместно, дают возможность следовать прямой или кривой линии на плоскости, а третье движение дает ей возможность преодолевать неровности на поверхности грубой заготовки. Она установлена на фундаментальной плите и поэтому ее можно помещать непосредственно на обрабатываемый предмет и перемещать от одной точки до другой по намеченной линии резки.

Автоматическая машина Гьюи для резки листов. Эта машина (рис. 187) представ-

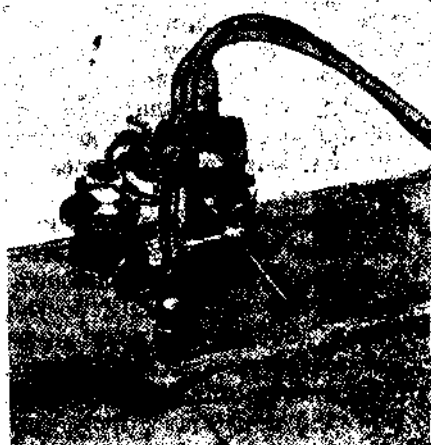


Рис. 187. Автоматическая машина Гьюи для резки листов.

колем, если дать ей возможность опираться на торец прямой кромки. Колесо трения и передвижное устройство, приводимое в движение электромотором, позволяют менять скорость в широких пределах.

Автоматическая горелка Гьюи для резки. Эта машина вырезает такие металлические части, как матрицы, коленчатые валы, штампы, непосредственно из цельного листа. Она имеет две тележки. Верхняя тележка держит с одной стороны ацетилено-кислородную режущую горелку, а с другой стороны ведущее и направляющее приспособление. При машине пользуются фибровым шаблоном, на котором выбрана канавка по очертанию рабочей линии.

Скорость можно менять или электрическим способом с помощью реостата или механически, меняя положение фрикциона на диске. Горелка может работать на кислороде с водородом, или на кислороде с ацетиленом. Машина изготовляется двух размеров 300×300 и 600×600 мм.

Автоматическая машина Гьюи для резки сложных очертаний. В этой машине горелка и направляющий механизм жестко соединены и установлены на двойной каретке. Электрический мотор при помощи передачи и фрикциона приводит в движение диск трения а с ним и ведущий вал; это передаточное устройство дает возможность широкой регулировки скорости.

Дальнейшая регулировка может быть достигнута при помощи электрического реостата. Шаблоны сделаны из мягкого материала, каковы например фибровые пластины. Ведущий прибор идет по наклонной поверхности шаблона и прижимает направляющее колесо или стержень к противоположной стороне полированной канавки. При вращении он тянет направляющую часть вдоль линии канавки. Направляющий и ведущий приборы работают в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, и так как колебания или сотрясения возможны только в вертикальном направлении, то они не влияют на основное перемещение направляющего прибора. Рис. 188 изображает конструкцию стола для резания круглых стальных колец, состоящую из прочного основания, на котором помещена подвижная платформа, получающая вращение через посредство двух конических шестерен. Горелка закрепляется на подвижной державке так, что можно вырезать окружности любого диаметра без сложных приспособлений и измерений.

Для получения большего экономического эффекта и однообразия в работе надо стремиться к использованию при газовой резке различных

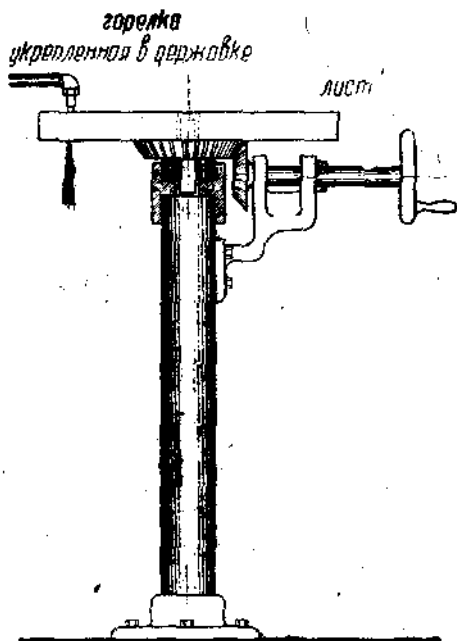


Рис. 188. Стол для резки круглых стальных колец.

механических приспособлений. Иногда например возможно при ручной резке по прямой линии подвести подставку надлежащей высоты под головку режущей горелки. Для резчика это устройство, позволяю-

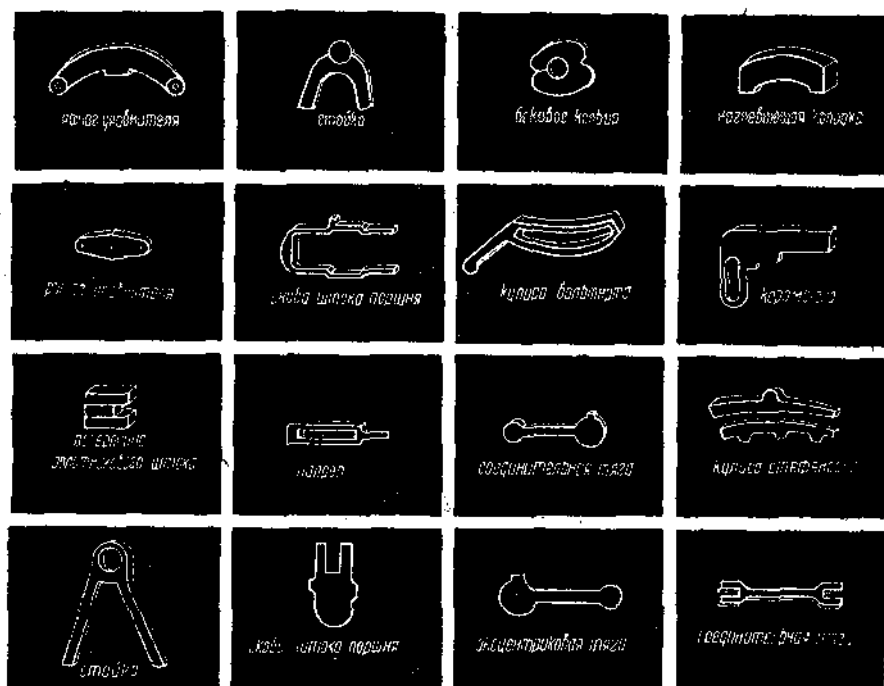


Рис. 189. Различные части, вырезанные на автоматической машине.

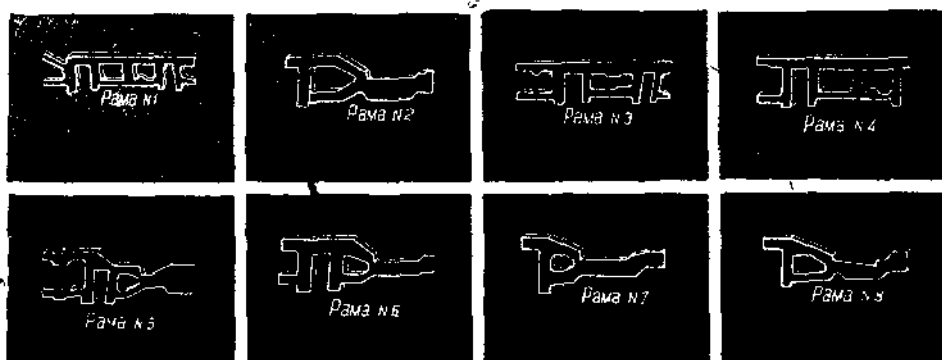


Рис. 190. Рамы, вырезанные на автоматической машине.

щее опереть головку горелки на опору и перемещать их вдоль прямой линии резания, представит большие удобства. Это гораздо менее утомительно, чем производить резку по черте, отмеченной металлом на металле.

На рис. 189 и 190 приведены различные части, вырезанные автоматической машиной.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ РЕЗКА:

Факторы, влияющие на стоимость газовой резки. Для определения условий наиболее экономической резки необходимо систематическое изучение производства кислородной резки в целом, а не путем исследований случайных или частичных резок.

С этой целью необходимо учитывать следующие наиболее важные переменные: 1) размер отверстия для резки, 2) рабочее давление кислорода, 3) скорость резания, 4) толщина материала, подлежащего резке, 5) качество материала, 6) чистота кислорода, 7) степень подогрева, 8) угол наклона режущей струи по отношению к верхнему краю, 9) гладкость выходного отверстия, 10) чистота наконечника.

Количество расходуемого кислорода нужно считать зависящим от первых двух переменных величин вместе, но не как отдельную независимую переменную. Для любой данной резки каждая из переменных, указанных в перечне, должна быть так оценена, чтобы взаимоотношения между ними обуславливали осуществление резки точно желаемого качества при минимальной общей стоимости кислорода, топлива, рабочей силы и накладных расходов.

Удовлетворительная в коммерческом отношении резка должна иметь следующие качества.

1. Сравнительно-короткое отставание. Это означает, что оставляемая на плоскости резки линия должна скорее приближаться к вертикальной прямой, а не отклоняться настолько, что последний клинышек прореза не прорезается — и его приходится отламывать.

2. Достаточно гладкие поверхности резки, т. е. без борозд, канавок или рванин.

3. Удовлетворительное состояние в отношении шлака. У большинства работ на производстве не должно быть сильно приставшего шлака, что вызывает заметный расход на работу по его удалению. Предпочтительно, когда его не будет совсем.

4. Верхние кромки прореза должны быть достаточно остры по особым условиям работы.

Первые два требования из вышеприведенных, а именно длина отставания и гладкая поверхность резки, имеют вообще более важное практическое значение по сравнению с двумя другими, из них особое значение следует придавать длине отставания. Фактически, если рассматривать одну только длину отставания, как величину влияющую на получение наиболее выгодной резки, оказывается, что это условие не находится, вообще говоря, в противоречии с требованием гладкой поверхности резки и удовлетворительным состоянием шлака, а также получением острых краев прорези.

Наблюдением над произведенной работой установлены следующие факты в отношении отставания или запаздывания.

1. Расход кислорода увеличивается по мере уменьшения отставания. Незначительное уменьшение отставания часто может быть произведено лишь за счет очень большого увеличения расхода кислорода.

2. При нормальных условиях возможен лишь определенный минимум длины отставания при данной скорости резания и данной величине наконечника, независимый от рабочего давления (или расхода кислорода).

3. При попытке достигнуть, путем увеличения рабочего давления, отставания ниже минимального, можно получить в результате, наоборот, большое отставание.

При исследовании экономичности кислородной резки наиболее заслуживающим внимания является вопрос, насколько коротко должно быть отставание, чтобы были выполнены требования удовлетворительной резки. Если оно слишком коротко, то в результате получается удорожание операции, как следствие увеличенного расхода кислорода. Если отставание слишком длинно, то может получиться недорезанный в конце клинышек металла и, чтобы сломать его, может потребоваться значительное усилие. Для толщины свыше 100 мм может понадобиться значительное умение выполнить резку, не оставляя несрезанным клинышек металла. С другой стороны чрезмерная длина отставания нежелательна вследствие ее вредного влияния на ровность краев прореза в случае круговой резки. Затем очень большое отставание указывает на то, что имеется только небольшой избыток давления кислорода против минимального, при котором полное проникание его через прорез едва возможно, и что в результате образования шлаковых включений и других дефектов листа по линии резки может произойти срыв операции. Можно сказать, что отставание такой наибольшей величины, при котором не остается у листа с прямым торцом неотрезанного угла, должно быть признано стандартным для прямолинейной резки. Оказывается, что в большинстве случаев эта длина будет надлежащею и при резке по окружности и по другим неровным контурам. Влияние на прямизну краев кривой прорезки значительно меньше, чем это может с первого взгляда показаться по кривизне линий отставания. Стандартное отставание, как оно определено выше, выражено следующим образом в таблице I.

В связи с указанным соображением относительно стандартной длины отставания такие величины, как скорость резки, размер наконечника и рабочее давление должны подбираться так, чтобы получить эту длину отставания. Это должно быть выполнено, чтобы в результате получить минимальные расходы.

Длины «стандартного отставания».

Толщина материала	Приблизительная длина «стандартного отставания»	Толщина материала	Приблизительная длина «стандартного отставания»
12 мм	2,5 мм	50	5,5 мм
25 »	4,75 »	свыше 50	6,5 »

Размер наконечника. Когда достигнута предельная экономическая скорость при данной величине наконечника, следующим вопросом, на который нужно ответить, будет: даст ли применение наконечника большего размера такое увеличение скорости операции, а следовательно уменьшение стоимости рабочей силы, накладных расходов и нагревающего газа, чтобы покрыть увеличенный расход кислорода, являющийся естественным следствием применения большего наконечника.

Качество резки. Таким образом было проделано много испытаний для установления основного фактора, который определяет главные черты работы по резке, именно длины отставания. Однако попутно были выявлены некоторые другие причины, влияющие на недостаточную ровность плоскостей обреза.

Ниже приведены факторы, за которыми нужно следить в интересах получения гладкой поверхности. 1. Равномерность движения горелки. 2. Равномерность регулировки давления кислорода (важно при значительных толщинах и при работе в холодную погоду). 3. Однородность материала, подлежащего резке. 4. Гладкая поверхность канала и надлежащая длина выходного канала наконечника. 5. Чистота выходного отверстия. 6. Достаточно высокая степень чистоты кислорода. 7. Достаточно низкое рабочее давление кислорода. 8. Постепенное увеличение скорости резания после его начала. 9. Достаточно малые рабочие скорости при малых и средних толщинах. 10. Достаточно большие рабочие скорости при больших толщинах.

Пункты 9 и 10 требуют пояснения. В случае малых толщин чрезмерные скорости более обычны, чем малые. Однако было установлено, что при более значительных толщинах (свыше 100 мм) нижние части прореза иногда оказываются неровными, с вертикально расположенными бороздами; увеличение скорости резания являлось действительным средством для устранения этого явления. При увеличении же скорости очевидно необходимо взять большего размера наконечник, если только изменение скорости не очень умеренно.

Острота кромки бывает обеспеченной, если интенсивность нагрева соответственно мала. В этом отношении нужно быть уверенным, что нагрев достаточен для разрушения поверхностной окалины и для поддержания нагрева резки у точки воспламенения, независимо от неровностей поверхностей и присутствия шлаковых включений в материале у его поверхности.

Помимо того, интенсивность нагрева не должна быть настолько мала, чтобы сбрасываемый шлак мог тотчас же закупорить отверстия для подогрева или вызвать отбрасывание пламени назад. Удовлетворительному состоянию шлака благоприятствуют следующие обстоятельства. 1. Чистота выходного отверстия наконечника для резки. 2. Гладкая поверхность стенок этого отверстия. 3. Высокая степень чистоты кислорода. 4. Присутствие окалины или ржавчины вдоль нижнего края разрезаемого материала. 5. Достаточно высокое рабочее давление кислорода. 6. Достаточно большое отверстие наконечника.

При таких резках, у которых отставания будут больше тех, что охарактеризованы здесь как стандартные, расход кислорода становится настолько малым, что присутствие неокисленного железа в шлаке значительно возрастает. Такой шлак тотчас же прикипает к нижней части прореза. В общем случае оказывается верным такое соотношение, при котором более высокие рабочие давления способствуют уменьшению количества пристающего шлака и часто его совсем не остается при повышенном давлении. Замечено, как общее правило, что при повышении давления кислорода, требуемого условием «стандартного» отставания, с целью уменьшить количество пристающего шлака, выгода получается очень незначительная. Лучшим средством повидимому будет содержание наконечника в исправном виде и пользование давлениями кислорода, соответствующими длине отставания. В крайних случаях, когда состояние шлака остается все-таки неудовлетворительным, можно применить наконечник большего размера, чем наимыгоднейший, но при этом нужно удостовериться, что применение наконечника большего размера будет экономически выгодно. В общем оказывается, что при

малых скоростях образование шлака меньше, чем при больших (если взяты наконечники надлежащих размеров). По опытным данным резания 12, 25 и 150-мм листов, представляющим собою исходные величины, разработана таблица II, где помещены данные для толщин до 450 мм; для промежуточных величин можно пользоваться интерполированием.

В случае «наиболее экономических» условий резки были выбраны скорости несколько менее идеальных, имея в виду колебания в качестве стали и в установке горелки.

Резка толстых листов. Систематическое изучение, положенное в основу выяснения вопросов экономической резки, представляется однако неполным в отношении стали значительных толщин. Правда были собраны достаточные данные для 150-мм материала, чтобы можно было получить приблизительные значения величин, определяющих условия резки, которые внесены в таблицу II. Цифры, внесенные в таблицу II для толщин больших 150 мм, представляют собою средние значения цифр, полученных по успешным результатам резок, произведенных на открытых местах. Они не представляют собою непременно наиболее экономичных условий работы в отношении затрат на рабочую силу, накладных расходов и стоимости газа, но оказывается, что для случая очень значительных толщин действительно наиболее выгодный метод работы будет заключаться в том, чтобы не стремиться рисковать и не идти на плохую и неполную резку исключительно с целью достигнуть идеальной экономии в работе в отношении указанных выше ее элементов. Именно вследствие вполне реальной опасности испортить ценные куски стали нужно признать цифры таблицы II для больших толщин выгодными. Они могут служить отправными точками при резке толстых листов. Их можно со временем несколько изменить, когда систематический анализ укажет на те усовершенствования, которые можно сделать

Таблица II.

Приближенные данные для резки, соответствующие экономическим машинным операциям, основанным на понятии стандартного отставания при условии чистоты кислорода 99,5%.

Толщина стали в мм	Резка высшая по качеству				Наиболее экономичная резка			
	Скорость в м/мин.	№ наконечника	Размер выходного отверстия для режущей струи ¹ мм	Давление в кг/см ²	Скорость в м/мин.	№ наконечника	Размер выходного отверстия для режущей струи ¹ мм	Давление в кг/см ²
12,5	3,65	1	56	1,3	7,6	1	56	3,9
25	2,74	1	56	2,8	3,65	1	56	3,9
38	2,59	1	56	3,5	2,74	1	56	3,9
50	1,88	1	56	3,5	2,14	1	56	3,9
75	1,37	2	53	4,2	1,37	1	56	3,9
100	1,37	3с	49	4,6	1,3	2	53	4,6
125	1,22	4	44	5,6	1,22	2	53	4,6
150	1,22	5	40	6,3	1,07	3с	49	5,6
200	1,07	5	40	6,7	0,99	4	44	6,3
250	1,07	6	35	7,4	—	—	—	—
300	0,99	7	30	8,8	—	—	—	—
380	0,76	8	25	9,8	—	—	—	—
450	0,76	8	25	10,2	—	—	—	—

¹ Размеры отверстий внесены в таблицу по размерам сверл.

в интересах производства, приняв в расчет нормальные изменения в качестве стали.

При резке металла больших толщин часто требуется значительное искусство для того, чтобы полностью отделить резкой начальный нижний угол и не испортить прореза образованием неровностей в нижней части сечения. Весьма важно, чтобы передний край разрезаемого куска был совершенно чист. Это относится главным образом к нижней части передней стороны. Ось наконечника должна быть тщательно выравнена с передним краем куска металла и при начале резки движение горелки предпочтительно замедлить или задержать настолько, чтобы дать возможность режущей струе пробить всю толщину материала, прежде чем сообщить горелке нормальное движение. Если эта задержка очень затянулась или если каким-нибудь образом дали возможность шлаку затвердеть у нижней части переднего края материала по линии резки, так что прилегающий материал оказывается защищенным от действия режущей струи, то в результате может остаться неотрезанным передний угол или образоваться выбоина, т. е. может получиться неудачная резка. Часто требуется также значительное умение, чтобы закончить крайний угол при резке толстых металлов. Некоторое замедление движения горелки здесь желательно так же, как и в начале резки, но это замедление нужно вести осторожно, ибо в противном случае оно может оказаться скорее вредным, чем полезным. Конечно, иногда бывает возможно и не прилагать особого старания при начале и конце резки, если воспользоваться наконечником большего размера и увеличить расход кислорода; однако производить резку толстых листов при таких условиях не рекомендуется, так как даже при небольшом внимании расходы на резку могут быть значительно сокращены применением наконечника меньшего размера. Чем меньше размер наконечника, тем меньше в общем случае будет и скорость резки толстых листов. Однако, если скорость очень мала, то нижняя часть прореза окажется сильно изорванной, как было указано выше. Затем, если размер наконечника слишком мал, никакое умение не сможет предотвратить образование недорезанного угла или больших ям при начале резки.

Там, где конструкция машины для резки и тип производимой работы позволяют, угол наклона режущей струи, под которым он направляется на верхний край резки, можно изменить для облегчения обрезки угла при конце операции. Нужно однако заметить, что изменение угла, образуемого линиями отставания, незначительно по сравнению с изменением угла уклона горелки. Выгода, достигаемая этим приемом, вероятно уменьшается неблагоприятным влиянием на внешний вид разрезанного места и возможностью «сорвать резку» исключительно по причине нарушения процесса при изменении угла наклона. Затем этот прием нельзя применять при начале резки толстых листов, так как при нем остается неотрезанным угол у края металла или большие ямы. Кроме того, если изменение угла наклона очень значительно, то не отрезанный угол у конца резки будет больше, чем при угле уклона в 90° , как это бывает нормально.

Поскольку угол у конца резки может быть легче отделен наклоном горелки, как только-что упоминалось, казалось бы, что рабочее давление кислорода и соответствующий расход его, необходимый для выполнения резки при данной длине отставания, мог бы быть уменьшен.

Тщательные измерения показывают, что получаемая от этого практическая выгода, вообще говоря, совершенно ничтожна.

Пользование таблицей резки. Принимая, что на резку идет кислород 99,5% чистоты и что отверстия наконечников для резки имеют размеры, приведенные в таблице II, можно выбирать из нее любую комбинацию элементов резки, соответствующую толщине материала.

При этом также принимается, что материал чист и находится в условиях, удовлетворительных для резки. На опыте обычно оказывается, что в результате применения этой таблицы длина отставания получается меньше, чем необходимо. С другой стороны она может случайно оказаться и больше, чем это желательно. Во всяком случае длина отставания может быть постепенно выверена путем осторожного изменения скоростей резания во время последующих резов. В виду фактов, приведенных выше и касающихся установления наиболее выгодного рабочего давления для любого данного наконечника, такой прием был бы вообще предпочтительнее, чем изменение величины рабочего давления.

Исключение из этого правила относится к резке толстых листов. Для толщин больших 150 мм изменение рабочего давления представляется способом лучшим, чем изменение скорости. Расхождение этих требований с требованиями таблицы II встречаются чаще при резке более толстых листов и при более крупных наконечниках.

Вопрос о падении давления в трубопроводе и в горелке представляет значительный интерес в случае резки толстых листов. Потеря давления становится весьма важным обстоятельством при появлении значительных пропусков. Таблица II составлена в предположении, что горелка и трубопровод способны пропустить 37 куб. м кислорода в час при отверстиях для режущей струи № 25 и при рабочем давлении в 10,2 атмосфер у редуктора. Расхождения, встречаемые в машинных горелках, не существенны, за исключением горелок, у которых отверстия так малы, что рабочие давления, приведенные в таблице II, оказываются неподходящими в случае резки толстых листов. Размеры наконечников и рабочее давление, приведенные во втором, третьем и четвертом столбцах таблицы II, оказываются пригодными как для ручной, так и для машинной резки. Действительные скорости, с которыми будет работать резчик при ручной резке, вероятно должны быть менее тех, которые приведены в таблице II. Применение таблицы II для ручной резки приводит к выбору наконечников меньшего размера, чем те, которыми пользовались в обычной практике.

Определение полезного действия. Были сделаны попытки определить полезное действие резки, исходя из того объема кислорода, который потреблялся для окисления металла, первоначально заполнявшего прорез, принимая это количество за 100%. Это ошибочно, потому что такая цифра относительного полезного действия совершенно не зависит от ширины образуемого прорева. Очевидно при всех прочих равных условиях резка с узким прорезом более выгодна, чем резка с широким. Лучшим способом определения полезного действия кислорода будет отнесение его расхода на 1 кв. см прорезанного металла. Исчисленное на этом основании полезное действие резов приведено в таблице III.

Приведенные выше значения полезного действия относятся только к расходу кислорода. Чтобы получить данные для полезного действия в отношении рабочей силы и накладных расходов, очевидно надо

обратиться к таблице II. Цифры таблицы III значительно меньше тех, что получаются у громадного большинства резок, ведущихся в промышленных предприятиях, но при тщательном наблюдении за качеством резок и надлежащим изменением условий их

Таблица III.

Необходимое количество кислорода для экономических резок.

Толщина в мм	Куб. м кислорода на 1 кв. м ²		Кв. м резки на 1 куб. м кислорода ¹	
	Резка наименьшего качества	Резка наиболее экономичная	Резка наименьшего качества	Резка наиболее экономичная
12,5	5,26	5,26	0,190	0,190
25	6,14	5,70	0,165	0,172
50	5,70	5,26	0,172	0,190
100	12,00	8,35	0,085	0,120
150	19,00	12,00	0,051	0,085
300	23,00	—	0,045	—

исполнения на практике можно близко подойти к этим величинам.

Заключение. Для 50-мм мягкой стали был произведен систематический анализ различных возможных условий резок. Менее полный анализ стали с низким содержанием углерода произведен над листами 12,35 и 150-мм толщины. К полученным данным присоединены результаты резок стали значительных толщин (веденных в обстановке мастерских) и все они послужили материалом для составления таблицы данных экономических резок (таблица II). Возможность и способ применения ее были выше объяснены подробно. При более экономических резках должны быть соблюдены следующие условия.

1. Длина отставания и пр. не меньше, чем это абсолютно необходимо.
2. Необходимо пользоваться наконечником такого малого размера, при котором можно выполнить резку данной толщины, хотя бы это требовало применения скоростей меньших тех, которые могли быть получены при других наконечниках.
3. Если рабочее давление настолько высоко, что либо его дальнейшее увеличение и соответствующее увеличение скорости не дает большей выгоды, либо стороны прореза так сильно покрываются канавками и бороздами, что портят отделяемую часть, то в этих случаях надежная резка должна приравниваться к первому из только-что упомянутых требований.

Стандартной длиной отставания принимается такая, при которой конечный угол прямого торца стального листа как раз вполне отделяется; она же является исходной величиной для определения надлежащих условий резания, приведенных в форму, удобную для пользования.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

РЕЗКА ВОЛЬТОВОЙ ДУГОЙ.

Хотя обычно на практике пользуются газовой резкой, однако во многих случаях для резки может с выгодой служить вольтова дуга (рис. 141).

Толщина, при которой можно выгодно пользоваться для прямой резки дугой — не выше 100 — 150 мм. Однако имеется способ подрезки, при котором вольтова дуга является при любом размере действительным средством. Величина силы тока, необходимая для операции резки,

¹ Включая от 0,3 до 1 куб. м в час расход кислорода на нагревающее пламя.

меняется от 280 до 320 ампер для подрезки или для нанесения рубцов при специальном электроде; от 450 до 500 ампер — при применении кислорода для подрезки графитовым электродом; 600 ампер для срезания заклепок и от 800 до 1200 ампер вообще для резания толстых листов. Напряжение при резке дугой изменяется между 27 и 45 вольтами, нормальной средней величиною можно считать 37 вольт.

Весьма важно, чтобы освобождение энергии происходило вблизи разрезаемого предмета и чтобы она не расходовалась на нагревание атмосферы. Обширными исследованиями установлено, что максимальное число ватт, а следовательно и максимальное количество тепла по-

лучается для резки и для сварки при самой короткой дуге, не делающей разбрызгивания. Это также ясно следует из факта, что при длинной дуге тепло расходуется больше на нагревание атмосферы, чем на выплавление металла. Дуга надлежащей длины определяет напряжение тока. Таким образом единственный способ увеличить количество выделяемого тепла заключается в увеличении силы тока. Однако увеличение силы тока приводит к электродам большого диаметра, а значит и к большему количеству выплавляемого металла. Потеря металла иногда уничтожает выгоды от увеличения скорости при большем количестве выделяемого тепла, и поэтому приходится прибегать к компромиссам. Послед-



Рис. 191. Резка вольтовой дугой.

ним достижением в этом деле является графит с малым удельным сопротивлением. общепринятые размеры графитовых электродов для различных плотностей токов приведены в таблице IV.

Для резки заклепок, ввиду перемежающегося характера работы, должен быть применен минимальный размер электрода. Например электроды 12,5 — 16 мм должны быть применены при токе в 400 ампер.

Очень простое, но очень удобное приспособление представляет собой электрод 300 мм длиною, помещенный в зажиме так, что один конец находится на расстоянии 75 мм, а другой на расстоянии 200 мм. Используется короткая часть электрода и по мере того, как она заостряется и сгорает, холодный неработавший его конец проталкивается сквозь зажим. Другой способ удерживать концы электрода в холодном состоянии заключается в том, что зажим удерживает электрод за

середину, а концы электрода используются поочередно, поэтому остывают один после другого. Бесполезно применять электрод большего размера, чем это нужно для нагрева разрезаемого предмета проходящим током до белого каления, так как это тепло в электроде теряется и приносит вред, сжигая режущий стержень. Сварщик может вскоре заметить, что работающий конец электрода удобно заостряется для ревки, если он даже не был заострен вначале.

При резке заклепок легкое вращательное движение кистью руки, когда головка заклепки расплавится, повидимому является наиболее успешным приемом при работе. При резке заклепок только в первой из них приходится подойти вплесую. Как только стержень накалится добела, освещения будет вполне достаточно, чтобы видеть через маску расположение следующих заклепок. Если нежелательно трогать лист, чтобы определить место первой заклепки, ввиду дальнейшего пользования, то конец стержня можно раскалить дугою от какого-либо расположенного вблизи толстого предмета, святого из обрезков специально для этой цели. Когда при резке заклепок лист должен быть снова впоследствии использо-

ван, вполне естественно, что дугу нельзя брать от самого листа. Рабочий увидит, что это легко выполнимо, так как красна или ржавчина препятствуют дуге перескакивать с заклепок на лист, если только электрод не будет нарочно перемещен и поставлен над листом. Конечно

головка заклепки обычно закрашена или обожжена, но здесь достаточно царапины, чтобы вызвать дугу, и если такой контакт образован, то дуга не выжжет листа.

Резка металла, в особенности значительных сечений, вообще говоря выполняется лучше с нижней стороны или при вертикальном положении плоскости, так, чтобы расплавленный металл мог стекать; однако происходящее здесь явление не вполне представляет собою простое плавление, но и сгорание железа от соединения с кислородом воздуха. Расплавленному металлу должен быть дан путь для вытекания, в противном случае он затвердеет, и резать эти потоки металла будет труднее, чем нетронутый основной металл. Разрезаемая вещь может стоять прямо или наклонно под надлежащим углом, а место начала ревки должно быть выбрано так, чтобы путь для стекания металла всегда оставался свободным. Это легко выполнимо главным образом при резке чугуна. Внимательно работая, можно получить гладкую поверхность при резке вольтовой дугой только с одной стороны: если она получилась вообще неровною, то ее можно поправить вторичной обработкой вольтовой дугой.

По американским данным недавно был изготовлен специальный электрод для ревки вольтовой дугой, а также для таких целей, как прорезание дыр. Обмазка этого специального электрода выделяет свободный кислород, который, соединяясь с расплавленной сталью, повы-

Таблица IV.

Зависимость диаметров электродов от силы тока.

Сила тока в амперах	Диаметр электрода в мм	Сила тока в амперах	Диаметр электрода в мм
200	6,5—9	600—800	16—19
300—400	9,5—12,5	800—1200	19—25
400—600	12,5—16		

нает температуру в месте реза и тем ускоряет процесс резки. Этот специальный электрод, покрытый обмазкой, выделяющей свободный кислород при температуре дуги, газифицирует всю расплавленную сталь, так что работа не прекращается, раз она началась. При применении этого электрода, когда образовалась дуга, его немедленно погружают в разжиженную массу металла слабым давлением, как например усилием руки. После того как отверстие проделано по всей толще металла, его можно ушурить до желаемого размера или формы, водя дугу вокруг его краев. Резка может быть произведена этим электродом тем же способом, что и сверление дыр — путем передвижения по оси или следования по желаемому контуру. Этот тип резки требует силы тока от 250 до 350 ампер и поэтому удобен при комбинировании его со сваркой.

Если предмет не очень большой толщины, то резку можно произвести вертикально сверху вниз или же по горизонтальному направлению, начиная от любого края. Резка производится движением электрода вглубь предмета при медленном продвижении вниз, причем расплавленный металл выгоняется из прореза. Затем производится быстрое движение назад и тотчас же снова двигают электрод вниз, чтобы не дать возможности остыть металлу. При этом способе предмет должен быть такой толщины, чтобы металл мог непрерывно вытекать.

Если предмет настолько толст, что этот способ оказывается неприменимым, то с углов последовательно делают «зарубки», пока толщина его не окажется настолько малой, что ее можно будет резать сквозь всю толщину. Если сделаны глубокие зарубки, то всегда остается свободный проход для вытекания расплавленного металла.

При резке большую помощь оказывает применение электрода прямоугольного сечения, который имеет значительно большую проводимость, чем круглый и сильно уменьшает ширину прореза, а следовательно и количество металла, удаляемого резкой. Электрод круглый или квадратный, у которого в сердцевине находятся окисляющие химические препараты, весьма поможет операции резки, так как делает металл более жидким и некоторое его количество сжигает. Эти электроды с сердцевиной выделяются как прямоугольного, так и круглого сечения. При резке по вертикальному направлению или снизу расплавленная дугой заковка вытекает естественным порядком, но при горизонтальной резке металл должен быть удален, пока он не затвердел. Это легко и дешево выполняется струей сжатого воздуха, управляемого клапаном с собачкой, помещенной на рукоятке для резки или вблизи нее. Фактически рукоятка выполняется так, что деталь для подвода струи воздуха является ее составной частью. Сжатый воздух механическим действием и окислительным влиянием удаляет при нажиме собачки металл головки заковки, расплавленный действием дуги, и шлак. Давление от 3,5 до 7 атмосфер дает лучшие результаты. Для мелких работ можно применить кислород, но воздух в общем случае оказывается более экономичным.