

621.791-52
П20

Акад. Е. О. ПАТОН

**СКОРОСТНАЯ
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА
ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА**

★

МАШГИЗ ★ 1941

621,791-52
П.20

Акад. Е. О. ПАТОН

Д Е П

621,79
П.20
Результ

СКОРОСТНАЯ
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА
ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

★

52436

нр. 83, 96

Республиканская научно-
техническая библиотека
БССР

нр 96, 08

Н К Т М С С С Р

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1941 Ленинград

В книге излагается новый метод скоростной автоматической сварки под слоем флюса, освоенный Институтом Электросварки Академии Наук СССР под руководством акад. Патона Е. О.

Книга предназначена для производственников-сварщиков.

Редактор В. К. Запорожец. Подписано в печать 26/IV-41 г.
Л-93 350. Уч.-изд. л. 7,60. Авт. л. 7,39. Печ. зп. в л. 48000.
Печ. л. 7. Зак. № 466. Цена 3 р. 60 к., переплет 40 к.

1-я тип. Машгиза НКГМ. Ленинград, ул. Моисеенко 10.

ПОСВЯЩАЕТСЯ

**Никите Сергеевичу Хрущеву
инициатору
широкого внедрения в промышленность
скоростной автоматической сварки
под слоем флюса**

ПРЕДИСЛОВИЕ

В марте 1940 г. Институт Электросварки Академии Наук УССР приступил к освоению метода скоростной автоматической сварки под слоем флюса.

В течение 3 месяцев небольшая бригада отдела технологии сварки, в составе старших научных сотрудников: В. И. Дятлова и А. И. Лапина, при участии лаборанта В. С. Ширина, подобрала состав флюса, а член-корреспондент Академии Наук УССР П. П. Буштетт разработал необходимую сварочную аппаратуру.

В июне 1940 г. институт созвал небольшую конференцию, на которой демонстрировал автоматическую сварку под флюсом стыкового шва листов толщиной 13 мм в один проход со скоростью 30 м/час, в 11 раз превышающей скорость сварки этого шва ручным способом.

Учитывая громадные преимущества этого нового метода сварки, институт тогда же предложил участвовавшим на конференции представителям Главстальконструкции применить скоростную сварку под флюсом для строящегося в Киеве большого моста через Днепр, где предстояло сварить около 120 км угловых швов.

В месячный срок проектное бюро института, руководимое инж. П. И. Севбо, разработало проект сварочного станка и цепного кантователя к нему. В июле 1940 г. этот проект поступил на завод им. Молотова в Днепропетровске, изготовляющий металлическое строение Киевского моста.

Руководство завода не сочувствовало этому новому делу и под разными предлогами оттягивало изготовление станков.

Руководитель большевиков Украины т. Хрущев Н. С., живо интересующийся строительством Киевского моста, выразил желание познакомиться с новым методом сварки и с этой целью во второй половине октября 1940 г. посетил Институт Электросварки. Тов. Хрущев Н. С. сразу оценил все значение этого метода сварки и ту роль, какую этот метод должен сыграть в деле механизации сварочных работ и ликвидации тяжелого ручного труда сварщиков.

Решив неотлагательно приступить к внедрению скоростной

сварки в промышленность, т. Хрущев Н. С. принял необходимые к этому меры. В дальнейшем состоялось чрезвычайно важное Постановление ЦК ВКП(б) и Совнаркома Союза ССР от 20/XII-40 г. за № 2609 о внедрении скоростной сварки под слоем флюса.

В порядке осуществления этого Постановления за первый квартал 1941 г. проделана большая работа. Из 20 заводов, которые в течение первого полугодия 1941 г. должны освоить скоростную сварку, завод им. Молотова, по настоянию т. Хрущева Н. С. и при непосредственной помощи работников Института Электросварки, преодолел все трудности по освоению скоростной сварки и выпускает элементы Киевского моста. Другой завод уже начал сваривать под флюсом хребтовые балки цистерн. Шесть заводов уже закончили постройку сварочных станков и заняты освоением техники скоростной сварки на действительных объектах. Остальные 12 заводов, кроме двух, не позже мая месяца закончат постройку своих станков.

Имеется уверенность в том, что дело пойдет, и к 1 июля 1941 г. заводы выполнят данное им задание.

К 1 апреля 1941 г. Институт Электросварки и ЦНИИТМАШ выполнили порученные им по Постановлению № 2609 четыре исследовательские работы по всесторонней проверке качества швов, сваренных под флюсом.

Этими работами, а также работой, выполненной институтом ЦИИТ НКПС по заданию т. Кагановича Л. М., доказано, что, применяя не только специальную кремнистую проволоку с флюсом № 1 соответствующего состава, но и обыкновенную проволоку с флюсом № 45 более простого состава, можно получить сварные швы очень высокого качества.

Во всех отношениях швы, сваренные под флюсом, стоят выше швов, сваренных качественными толстообмазанными электродами, и поэтому вполне пригодны для ответственных конструкций, вплоть до паровых котлов.

Эти работы показали, что в будущем сварку малоуглеродистой стали можно будет вести на обыкновенной проволоке и отпадает надобность изготовлять для этой цели специальную кремнистую проволоку.

Продолжаются работы по освоению сварки под флюсом разных сортов высокоуглеродистых, а также легированных сталей.

Выяснено, что металл шва, сваренный под флюсом, содержит в 20 раз меньше азота и в 3 раза меньше кислорода, чем при сварке качественными электродами, что он отлично сопротивляется интеркристаллитной коррозии.

Эти факты говорят о чистоте металла шва, сваренного под флюсом, и о том, насколько эффективно флюс защищает расплавленный металл от загрязнения азотом и кислородом воздуха.

Выяснено, почему металл шва, сваренный под флюсом, несмотря на его столбчатую структуру, отличается большой вязкостью. Доказано, что столбчатая структура металла отнюдь не является основной причиной его хрупкости, что в этом вопросе

решающее значение имеет степень загрязнения маточного раствора между кристаллами под действием азота и кислорода воздуха, проникших в расплавленный металл.

Выяснено, что новый метод сварки под флюсом дает возможность выполнять не только обычные стыковые и угловые швы, но также новый вид так называемых нахлесточных швов, которые во многих случаях дают возможность упростить сварные конструкции и производство сварочных работ.

Разработаны конкретные мероприятия по подготовке кадров, нужных для автоматической сварки.

Благодаря серьезным мерам, принятым Правительством и Партией, работы, связанные с внедрением скоростной сварки, широко развернулись, и не приходится сомневаться, что в ближайшее время новый метод скоростной сварки под слоем флюса получит широкое распространение.

Москва, 17 апреля 1941 г.

§ 1. ЗНАЧЕНИЕ СКОРОСТНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

В любой отрасли металлообрабатывающей промышленности мы видим широкое развитие механизации труда. Применением самых разнообразных машин труд рабочих доводится до минимума; вместе с тем повышается производительность труда. В основном работают машины. Роль рабочего сводится к управлению этими машинами.

Совершенно иную картину мы наблюдаем в сварочном деле. До сих пор работа производится ручным способом в тяжелых, некультурных условиях. Согнувшись над свариваемым изделием, закрывая лицо щитком, мешающим свободно дышать, и манипулируя электродом, сварщик непрерывно и напряженно следит за отложением каждой капли расплавленного металла электрода. При столь напряженной работе сварщик быстро утомляется, отчего падает качество шва и снижается производительность труда.

Вследствие тяжелых условий труда рост кадров опытных сварщиков отстает от быстрого роста объема сварочных работ; кроме того, повышаются требования к качеству сварных швов; поэтому заводы ощущают острую нужду в квалифицированных сварщиках.

Выход из создавшегося тяжелого положения может дать полная механизация сварочных работ и притом такая механизация, при которой не только облегчается труд сварщика, но на много повышается его производительность.

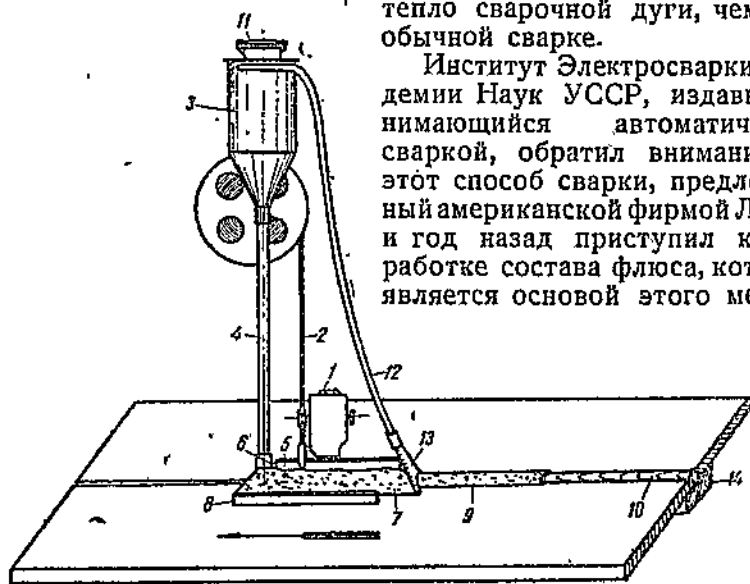
Автоматическая сварка в том виде, в каком ее применяли в последнее время, не могла серьезно заинтересовать заводы, так как этот вид сварки мог дать лишь в два раза большую производительность, чем обыкновенная ручная сварка. После того как стахановцы-сварщики, применяя электроды большого диаметра и большие силы сварочного тока, стали резко повышать производительность ручной сварки, пришлось думать о новом методе автоматической сварки, позволяющем резко повысить производительность сварки.

Таким методом является автоматическая сварка голым электродом под слоем сыпучего зернистого флюса. Сущность этого метода сварки заключается в следующем (фиг. 1). Голая элек-

тродная проволока 2 подается автоматической сварочной головкой 1, которая передвигается вдоль шва. Из бункера 3, расположенного выше головки, к месту сварки подается флюс 7, который толстым слоем покрывает полосу будущего шва 10. Вольтова дуга горит под слоем флюса; ее не видно. Не использованный при сварке остаток флюса при помощи отсасывающего устройства 11, 13 и 12 подается обратно в бункер.

Этот скоростной метод сварки может дать громадную производительность, так как он дает возможность варить на очень больших силах тока, достигающих до 3000 а и выше. Кроме того, этот способ дает возможность более эффективно использовать тепло сварочной дуги, чем при обычной сварке.

Институт Электросварки Академии Наук УССР, издавна занимающийся автоматической сваркой, обратил внимание на этот способ сварки, предложенный американской фирмой Линде, и год назад приступил к разработке состава флюса, который является основой этого метода.



Фиг. 1. Схема сварки под флюсом.

За сравнительно короткий промежуток времени институт добился положительных результатов. Совершенно самостоятельно институт разработал состав флюса и технологию его изготовления, сконструировал и изготовил специальную аппаратуру, изучил технику и технологию сварки под слоем флюса.

Новый скоростной метод сварки имеет громадное значение. Благодаря большой силе сварочного тока и горению дуги под слоем флюса, удерживающего тепло дуги от рассеивания, процесс плавления основного металла и электрода проходит весьма интенсивно, вследствие чего сварку можно производить с большой скоростью.

Производительность скоростной сварки гораздо больше, чем при ручной сварке. В случае сварки стык двух листов мы имеем такие цифры: при толщине листов в 5—12—40 мм производительность скоростной сварки в 5—11—40 раз больше, чем при ручной сварке. Кроме высокой производительности, способ

сварки под слоем флюса имеет ряд других серьезных преимуществ:

1. Благодаря большим скоростям сварки исключена возможность чрезмерного перегрева зоны влияния.

2. Сварка происходит под слоем флюса, поэтому нет потерь металла на угар и разбрызгивание: это дает экономию в расходе электродной проволоки.

3. Несмотря на большие силы тока, можно обойтись электродами сравнительно небольшого диаметра.

4. Сварка производится голый электродной проволокой, поэтому отпадает сложный процесс покрытия проволоки обмазкой.

5. Не требуется защиты глаз сварщика, так как дуга горит под слоем флюса и не видна. Не требуется светомаскировки при сварке ночью.

6. Не требуется специальной вентиляции рабочего места, потому что при горении дуги выделяется ничтожное количество газов.

7. На плавление электрода и свариваемого металла расходуется относительно меньшее количество электроэнергии, чем при обычной электродуговой сварке.

8. Ввиду полной механизации процесса сварки, не требуется сварщиков высокой квалификации и упраздняется тяжелый ручной труд сварщиков.

Учитывая, что новый метод скоростной сварки должен дать громадный экономический эффект для промышленности, Совнарком Союза ССР и Центральный Комитет ВКП(б) 20 декабря 1940 г. издали Постановление за № 2609, которое сводится к следующему. В течение первой половины 1941 г. 20 крупных заводов должны освоить скоростную сварку. Они должны сами изготовить себе сварочные машины, причем им оказывается всемерная помощь: по специальному заказу для них изготавливаются сварочные головки, щиты управления, пылесосы, мощные сварочные трансформаторы, кремнистая электродная проволока, флюс, электромоторы и провода. Наконец, этим заводам оказывается техническая помощь при наладке и пуске установок, а также при обучении сварщиков. Ассигнуется 1,2 миллиона рублей на премирование отличившихся заводских работников.

Отдельным Постановлением Совнаркома Союза ССР разрешен вопрос о создании кадров, необходимых для скоростной сварки. При 12 ремесленных училищах в течение 1,5 лет будут готовиться инструкторы-наладчики по всем видам автоматической дуговой сварки. Каждый год эти училища будут выпускать до 2 тысяч инструкторов.

Инженеры по автоматической сварке будут готовиться в пяти индустриальных институтах, которые имеют специальные факультеты или кафедры по сварке. Средний руководящий состав, т. е. техники по автоматической сварке, будут готовиться в трех сварочных техникумах.

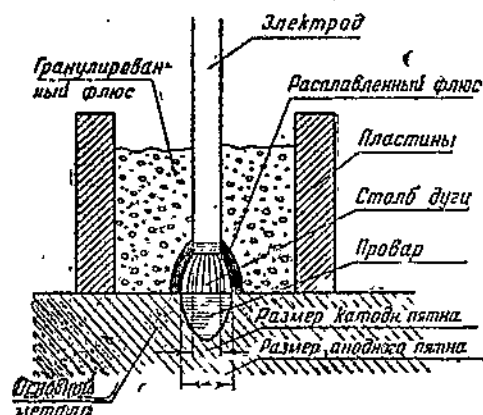
Для сварочного дела Постановление от 20 декабря 1940 г.

имеет историческое значение. Оно является первым решительным и серьезным шагом, ведущим к ликвидации тяжелого ручного труда рабочих-сварщиков и к переводу сварки на механизированные и индустриальные методы работы.

Не подлежит сомнению, что это большое дело, начатое Центральным Комитетом Партии и Правительством, будет успешно развиваться. Залогом успеха является то, что этим делом руководят тт. Сталин и Хрущев. Первый успех уже имеется налицо: завод им. Молотова в Днепропетровске уже применяет скоростную сварку для изготовления элементов строящегося в Киеве большого моста через Днепр.

§ 2. ОСНОВЫ И СХЕМА ПРОЦЕССА СВАРКИ ГОЛЫМ ЭЛЕКТРОДОМ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Схема процесса, происходящего при наплавке валика на поверхности листа, показана на фиг. 2а. Место сварки ограничено двумя пластинами, между которыми насыпан флюс. При замыкании накоротко конца электрода с листом, в месте контакта металл моментально разогревается и испаряется. При этом возникает дуга. Дуга расплавляет окружающий слой флюса. Расплавленный флюс образует пузырь, окружающий дугу. Часть флюса испаряется, так что дуга горит в парах металла и флюса.



Фиг. 2а. Схема горения дуги под флюсом.

При движении электрода вдоль валика, дуга движется вместе с окружающим ее пузырем. Дуги не видно, она горит под слоем флюса; поэтому расплавленный металл полностью изолирован от воздуха и металл шва содержит ничтожное количество азота (0,001—0,005%), т. е. меньше, чем в обычной мартеновской стали. Дуга, горящая в слое флюса, сдувает флюс с конца электрода и с участка свариваемого листа и расплавляет металл. Площадь участка, на котором металл обнажается от флюса, должна быть равна той площади, на которой металл подвергается ионной и электронной бомбардировкам. Максимальная площадь должна быть равна площади так называемого анодного пятна, минимальная площадь — площади катодного пятна.

Так как нагрев металла концентрируется на небольшом участке, а в смежных местах металл защищен флюсом, то кратер получается небольших размеров, но большой глубины. Подвод тока к электроду производится недалеко от дуги; поэтому можно допустить очень большие плотности тока, при небольшом диаметре электрода.

В табл. 1 приведены данные о диаметре катодного пятна, о минимальном диаметре электрода и о диаметре анодного пятна, который равен диаметру кратера. Величины плотностей тока на аноде и катоде, использованные для расчета, взяты по данным Д.А. Рожанского¹.

Таблица 1

Сила тока <i>a</i>	Диаметр катодного пятна мм	Минимальный диаметр электрода мм	Диаметр анодного пятна (кратер) мм
500	3,04	4	6,8
1000	4,3	5	9,6
1500	5,22	6	11,7
2000	5,92	6	13,5
2500	6,8	7	15,0
3000	7,4	8	16,6

Из табл. 1 видно, что даже при таких высоких силах тока, как 3000 *a*, электрод может применяться относительно малого диаметра — 8 мм. Размер кратера мало возрастает с увеличением силы тока.

Полностью закрытая дуга значительно уменьшает потери на угар и разбрызгивание, а концентрированный нагрев позволяет получить большой провар кромок.

Таблица 2

Расход тепла в % от общего количества тепла, выделяемого дугой	Сварка толстым электродом под слоем флюса	Обычная сварка толстообмазанным электродом
На плавление металла электрода	24%	15%
На плавление обмазки флюса	24%	—
„ „ основного металла	44%	10%
Бесполезная теплоотдача окружающей среде основного металла . .	8%	45%
На теплоизлучение	—	15%
Общее количество тепла, выделяемого дугой	100%	100%

Для сравнения мы подсчитали тепловой баланс дуги для сварки под слоем флюса и для обычной сварки толстообмазанным электродом. В табл. 2 показано, как распределяется тепло дуги при том и другом способе сварки.

Из таблицы видно, что на плавление металла электрода и основного металла при сварке под флюсом расходуется 68% всего

тепла дуги, а при обычной сварке — только 25% всего тепла дуги. Получаются следующие коэффициенты полезного действия:

для обычной сварки 0,25

для сварки под слоем флюса 0,68

Итак, несмотря на применение очень больших сил тока, при сварке под слоем флюса, затрачивается значительно меньшее количество электроэнергии на погонный метр шва, чем при обычной сварке.

¹ Д. А. Рожанский, Физика газового разряда, ОНТИ, 1937.

Вследствие выделения больших количеств тепла на свариваемом металле и концентрации тепла на небольшом участке, при сварке под слоем флюса получается очень глубокий провар кромок. На фиг. 39 и 12 приведены макроснимки стыкового и углового швов, сваренных под слоем флюса. Глубокий провар позволяет изменить разделку кромок в сторону уменьшения угла скоса и этим уменьшить расход присаживаемого металла для заполнения разделки.

Большое количество тепла, которое концентрируется в месте сварки, и глубокий провар кромок позволяют развивать очень высокие скорости сварки. При сварке под слоем флюса большое количество энергии (около 24%) расходуется на плавление флюса. Это тепло долго сохраняется в флюсе, благодаря высокому теплосодержанию его, и замедляет остывание металла шва. Замедленное остывание металла шва способствует хорошему выделению газов из металла и получению плотного и гладкого валика.

На основании изложенного можно отметить такие основные особенности процесса сварки под слоем флюса:

1. Вследствие защиты дуги флюсом тепло концентрируется на малом участке шва, отчего получается глубокий провар шва.

2. Вследствие защиты дуги флюсом нет потерь металла на угар и разбрызгивание.

3. Защита дуги флюсом полностью устраняет возможность окисления и азотирования металла шва.

4. Применение высоких сил тока и высокая концентрация тепла в зоне сварки позволяют развивать очень большие скорости сварки.

5. Сварку под слоем флюса нельзя производить вручную, так как дуга горит под флюсом. Не видя дуги, сварщик не может управлять ею, т. е. поддерживать нужную длину дуги и передвигать ее с необходимой скоростью.

Металл шва, сваренного под слоем флюса, отличается высокими механическими и физическими качествами. Это объясняется, с одной стороны, тем, что флюс и его шлак замедляют остывание расплавленного металла и защищают его от вредного действия кислорода и азота воздуха; с другой стороны, в металл шва мы вводим легирующие примеси, в виде марганца и кремния.

Эти примеси можно вводить через флюс или через электродную проволоку. Теоретически правильное легирование производить через проволоку, так как при этом можно более точно дозировать легирующие примеси. Однако в условиях черной металлургии изготовление легированной проволоки сопряжено с большими трудностями не столько технического, как хозяйственно-организационного характера.

Несравненно проще легировать металл шва через флюс. Однако возникают такие затруднения: 1) при введении во флюс больших количеств марганцевой руды, можно загрязнить флюс вредными примесями (например серой), содержащимися в марганцевой руде, и 2) при легировании через флюс, в металле шва

обязательно будет возникать окись железа (FeO), что нежелательно.

Последние работы, проведенные в Институте Электросварки и в ЦНИИТМАШ, с применением обыкновенной малоуглеродистой проволоки, дали хорошие результаты; поэтому при сварке обычной малоуглеродистой стали в дальнейшем отпадет надобность в применении легированной электродной проволоки.

§ 3. ФЛЮС, ЕГО СОСТАВ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ

В январе 1941 г., когда начались подготовительные работы по внедрению скоростной сварки, мы располагали только таким строго проверенным составом флюса, при котором сварку надо вести кремнистой электродной проволокой.

Этот флюс, разработанный Институт Электросварки для сварки малоуглеродистой стали кремнистой проволокой, имеет следующий расчетный химический состав:

Песок SiO_2	37%	Мел. CaO	12%
Каолин Al_2O_3	14%	Марганцевая руда MnO	16%
Плавиковый шпат CaF_2	17%	Сода Na_2O	2,5%

Для изготовления шихты флюса применяются материалы следующих кондиций:

Таблица 3

Наименование материалов	Содержание отдельных элементов, %				
	Fe_2O_3	MgO	CaF_2	MnO	P
Песок	Не более 0,5	—	—	—	—
Каолин	1,8	—	—	—	—
Мел	1,0	Не более 2,0	—	—	—
Плавиковый шпат	3,0	—	Не менее 65,0	—	—
Марганцевая руда	6,0	—	—	Не менее 50,0	Не более 0,4

Материалы высушиваются, измельчаются на дробилках и просеиваются для получения величины зерна материалов не более 2 мм.

В соответствии с химическим анализом исходных материалов рассчитывается шихта. Так, например, при следующем химическом составе сырых материалов:

Таблица 4

Название компонентов	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	MnO	CaF_2	SO_2
Марганцевая руда	5,95	Следы	0,70	—	—	—	68,52	—	0,22
Плавиковый шпат	4,03	1,34	0,62	4,69	—	—	—	87,0	—
Каолин	47,15	39,8	0,25	0,71	0,28	—	—	—	—
Песок	98,0	1,22	0,07	0,31	0,09	—	—	—	—
Мел	1,21	0,33	0,07	54,39	0,18	—	—	—	—
Сода	—	—	—	—	—	56,15	—	—	—

состав шихты получается следующий:

Марганцевая руда	97,3 кг
Плавиковый шпат	81,4 "
Мел	82,6 "
Каолин	140,7 "
Песок	79,3 "
Сода	18,7 "
	500,0 кг

Отвешенные компоненты смешиваются до получения шихты однородного цвета. Варка шихты производится в регенеративной газовой ванной печи периодического действия с площадью пода около 7 м².

Шихта загружается в печь через два окна при помощи заволочных ковшей. Одновременно загружается 1 т шихты. Продолжительность загрузки около 10 мин.

Варка производится при температуре 1460—1480° и протекает в течение 2¹/₂—3 час. Готовность флюса определяется путем взятия пробы. Из взятой пробы готовится тонкая нить длиной 3—4 м. Если на ней отсутствуют узлы, то флюс считается готовым.

Для грануляции флюс из ванны через летку спускается в бак с проточной водой. После окончания спуска флюса данной плавки вода из бака удаляется, флюс из бака переносится на подовую сушилку, где и просушивается до полного удаления влаги.

Высушенный флюс размельчается на вальцевой дробилке и после этого просеивается на сито 36 отверстий на 1 см² и сито 1600 отверстий на 1 см². Флюс, прошедший через сито с 36 отверстий на 1 см² и оставшийся на сите 1600 отверстий на 1 см², считается товарным.

Частицы флюса, оставшиеся на сите в 36 отверстий, идут на вторичный помол, а частицы, прошедшие через сито 1600 отверстий, идут на переплавку.

Следует отметить, что при варке флюса часть фтора улетучивается. Недостаточный угар фтора влечет за собою неустойчивость дуги при сварке.

Флюс № 1 для сварки малоуглеродистой стали кремнистой проволокой изготавливается стекольным заводом „Пролетарий“ (станция Насветевич Сев. Донецкой ж. д. на линии Москва—Сталино) по следующим временным техническим условиям.

ВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ФЛЮСА № 1 ДЛЯ СВАРКИ НА КРЕМНИСТОЙ ПРОВОЛОКЕ

1. Определение и назначение

1. Настоящие ВТУ распространяются на флюс № 1, предназначенный для автоматической электросварки кремнемарганцовистой проволокой (ГОСТ 178—41, Металлургия Г-16).

II. Сортность

2. Флюс изготавливается одного сорта.

III. Технические условия

3. Для расчета шихты флюса № 1 должен быть принят следующий его химический состав:

Химический состав	% содержания отдельных элементов	Допуски при расчете шихты от и до
SiO ₂	37,0	36,0—38,0
Al ₂ O ₃	14,0	13,0—15,0
CaO	12,0	11,3—12,7
CaF ₂	17,0	16,3—17,7
MnO	16,0	15,3—16,5
Na ₂ O	2,5	2,0—3,0
Загрязнения (FeO, MgO, SO ₂ , P ₂ O ₅)	Не более 4,0	—

4. Для изготовления флюсов должны быть применены исходные материалы следующей кондиции:

Наименование материалов	Содержание отдельных элементов, %				
	Fe ₂ O ₃	MgO	CaF ₂	MnO	P
Песок	Не более 0,5	—	—	—	—
Каолин	" " 1,8	—	—	—	—
Мел	" " 1,0	Не более 2,0	—	—	—
Плавиковый шпат	" " 3,0	—	Не менее 65,0	—	—
Марганцевая руда	" " 6,0	—	—	Не менее 50,0	Не более 0,4

Примечание. Содержание Fe₂O₃ в отдельных компонентах может быть повышено при условии, если суммарное расчетное количество Fe₂O₃ в шихте без летучих не превысит 3,0%.

5. Содержание CaF₂ в конечном химическом составе флюса не нормируется впредь до установления точной методики его анализа. По всем остальным элементам химического анализа флюса устанавливаются следующие допуски:

Химический состав	% содержания отдельных элементов	Допуски в % от до
SiO ₂	37,0	36,0—40,0
Al ₂ O ₃	14,0	12,5—16,0
Суммарный Ca в пересчете на CaO	24,0	22,0—26,0
MnO	16,0	14,0—18,0
Na ₂ O	2,5	1,6—3,5
Загрязнения	Не более 4,0	—

6. Флюс должен быть размолот и просеян на следующие сита:

а) не менее 36 отверстий на 1 см^2 (размер отверстия 1,397 мм);

б) не более 1600 отверстий на 1 см^2 (размер отверстия 0,208 мм).

Товарным флюсом считается флюс, оставшийся на сите 1600 отверстий на 1 см^2 и прошедший сита 36 отверстий на 1 см^2 .

7. Флюс должен быть высушен.

8. Допускается механическое загрязнение флюса зернами кварца в количестве, не превышающем 0,2% по весу флюса.

IV. Правила приемки

9. Флюс должен быть подвергнут следующим испытаниям:

а) на сварку;

б) на содержание влаги;

в) на определение гранулометрического состава;

г) на определение химического состава.

10. Отбор пробы производится от каждой партии весом не более 20 т в количестве 10 кг. При хранении флюса в ларях или насыпью, отбор проб производится не менее, чем в шести местах.

При хранении флюса в таре, проба отбирается не менее одной из каждых десяти мест.

Отобранные пробы усредняются и из них:

1,0 кг отправляется на определение гранулометрического состава;

0,25 кг отправляется на определение влаги;

8,5 кг отправляется на сварку;

0,25 кг отправляется на химический анализ.

11. Для определения гранулометрического состава берутся сита 36 отверстий на 1 см^2 и 1600 отверстий на 1 см^2 . Остаток на сите 36 отверстий на 1 см^2 не должен превышать 1,0% по весу, а количество, прошедшее через сито 1600 отверстий на 1 см^2 , не должно превышать 3,0%.

12. Для определения влаги навеска в 100 г высушивается до постоянного веса при температуре 190°.

13. Для определения качества флюса на сварку проводятся следующие испытания:

сварка валиковых швов (тавр и нахлестка);

сварка разделанных (угол разделки 15°) стыковых швов.

Флюс считается выдержавшим испытание на сварку при условии, если:

а) дуга устойчива и нет прорывания пламени сквозь слой флюса;

б) отложение металла происходит равномерно;

в) шлак удаляется при ударе зубилом, после остывания шва;

г) на валиковых и стыковых швах отсутствуют трещины;

д) шов не должен иметь внутренних и поверхностных пор.
14. Не менее двух раз в месяц завод обязан производить механические испытания: на ударную вязкость сварного шва и на разрыв (образцы Гагарина, вырезанные из наплавленного металла). Средние показатели механических свойств должны быть следующие:

Ударная вязкость не ниже 8 кгм/см².

Относительное удлинение при разрыве не ниже 18%.

15. Химический анализ флюса производится на следующие элементы:

SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , суммарный Са в пересчете на СаО, МпО, Na_2O , SO_3 , P_2O_5 .

Примечание. Методика химического анализа флюса должна быть разработана и уточнена совместно Институтом Электросварки Академии Наук УССР и Институтом стекла к 1 мая 1941 г. Те же организации разрабатывают методику определения CaF_2 к 1 июня 1941 г.

V. Маркировка и упаковка

16. Флюс должен быть упакован или в бумажные мешки или в джутовые мешки, или в деревянные ящики.

17. Каждая партия флюса весом до 20 т должна быть снабжена паспортом заводских испытаний, подписанным лабораторией и ОТК завода.

Паспорт высылается потребителю одновременно со счетом. Паспорт должен содержать следующие данные:

- а) результаты гранулометрического испытания;
- б) результаты испытания на влагу;
- в) результаты испытания на сварку;
- г) химический анализ на SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , суммарный Са в пересчете на СаО, МпО, Na_2O .

Примечание. При отправке флюса мелкими партиями, один общий паспорт составляется на количество флюса весом до 20 т, копии которого отправляются потребителю каждой мелкой партии.

18. Паспорт должен содержать указание, что флюс должен быть перед употреблением подсушен для удаления влаги, приобретенной в пути.

ФЛЮС ДЛЯ СВАРКИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКОЙ (А. М. Лапин)

В течение I квартала 1941 г. в Киеве и в Москве, вполне независимо, разрабатывался состав флюса для сварки малоуглеродистой стали обыкновенной электродной проволокой.

Флюс, разработанный Институтом Электросварки в Киеве (А. М. Лаппи), имеет следующий состав по весу:

Песок	23,6%
Марганцевая руда	70 %
Каолин	6,4%
Древесный уголь	19 %

Химический состав флюса

Компоненты	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	FeO	S	P	Балласт
Песок	28,2	—	0,18	0,05	0,004	0,003	0,006
Марганцевая руда	2,7	42,7	—	2,7	0,17	0,35	21,35
Каолин	2,9	—	2,45	0,06	—	0,02	0,9
Древесный уголь	—	—	—	—	—	—	—
Всего	28,8	42,7	2,58	2,81	0,17	0,37	22,25

Флюс, разработанный ЦНИИТМАШ в Москве (К. В. Любавским), имеет следующий состав по весу:

Марганцевая руда	56 — 63%
Песок	28 — 35%
Плавиковый шпат	8,7 — 9,5%
Кокс	—

Химический состав флюса

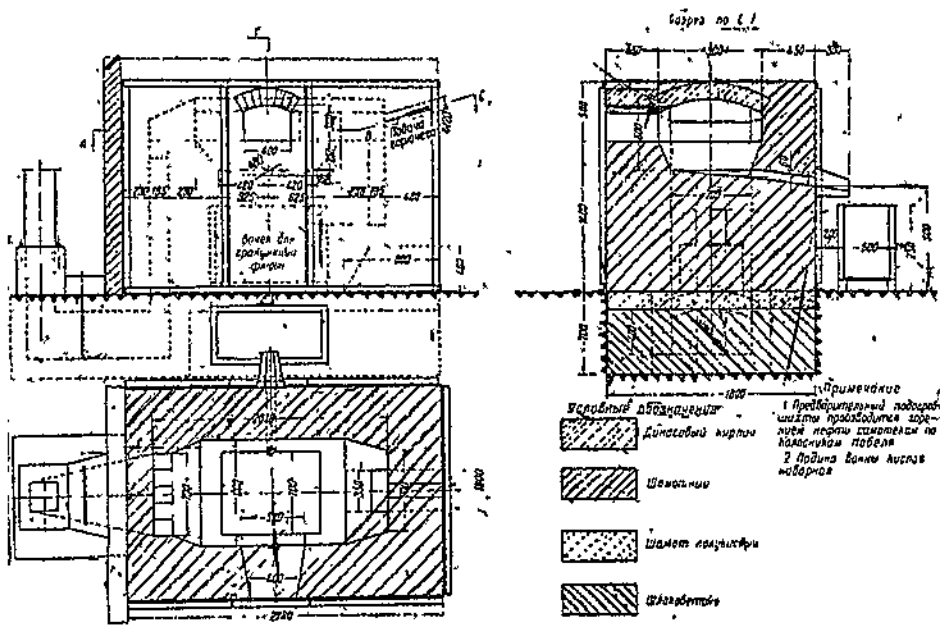
Компоненты	Весовые части	SiO ₂	MnO	CaF ₂	FeO	Прочие примеси	Всего
Марганцевая руда	62,0	3,11	45,5	—	0,495	1,55	
Песок	38,3	37,36	—	—	0,080	0,30	
Плавиковый шпат	9,8	0,04	—	—	0,060	0,15	
Кокс	10,2	—	—	9,5	0,230	0,89	
Всего	—	41,01	45,5	9,5	0,865	2,89	99,75

Механические и физические свойства металла шва, полученного при сварке на этих флюсах с применением обычной электродной проволоки, подвергались всестороннему исследованию. В обоих случаях металл шва показал высокие качества.

Разработка этих флюсов проведена в лабораторных условиях. Для решения вопроса о пригодности этих флюсов для практического применения на заводах, в ближайшее время будет произведено сравнение этих флюсов как в отношении технологии их изготовления, так и в отношении их применения для сварочных работ на заводах. Эти опытные работы будут решены в производственных условиях, после чего будет решен вопрос о том, какой из предложенных флюсов должен быть принят для массового изготовления на стекольном заводе, который будет отпускать флюс заводам-потребителям.

При изготовлении флюса наиболее тяжелым процессом является плавление компонентов, для чего требуются специальные печи. Печь небольших размеров, дающая 125 кг флюса за одну плавку, показана на фиг. 26. С целью упрощения технологии изготовления флюса, Институт Электросварки проводит работы по изысканию такого состава флюса, который получается путем простого механического перемешивания компонентов, без сплавления.

Все вышесказанное относится к флюсам для сварки малоуглеродистых сталей. Для скоростной сварки легированных сталей требуются специальные флюсы. В Институте Электросварки



Фиг. 26. Печь для сварки флюса на заводе им. Молотова.

и ЦНИИТМАШ начаты работы по подбору состава флюса для марганцовистой стали 20Г, широко применяемой в судостроении, и для нескольких марок хромоникелевых сталей.

§ 4. ЭЛЕКТРОДНАЯ ПРОВОЛОКА

Легирование металла шва кремнием и марганцем возможно через флюс или через проволоку.

Наши первоначальные попытки вводить кремний во флюс не имели успеха; поэтому мы пошли по пути введения кремния в проволоку. Таково было положение в январе 1941 г., когда начались подготовительные работы по внедрению скоростной сварки. Чтобы не задерживать внедрения, было заказано

2000 *м* кремнистой проволоки следующего химического состава (в %):

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
До 0,16	0,8—1,1	0,6—0,9	0,04	0,04

Для сварки под флюсом требуется электродная проволока сравнительно небольших диаметров.

При 1000, 2000 и 3000 *а* диаметр 4—5, 7—8 и 10—12 *мм*.

Первая партия кремнистой проволоки заказана трех диаметров: 4—5—8 *мм*. Ввиду жесткости кремнистой проволоки и не имея опыта, мы не рискнули пойти сразу на 6-*мм* проволоку для нормальных сварочных головок. Даже для работы на 4- и 5-*мм* проволоке мы решили все нормальные головки снабдить гибочными роликками для выпрямления проволоки, сматываемой с бухты.

Для сварки больших толщин предусмотрена 8-*мм* кремнистая проволока и разработана усиленная, более мощная головка.

Для изготовления кремнистой электродной проволоки, 14 февраля 1941 г. утвержден ГОСТ 178—41, который содержит следующие основные положения.

1. Настоящий стандарт распространяется на проволоку горячекатанную и холоднотянутую, предназначенную для автоматической сварки под слоем флюса изделий, изготовленных из малоуглеродистой стали марок Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2 и Ст. 3 по ОСТ/НКТП 2897 и из стали марок 08, 10, 15 и 20 по ОСТ/НКТП 7123.

2. Проволока изготавливается следующих размеров:

Диаметр <i>мм</i>	Площадь поперечного сечения <i>мм²</i>	Теоретический вес 1 пог. м <i>кг</i>
4	12,57	0,099
5	19,63	0,154
6	28,27	0,222
8	50,27	0,395
10	78,54	0,617

Примечание. При исчислении теоретического веса проволоки удельный вес ее принят равным 7,85.

3. Допускаемые отклонения по диаметру для холоднотянутой проволоки должны соответствовать ОСТ/НКТП 3236 на проволоку стальную гвоздевую. Для горячекатанной проволоки диаметром от 6 до 10 *мм* допускаемые отклонения по диаметру должны быть не более $\pm 0,5$ *мм*.

4. Разность между наибольшим и наименьшим диаметрами в одном сечении (овальность) должна быть для холоднотянутой

проволоки в пределах допускаемых отклонений по диаметру, предусмотренных ОСТ/НКТП 3236, а для горячекатанной проволоки — не более 0,5 мм.

I. Технические условия

5. Химический состав проволоки должен соответствовать следующим требованиям:

Химический состав, %				
Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
			не более	
До 0,16	0,8—1,1	0,6—0,9	0,04	0,04

6. Поверхность проволоки должна быть чистой без ржавчины, грязи и масла.

На поверхности горячекатанной проволоки допускается наличие окалины.

Следы мыльной смазки на поверхности холоднотянутой проволоки не являются браковочным признаком.

II. Правила приемки

7. Контроль и приемку проволоки производят по ОСТ/НКТП 2897, раздел V.

8. Поставку и приемку проволоки производят партиями по плавкам.

9. Проволоку сдают в мотках. Вес мотка должен быть не более 25 кг. Витки проволоки должны быть не спутанными.

10. Внутренний диаметр мотка холоднотянутой проволоки должен быть не менее 550 мм.

11. Проволоку в количестве не менее 1% веса партии подвергают наружному осмотру и проверке размеров на соответствие требованиям настоящего стандарта.

Проверку размеров проволоки производят замером двух взаимно перпендикулярных диаметров одного сечения в любом месте мотка.

12. В случае неудовлетворительных результатов наружного осмотра и проверки размеров проволоки партию пересортировывают, после чего проволока может быть вновь предъявлена к приемке.

В этом случае повторному осмотру и повторной проверке размеров подвергают не менее 2% веса предъявленной партии.

В случае неудовлетворительных результатов повторных испытаний партию бракуют.

13. Химический анализ проволоки производится по ОСТ/НКТП 8892/2373.

14. Для производства химического анализа от партии готовой проволоки, составляющей целую плавку или часть ее, отбирают один моток, от обоих концов которого отрезают куски для взятия средней пробы строжкой или сверлением насквозь.

15. В случае неудовлетворительных результатов химического анализа производят повторные испытания над удвоенным количеством образцов. В случае неудовлетворительных результатов повторного испытания бракуют всю партию проволоки.

III. Маркировка и упаковка

16. Каждый моток проволоки должен быть перевязан мягкой проволокой не менее чем в двух местах. Допускается мотки одного диаметра связывать в бухты весом не более 100 кг. Такая бухта проволоки должна быть перевязана не менее чем в трех местах. Концы обвязок должны быть спрятаны в глубь мотка или бухты.

17. Каждую бухту или моток снабжают металлической биркой с обозначением на ней наименования завода-изготовителя, номера плавки, диаметра проволоки, веса бухты или мотка и номера настоящего стандарта.

18. На каждую отгружаемую партию проволоки завод-изготовитель должен представить подписанный отделом технического контроля сертификат, в котором указываются результаты химического анализа по каждой плавке в отдельности.

19. Мотки или бухты холоднотянутой проволоки должны быть обернуты водонепроницаемой бумагой и упакованы в мешковину. Транспортировка должна производиться в крытых вагонах.

Примечание к п. 9. Указано, что проволока должна выпускаться небольшими мотками весом до 25 кг. Это мотивируется следующими соображениями.

а) Если проволоку выпускать в тяжелых бухтах весом до 90 кг, заводы, занимающиеся автоматической сваркой, должны будут перематывать большие бухты на малые; при этом витки, в силу их пружинности, будут перепутываться. Сматывание перепутанной проволоки в процессе автосварки требует больших усилий и настолько затрудняет работу моторов сварочной головки, что может вызвать их остановку.

б) Во многих случаях в станках для автосварки барабаны для проволоки приходится располагать до 3,5 м выше уровня пола; поэтому мотки, которыми заряжаются барабаны, должны иметь вес не более 25 кг, с тем, чтобы один рабочий мог справиться с этим делом.

в) Выпуск проволоки небольшими мотками не представляет технических трудностей. Для автосварки применяется не катанка, а тянутая проволока, поэтому резка проволоки на малые мотки производится в процессе протяжки на волочильных станках, а не в процессе горячего проката, что было бы недопустимо.

г) Выпуск проволоки небольшими мотками ничего нового для нашей промышленности не представляет, так как в ОСТ 2853 1931 г. на проволоку для газовой сварки указано, что проволока поставляется в кругах весом от 20 до 30 кг.

д) Недопустимость выпуска проволоки небольшими мотками нельзя мотивировать снижением производительности волочильных станов, так как партия в 2000 *т* электродной проволоки, выпускаемая специально для автоматической сварки, представляет ничтожную цифру сравнительно с общим количеством тянутой проволоки, которое Наркомчермет должен выпустить в 1941 г., и составляет 135400 *т*. При таких условиях общее снижение производительности волочильных станов составляет не более полпроцента.

Примечание к п. 10. В отношении внутреннего диаметра мотков указан только минимальный предел, равный 550 мм. Верхний предел не указан за отсутствием данных о том, насколько витки кремнистой проволоки будут пружинить при наматывании и резке на малые мотки. Чтобы предупредить вращение мотков в катушках, можно барабаны сделать с раздвижным ободом с тем, чтобы обод устанавливать по диаметру вставленного мотка проволоки.

Можно пойти еще по другому пути: в случае небольшой разницы между внутренним диаметром мотка и диаметром обода катушки, при вращении мотка можно допустить его перекатывание по ободу катушки, но при этом надо принять меры к тому, чтобы моток чрезмерно не разматывался. Такая конструкция катушки разработана в Институте Электросварки и отличается своей простотой.

§ 5. СВАРКА СТЫКОВЫХ ШВОВ

Сварка под флюсом стыковых швов не представляет никаких затруднений в том случае, если стык листов собран точно, т. е. без уступа между кромками листов, а зазор между кромками не меняет своей ширины. При наличии указанных дефектов сборки стыка, что часто бывает на практике, сварка стыкового шва является достаточно сложной задачей, так как необходимо:

- 1) предупредить протекание жидкого металла и прожоги кромок;
- 2) обеспечить полный провар кромок свариваемых листов;
- 3) обеспечить правильное формирование шва с верхней и нижней стороны.

При сборке стыков прихватки надо выполнять толстообмазанными, а не меловыми электродами, так как при меловых электродах, в местах прихваток, шов получается пористым.

Сварку стыковых швов можно производить следующими 5 способами.

I способ. Сварка двухсторонним швом (фиг. 3)

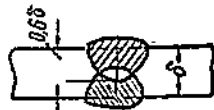
В этом случае сварка производится без зазора между кромками свариваемых листов или с небольшим зазором. С каждой

стороны сварка производится с проваром на глубину, равную 0,6 толщины листа. Подкладки для удержания металла от протекания не требуется.

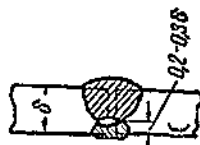
II способ. Сварка с предварительной подваркой корня с обратной стороны (фиг. 4)

В этом случае можно допустить небольшой зазор между листами. Подварку на глубину 0,2—0,3 толщины листов можно производить вручную или автоматом с обмазанной электродной проволокой.

В случае подварки вручную следует обращать особое внимание на то, чтобы подварка имела одинаковую толщину, так как при окончательной заварке шва автоматом, работающим на определенном режиме, можно прожечь тонкие места подварки, причем протечет жидкий металл. Равномерная толщина подварки достигается ее выполнением без колебательных движений электрода, при сохранении постоянного угла наклона электрода к пластинам.



Фиг. 3. Стыковой шов двухсторонний.



Фиг. 4. Стыковой шов с подваркой с обратной стороны.

Для сварки встык двух листов толщиной 12 мм и без скоса кромок можно рекомендовать следующий режим: 1) подварку с обратной стороны на глубину не менее 4 мм; 2) после подварки зазор между листами должен быть не более 3 мм; 3) автосварку производить в один проход со скоростью 37 м/час при силе тока 850 а. При увеличении силы тока до 1000 а необходимо увеличить скорость сварки до 47 м/час во избежание прожога подварки.

III способ. Сварка на медной подкладке со стороны корня шва

Назначение подкладки — удержать жидкий металл от протекания и формировать шов с задней стороны. При наличии подкладки сварка производится в один слой с полным проваром кромок листов.

Преимуществом сварки стыкового шва на подкладке является возможность заполнения за один проход всего сечения шва. Однако пока не удалось найти рациональной конструкции подкладки, которая обеспечивала бы получение стыкового шва с качественным валиком с обратной стороны. Необходимо, чтобы подкладка очень плотно прилегала к нижней поверхности стыкуемых листов. При жесткой подкладке это возможно

только при точной подготовке стыка под сварку. При наличии уступа между кромками стыкуемых листов, полное прижатие подкладки к листам совершенно невозможно. В этом случае требуется эластичная подкладка, о которой будет речь дальше.

При сварке на медной подкладке, допуск на плотное прилегание подкладки к листам не должен превышать 0,8 мм, с тем, чтобы жидкий металл не протекал.

Для сварки на медной подкладке выработано три способа:

а) Сварка на гладкой медной подкладке (фиг. 5). В этом случае сварку необходимо производить без зазора и с подготовкой кромок, так как при сварке без подготовки кромок наплавляется большое количество металла сверху листов, жидкий металл плохо поддерживается флюсом и валик принимает неровную форму. При наличии зазора между листами, шов с нижней стороны получается вогнутым, так как



Фиг. 5. Стыковой шов на гладкой медной подкладке.



Фиг. 6. Стыковой шов на медной подкладке с овальным желобком.

флюс, находящийся в зазоре между кромками, не успевает полностью сплавиться и всплыть наверх, а остается между подкладкой, образуя выемку на нижней поверхности шва. Вследствие этого необходима последующая подварка со стороны корня шва. Подварку можно производить вручную или скоростным методом.

б) Сварка на медной подкладке с овальным желобком, но без флюса в желобке (фиг. 6).

При этом способе сварки необходимо варить без зазора. В противном случае в зазор и желобок просыпается флюс и ввиду малого размера желобка, флюс вытесняет металл в зазор и в этих местах корень шва получается плоским, а местами с выемкой. Без зазора сварку можно производить со скосом кромок и без скоса кромок. При сварке без скоса кромок, удаление лишнего металла достигается применением медной подкладки с большим желобком, в котором откладывается весь лишний металл (фиг. 6). При сварке без зазора, лучше производить скос кромок. При этом можно брать угол скоса кромок не более 10—15°.

При сварке листов со скошенными кромками, лишний металл заполняет пространство между скошенными кромками, и шов получается более равномерным и гладким. В этом случае желобок в медной подкладке может быть более мелким. При сварке без флюса в желобке, необходимо плотное прилегание подкладки к свариваемым листам.

в) Сварка на подкладке с флюсом в желобке. При этом способе сварку необходимо производить с зазором не менее 1,5—2 мм между кромками свариваемых листов. Формирование второго валика в корне шва происходит следующим образом: в зазор между листами просыпается флюс и заполняет желобок в медной подкладке. В процессе сварки флюс расплавляется и формирует обратный валик. Формирование обратного валика зависит от следующих факторов: 1) режима сварки, 2) размера канавки в медной подкладке (ширина и глубина), 3) плотности флюса, заполняющего желобок в подкладке. Полноценный обратный валик получается при оптимальном режиме сварки, что соответствует полному провару кромок свариваемых листов.

Для получения равномерного валика в корне шва, необходимы оптимальные размеры желобка. При слишком мелком желобке флюс вытесняет металл из зазора (фиг. 7, а). При слишком глубоком желобке металл вытекает из зазора в канавку, отчего усиление шва получается неполномерным (фиг. 7, б).



Фиг. 7. Три стыковых шва на медной подкладке с желобком.

Фиг. 8. Стыковой шов на медной подкладке с широким желобком.

При оптимальных замерах желобка, равномерному полноценному шву соответствует равномерный обратный валик (фиг. 7, в). При чрезмерно широком желобке, обратный валик получается неправильной формы, металл растекается по желобку и образуются хаотические скопления металла (фиг. 8).

Желобок в подкладке может иметь прямоугольную форму, так как при этом способе сварки валик у корня шва формируется не по желобку, а во флюсе. Для сварки листов толщиной 5—14 мм желобок имеет глубину 8—10 мм и ширину 4—5 мм. При сварке на подкладке с флюсом в желобке, зазор между листами и подкладкой не должен превышать 0,6—0,8 мм. При большем зазоре металл вытекает в зазор.

Сварка на жесткой медной подкладке дает хорошие результаты только в случае точной пригонки кромок листов, так как при наличии уступов между кромками листов нельзя плотно прижать подкладку к листам и получаются протечи жидкого металла.

IV способ. Сварка на подкладке из флюса

В качестве подкладки можно применять слой флюса, часть которого расплавляется и образует шлаковую корку. Исследования показали, что неуплотненный или разрыхленный флюс, имеющий объемный вес 1,66 г/см³, плохо удерживает жидкий металл. Поэтому при сварке на флюсовой постели металл рас-

текается] во флюсе и в этом случае нельзя получить равномерный правильной формы валик у корня шва. Чтобы уплотнить флюс, можно применить прессование сверху или снизу. Верхнее прессование, т. е. уплотнение флюса собственным весом свариваемого изделия или прижимом изделия к флюсовой постели; неприемлемо, так как в этом случае невозможно достичь равномерного уплотнения флюса, а следовательно и равномерного обратного валика. Нижнее прессование дает более равномерное уплотнение флюса, благодаря чему валик у корня шва получается равномернее. В случае неподвижной подкладки, для прессования флюса снизу можно пользоваться эластичным шлангом, располагая его под флюсовой подушкой и нагнетая в него воду или воздух.

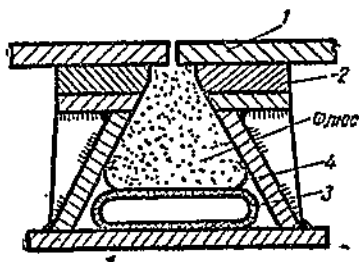
При большой длине шва равномерная опрессовка флюса представляет большие затруднения, поэтому при сварке на подкладке из флюса хорошее качество обратного валика всецело зависит от того, насколько равномерно удалось опрессовать подкладку из флюса.

Если при сварке на флюсовой подкладке не отводить тепло от кромок свариваемых листов, эти кромки сильно оплавляются. При толщине листов до 15 мм, кромки оплавляются на ширину 12—14 мм, отчего обратный валик получается неравномерным.

Поэтому надо отводить тепло от кромок листов. Для этой цели можно пользоваться двумя медными полосами, которые со стороны корня шва прикладываются к кромкам листов. Этими полосами тепло интенсивно отводится от кромок, отчего ширина провара значительно уменьшается и можно получить гладкий обратный валик шириной 6—8 мм и высотой около 3 мм. При толщине свариваемых листов 13 мм, зазор между медными полосами принимается шириной в 10 мм.

Об устройстве флюсовой подкладки можно судить по разрезу, изображенному на фиг. 9а. Свариваемые листы 1 укладываются на две медных полосы 2, которые поддерживаются двумя горизонтальными полками. Полки опираются на две наклонные стенки, которые укреплены на подошве подкладки. На дне подкладки уложен шланг 3, покрытый холстом 4. До укладки свариваемых листов, на холст насыпается флюс. В шланг пускается сжатый воздух; шланг разбухает и сжимает флюс. Благодаря наклонным стенкам подкладки, флюс вдавливаются в зазор между медными полосами и поджимается к кромкам листов. В процессе сварки жидкий металл расплавляет слой флюса толщиной 1,5—2 мм. Обратный валик формируется во флюсе и получается овальным благодаря поверхностному натяжению.

При слишком большом давлении флюс выжимает металл в зазор и корень шва получается вогнутым. При недостаточном давлении металл растекается во флюсе и обратный валик по-

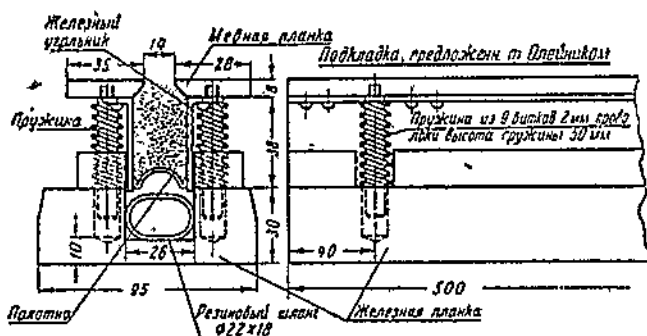


Фиг. 9а. Подкладка из флюса.

лучается неравномерным. Оптимальное давление воздуха зависит от следующих факторов: 1) от высоты слоя флюса в подкладке; чем больше эта высота, тем больше необходимое давление; 2) от требуемой высоты валика; чем меньше высота валика, тем больше должно быть давление; 3) от ширины зазора между медными полосами; чем больше ширина зазора, тем больше должно быть давление; 4) от эластичности шланга. В случае высоты слоя флюса в 40 мм и резинового шланга с хлопчатобумажной оплеткой диаметром 50 мм, оптимальное давление воздуха равно 1,5 ат.

Ширину зазора между медными полосами определяют опытным путем, считаясь с тем, что при увеличении этого зазора ухудшается отвод тепла от кромок свариваемых листов.

В случае уступа между краями свариваемых листов, медные полосы флюсовой подкладки (фиг. 9а) нельзя плотно прижать к краям свариваемых листов, вследствие чего ухудшается качество стыкового шва. Подводя пружины под медные полосы, можно



Фиг. 9б. Флюсовая подкладка пружинного типа.

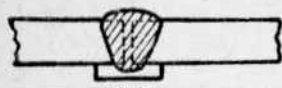
каждую полосу в отдельности плотно поджать к листу (фиг. 9б). Каждая пружина из 2-мм проволоки надевается на вертикальный стержень, который верхним концом заворачивается в медную полосу, между тем, как нижний конец свободно входит в круглое отверстие нижней железной планки. Подвижными боковыми стенками коробки для флюса служат два неравнобоких угольника, которые прикреплены к медным полосам.

У способ. Сварка на остающейся узкой железной подкладке

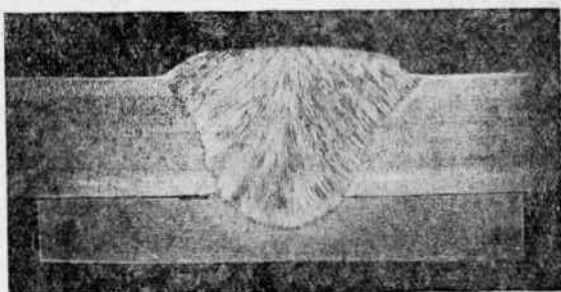
Под стыковой зазор подводится узкая железная полоска небольшой толщины в 4—5 мм, которая при заварке шва навсегда приваривается и не может быть удалена (фиг. 10а). Макроснимок такого шва изображен на фиг. 10б. Сварку можно производить без скоса кромок или с небольшой разделкой кромок с общим углом в 10—15°. Во избежание прожога тонкой подкладки, необходимо подобрать соответствующий режим сварки. Сварка стыкового шва на железной остающейся подкладке не представляет никаких затруднений.

Из всех рассмотренных способов сварки стыковых швов самыми надежными и обеспечивающими хорошее качество шва являются: II способ с предварительной подваркой корня с обратной стороны и V способ сварки на остающейся железной подкладке. Подварка корня с обратной стороны сопряжена с необходимостью кантовать изделие, что недопустимо в случае больших размеров и веса изделия. Способ сварки на остающейся железной подкладке можно рекомендовать во всех случаях, когда оставление подкладки после сварки допустимо.

Формирование усиливающего валика со стороны корня стыкового шва вызывает большие затруднения. Между тем, при сварке под флюсом, этот валик не нужен. Он требуется для компенсации непроваров, которые бывают в корне шва, в случае обычной сварки. При сварке под слоем флюса, металл настолько жид-



Фиг. 10а. Стыковой шов на остающейся железной подкладке.



Фиг. 10б. Макроснимок стыкового шва на железной подкладке.

кий и процесс настолько интенсивный, что имеется полная возможность избежать непроваров в корне шва; поэтому отпадает надобность в усилении шва обратным валиком.

ПОДБОР РЕЖИМА ДЛЯ СВАРКИ СТЫКОВЫХ ШВОВ

Правильный режим нужен для того, чтобы не было прожога кромок. Сила тока назначается в зависимости от толщины свариваемых листов. Подобрав силу тока по нижеприведенным таблицам, можно определить скорость сварки в м/час:

$$v = \frac{K \times I}{7,8 \times f},$$

где

$K = 12,9$ — коэффициент наплавки в г/а·ч;

I — сила сварочного тока в а;

f — сечение шва, заполняемое наплавленным металлом в мм²;

7,8 — удельный вес металла шва.

Для ориентировочных подсчетов и подбора режима, можно пользоваться следующими таблицами.

Таблица 5

Толщина листа мм	Угол раскрытия шва град.	Высота нескошен- ной части кромки мм	Диаметр электродов мм	Расход электродов в кг на 1 пог. м	Сила тока <i>a</i>	Напряже- ние дуги <i>a</i>	Скорость сварки м/час
5	60	3	5	0,2	500—575	33—36	44—50
6	60	3	5	0,3	725—825	33—36	42—47
8	60	3	6	0,4	775—900	33—36	40—45
9	60	3	6	0,5	900—1000	34—37	38—40
11	60	3	6	0,6	1000—1100	34—37	35—38
13	60	3	6	0,7	1075—1175	34—37	30—35
16	45	3	6	0,7—0,9	1160—1250	35—38	24—29
19	45	3	6	0,9—1,1	1200—1300	36—39	20—21
22	40	3	8	1,2—1,4	1375—1500	38—40	16—20
25	35	3	8	1,3—1,6	1500—1600	39—41	15—18
29	30	3	8	1,5—1,9	1575—1650	39—41	13—15
32	30	3	8	1,9—2,4	1600—1700	39—41	12—13
38	30	3	9	2,8—3,0	1900—2000	39—41	11—12
51	30	3	13	4,9—5,5	2700—2900	40—42	8—9
64	27	3	13	6,7—8,7	2900—3200	40—42	6—8

Таблица 6

Данные по сварке стыковых швов малоуглеродистой стали под слоем флюса

Толщина листов мм	Сила тока <i>a</i>	Напряже- ние дуги <i>a</i>	Скорость сварки м/час	Расход электро- дов кг/час	Расход флюса кг/час
5	570	28	54	7	8
10	980	32	40	15	11
15	1250	34	30	19	13
20	1450	36	22	23	15
25	1620	37	18	26	16
30	1740	38	14	28	17
35	1880	38	12	29	18

Приспособления для удержания флюса на поверхности стыковых швов являются более простыми, чем для сварки угловых швов. Обычно они выполняются в виде плоских металлических щек, как описано в § 11 об аппаратуре.

§ 6. СВАРКА УГЛОВЫХ ШВОВ

При сварке угловых швов необходимо:

1. Подобрать положение электрода, соответствующее нужной глубине провара катетов шва, в зависимости от толщин металла.

2. Предупредить вытекание жидкого металла в зазоры между свариваемыми деталями.

3. Предупредить прожоги, для чего подобрать подходящий режим сварки.

4. Оградить флюс от просыпания в процессе сварки.

5. Прихватки выполнять электродами с качественной обмазкой, так как в местах прихваток, выполненных меловыми электродами, шов получается пористым.

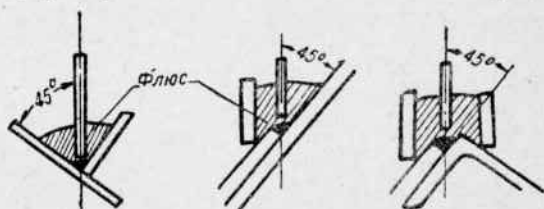
1. Подбор положения при сварке втавр

Для получения правильного углового шва с надлежащим проваром катетов, сварку производят в положении лодочки.

Если надо сварить две пластины одинаковой толщины и глубина провара обоих катетов должна быть одинаковой, шов устанавливается в лодочку так, чтобы вертикальное направление электрода совпадало с биссектрисой угла между пластинами (фиг. 11). На фиг. 12 показан макроснимок двух симметричных угловых швов сварного соединения двух пластин втавр. На фиг. 13 показан макроснимок наружного или открытого углового шва между кромками двух пластин, образующих угол менее 90° .

Сварка в несимметричную лодочку. В случае совпадения биссектрисы угла с направлением электрода, наблюдаются следующие явления: 1) не обеспечивается сквозного провара по всей толщине стенки в месте ее примыкания к полке (фиг. 14а); 2) получается слишком глубокий провар в полке (фиг. 12).

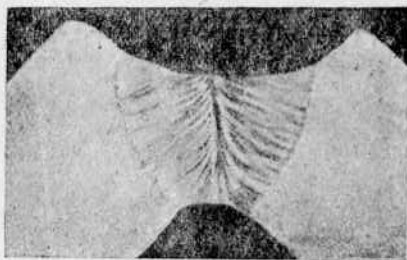
Эти недостатки можно устранить, если свариваемый угловой шов повернуть так, чтобы уменьшился угол между полкой и вертикальным положением



Фиг. 11. Сварка в лодочку трех угловых швов.

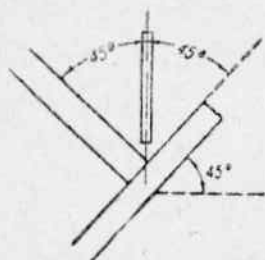


Фиг. 12. Макроснимок соединения втавр.

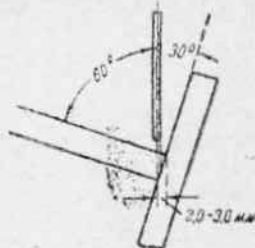


Фиг. 13. Макроснимок наружного открытого углового шва.

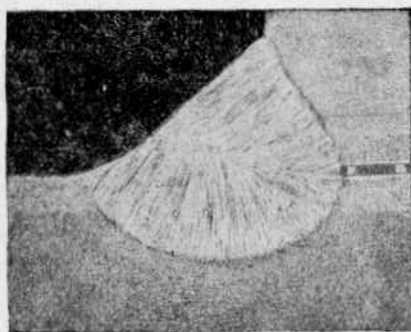
электрода (фиг. 14б). При этом получится сквозной провар по всей толщине стенки тавра и неглубокий провар полки, к чему надо стремиться в случае небольшой толщины полки. На фиг. 14в справа изображен макроснимок углового шва, сваренного при угле в 35° между полкой и вертикальным положением электрода.



Фиг. 14а. Сварка втавр при симметричной лодочке.



Фиг. 14б. Сварка втавр при несимметричной лодочке.

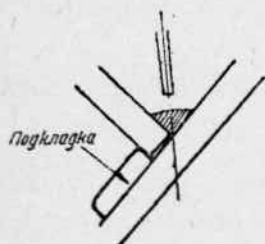


Фиг. 14в. Два макроснимка угловых швов с неодинаковым проваром катетов.

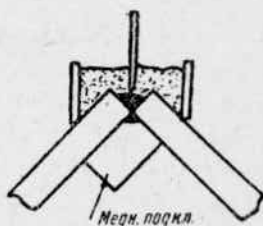
II. Протекание жидкого металла в зазор между свариваемыми листами

Допускаемая ширина зазора 0,5 мм. При большей ширине металл протекает в зазор; в местах протекнов в шве получают впадины и пористый металл шва. В условиях производства

сборка без зазоров практически невозможна; поэтому необходимо принимать меры против протекания металла в зазоры. Для этой цели сварку можно производить на медной подкладке, вводимой с обратной стороны (фиг. 15). Подкладка удерживает жидкий металл от протекания. Сварка открытого или наружного углового шва на медной подкладке показана на фиг. 16.



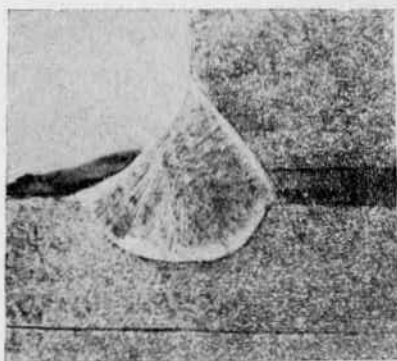
Фиг. 15. Угловой шов в лодочку с медной подкладкой.



Фиг. 16. Открытый наружный угловой шов с медной подкладкой.

В скошенном угле медной подкладки, примыкающем к корню шва, формируется обратный валик.

Более рациональным способом является сварка в два слоя. Этот способ можно применять при ширине зазоров до 2 мм. Первый слой заваривается с большой скоростью порядка 80 м/час, при силе тока 650—750 а. При сварке первого слоя металл протекает в зазоры и заполняет их, вследствие чего первый слой получается неравномерным и местами пористым. Второй слой, при катетах шва в 6—7 мм, заваривается со скоростью 45—50 м/час, при силе тока 750—800 а; при этом первый слой расплавляется и в результате получается однородный и ровный шов. Макроснимок углового шва (втавр), сваренного в два слоя, дан на фиг. 17. Зазор между листами составлял 2 мм. Шов получился однородный и полноценный.



Фиг. 17. Макроснимок углового шва, сваренного в два слоя.

III. Подбор режима для сварки угловых швов

При сварке на правильном режиме, можно предупредить прожог кромок. Сила тока назначается в зависимости от толщины свариваемого металла. При этом можно пользоваться следующими данными:

Толщина металла в мм	5	8	10	12
Сила тока в а	500	600	700	850

Подобрав силу тока и катеты шва, можно определить скорость сварки в м/час:

$$v = \frac{K \times I}{7,8 \times \frac{a \times a}{2}} = \frac{K \times I}{3,9 \times a^2},$$

где

K —коэффициент наплавки, равный при сварке под флюсом 12,9 г/а·ч;

I —сила сварочного тока в а;

a —катет шва, назначаемый в зависимости от толщины металла и диаметра электрода;

7,8—удельный вес металла шва.

Значительное влияние на форму углового шва оказывает напряжение на дуге. Так, например, при сварке углового шва

Таблица 7

Катет шва мм	Сила тока а	Напряжение на дуге в	Скорость сварки м/час
6	650—700	34—36	45—47
8	700—750	34—36	40—45
10	750—800	36—38	35—40

сечением 6×6 мм, при напряжении на дуге 32—34 в, валик получается выпуклым. При напряжении на дуге 36—38 в поверхность валика шва получается плоской, плавно соединяющейся с

поверхностями свариваемых листов. В табл. 7 приведены режимы сварки некоторых угловых швов.

IV. Ограждение флюса от просыпания

Если угловой шов таврового соединения сваривается в положении лодочки и свариваемые полосы имеют ширину не менее 50 мм, флюс удерживается в желобке, образуемом полосками, и не требуется специальных приспособлений.

Если угловые швы расположены снаружи на углах или кромках составных стержней, нужны приспособления для удержания флюса от просыпания, а также от сползания по наклонным плоскостям, ввиду того, что сварка швов производится в лодочку.

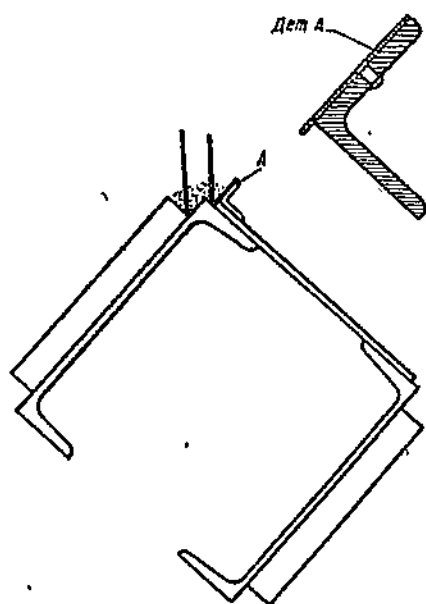
Простое приспособление в виде проталкиваемого вперед уголка применялось при сварке под флюсом коробчатых элементов Киевского моста, состоящих из двух швеллеров, двух толстых вертикальных листов и одного горизонтального листа. Как видно на фиг. 18, с левой стороны флюс удерживается кромкой толстого вертикального листа. С правой стороны, для удержания флюса, накладывается уголок длиной до 2 м и сечением 50×50 мм, к которому приклепана тонкая пластинка толщиной 1 мм (см. деталь А). По мере продвижения сварочной головки сварщик проталкивает уголок вперед.

Другое приспособление показано на фиг. 19. Оно состоит из двух стальных щеток, которые прикреплены к сварочной головке и вместе с ней продвигаются вперед, скользя по по-

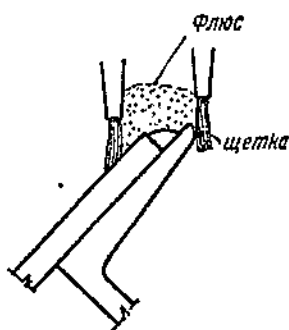
верхности листа или по кромке швеллера или иной части. Щетки сделаны из стальной проволоки диаметром 0,1—0,15 мм.

Недостаток таких щеток заключается в том, что флюс забивается между щетками и поверхностями, по которым они скользят, после чего флюс начинает просыпаться.

Третье приспособление показано на фиг. 20. Оно

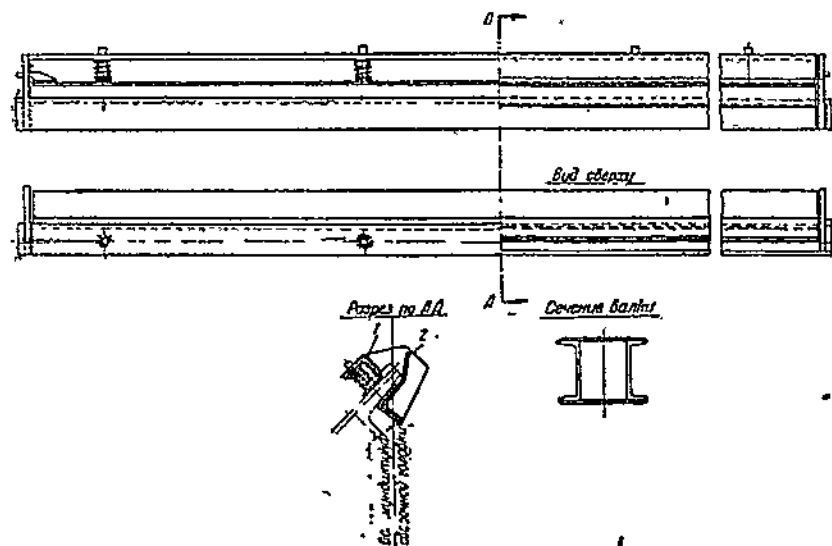


Фиг. 18. Коробчатый элемент Киевского моста.



Фиг. 19. Ограждение флюса двумя стальными щетками.

придумано для сварки швов на кромках хребтовых балок из двух швеллеров и двух листов. Приспособление длиной около 2 м,



Фиг. 20. Приспособление из двух уголков с пружинами.

состоит из верхнего уголка и нижнего уголка, к которому приклепана пластинка 2. Флюс удерживается между уголком 1 и пластинкой 2. По концам оба уголка связаны между собой скобами, приваренными к уголкам. К краю хребтовой балки оба уголка прижимаются четырьмя пружинами (см. разрез по А—А). По мере продвижения сварочной головки сварщик проталкивает оба уголка вперед.

§ 7. СВАРКА НАХЛЕСТОЧНЫХ ШВОВ

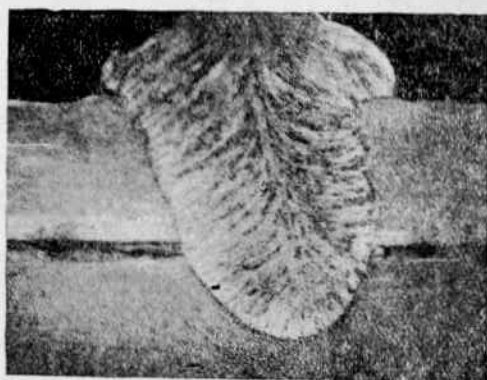
Автоматическая сварка под слоем флюса дает очень глубокий провар. Поэтому для взаимного соединения двух листов, сложенных вместе, на верхнем листе можно наложить валиковый шов так, чтобы проварить всю толщину верхнего листа и часть



Фиг. 21. Нахлесточный шов (схема).



Фиг. 23. Нахлесточный шов заменяет два угловых шва.



Фиг. 22. Макроснимок нахлесточного шва.

толщины нижнего листа¹ (фиг. 21). Макроснимок такого шва показан на фиг. 22. Оба листа имеют толщину 10 мм, общая глубина провара 14 мм. Сварка произведена со скоростью 30 м/час при силе тока 1100 а и напряжении на дуге 33 в. Такой шов несколько напоминает шов, сваренный контактным методом на роликовой машине. В нахлесточных соединениях такой шов может заменить два угловых шва *а—а*, расположенных на краях соединяемых листов (фиг. 23), и можно назвать его нахлесточным швом.

Итак, кроме двух основных видов швов, стыковых и угловых, применяемых при обычной сварке, в случае сварки под флюсом возможен еще третий вид шва, т. е. нахлесточный.

Преимущества нахлесточных швов

1. При сварке нахлесточного шва не требуется наклонения свариваемой детали; поэтому упрощается техника сварки по сравнению с угловыми швами, которые должны свариваться в положении лодочки.

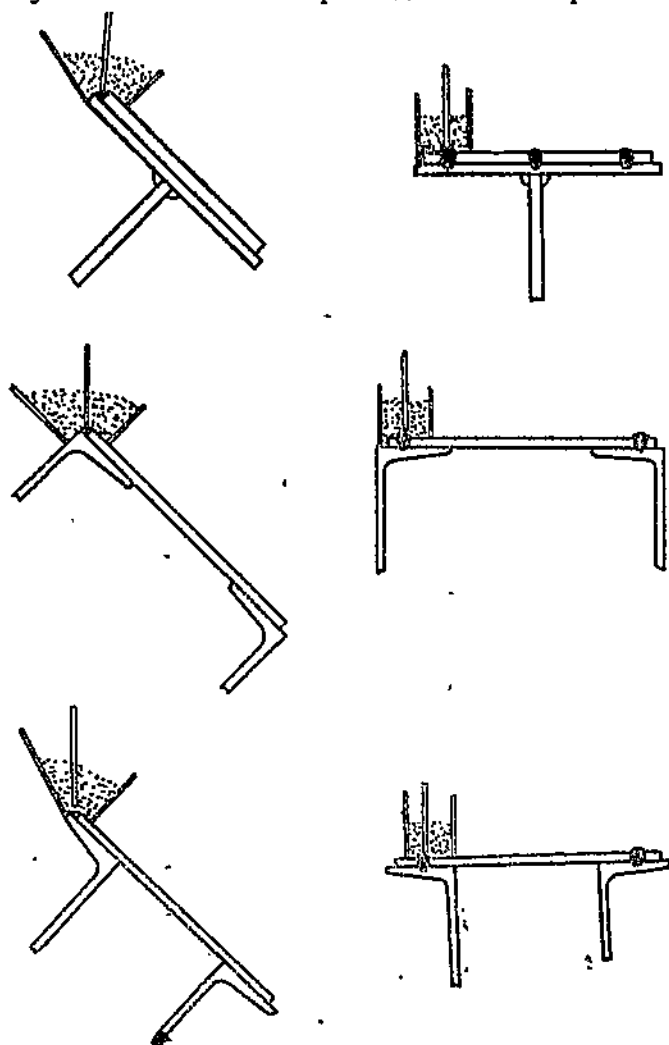
¹ О таком способе сварки автор впервые узнал от инж. Гельмана.

2. Нахлесточные швы можно варить в любом направлении и на любом расстоянии от края листов. Поэтому в случае сварки пакетов из широких листов швы можно располагать не только вдоль кромок листов, но и в любом месте по ширине листов.

3. Сокращается количество сварных швов в тех случаях, когда нахлесточный шов заменяет два угловых шва.

Возможные случаи применения нахлесточных швов

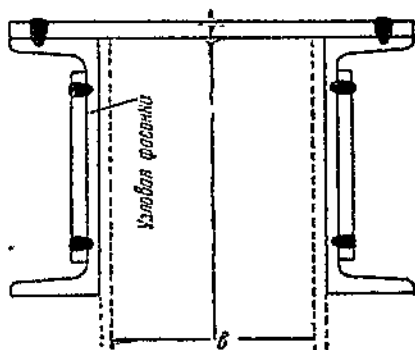
1 случай. Применение нахлесточных швов взамен прямолинейных угловых швов на краях длинных стержней. Сварка



Фиг. 24. Сварка двутавровых и хребтовых балок.

таких швов затрудняется тем, что требуются сложные приспособления для ограждения флюса. Кроме того, сварку надо про-

изводить в положении лодочки, для чего необходимо поворачивать стержень относительно продольной его оси. Примеры приварки горизонтальных листов двутавровых и хребтовых балок указаны на фиг. 24. С левой стороны указаны способы сварки угловых швов в лодочку, а с правой стороны — сварки нахлесточных швов на горизонтальной плоскости.

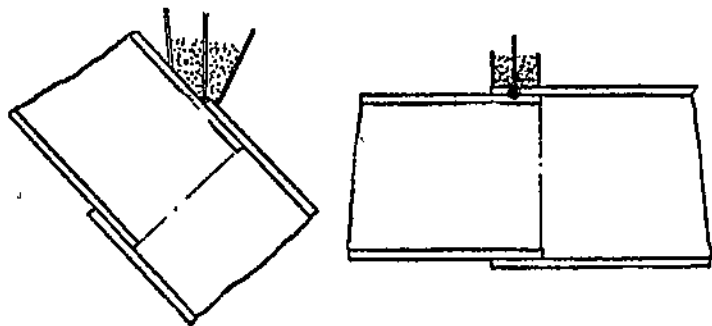


Фиг. 25. Коробчатый пояс моста с вертикалами внутри швеллеров.

швеллеров очень удобно, так как при этом расстояние b между швеллерами или расстояние между узловыми фасонками сохраняется неизменным на всем протяжении фермы.

III случай. Применение нахлесточных швов для соединения между собой обичаек. При соединении внахлестку, а не встык,

II случай. Приварка листов нахлесточными швами в таких случаях, когда листы нельзя приварить фланговыми угловыми швами. Примером может служить коробчатый пояс моста, состоящий из двух швеллеров и вертикальных листов, находящихся внутри швеллеров (фиг. 25). В этом случае полки швеллеров не дают возможности варить угловые швы в положении лодочки. Между тем, помещение вертикалов внутри швел-

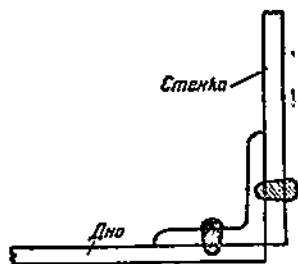


Фиг. 26. Соединение обичаек нахлесточным швом.

облегчается процесс сборки обичаек. Кроме того, уменьшается количество сварочных работ, так как вместо двух угловых швов приходится варить только один шов. На фиг. 26 с левой стороны показана сварка углового кольцевого шва в положении лодочки, а справа — более простая сварка нахлесточного шва. Применяя нахлесточные швы, можно перейти к сборке обичаек не встык, а внахлестку, что гораздо проще и поэтому предпочтается на заводах.

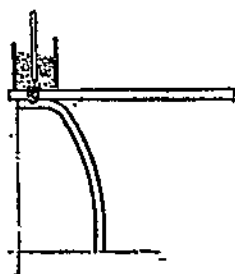
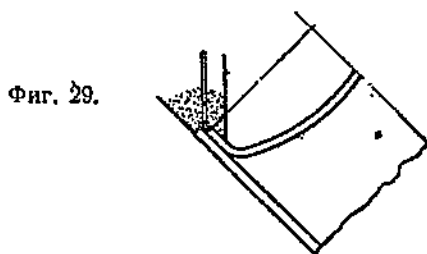
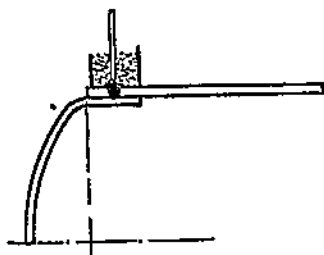
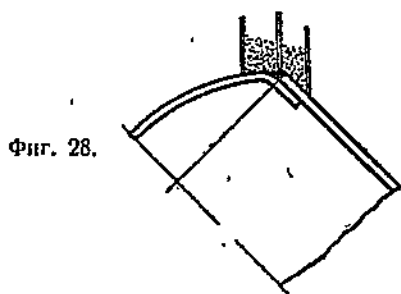
IV случай. Применение нахлесточных швов для приварки доньшек цилиндрических сосудов.

Начнем с простейшего случая приварки плоского дна к барабану при помощи кольцевого уголка. Получаемые при этом угловые швы надо варить в положении лодочки, для чего цистерну надо вращать в наклонном положении, что при больших размерах цистерны очень неудобно. Кроме того, при сварке таких швов надо применять сложные ограждения для флюса. Выполняя соединение кольцевого уголка при помощи нахлесточных швов, согласно фиг. 27, можно значительно упростить сварочные работы. Сперва на горизонтальном карусельном станке к донышку мы привариваем кольцевой уголок (с внутренней стороны). Затем донышко вставляется в барабан и снаружи заваривается нахлесточный шов.



Фиг. 27. Приварка плоского дна с помощью уголка.

Рассмотрим приварку выпуклого отбортованного дна, вставленного внутрь барабана. Как показано на левой стороне фиг. 28, сварка наружного углового шва должна производиться



Приварка выпуклого и вогнутого дна к барабану.

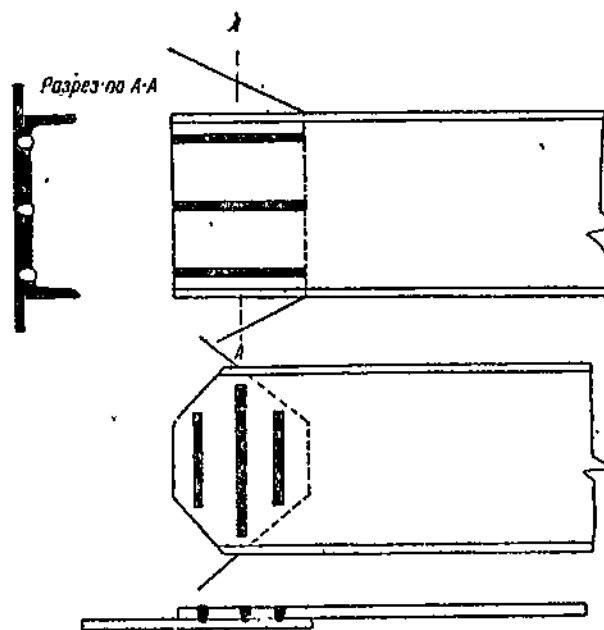
в положении лодочки, для чего надо вращать сосуд в наклонном положении; кроме того, требуется сложное ограждение для флюса. Сварочные работы значительно упрощаются, если применить нахлесточные швы (см. правую сторону фиг. 28).

То же самое можно сказать про приварку вогнутого отбортованного днища. На фиг. 29 сопоставлены способы приварки такого днища при помощи угловых и нахлесточных швов.

V случай. Сварка пакетов из широких листов. При сварке пакетов из листов, ширина которых больше 24 δ, нельзя ограничиться швами, расположенными вдоль кромок



Фиг. 30. Сварка пакета из трех листов.



Фиг. 31.

Фиг. 32.

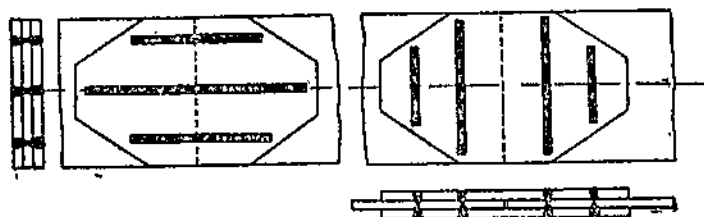
Приварка швеллера нахлесточными швами продольными и поперечными.

этих листов. В этом случае нахлесточные швы очень удобны, так как они могут быть сварены в любом месте листов. Пример сварки пакета из трех листов тремя парами нахлесточных швов показан на фиг. 30.

VI случай. Приварка конца широких листов или швеллеров к узловым фасонкам. Нахлесточные швы можно расположить вдоль или поперек привариваемого элемента. Пример приварки швеллера к узловой фасонке продольными нахлесточными швами показан на фиг. 31, а поперечными швами — на фиг. 32. Предпочтения заслуживает поперечное расположение швов, так как

напряжения распределяются по сечению швеллера более равномерно, чем при продольных швах.

VII случай. Приварка стыковых накладок широких листов может производиться продольными или поперечными нахлесточ-



Фиг. 33. Приварка стыковой накладки продольными и поперечными швами.

ными швами (фиг. 33). Предпочтения заслуживает поперечное расположение швов ввиду более равномерного распределения напряжений по сечению листа.

§ 8. ВРЕДНОЕ ДЕЙСТВИЕ РЖАВЧИНЫ НА КАЧЕСТВО СВАРНОГО ШВА ПРИ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ

Наличие ржавчины на месте сварки оказывает большое влияние на качество сварного шва. Ржавчина содержит воду, которая в процессе сварки испаряется и в виде водяных паров проходит через расплавленный металл. Под действием высокой температуры водяные пары частично разлагаются на кислород и водород. Выделяющийся кислород соединяется с металлом, а свободный водород, выйдя на поверхность жидкого металла, прорывается через расплавленный шлак и сгорает на поверхности гранулированного флюса. Процесс разложения водяных паров на кислород и водород происходит с большим поглощением тепла из расплавленного металла. Поэтому в местах прохождения водяного пара расплавленный металл быстро охлаждается и образуются как бы трубочки застывшего металла, которые имеют вид ноздрей, идущих от корня шва к его поверхности. Количество ноздрей на шве увеличивается при повышении скорости сварки и уменьшается при понижении скорости. При скоростях сварки свыше 20 м/час количество пор настолько увеличивается, что сварные швы становятся негодными.

Ржавчина может находиться на наружной поверхности свариваемых изделий (наружная ржавчина) или в зазорах между листами, которые соединяются между собой внахлестку и сплошь соприкасаются между собой по всей ширине (внутренняя ржавчина).

С наружной ржавчиной легко бороться путем ее очистки. Гораздо серьезнее борьба с внутренней ржавчиной; борьба с ней невозможна после того как составной элемент уже собран

и нельзя проникнуть в зазор между листами, где находится ржавчина.

I. Наружную ржавчину, покрывающую уже собранный элемент, можно удалять механическим путем или выжиганием.

Механическую очистку заржавленной поверхности собранного элемента можно производить стальной щеткой, наждачным кругом, обдиркой наружного слоя на строгальном станке и струей песка. Для выяснения наилучшего из этих способов, до сварки элементов Киевского моста на заводе им. Молотова в Днепропетровске, была сварена опытная серия балок после их очистки от ржавчины указанными четырьмя способами. Оказалось, что очистка кромок стальными щетками и наждачным кругом не уменьшает, а может даже повысить хрупкость шва, так как удаляемая ржавчина попадает в зазор между листами и ухудшает условия сварки. Снятие наружного слоя на строгальном станке представляет слишком трудоемкую и дорогую операцию. Наилучшие результаты получены при очистке пескоструйным аппаратом.

Выжигание ржавчины можно производить газовой горелкой, паяльной лампой и теплом сварочной дуги. Первые два способа на производстве непригодны. В условиях цеха выжигание ржавчины можно производить в процессе наложения первого слоя с большой скоростью. Под действием ржавчины первый слой получается пористым, однако он переплавляется при наложении второго слоя, и в результате получается плотный шов хорошего качества. Недостатком двухслойной сварки является снижение производительности.

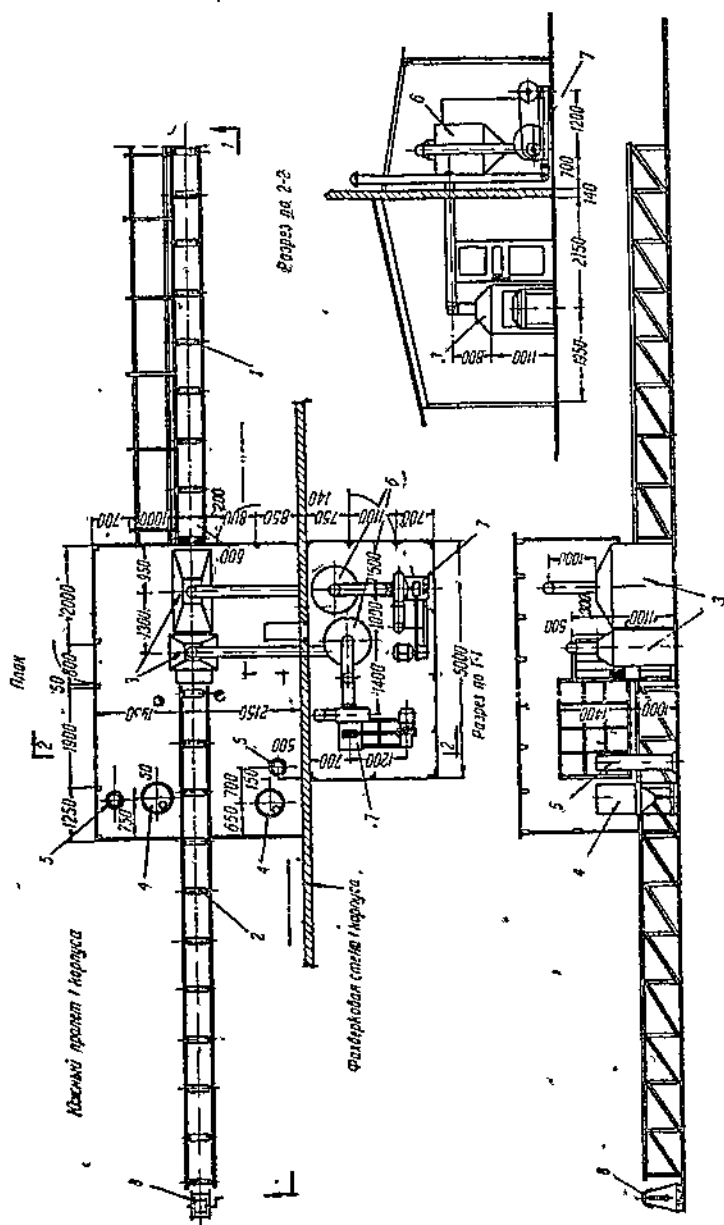
II. Внутреннюю ржавчину, находящуюся в зазорах уже собранных составных элементов, удалить невозможно; поэтому очистку железа от ржавчины надо производить до сборки элементов. Наиболее рациональным способом борьбы с ржавчиной в данном случае является опескоструивание всего железа, поступающего на сборку. Для опескоструивания длинных листов и профилей следует пользоваться закрытой камерой, которая устанавливается в сборочном цехе на потоке железа, поступающего на сборку. Два примера таких пескоструйных камер описаны дальше.

Выводы

1. При сварке под флюсом ржавчина является причиной образования пор в металле шва. Внутренняя ржавчина в зазорах между листами и профилями, образующими составные элементы, является особо вредной, так как после сборки элементов такую ржавчину удалить нельзя. Поэтому в случае нахлесточных соединений удаление ржавчины обязательно до сборки элементов.

2. Наилучшим способом очистки от ржавчины является опескоструивание железа в закрытых камерах, установленных на сборочном потоке.

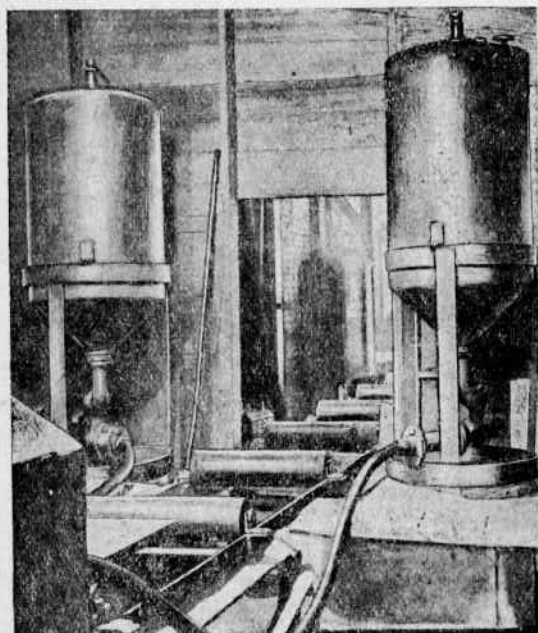
3. Окалина не содержит воды; поэтому при сварке металла, покрытого слоем окалины, в металле шва не наблюдается ни пор, ни свищей, и шов получается вполне качественным.



Фиг. 34. План немеханизированной пескоструйной установки на заводе им. Молотова.

1-й пример. Немеханизированная пескоструйная установка временного типа построена на заводе им. Молотова в Днепропетровске (фиг. 34). Установка состоит из подающего рольганга 1, который проходит в окно закрытого со всех сторон помещения, в котором находятся: две пескоструйные камеры 3, пескоструйный аппарат 4, водоотделитель 5 для осушки сжатого воздуха, вентиляторная установка 7 для удаления пыли, циклон 6 для удаления тяжелых частиц песка, приемный рольганг 2.

Процесс очистки длинной детали, допустим швеллера, следующий. Мостовым краном швеллер укладывается на подающий



Фиг. 35. Деталь пескоструйной установки на заводе им. Молотова.

рольганг 1 и вручную через окно подается в закрытое помещение до тех пор, пока конец швеллера не достигнет до козырька пескоструйной камеры 3. Здесь швеллер захватывается крюком и в дальнейшем, в процессе опескоструивания, подается вперед ручной лебедкой 8, установленной снаружи в конце приемного рольганга 2. В закрытом помещении (фиг. 35), по обе стороны выходного окна, установлены два пескоструйных аппарата 4 с резиновыми шлангами и соплами на конце шлангов. Внутри закрытого помещения находятся два рабочих в масках. Держа

в руках по соплу, они опескоструивают швеллер, подаваемый лебедкой по рольгангу. В небольшой пристройке установлены два мощных вентилятора 7, которые из пескоструйных камер 3 через циклоны 6 отсасывают пыль и выбрасывают ее наружу.

Производительность этой установки в среднем равна 20 швеллерам за шестичасовую смену. Машинное время на очистку одного швеллера № 40 длиной до 12 м составляет 10 мин. Для обслуживания установки требуется 5—6 рабочих.

Недостатки описанной установки:

- 1) большое количество потребной рабочей силы;
- 2) большая затрата времени (до 1 часа) на загрузку пескоструйных аппаратов песком;
- 3) сильный износ сопел и шлангов (до 4 шт. за смену);
- 4) недостаточная очистка воздуха в циклонах от песка, след-

ствие чего песок попадает в цех и загрязняет оборудование. Кроме того, наблюдается повышенный износ лопаток вентиляторов и загрязнение двора завода песком. В закрытом помещении также остается много пыли, отчего работа пескоструйщиков является вредной.

Предпочтения заслуживают механизированные пескоструйные установки, в которых опескоструивание деталей происходит автоматически с помощью системы сопел, установленных внутри камеры.

2-й пример. Механизированная пескоструйная установка (фиг. 36), предназначенная для очистки от ржавчины длинных деталей, имеет следующие агрегаты.

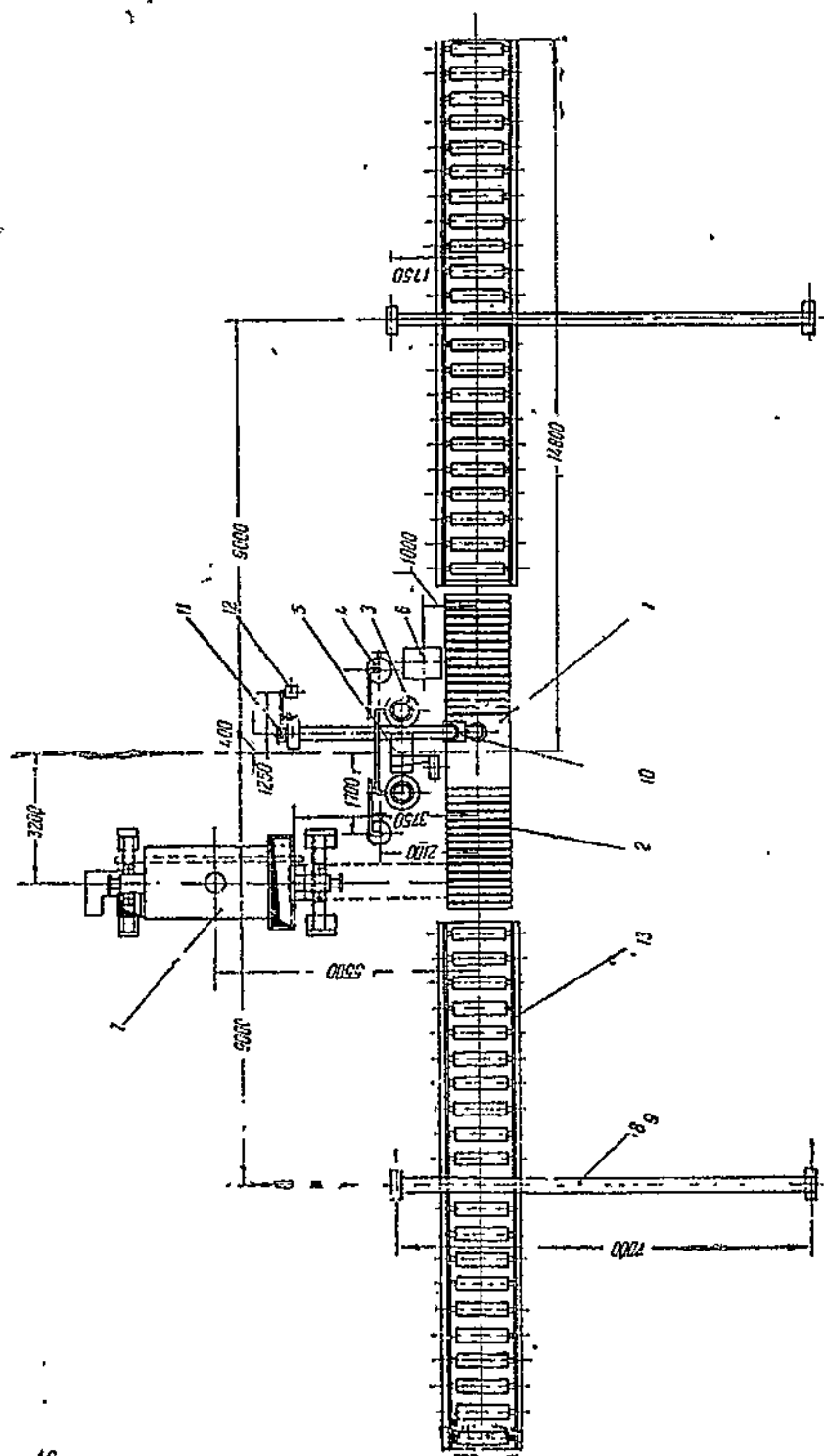
Пескоструйная камера 1, через которую проходит деталь и на ходу очищается шестью струями песка одновременно со всех сторон; под камерой находится бетонное корыто для сбора отработавшего песка; в корыте уложен горизонтальный шнек, подающий отработавший песок к элеватору. Затем имеется вертикальный ковшевой элеватор 5 для подъема песка; два пескоструйных аппарата 3 двойного действия и нагнетательного типа; дозатор для распределения песка между обоими пескоструйными аппаратами; барабанная сушилка 7 для песка с паровым обогревом; транспортер 2 для подачи очищаемой детали в камеру; подающий и приемный рольганг 13; два поперечных монорельса 8 с электротельфером 9 для подачи деталей на рольганг и уборки с него; очиститель сжатого воздуха; вентиляционная установка 11 с гравийным фильтром.

Опишем процесс очистки длинного швеллера (фиг. 37). По монорельсу швеллер подается на рольганг, с которого швеллер попадает на транспортер, приводимый в движение от электропривода. Транспортером швеллер без остановки пропускается через пескоструйную камеру со скоростью 1 м/мин.

В камере имеется шесть пескоструйных сопел, из которых два сопла расположены над швеллером, два сопла под ним и по одному соплу слева и справа. Оба верхних сопла имеют качание, обеспечивающее очистку внутренних углов швеллера. Остальные четыре сопла не имеют качания, но смонтированы в сферических опорах, позволяющих регулировать направление струи.

Входное и выходное отверстия камеры имеют резиновые фартуки, прикрывающие отверстия. Из камеры пыль отсасывается вентилятором, причем выбрасываемый воздух очищается гравийным фильтром.

Под камерой устроено бетонное корыто длиной около 6 м, в которое просыпается отработанный песок. При помощи горизонтального шнека (фиг. 37), уложенного на дне корыта, песок подается в заглубленный ковш элеватора. Вертикальным элеватором ковшевой системы песок подается на высоту около 3,7 м и высыпается в бункер с дозатором через наклонное сито, которое встряхивается приводом от мотора элеватора. Загрязнения, остающиеся на сите, по наклону сыпаются в специальный ящик.



Дозатор распределяет подачу песка определенными порциями попеременно то в один, то в другой пескоструйный аппарат.

Сжатый воздух, нужный для работы пескоструйных аппаратов, поступает из заводской магистрали под давлением 6 ат. Предварительно сжатый воздух очищается от влаги и масла, проходя через специальные воздухоочистители, имеющие перемежающиеся слои кокса и ваты.

Сушка свежего песка производится так: песок, просеянный через грохот, засыпается в бункер барабанно-трубчатой сушилки вращающегося типа. По выходе через разгрузочный люк песок подается в ковши элеватора и затем попадает в дозатор.

Характеристика установки

Производительность пескоструйной камеры 70 м³/час.

Расход песка 3240 кг/час.

Производительность элеватора 2,2 м³/час.

Скорость транспортеров 0,9—1 м/мин.

§ 9. СОСТАВ И СТРУКТУРА МЕТАЛЛА ШВА, СВАРЕННОГО ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Шов, сваренный под слоем флюса, значительно отличается от шва, сваренного обычным способом. Шов получается равномерным, плотным и однородным. Поверхность шва получается совершенно гладкая, серебристая. На фиг. 38 показаны валики стыкового и углового швов, сваренные под флюсом.

По своему химическому составу металл шва отличается от сваренного обычным методом. В следующей таблице приведен химический состав (в процентах) металла шва, электродной проволоки и основного металла.

Металл	C	Mn	Si	S	P	N ₂
Наплавленный металл . .	0,13	0,68	0,34	0,034	0,035	0,001
Основной металл	0,12	0,44	0,02	0,032	0,037	—
Электрод	0,10	0,86	0,71	0,02	0,03	—

Металл шва отличается повышенным содержанием полезных элементов и чрезвычайно низким содержанием азота.

Интересные данные о содержании азота и кислорода в сварных швах получены Институтом Электросварки на установке для газового анализа в первом квартале 1941 г.

Тип электрода	Содержание в %	
	азота	кислорода
Голый под слоем флюса . . .	0,0013	0,012
Толстообмазанный АН-4 . . .	0,026	0,036
„ ОММ-5 . .	0,023	0,025

Структура металла шва

Структура металла шва имеет характерное строение литого металла, обычное для однослойных швов. На фиг. 39 приведена макроструктура металла стыкового шва при толщине сваренных листов 13 мм. По этой макроструктуре можно судить о процессе застывания жидкого металла. Из расположения столбчатых кристаллов видно, что наплавленный в шов металл затвердевал, начиная от кромок. При соприкосновении жидкого металла с холодными кромками шва, возникали многочисленные кристаллизационные центры, от которых начинался рост кристаллов в направлении, перпендикулярном к кромкам шва. Кристаллы, растущие от обеих кромок, встречаются по середине шва.

Итак, металл шва имеет обычную литую структуру, столбчатые кристаллы которой направлены перпендикулярно к кромкам шва.

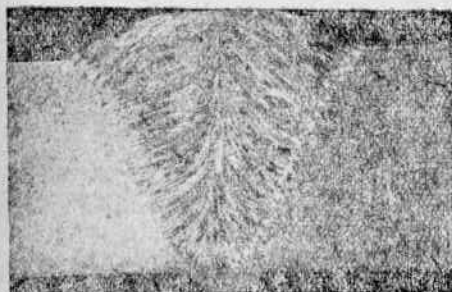
Микроструктура. На фиг. 40 показана микроструктура металла шва. Структурные изменения в зоне термического влияния—те же, что и при сварке качественными электродами. Непосредственно к металлу шва примыкает зона крупного зерна (фиг. 41), ширина зоны—1 мм. За зоной крупного зерна следует зона измельченного зерна (фиг. 42). Зона измельченного зерна переходит постепенно к нормальной структуре неизменившегося основного металла (фиг. 43). Общая ширина зоны термического влияния 2,5 мм.

Отжиг или нормализация уничтожают литую структуру шва. На фиг. 44 приведена макроструктура отожженного шва. Режим отжига был следующий: нагрев до 900°, выдержка 20 мин. при этой температуре, охлаждение—вместе с печью.

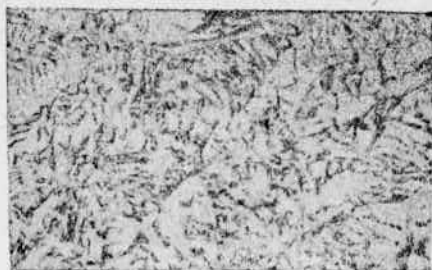
На фиг. 45 приведена микроструктура металла шва после отжига. После термообработки восстанавливается нормальная структура и в зоне термического влияния. На фиг. 46 приведена микроструктура границы шва и основного металла после отжига. Как видно из микрофотографии, границу шва можно отличить только по нарушению полосчатой структуры основного металла. Отжиг и нормализация полностью выравнивают твердость в зоне термического влияния.

Плотность металла шва. Глубокое травление стыковых и тавровых соединений (в 10% раствор серной кислоты в течение 40 час.) обнаруживает большую плотность металла шва. Как видно из фиг. 47, гладкое и светлое сечение шва резко отличается от темного сильно растравленного сечения основного металла, имеющего четко выявленные дефекты (шлаковые включения, ликвацию). В металле шва нет никаких недостатков в виде микротрещин, пор и ликвации. Как видно из рентгено-снимка на фиг. 48, плотность металла шва—отличная. Не наблюдается ни мелких пор в верхней зоне шва, ни более крупных пор—в нижней зоне шва.

Дефектом швов, сваренных под флюсом, являются: 1) трещины в шве около сульфидных строчек основного металла



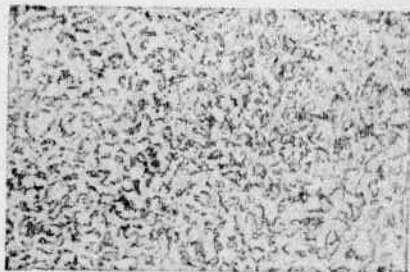
Фиг. 39. Макроснимок стыкового шва.



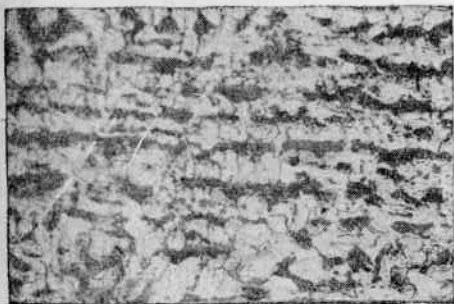
Фиг. 40. Микроструктура металла шва.



Фиг. 41. Микроструктура зоны крупного зерна.



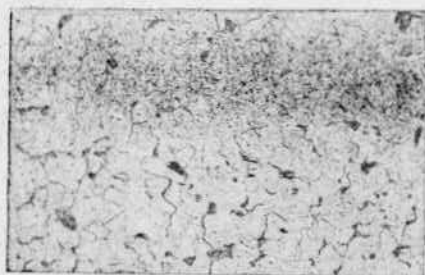
Фиг. 42. Микроструктура зоны измельченного зерна.



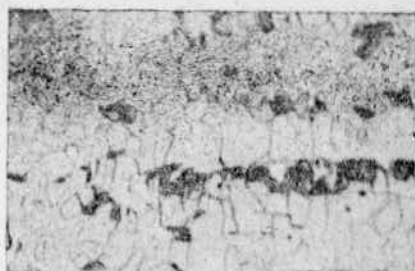
Фиг. 43. Нормальная микроструктура основного металла.



Фиг. 44. Макроснимок отожженной структуры.



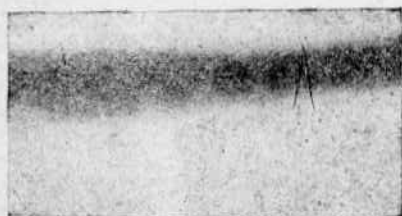
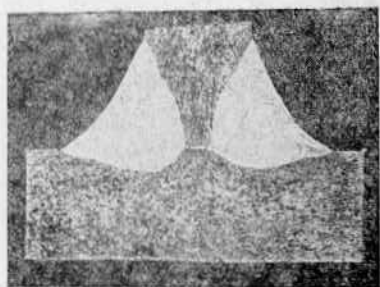
Фиг. 45. Микроструктура отожженного шва.



Фиг. 46. Границы микрошва после отжига.



Фиг. 47. Макроснимок глубокого травления.



Фиг. 48. Рентгено снимок шва.



Фиг. 49. Трещины в шве около сульфидных строчек.

(фиг. 49); эти трещины отпадают при более качественном основном металле; 2) трещины по середине шва, в случае сильно развитого кратера; 3) возможность непроваров на расстоянии 30 мм и больше от начала шва.

Выводы

Несмотря на столбчатое строение металл шва отличается большой вязкостью (относительным удлинением до 25% и ударной вязкостью до 15 кгм/см². Это подтверждается многочисленными испытаниями, проведенными в ряде лабораторий. Этот результат опрокидывает существовавшую до сих пор теорию о том, что хрупкость металла, т. е. малое относительное удлинение и ударная вязкость, вызваны прежде всего столбчатой структурой. Сварка под флюсом выяснила, что хрупкость, главным образом, является следствием засоренности маточного раствора между кристаллами под действием азота и кислорода, проникшими в расплавленный металл. Это подтверждается тремя фактами:

1) тем, что металл шва, сваренного под флюсом, в 20 раз меньше загрязнен азотом и почти в 3 раза меньше кислородом, чем металл шва, сваренного даже качественными электродами ОММ-5 и АН-4, а при сварке тонкообмазанными (меловыми) электродами содержание азота и кислорода еще значительно больше;

2) тем, что металл шва, сваренного под флюсом, несмотря на его столбчатую структуру, имеет гораздо большую вязкость, чем металл, сваренный обмазанными электродами;

3) тем, что металл, сваренный под флюсом, имеет значительно большую устойчивость против интеркристаллитной коррозии, чем металл, сваренный обмазанными электродами (см. § 10, разд. V).

Итак, столбчатая структура металла шва отнюдь не является основным показателем хрупкости металла. Решающее значение имеет засоренность маточного раствора между кристаллами.

§ 10. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И МЕТАЛЛА ШВА

За последние 8—9 мес. уже накопился обширный материал по механическим и физическим свойствам металла шва и соединений, сваренных голым электродом под слоем флюса. Этот материал получен в результате испытаний, проведенных в ряде отечественных лабораторий научно-исследовательских институтов и заводов. Основные из этих работ сгруппированы в табл. 8.

При описании работ, указанных в табл. 8, мы придерживаемся следующего плана:

I. Механические показатели металла шва и сварного стыкового соединения в натуральном их состоянии.

II. Влияние термообработки на механические показатели.

Таблица 8

№ случая	Металл, проволока, флюс	В какой лаборатории проведена испытание	Авторы	Когда закончена работа	Название работ
I	Сталь 2—3, кремнистая проволока, флюс № 1, Инст. Электросварки	Завод „Красный Профинтерн“ Институт Электросварки Завод им. Молотова Институт Электросварки Институт Электросварки ЦНИИТМАШ, тема 3856	Дятлов, Лапин, Горлов Горлов Дятлов, Лапин Гуревич, Рабкин Любавский	Сентябрь 1940 г.	А
				Январь 1941 г.	Б
				Январь 1941 г.	В
				Март 1941 г.	Г
				Март 1941 г.	Ж
II	Сталь 2—3, обыкновенная проволока, флюс № 45, ЦНИИТМАШ	ЦНИИТМАШ, тема 3856 То же, 3848 ЦИИТ НКПС	} Любавский Дорохин, Обухов	Март 1941 г. Март 1941 г.	Ж З
				Апрель 1941 г.	И
III	Сталь 2—3, обыкновенная проволока, флюс Инст. Электросварки	Институт Электросварки	Лапин	Март 1941 г.	Д
IV	Сталь 4, кремнистая проволока, флюс № 1 Инст. Электросварки	Институт Электросварки	Давиденко	Март 1941 г.	Е
V	Сталь 4, обыкновенная проволока, флюс ЦНИИТМАШ № 45	ЦНИИТМАШ, тема 3848	Любавский	Март 1941 г.	З

Примечание. О результатах работ, проведенных в лаборатории завода „Электрик“, автор не располагал никакими данными.

III. Влияние высоких и низких температур на механические показатели.

IV. Устойчивость сварных швов против старения.

V. Устойчивость сварных швов против интеркристаллитной коррозии.

VI. Выносливость сварных швов при повторных нагрузках.

VII. Выводы.

I. Механические показатели металла шва и сварного стыкового соединения в натуральном их состоянии, т. е. при обыкновенной температуре и без термообработки

В табл. 9 и 10 сгруппированы средние численные значения временного сопротивления и предела текучести, которые в девяти работах, указанных в табл. 8, получены при разрыве образцов сварных соединений и металла шва. Во всех случаях временное сопротивление и предел текучести получились больше, чем для основного металла.

Таблица 9

Временное сопротивление разрыву сварного соединения встык при испытании плоских образцов, кг/мм²

№ случая	Марка стали	Сорт электродной проволоки	Сорт флюса	Название работ (см. последний столбец табл. 8)									Основной металл
				А	Б	В	Г	Ж	З	И	Д	Е	
I	Ст. 2—3	Кремнист.	Инст. Эл. № 1	—	—	—	—	43,2	—	—	—	—	37,1
II	Ст. 2—3	Обыкн.	ЦНИИТМ № 45	—	—	—	—	42,3	—	50,1	—	—	37,1
III	Ст. 2—3	Обыкн.	Инст. Эл.	—	—	—	—	—	—	—	47,9	—	
IV	Ст. 4	Кремнист.	Инст. Эл. № 1	—	—	—	—	—	—	—	—	57,0	

Примечание. При сварке под флюсом угол загиба плоских сварных образцов всегда получается не менее 180°.

Угол загиба плоских образцов, сваренных встык. При сварке под слоем флюса, такие образцы всегда можно загнуть на угол 180°, не получая при этом никаких трещин.

Относительное удлинение при растяжении. В табл. 11 мы сгруппировали средние численные значения относительного удлинения гагаринских образцов из металла шва, которые испытаны в девяти работах, указанных в табл. 8. Относительное удлинение колеблется от 20,4 до 30,3%, т. е. получается заметно выше нормы 18%, указанной в утвержденных правилах 1937 г. по применению сварки для паровых котлов и сосудов I класса, работающих под давлением более 0,7 ат.

Относительное сужение шейки при растяжении. В табл. 11 сгруппированы средние численные значения

Таблица 10

Временное сопротивление разрыву (числитель) и предел текучести металла шва (знаменатель) в кг/мм² на гагаринских образцах без термообработки и при обыкновенной температуре

№ случая	Марка стали	Сорт электродной проволоки	Сорт флюса	Название работ (см. последний столбец табл. 8)								Основной металл	
				А	Б	В	Г	Ж	З	И	Д		Е
I	Ст. 2—3	Кремнист.	Инст. Эл. № 1	50,8	48,2 31,5	53,2	53,2 38,7	48,0 32,5					37,2 21,5
II	Ст. 2—3	Обыкн.	ЦНИИТМ № 45					42,2 28,9	42,6 28,7	46,3 31,4			37,2 21,5
III	Ст. 2—3	Обыкн.	Инст. Эл.									50,3 37,1	
IV	Ст. 4	Кремнист.	Инст. Эл. № 1										60,5 45,3
V	Ст. 4	Обыкн.	ЦНИИТМ № 45						51,5 35,8				

относительного сужения шейки гагаринских образцов из металла шва, которые испытаны в девяти работах, указанных в табл. 8. Относительное сужение колеблется от 44,7 до 70,5% и в ряде случаев оно получилось больше, чем для основного металла.

Таблица 11

Относительное удлинение (числитель) и относительное сужение (знаменатель) металла шва в процентах на образцах Гагарина без термообработки и при обыкновенной температуре

№ случая	Марка стали	Сорт электродной проволоки	Сорт флюса	Название работ (см. последний столбец табл. 8)									Основной металл	
				А	Б	В	Г	Ж	З	И	Д	Е		
I	Ст. 2—3	Кремнист.	Инст. Эл. № 1	20,7 48,7	25,2 49	23,9 55,0	23,9 55,0	29,2 65,9						36,5 62,5
II	Ст. 2—3	Обыкн.	ЦНИИТМ № 45					29,4 69,9	30,3 70,5	25,5 64,2				36,5 62,5
III	Ст. 2—3	Обыкн.	Инст. Эл.									21,2 54,9		
IV	Ст. 4	Кремнист.	Инст. Эл. № 1											20,4 44,7
V	Ст. 4	Обыкн.	ЦНИИТМ № 45						28,2 64,1					

Из табл. 12 видно, что ударная вязкость образцов Менаже, испытанных в натуральном состоянии, во всех случаях получилась больше требуемой нормы, указанной под каждой цифрой.

Таблица 12

Ударная вязкость, определенная на образцах Менаже без термообработки и при обыкновенной температуре. В знаменателе указана норма по техническим условиям, кг/см²

№ случая	Марка стали	Сорт электродной проволоки	Сорт флюса	Названия работ (см. последний столбец табл. 8)									Основной металл
				А	Б	В	Г	Ж	З	И	Д	Е	
I	Ст. 2—3	Кремнист.	Инст. Эл. № 1	9,7 8	15,2 8	12,5 8	12,5 8	12,6 8		,			11,5
II	Ст. 2—3	Обыкн.	ЦНИИТМ № 45					12,5 8	11,4 8	10,5 8			11,5
III	Ст. 2—3	Обыкн.	Инст. Эл.								10,8 8		
IV	Ст. 4	Кремнист.	Инст. Эл. № 1									7,8 6	
V	Ст. 4	Обыкн.	ЦНИИТМ № 45						8,7 6				

II. Влияние термообработки на механические показатели металла шва и сварного стыкового соединения

В работе И (Дорохина и Обухова) проведены параллельные испытания при следующих пяти состояниях образцов:

- 1) без термообработки (К);
- 2) после отжига 650° (Л);
- 3) после отжига 930° (М);
- 4) после нормализации 930° (Н);
- 5) после закалки в воду с 930° (О).

Результаты этих испытаний помещены в табл. 13, 14 и 15.

Таблица 13

Механические показатели металла шва, определенные на загаринских образцах при четырех способах термообработки

Способ термообработки		Временное сопротивление кг/мм ²	Предел текучести кг/мм ²	Относительное удлинение %	Относительное сужение %
К	Без термообработки	46,3	31,4	25,5	64,2
Л	Отжиг 650°	43,3	25,7	33,1	69,9
М	Отжиг 930°	39,6	23,0	35,3	71,5
Н	Нормализация 930°	38,2	24,0	35,3	71,2
О	Закалка 930°	54,4	34,9	24,4	68,9

Вследствие столбчатой структуры шва, при которой дендриты сходятся по оси шва, это место шва является ослабленным; поэтому образцы Менаже для ударных испытаний изготавливались

трех видов, в зависимости от расположения надреза по оси шва сверху, по шву с краю и по зоне влияния. Как видно из табл. 15, результаты подтвердили слабость металла по оси шва.

Таблица 14

Механические показатели сварного стыкового соединения при разрыве и изгибе плоских образцов при четырех способах термообработки (см. работу И)

Способ термообработки		Временное сопротивление кг/мм ²	Удлинение при разрыве на 10 мм %	Угол загиба град.
К	Без термообработки	50,1	35,4	180
Л	Отжиг 650°	44,1	32,8	180
М	Отжиг 930°	39,5	35,1	180
Н	Нормализация 930°	44,8	35,4	180
О	Закалка 930°	60,5	—	70

Приведенные цифры говорят о том, что даже нетермообработанный металл шва пригоден при изготовлении ответственных конструкций, как сосуды I класса, работающие под давлением.

Таблица 15

Ударная вязкость сварного шва и зоны влияния, определенная на образцах Менаже при трех расположениях надрезов и при четырех способах термообработки образцов (из работы И)

Положение надреза	Способ термообработки	Ударная вязкость при +20°
Надрез по оси шва	К Без термообработки	10,5
	Л Отжиг 650°	12,5
	М Отжиг 930°	13,4
	Н Нормализация 930°	15,7
	О Закалка 930°	8,0
Надрез по шву с края	К Без термообработки	12,5
	Л Отжиг 650°	16,5
	М Отжиг 930°	9,66
	Н Нормализация 930°	13,1
	О Закалка 930°	7,8
Надрез по зоне влияния	К Без термообработки	14,2
	Л Отжиг 650°	19,5
	М Отжиг 930°	5,5
	Н Нормализация 930°	13,8
	О Закалка 930°	6,3

Таблица 16

Влияние отжига на ударную вязкость (из работы Г)

Температура	—40°	—20°	+10°	+200°	+400°
Без термообработки	5,0	9,8	12,5	13,7	8,8
После отжига	5,6	11,2	14,3	—	10,2

Из термообработок можно рекомендовать отжиг до 650°, если требуется снятие температурных напряжений. При этом структура сохраняет свой столбчатый характер, но снижается временное сопротивление и предел текучести.

III. Влияние высоких и низких температур на механические показатели

В паровых котлах сварные швы работают при температурах пара; с другой стороны, ж.-д. подвижной состав в зимнее время работает при температурах до -40° и ниже. Поэтому в ряде работ было исследовано влияние высоких и низких температур на швы, сваренные под флюсом.

О влиянии высоких температур на временное сопротивление и предел текучести можно судить по результатам испытаний, проведенных в работах Г и Ж.

Таблица 17

Работа Г (Института Электросварки) по сварке Ст. 2—3 кремнистой проволокой (по ГОСТ) на флюсе № 1 Инст. Эл. Результаты испытания металла шва на ггаринских образцах (средние число)

Температура °C	Без термообработки		После отжига		После нормализации	
	Временное сопротивление кг/мм ²	Предел текучести кг/мм ²	Временное сопротивление кг/мм ²	Предел текучести кг/мм ²	Временное сопротивление кг/мм ²	Предел текучести кг/мм ²
+ 10	53,2	38,7	46,1	26,4	48,7	29,6
+ 150	58,8	39,0	48,8	22,7		
+ 250	63,2	39,4	52,2	23,2		
+ 300	62,8	38,5	51,7	23,8		
+ 400	52,3	37,1	43,2	—		
+ 500	34,9	28,0	31,2	—		

Таблица 18

Работа Ж ЦНИИТМАШ, (Любавский) по сварке Ст. 2—3

кремнистой проволокой (по ГОСТ) на флюсе № 1 Инст. Эл.

обыкновенной проволокой на флюсе № 45 ЦНИИТМАШ. Результаты испытания сварных плоских образцов без термообработки

Температура °C	Сварные плоские образцы		Основной металл	
	Временное сопротивление при сварке на проволоке		Временное сопротивление кг/мм ²	Предел текучести кг/мм ²
	кремнист. кг/мм ²	обыкновен. кг/мм ²		
— 25	45,7	43,9	39,2	25,0
0	45,3	43,5	41,9	28,8
+ 20	43,2	42,3	37,1	23,4
+ 100	37,6	35,6	34,1	28,1
+ 200	47,3	45,4	41,4	27,3
+ 300	48,2	45,5	40,9	26,4
+ 400	31,3	39,2	36,4	26,9

Как видно из табл. 19, временное сопротивление и предел текучести металла шва значительно выше, чем для основного металла.

Таблица 19

Результаты испытания гагаринских образцов без термообработки (из работы Ж)

Температура °C	Временное сопротивление kg/mm^2			Предел текучести kg/mm^2		
	при сварке проволокой		Основной металл	при сварке проволокой		Основной металл
	кремн.	обычн.		кремн.	обычн.	
+ 20	48,0	42,2	37,2	32,5	28,9	21,5
+ 100	48,9	44,1	36,2	30,4	29,8	19,9
+ 200	58,2	52,4	44,9	—	—	—

Таблица 20

Работа Г (Институт Электросварки) по сварке Ст. 2—3 кремнистой проволокой (по ОСТ) на флюсе № 1 Инст. Эл.

Результаты испытания металла шва на гагаринских образцах (средние цифры)

Температура °C	Без термообработки		После отжига		После нормализации	
	Относительное		Относительное		Относительное	
	удлинение, %	сужение, %	удлинение, %	сужение, %	удлинение, %	сужение, %
+ 10	23,9	55,0	32,6	12,5	31,7	70,6'
+ 150	16,2	47,9	17,9	58,3	—	—
+ 250	19,5	39,1	20,3	36,4	—	—
+ 300	19,3	42,4	23,0	58,9	—	—
+ 400	23,6	62,3	26,2	69,8	—	—
+ 500	18,4	63,8	25,5	73,4	—	—

Относительные удлинения и сужения стенки, указанные в табл. 11, определены при комнатной температуре. О влиянии изменения температуры на относительное удлинение и сужение можно судить по результатам испытаний, проведенных в работах Г и Ж (см. табл. 20 и 21).

О влиянии изменения температуры на ударную вязкость швов, сваренных под флюсом, без термообработки, можно судить по следующим данным, выписанным из четырех работ Г, Д, И, Ж, указанных в табл. 8 (см. табл. 22—25).

Кривая изменения ударной вязкости имеет свой максимум при температуре около $+100^\circ$, а минимум — при температуре около $+450^\circ$. При температурах ниже нуля, ударная вязкость быстро падает. Критический порог хладноломкости лежит около -30° , так как при -20° ударная вязкость близка к ее вели-

Таблица 21

Работа Ж (ЦНИИТМАШ, Любавский) по сварке Ст. 2—3 кремнистой проволокой (по ГОСТ) на флюсе №1 Инст. Эл. обыкновенной проволокой на флюсе № 45 ЦНИИТМ. Результаты испытания металла шва на ггаринских образцах без термообработки (средние цифры)

Температура °С	Относительное удлинение			Относительное сужение		
	при сварке проволокой		Основной металл %	при сварке проволокой		Основной металл %
	кремн. %	обыкн. %		кремн. %	обыкн. %	
+ 20	29,2	29,4	36,5	65,9	69,9	62,5
+ 100	19,3	19,3	23,4	54,6	65,8	57,7
+ 200	19,0	16,8	19,7	43,6	53,6	51,1

Таблица 22

Результаты испытания ударных образцов из работы Г

Температура испытания	- 40°	- 20°	+ 10°	+ 200°	+ 400°
Ударная вязкость	5,0	9,8	12,5	13,7	8,8

Таблица 23

Результаты испытания ударных образцов из работы Д

Температура испытания	- 40°	- 20°	0°	+ 20°
Ударная вязкость	4,5	7,4	8,5	10,8

Таблица 24

Результаты испытания ударных образцов из работы И

Температура испытания	- 50°	- 40°	- 20°	0°	+ 20°	+ 100°	+ 200°	+ 300°	+ 450°
Ударная вязкость	2,6	1,7	9,2	10,0	10,5	15,1	12,3	10,0	5,9

Таблица 25

Результаты испытания ударных образцов из работы Ж. Было сварено два типа образцов: обыкновенной проволокой на флюсе № 45 ЦНИИТМАШ и кремнистой проволокой на флюсе № 1 Инст. Эл.

Температура		-75°-60°-50°-40°-30°-20°-10° 0°+20°+40°+60°+80°+100°													
Ударная вязкость в случае проволоки	кремнист.	1,7	3,6	5,1	7,0	6,7	9,3	—	—	12,6	14,4	15,2	15,6	15,1	
	обыкновен.	1,0	1,0	—	2,0	—	6,3	—	9,3*	12,6	15,3	15,2	14,7	14,3	

чине при обыкновенной температуре, а при -40° ударная вязкость имеет низкие цифры. Надо отметить, что при низких температурах металл шва, сваренный под флюсом, работает неплохо. При высокой температуре $+450^{\circ}$ ударная вязкость тоже сравнительно велика, что говорит о пригодности этого шва для паровых котлов.

IV. Устойчивость сварных швов против старения

По этому вопросу мы располагаем результатами трех работ И, Е, Ж.

В работе И нужные образцы вырезывались из сваренных стык пластин, которые предварительно подверглись 10% вытяжке на разрывной машине. Вырезанные образцы подвергались отпуску при $+250^{\circ}$. Обработанные таким образом образцы показали заметное снижение ударной вязкости, однако не ниже 3 кгм/см^2 . Основной металл обнаружил значительно более резкое старение, как видно из табл. 26.

Таблица 26

Результаты испытания на ударную вязкость до и после старения (из работы И)

Металл	До старения в среднем	После старения	
		Среднее значение ударной вязкости	Минимальное значение
Металл шва . . .	10,5	4,44	3,03
Основной металл .	12,9	1,89	0,73

Из таблицы видно, что металл шва склонен к старению, но в допустимых пределах.

Работа Е. Для определения склонности стыковых швов к старению, сопоставлялась ударная вязкость двух партий образцов, закаленных в воде с температуры 650° , причем образцы I партии разрушались сразу после закалки, а образцы II партии разрушались после вылеживания в течение 10 суток.

Таблица 27

Ударная вязкость образцов, закаленных с 650° (из работы Е)

До вылеживания		После вылеживания	
Среднее значение	Минимальное значение	Среднее значение	Минимальное значение
12,3	10,5	10,5	8,9

Как видно, образцы проявили незначительную склонность к старению.

Работа Ж. Для определения влияния старения, ударная вязкость определялась для образцов из Ст. 3, сваренных обыч-

Таблица 28
Влияние старения на ударную вязкость шва, сваренного обжиманной проволокой на флюсе № 45 ЦНИИТМАШ (из работы Ж)

	-75°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	+20°	+40°	+60°	+80°	+100°
Температура испытания	1,0	1,0	—	2,0	—	6,3	—	9,3	12,5	15,3	15,2	14,7	14,3
Без термообработки	—	0,6	—	0,8	—	0,9	1,4	5,1	5,2	9,3	11,0	9,6	10,0
После нагрева и отпуска 250°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
После закалки с 650° и вылеживания 12 суток	0,8	1,0	1,4	—	—	4,6	9,6	8,4	11,5	12,6	14,2	13,5	14,3
После отжига 950°, закалки с 650° и вылеживания 12 суток	—	—	—	0,8	—	0,8	0,9	9,5	13,4	10,8	—	70°	18,7

Таблица 29
Влияние старения на ударную вязкость шва, сваренного кремнистой проволокой на флюсе № 1 Инст. ЭЛ (из работы Ж)

	-75°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	+20°	+40°	+60°	+80°	+100°
Температура испытания	1,7	3,6	5,1	7,0	6,7	9,3	11,7	12,7	12,6	14,4	15,2	18,6	15,1
Без термообработки	0,8	0,5	—	0,9	—	4,4	—	4,0	5,1	8,5	5,4	9,7	9,8
После нагрева и отпуска 250°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
После закалки с 650° и вылеживания 12 суток	1,1	3,5	—	9,6	—	8,3	—	14,5	10,6	15,8	14,8	15,1	16,1
После отжига 950°, закалки с 650° и вылеживания 12 суток	1,0	0,6	—	0,9	—	0,9	—	6,5	9,4	8,5	—	70°	12,8

Таблица 30
Влияние старения на ударную вязкость основного металла, из которого сварены образцы, указанные в табл. 28 и 29 (из работы Ж)

	-75°	-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	+20°	+40°	+60°	+80°	+100°
Температура испытания	—	—	1,2	1,1	1,9	7,1	6,0	9,7	11,5	11,7	10,8	11,0	13,2
Без термообработки	—	—	—	0,5	—	0,5	0,9	0,7	1,8	5,4	6,3	6,7	7,4
После нагрева и отпуска 250°	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
После закалки с 650° и вылеживания 12 суток	—	—	0,8	0,9	2,3	4,1	7,7	10,6	9,8	10,6	10,9	13,8	10,6
После отжига 950°, закалки с 950° и вылеживания 12 суток	—	—	—	0,8	1,0	1,9	1,7	0,9	1,7	2,8	—	70°	7,0

новенной и кремнистой проволокой, и отдельно для образцов из основного металла. Для каждого из этих типов образцов составлены отдельные таблицы (28, 29 и 30). Все образцы подвергались трем видам старения: 1) механическому старению, т. е. наклепу и отпуску 250° , 2) старению после закалки с 650° с вылеживанием образцов в течение 12 суток и 3) старению после отжига 950° и закалки 650° с вылеживанием образцов в течение 12 суток.

На основании цифр, указанных в табл. 28, 29 и 30, можно сделать такие выводы:

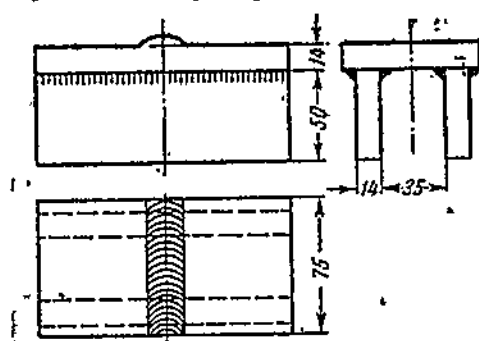
1. В отношении механического старения (наклеп и отпуск 250°) металл шва, сваренный обыкновенной и кремнистой проволокой, более устойчив против старения, чем основной металл.

2. После закалки с 650° и последующего вылеживания в течение 12 суток металл шва, сваренный обыкновенной проволокой, показал ту же неустойчивость против старения, как и основной металл. Значительно более высокие цифры ударной вязкости получены для металла шва, сваренного кремнистой проволокой.

3. После отжига при 950° , последующей закалки 650° в воду и вылеживания в течение 12 суток оба металла шва, как и основной металл, обнаружили меньшую склонность к старению чем основной металл.

V. Устойчивость сварных швов против интеркристаллитной коррозии

Металл котла подвергается действию воды при температуре выше 100° и растягивающему напряжению, вследствие давления пара. Поэтому, кроме обычной подводной коррозии, металл



Фиг. 50. Образец для интеркристаллитной коррозии.

подвергается действию интеркристаллитной коррозии или каустической хрупкости. В Институте Электросварки Д. М. Рабкиным проведена работа по определению интеркристаллитной коррозии для металла шва, сваренного: 1) голый кремнистой проволокой завода „Серп и молот“ на флюсе № 1 Инст. Эл. и 2) качественными электродами ОММ-5. Чтобы создать растягивающие на-

пряжения в сварных швах, был принят тип образцов, указанный на фиг. 50. Образец отличается наличием двух параллельных ребер, расположенных поперек стыкового шва. Образцы сваривались в следующем порядке: сперва к обеим пластинам приваривались ребра, затем сваривался стыковой шов. Благодаря наличию ребер, сварка стыкового шва производилась в закреплённом состоянии, причём термические растягивающие напряжения в шве можно считать порядка 30 кг/мм^2 . Образцы, сва-

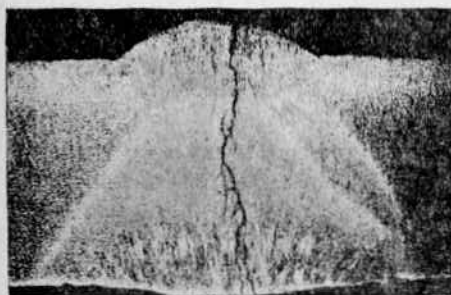
ренные под флюсом, были изготовлены в двух вариантах: а) с предварительной подваркой электродами ОММ-5 и последующей сваркой под флюсом и б) сварка под флюсом производилась на флюсовой подкладке без подварки. По каждому варианту было изготовлено 3—4 образца.

Химический состав металла швов был следующий:

Швы сварены	C	Si	Mn	S	P	N ₂	O ₂
Электродом ОММ-5 . .	0,10	0,02	0,84	0,037	0,07	0,0230	0,025
Под флюсом . .	0,13	0,34	0,68	0,034	0,035	0,0013	0,012

В металле шва, сваренном под флюсом, содержание азота в 20 раз меньше, чем в шве, сваренном электродом ОММ-5, а содержание кислорода — в 2 раза меньше.

В качестве коррозионной среды был принят раствор азотнокислых солей, а именно — кипящий 54,5% раствор азотнокислого натрия и 0,2% раствор $MnCl_2$. При травлении образцов получены следующие результаты.



Фиг. 51. Макроснимок трещины.



Фиг. 52. Макроснимок трещины.

Образцы I группы (четыре образца), сваренные электродами ОММ-5 с последующей подваркой корня шва. После двухсуточного травления в корне стыкового шва появилось начало трещины, которая к концу третьих суток вышла на наружную широкую поверхность шва. Макроснимок этой трещины изображен на фиг. 51.

Образец II группы, сваренный под флюсом на флюсовой подкладке, но получивший при этом непровар, вследствие чего корень подварен электродом ОММ-5. Начало трещины в подваренном корне шва получилось после двух суток травления, так же как в образцах I группы. Однако для прохождения трещины на наружную поверхность шва, т. е. через металл, сваренный под флюсом, потребовалось не трое суток, как в образцах I группы, а девять суток. Макроснимок этой трещины изображен на фиг. 52.

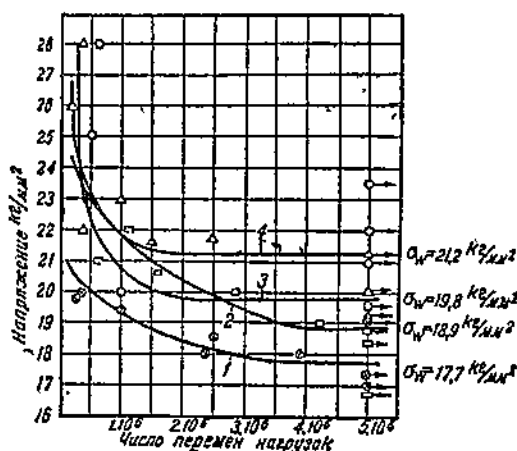
Образцы III группы (3 образца) сварены под флюсом после предварительной подварки электродами ОММ-5. Начало трещины в корне шва появилось через девять с половиной суток. После 12 суток испытания трещина еще не вышла на поверхность шва.

Образцы IV группы (3 образца), сваренные целиком под флюсом, оказались настолько стойкими против коррозии, что не удалось получить начала трещины, несмотря на травление в течение 12 суток. При дальнейшем травлении швов не удалось довести до разрушения, так как трещина получилась не в шве, а в основном металле далеко от шва.

Выводы. Произведенные опыты показали, что швы, сваренные под флюсом, во много раз устойчивее против интеркристаллитной коррозии, чем швы, сваренные качественным электродом ОММ-5. Это объясняется чистотой металла, сваренного под флюсом. Дей-

ствительно, химический анализ показывает, что в металле, сваренном под флюсом, содержание азота в 20 раз меньше, а содержание кислорода — в 2 раза меньше, чем в металле, сваренном электродами ОММ-5.

VI. Выносливость сварных швов при повторных нагрузках



Фиг. 53. Кривые усталости.

В ЦНИИТМАШ (см. работу Ж) построены

кривые усталости для следующих четырех серий образцов:

9 образцов из металла шва, сваренного кремнистой проволокой на флюсе № 1 Инст. Эл;

9 образцов из металла шва, сваренного обыкновенной проволокой на флюсе № 45 ЦНИИТМАШ;

8 образцов из основного металла;

10 образцов из стыкового соединения, сваренного кремнистой проволокой на флюсе № 1 Инст. Эл.

На основании результатов этих испытаний построены четыре кривых усталости, изображенные на фиг. 53. По этим кривым определены пределы усталости для металла шва и для сварного соединения встык. Пределы усталости сопоставлены в следующем перечне:

А. Металл шва	Предел усталости кг/мм ²
1. Сваренный обыкновенной проволокой на флюсе № 45 ЦНИИТМАШ (среднее из 9 образцов)	21,2
2. Сваренный кремнистой проволокой на флюсе № 1 Инст. Эл. (среднее из 9 образцов)	19,8
3. Основной металл (среднее из 9 образцов)	17,7

Б. Сварные соединения

Предел усталости
кг/мм²

а) Стыковое соединение, сваренное кремнистой проволокой на флюсе Инст. Эл. (среднее из 10 образцов) .	18,9
б) То же, сваренное электродом ОММ-1	15,3
в) То же, сваренное электродом Ц-1	9,6

Приведенные цифры говорят о высоком пределе усталости металла швов, а также соединений, сваренных голым электродом под слоем флюса:

ОПЫТЫ ЦИИТ—НКПС (работа И)

Для определения выносливости металла шва и сварного стыкового соединения произведены три серии опытов.

I серия. Испытание на повторное переменное растяжение пульсатором плоских образцов со стыковым швом, сваренных голым электродом под слоем флюса и качественным электродом ОММ-5. Эти образцы испытывались двух видов: а) при снятом усилении шва, с целью уменьшить влияние концентрации напряжений, и б) при наличии усиления шва. Для сравнения испытывались образцы из основного металла. Образцы испытывались на пульсирующее растяжение на 100-т машине Лозенгаузена с пульсатором при напряжениях: максимальном 25 кг/мм² и минимальном около 7,5 кг/мм².

Таблица 31

*Результаты испытания на пульсаторе плоских образцов
со стыковым швом (из работы И)*

Указаны числа циклов

Тип плоского образца	Стыковой шов		Место разрыва
	со снятым усилением	с усилением	
Со стыком, сваренным под слоем флюса . .	2 467 000 один образец	416 200 среднее из трех образцов	Вне шва по зоне
Со стыком, сваренным электродом ОММ-5 .	141 640 один образец	265 900 среднее из двух образцов	По средине шва
Из основного металла .	1 067 000 среднее из трех образцов	—	По выкружке головки

Из табл. 31 видно, что при снятом усилении соединение, сваренное под флюсом, почти в два раза выносливее основного металла и во много раз выносливее соединения, сваренного электродом ОММ-5.

II серия. Испытания на выносливость при повторных ударах. На колотушке Амслера испытаны образцы, сваренные встык под слоем флюса, причем одна партия образцов испытывалась

Результаты испытания на усталость балок с наплавленным валиком

Данные о наплавке	Напряжение на изгиб кг/см ²	Число нагрузок до разрушения	Характер разрушения
Наплавка крестовой проволокой при 300 а	± 800	897 376	Трещина усталости в нижней полке на расстоянии 300 мм от середины пролета
	± 800	1 119 950	Трещина усталости в верхней полке на расстоянии 400 мм от середины пролета
Наплавка под флюсом при 800 а	± 800	1 947 288	Балка не разрушилась

На двух балках валики наплавлены крестовой проволокой с качественной обмазкой, а на одной балке наплавка произведена под слоем флюса. Как видно из таблицы, балка с валиками, наплавленными под флюсом, оказалась выносливее других.

VII. Общий вывод о качестве швов, сваренных под флюсом. Способ сварки под слоем флюса дает металл шва, обогащенный действием флюса. Металл шва отличается отсутствием пор и включений и минимальной засоренностью. Поэтому даже термически не обработанный металл обладает высокими механическими показателями. Особо хорошие показатели металл шва имеет в отношении вязкости, которая, как известно, характеризуется углом загиба не меньше 180°, относительным удлинением, относительным сужением шейки и ударной вязкостью.

Высокая вязкость металла шва объясняется его чистотой, так как в период остывания флюс весьма эффективно защищает расплавленный металл от засорения азотом и кислородом воздуха. По данным химического анализа металл, сваренный под флюсом, содержит в 20 раз меньше азота, чем металл, сваренный качественными электродами ОММ-5, и в 2—3 раза меньше кислорода.

Высокие механические качества металла шва, сваренного под флюсом, подтверждаются также его выносливостью при повторных нагрузках.

Всеми указанными ценными качествами металл шва обладает в натуральном состоянии. Поэтому он не нуждается в термообработке для улучшения его структуры и механических показателей. Если необходимо снять термические напряжения, возникшие в процессе сварки, можно рекомендовать отжиг при 600—650°.

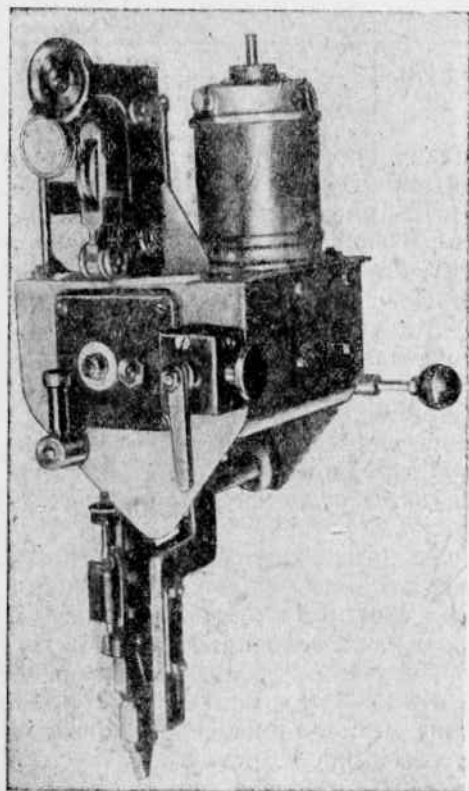
Высокими качествами металл шва обладает не только при нормальной температуре, но также при высоких и низких температурах. Поэтому надо считать установленным, что швы, сваренные под флюсом, вполне пригодны для применения в ответственных сосудах I класса, какими являются паровые котлы, работающие под давлением.

Сварка под слоем флюса выяснила, что хрупкость металла шва является следствием не столько его столбчатой структуры, как засоренности маточного раствора между кристаллами под действием азота и кислорода, проникших в расплавленный металл.

§ 11. СВАРОЧНАЯ АППАРАТУРА

Для автоматической сварки под слоем флюса, требуется:

- 1) сварочная головка, поддерживающая постоянную длину дугового промежутка, 2) станок для передвижения головки или изделия во время сварки, 3) пусковая и регулировочная аппаратура и 4) аппаратура для подачи и отсасывания флюса.



Фиг. 54. Сварочная головка системы Бушфелда.

Сварочная головка системы Бушфелда модели 1941 г. (фиг. 54). Основным механизмом головки является дифференциал, состоящий из четырех конических зубчаток. Дифференциал имеет привод от двух моторов. Один из них — переменного тока имеет постоянное число оборотов (1400 об/мин), а другой мотор — постоянного тока с переменным числом оборотов от 1200 до 1700 об/мин, причем число оборотов пропорционально напряжению на дуге и регулирует дуговой промежуток. От разности чисел оборотов зависит число оборотов роликов, подающих электродную проволоку.

Механизм подачи электрода состоит из двух закаленных роликов с насечкой.

Оба ролика устроены приводными, с тем, чтобы увеличить силу тяги и избежать пробуксовывания электродной проволоки.

Голая электродная проволока, применяемая при сварке под флюсом, гарантирует самый надежный подвод тока к электроду. Для сварки под флюсом требуются большие силы тока до 3000 а. Сварочный ток подводится к головке четырьмя кабелями сечением 120 мм². Подвод тока к электроду осуществляется очень надежной конструкцией.

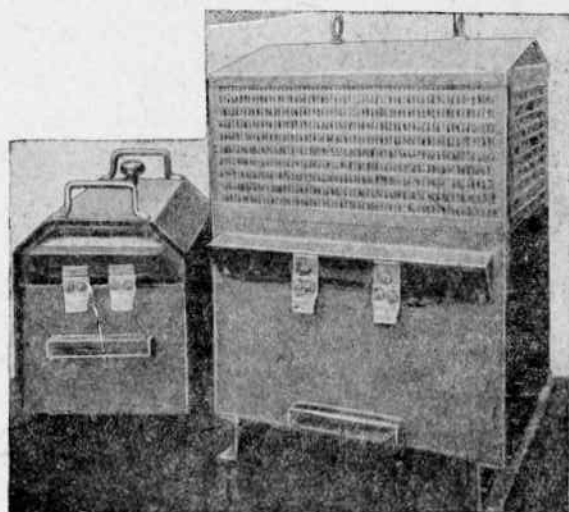
Направление конца электрода по шву осуществляется копир-аппаратом, который состоит из двух роликов (фиг. 56), катящихся по разделке шва. Ролики прижимаются к шву при помощи пружин. Сварочная головка и направляющие ролики укреплены в жесткой обойме, которая подвешена при помощи шарнирного болта. Поэтому головка может наклоняться в плоскости, перпендикулярной к направлению сварки. Установка конца электрода по шву производится до начала сварки. Во время сварки нельзя регулировать положение электрода, так как место сварки закрыто флюсом. Положение катушки с электродной проволокой оказывает большое влияние на точность передвижения конца электрода по шву. Надо стремиться к тому, чтобы катушка находилась в вертикальной плоскости шва и проволока не перекашивалась.

В качестве источника сварочного тока лучше всего пользоваться мощным сварочным трансформатором. При отсутствии такового, можно включить параллельно два и больше трансформаторов СТ-23 или СТ-32.

Согласно Постановлению № 2609 для скоростной сварки под флюсом, завод „Электрик“ начал изготавливать специальные трансформаторы на 1000 а. Первоначально завод спроектировал такой трансформатор с водяным охлаждением; он отличается небольшими габаритными размерами и сравнительно небольшим расходом меди. Однако, считаясь с возможностью производства сварочных работ на морозе, что на практике часто бывает, завод сконструировал и начал выпускать сварочные трансформаторы на 1000 а с обычным воздушным охлаждением.

Трансформаторы типа ТС-150-8 предназначены для питания переменным током до 1500 а сварочной дуги при автоматической сварке под флюсом, при частоте тока 50 герц и температуре окружающего воздуха не выше $+35^{\circ}$ (фиг. 55). неотъемлемой принадлежностью трансформатора является реактор-регулятор типа РСТЭ-53 для плавной регулировки сварочного тока и создания падающей характеристики сварочного трансформатора.

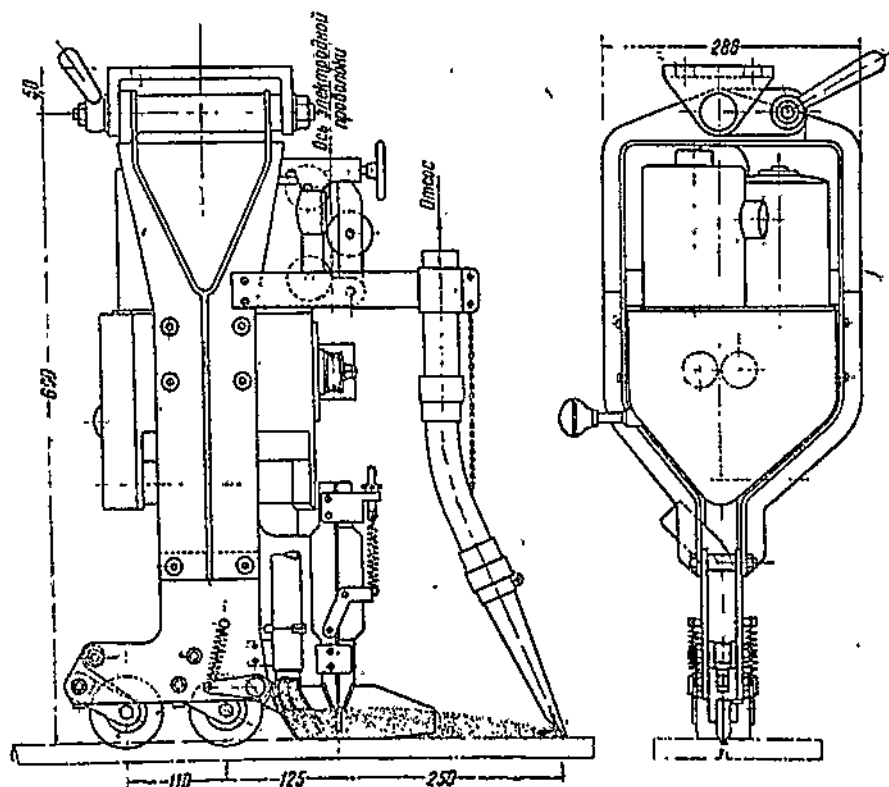
Охлаждение трансформатора и регулятора — естественное воздушное.



Фиг. 55. Сварочный трансформатор на 1000 а.

Каждый трансформатор выполняется только на одно первичное напряжение или 220 в, или 380 в, или 500 в, указанное на марке трансформатора. На иное сетевое напряжение нельзя включать трансформатор.

Номинальное вторичное напряжение трансформатора — 65 в при холостом ходе. При таком вторичном напряжении и токе в 1000 а мощность трансформатора 65 кВа.



Фиг. 56. Крепление головки.

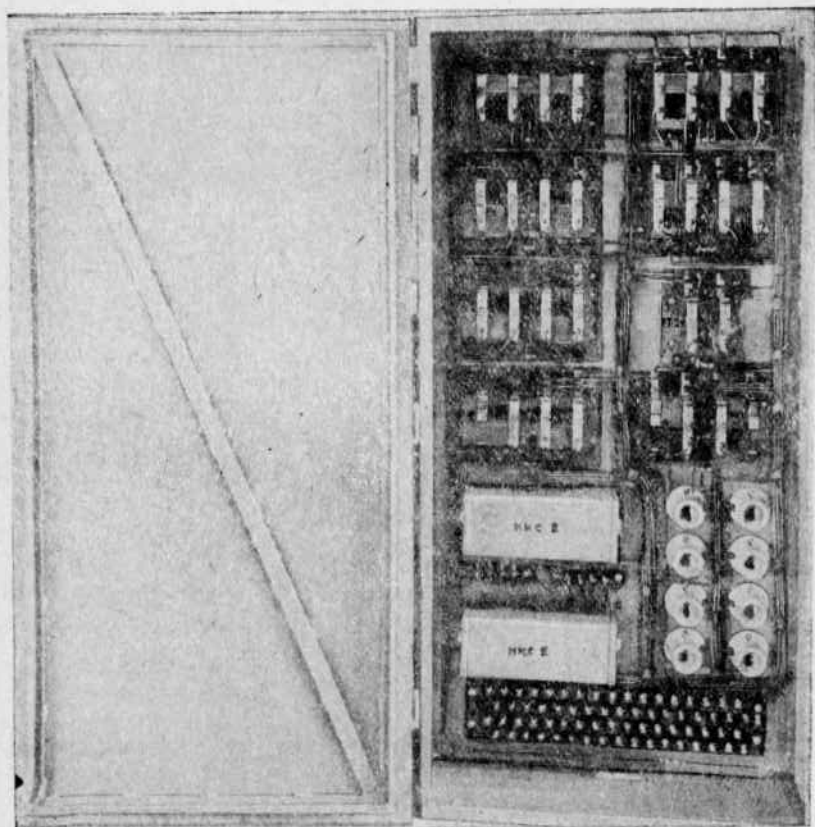
Трансформатор и регулятор, общий вид которых дан на фиг. 55, выполнены для стационарных установок. Они имеют естественное воздушное охлаждение через отверстия в кожухе, который защищает трансформатор и регулятор от дождя. На длинных сторонах трансформатор имеет две доски с зажимами: одну — для первичной цепи, другую — для вторичной. Регулятор имеет одну доску с зажимами.

Регулятор тока имеет рукоятку, вращающую ходовой винт, для перемещения подвижной части сердечника. При вращении рукоятки по часовой стрелке, сварочный ток увеличивается; при обратном вращении — уменьшается. Ходовой винт всегда должен быть завернут до упора.

Ходовым и стопорным винтами надо пользоваться следующим

образом. Чтобы увеличить сварочный ток, надо отжать стопорный винт, сделать нужное число оборотов рукояткой по часовой стрелке, затем зажать опять стопорный винт и после этого снова повернуть ходовой винт по часовой стрелке.

Вес трансформатора составляет около 408 кг, а вес регулятора около 183 кг.



Фиг. 57. Аппаратный ящик.

Пусковая и регулировочная аппаратура, блокирующая движение тележки и работу сварочной головки, помещается в аппаратном ящике и на пульте управления.

В аппаратном ящике (фиг. 57) находятся:

- а) магнитные пускатели, предназначенные для пуска асинхронных моторов, пылесоса ДУРГ и маршевого хода;
- б) реле тока, предназначенное для синхронизации включения рабочей скорости с моментом зажигания дуги;
- в) дифференциальное реле, предназначенное для блокирования пусковой кнопки и предохраняющее электрод от примерзания в момент выключения головки;
- г) реле напряжения, предназначенное для включения моторов сварочной головки при нажатии кнопки пуска;

д) купроксные выпрямители, служащие для выпрямления тока, питающего обмотку возбуждения ДУРГ и обмотку возбуждения мотора постоянного тока на сварочной головке.

На пульте управления помещаются (фиг. 58):

а) кнопки для пуска и остановки сварочной головки;

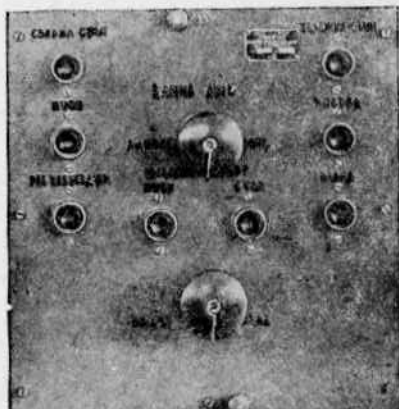
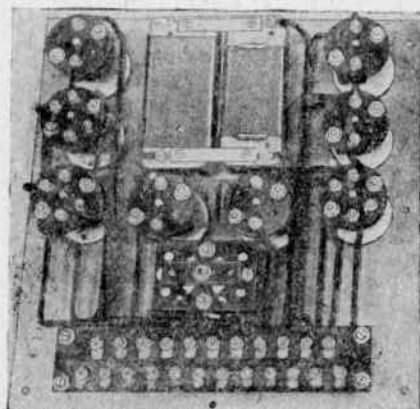
б) кнопки для пуска и остановки моторов ДУРГ и пылесоса;

в) кнопки для пуска реверса и остановки мотора маршевого хода;

г) кнопки для включения муфты рабочего хода без горения дуги;

д) реостат, предназначенный для регулирования напряжения дуги;

е) переключатели для реверса моторов рабочего хода.



Фиг. 58. Пульт управления.

Аппаратура для флюса состоит из бункера с циклоном и трубой, подающей флюс к месту сварки, из приспособления для удержания флюса и из отсасывающего устройства.

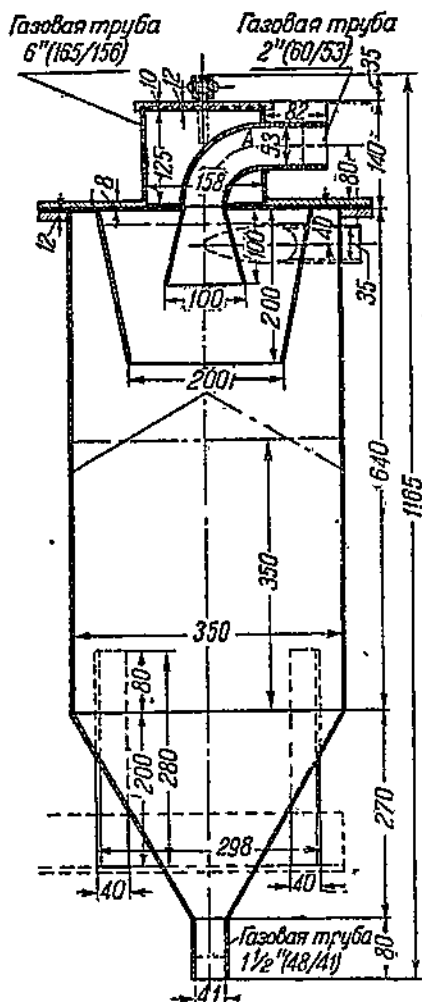
Из бункера, расположенного над сварочной головкой, по вертикальной трубе или шлангу флюс подается к месту сварки. Чтобы флюс не рассыпался широким слоем на поверхности будущего шва, флюс высыпается в коробочку (фиг. 56), имеющую три металлических стенки. Коробочка крепится к обойме сварочной головки и движется вместе с ней, скользя по поверхности свариваемого изделия. В коробочку входит конец трубы, подающей флюс, устроенный в виде патрубка с заслонкой, при помощи которой можно регулировать и остановить подачу флюса. Из патрубка флюс ссыпается в коробочку и от рассыпания удерживается щеками. Более сложные приспособления, применяемые для удержания флюса при сварке швов, в особенности угловых, рассмотрены в § 6.

Бункер для флюса укреплен над сварочной головкой на высоте 1 м. При более низком расположении бункера, гидростатическое давление флюса может оказаться меньше, чем давле-

ние вакуума в бункере, вследствие чего флюс не будет высыпаться из бункера. Бункер, сваренный из листа толщиной 3 мм (фиг. 59), имеет верхнюю цилиндрическую часть, в которой устроен циклон-сепаратор, и нижнюю коническую часть, из которой через трубу или шланг флюс подается к месту сварки. В бункере помещается 60 кг флюса, обеспечивающие сварку в течение 8 час.

Отсасывающее устройство (фиг. 60). Флюс, использованный при сварке, подается обратно в бункер при помощи отсасывающего устройства, состоящего: 1) из вертикальной трубы, диаметром 40 мм, которая в нижнем конце загибается и имеет наконечник в виде лопатки, отсасывающей флюс; верхний конец этой трубы пропущен в бункер под самой крышкой; 2) из циклона (фиг. 61), который расположен в верхнем конце бункера и состоит из кольцевого листа толщиной 1,5 мм, загнутого по усеченному конусу и приваренного к крышке бункера; 3) из трубы диаметром 53 мм с конусообразной воронкой, отсасывающей очищенный воздух из циклона и бункера; 4) из центробежного вентилятора высокого давления с большим числом оборотов (электропылесос), приводимого в действие электромотором.

Устройство для отсоса флюса работает так: под действием вентилятора (экстаустера) в вертикальной трубе, в бункере, в циклоне и в трубе А создается разрежение, которое должно быть не менее 300 мм вод. ст. Через отсасывающую трубу флюс попадает в бункер. Вследствие резкого перехода от малого сечения трубы к большому сечению бункера, при выходе из трубы скорость движения флюса мгновенно понижается, отчего его крупные части сразу же падают в бункер. Отделение мелких частей, находящихся во взвешенном состоянии, происходит благодаря тому, что струя смеси воздуха и мелких частей флюса, выходя из верхнего конца отсасывающей трубы, попадает в кольцевидное пространство между наружной стенкой бункера



Фиг. 59. Бункер для флюса.

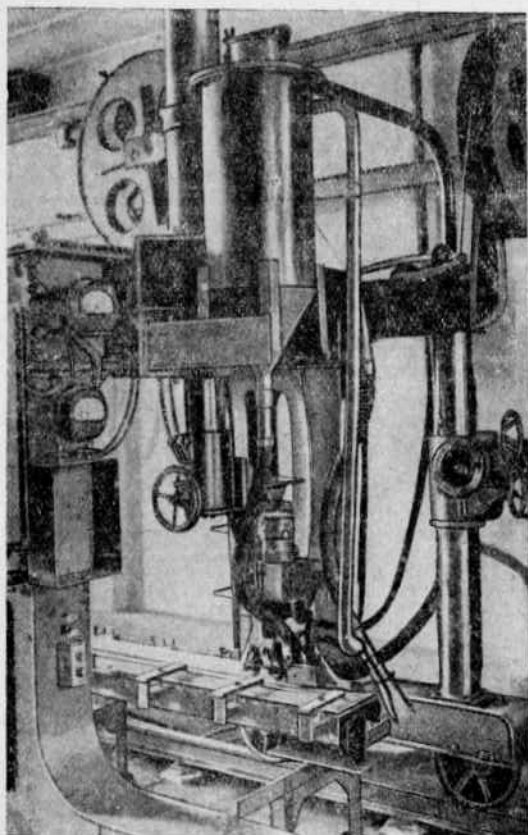
и листом циклона, где создается круговое движение воздуха, нисходящее по спирали; при этом взвешенные мелкие части флюса отделяются и падают в бункер. На уровне нижнего края листа воздух успевает очиститься от мелких частиц флюса и попадает во внутреннее пространство циклона, откуда он увлекается в трубу С, которая должна иметь диаметр, больший, чем всасывающая труба А. По трубе С очищенный воздух поступает

в вентилятор и выбрасывается наружу.

Для надежного отсоса неиспользованного флюса необходимо, чтобы разрежение внутри бункера было не менее 300 мм вод. ст. Кроме того, производительность пылесоса должна обеспечить в отсасывающей трубе скорость в 1,3—1,4 раза большую, чем скорость витания частиц флюса, которая по произведенным измерениям составляет 12 м/сек. На работу отсасывающего устройства большое влияние оказывают следующие условия: форма отсасывающего наконечника (лопатки), наклон наконечника к поверхности свариваемого листа и зазоры между наконечником и поверхностью листа.

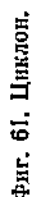
Пылесос. Разрежение в бункере, необходимое для отсасывания неиспользованного флюса, можно создать двумя путями: подключением бункера к магистрали, находящейся под разрежением, или подключением бункера к специальному агрегату, устанавливаемому на сварочном станке.

Первоначально в качестве такого агрегата мы пользовались громоздкой установкой, состоящей из вентилятора высокого давления системы Косточкина, приводимого в действие электромотором. Помимо громоздкости, такая установка неудобна тем, что под действием вращающихся масс вентилятора и мотора создаются вибрации, которые в случае резонанса могут раскачать мощную коробчатую балку высотой 500 мм и пролетом 17 м.



Фиг. 60. Аппаратура портала Института Электросварки.

пленным на корпусе крылаток. Такой электропылесос, установленный на бункере, создает в бункере вполне достаточное разрежение для отсоса флюса на высоту до 3,5 м. Согласно Постановлению № 2609 такие пылесосы сконструировали и вы-



пускают заводы — „Красный маяк“ в Ярославле и „Электросила“ в Ленинграде.

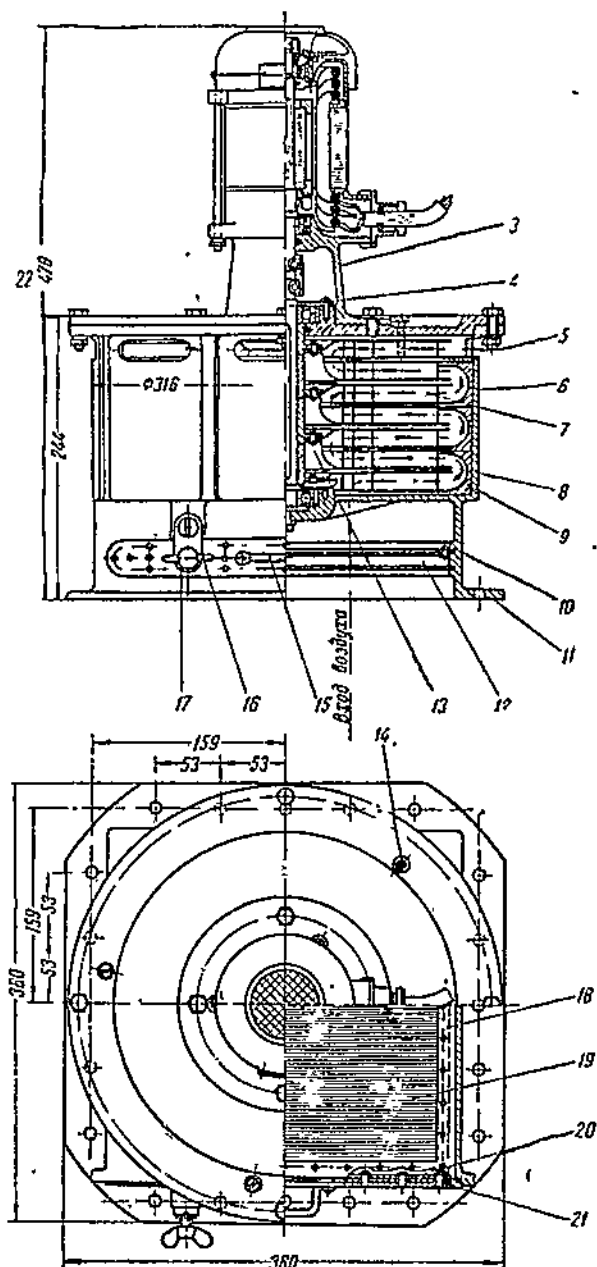
Сравнительные испытания этих пылесосов показали, что они имеют одинаковую производительность, однако в их конструкции имеется большая разница.

Пылесос завода „Красный маяк“ (фиг. 62) представляет собой четырехступенчатый центробежный вентилятор, помещенный в корпусе насоса 6.

Вентилятор состоит из четырех вращающихся крылаток, насаженных на вал насоса 4, и трех неподвижных направляющих крылаток 8, посаженных в корпусе насоса. Для уменьшения потерь внутри вентилятора, распорные кольца 9 имеют кольцевые направляющие канавки, а вращающиеся крылатки 8 специальные чашки 13.

Входные отверстия 10 расположены в нижней торцевой части корпуса 6, а выходные отверстия 5 по окружности в верхней части корпуса 6.

Насос приводится во вращение при помощи вынесенного наверх трехфазного короткозамкнутого электродвигателя на 2930 об/мин. Вал насоса соединяется с валом электродвигателя при помощи муфты 3



Фиг. 62. Пылесос завода „Красный маяк“.

на шариках. Это позволяет снимать электродвигатель без разборки насоса.

Электродвигатель закрытого типа с наружным обдувом, имеет мощность на валу 0,3 *квт*, при продолжительном режиме работы. Обмотка статора электродвигателя пропитана влагостойким лаком и покрыта серой эмалью. Из электродвигателя в выводную коробку выведено шесть концов для возможности переключения обмотки с 220 *в* на 380 *в*, без разборки электродвигателя.

В нижней части насоса помещается кассета с фильтром 19.

Направление вращения вентиляторов насоса должно быть против часовой стрелки (смотреть сверху). При неправильном вращении снижается производительность и увеличивается шум.

Сборка и разборка насоса. Для разборки насоса, следует отнять мотор 1, снять верхнюю крышку насоса 22 и вынуть поочередно вращающиеся и неподвижные крылатки и распорные кольца, складывая их в порядке. Для вынимания крылаток и распорных колец никакого инструмента не требуется. Сборка насоса производится в обратном порядке, при этом нельзя перемешивать диски и кольца между собой.

После надевания и закрепления крышки насоса 22, три стопорных винта 14 должны быть поджаты. Собранный насос должен легко вращаться от руки. При разборках насоса следует проверять, не запылены ли крылатки; при наличии пыли, крылатки следует продуть сжатым воздухом или очистить мягкой щеткой.

Устройство фильтра и его очистка. Матерчатый фильтр 19 помещается в нижней части корпуса насоса 6. Конструкция фильтра предусматривает возможность: 1) либо вынимать фильтр без подкладки под него пылеудерживающего листа, 2) либо с подкладкой такого листа. В первом случае, для выемки фильтра, требуется отжать барашки 16, повернуть вверх пластинки 17, и, после остановки мотора, выдвинуть кассету с фильтром за рукоятку 15. При этом часть пыли с фильтра может упасть в бункер.

Во втором случае винты 20, крепящие рамку фильтра к передней планке кассеты, должны быть вывернуты. Для очистки фильтра следует, не останавливая электродвигателя, отнять переднюю планку кассеты 21 за ручку 15 и заложить под фильтр железный лист в прорези 12. После этого нужно остановить электродвигатель, вынуть кассету с фильтром и затем железный лист.

Признаком засоренности фильтра является уменьшение производительности насоса или перебой в работе.

Монтаж. При монтаже следует придерживаться следующих правил:

а) Всасывающий трубопровод должен быть возможно прямым и коротким; при этом резиновый шланг должен иметь минимальную длину.

б) Внутренняя поверхность труб и шланга должна быть гладкой. Внутренний диаметр труб должен быть 33—35 *мм*.

в) Количество стыков в трубопроводе должно быть минимальным, стыки труб между собой и с резиновым шлангом должны быть так выполнены, чтобы на пути всасываемого флюса не было никаких выступов. Все стыки должны быть достаточно плотными. В стыке насоса с бункером обязательно должно быть проложено резиновое уплотнение.

Пылесос поднимает флюс на высоту до 3,2 м и имеет максимальную производительность, равную 290 кг флюса в час. При разных ширинах и высотах насыпанного слоя флюса, при испытаниях пылесос показал следующую производительность:

Пылесос завода „Электросила“ имеет только одну крылатку. На ее корпусе смонтирован коллекторный мотор на 6000 об/мин. Фильтра не имеется. Простота конструкции пылесоса достигнута за счет при-

Насыпанный слой флюса имеет		Скорость перемещения мушкетера м/час	Производительность пылесоса кг флюса в час
ширину мм	высоту мм		
65	70	25	185
65	50	45	234
65	60	45	286
120	30	45	263

менения быстроходного коллекторного мотора и отсутствия фильтра, что следует отнести к недостаткам этого пылесоса.

Коллекторный мотор требует внимательного ухода и периодической переточки коллектора. Кроме того, быстроходность мотора действует разрушительно на конструкцию пылесоса. Ввиду невозможности обойтись без фильтра, у выходного отверстия, надо достроить фильтр в виде отдельного агрегата или выходное отверстие закрыть мешком для улавливания пыли. В отношении производимого шума, пылесос завода „Электросила“ также уступает пылесосу завода „Красный маяк.“

Ввиду указанных недостатков пылесоса завода „Электросила“ предпочтения заслуживает пылесос завода „Красный маяк.“

§ 12. СТАНКИ ДЛЯ СКОРОСТНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ¹

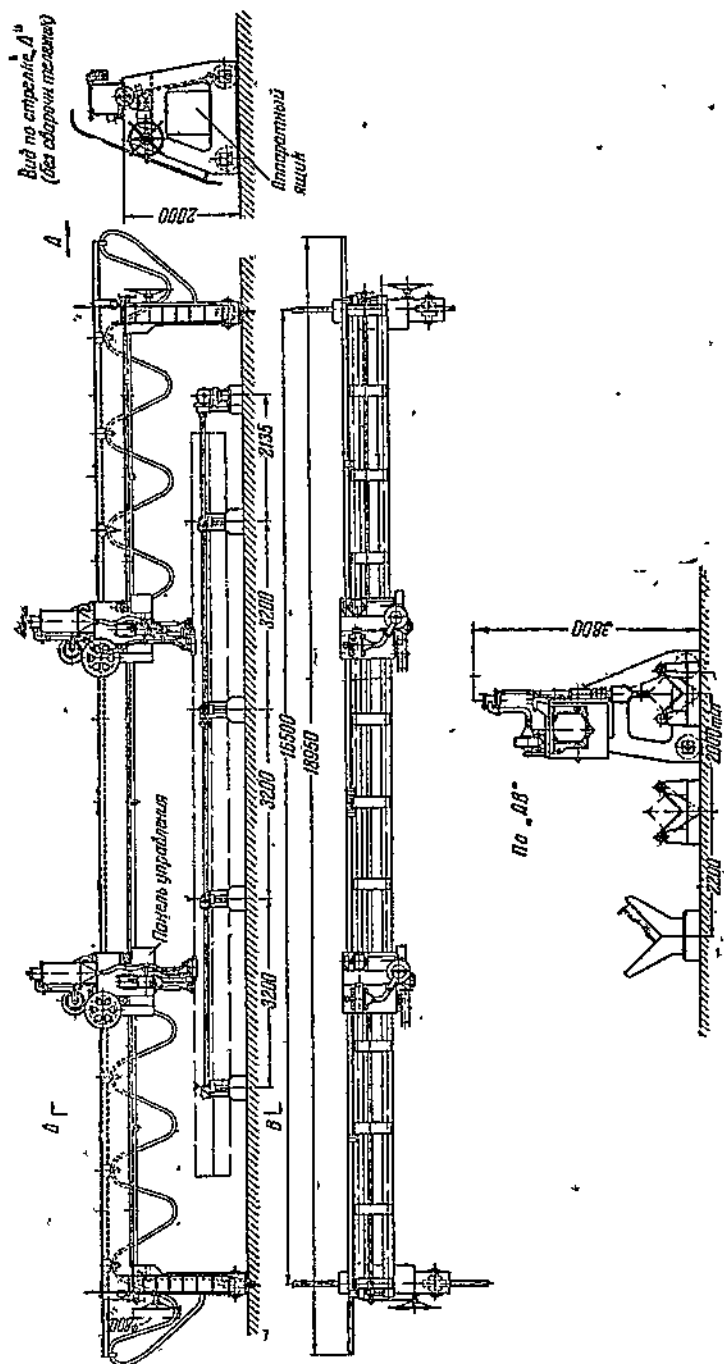
В зависимости от типа свариваемых швов, станки для скоростной автоматической сварки можно разделить на четыре группы: 1) станки для сварки прямолинейных швов (в основном балок), 2) станки для сварки как прямых, так и круговых швов, т. е. в основном котлов и труб, 3) карусельные станки для сварки круговых швов в горизонтальной плоскости и 4) универсальные станки для сварки всех видов швов.

I группа. Станки для сварки балок с прямыми швами

Пример. Установка для сварки трубчатых элементов длиной до 13 м ферм Киевского моста, построенная на заводе им. Молотова в Днепропетровске, состоит из длинного портала и двух кантователей (фиг. 63).

Установка имеет три параллельно расположенных рабочих места; два из них снабжены цепными кантователями, на которых

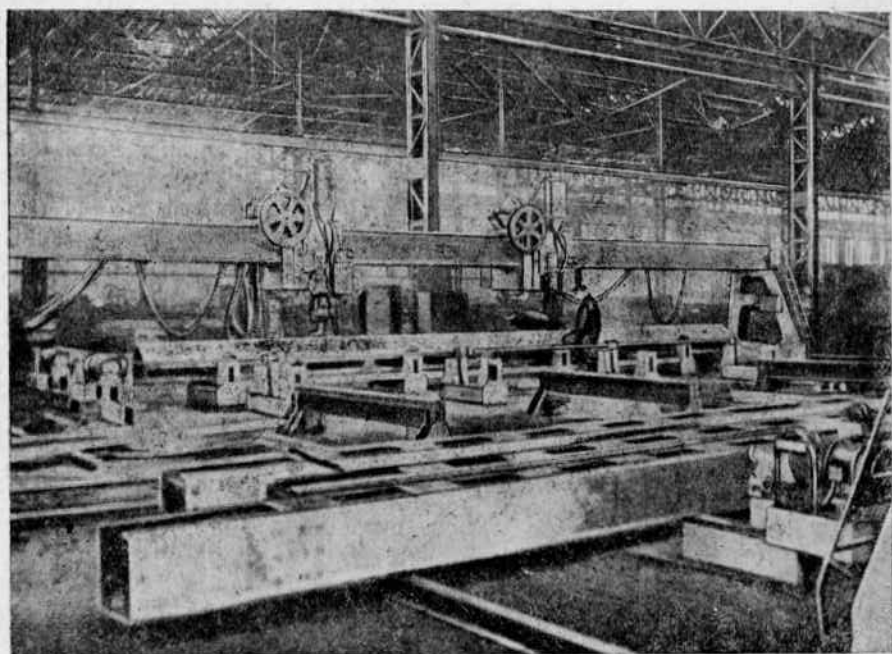
¹ См. брошюру: Патон, Установки для автоматической сварки балок, 1941.



Фиг. 63. Портал завода им. Молотова.

укладываются свариваемые коробчатые элементы поясов. Третье рабочее место устроено в виде стеллажа для сварки двутавровых балок в наклонном положении. Сварка производится двумя головками, подвешенными к двум самоходным тележкам. Обе тележки передвигаются по продольной балке, которая является ригелем портала. Портал можно перекачивать от одного рабочего места к другому, независимо от числа рабочих мест (фиг. 64).

Чтобы повысить коэффициент использования сварочных головок, т. е. уменьшить их простои, предложен такой порядок работ: пока производится сварка на одном рабочем месте, на



Фиг. 64. Установка на заводе им. Молотова.

другом готовится следующая балка. При этом вспомогательные операции сварщика сводятся к передвигке портала на следующее рабочее место и к установке свариваемой балки в положение лодочки. Обе эти операции механизированы и осуществляются нажатием пусковых кнопок.

Портал оборудован двумя самоходными тележками, которые везут две сварочные головки и движутся по рельсам, уложенным на ригеле портала (фиг. 65). Каждая тележка везет: 1) сварочную головку, 2) катушку с проволокой, 3) бункер для флюса, 4) мотор с вентилятором для отсоса неиспользованного флюса, 5) механизм движения тележки и 6) щит управления.

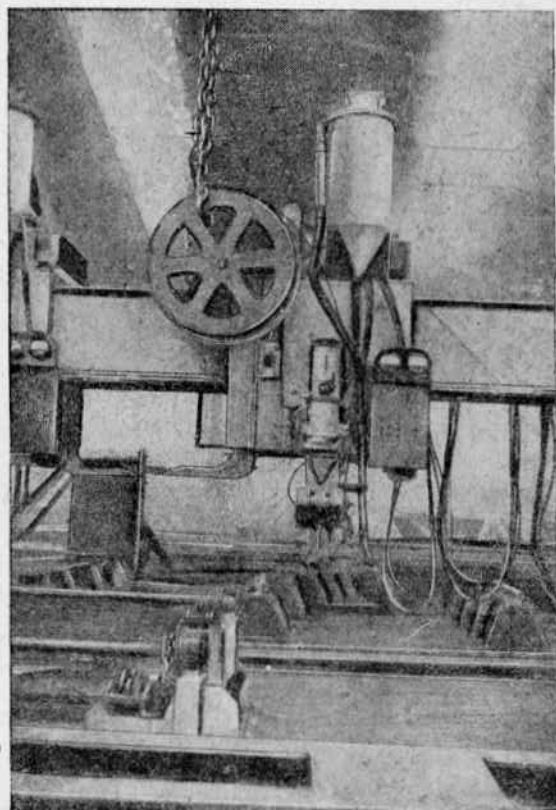
На кантователь можно уложить либо одну длинную балку (до 13 м), либо две коротких балки (до 6,5 м). При двух балках каждая головка варит свою балку. При длинной балке

сварку ее продольных швов двумя головками можно производить одним из следующих трех способов: 1) головки одновременно движутся от концов к середине балки, сближаясь между собой; 2) головки движутся от середины к концам балки, удаляясь друг от друга; 3) головки движутся в одном направлении, причем первая головка варит от левого конца балки до середины, а вторая головка от середины до правого конца балки.

Здесь каждая головка варит одну половину балки. При порче одной головки, вторая головка может пройти балку по всей ее длине. Возможна одновременная сварка двух параллельных швов, расположенных на небольшом взаимном расстоянии. В этом случае головки движутся одна за другой. Скорость сварки от 27 до 70 м/час.

Подвод тока к тележкам осуществляется при помощи гибких шланговых проводов, подвешенных к кошкам монорельса в виде складывающейся гирлянды. Монорельс прикреплен к ригелю портала параллельно рельсам для тележек. Подвод тока к механизму движения портала осуществляется при помощи гибких кабелей, длиной по 4—5 м.

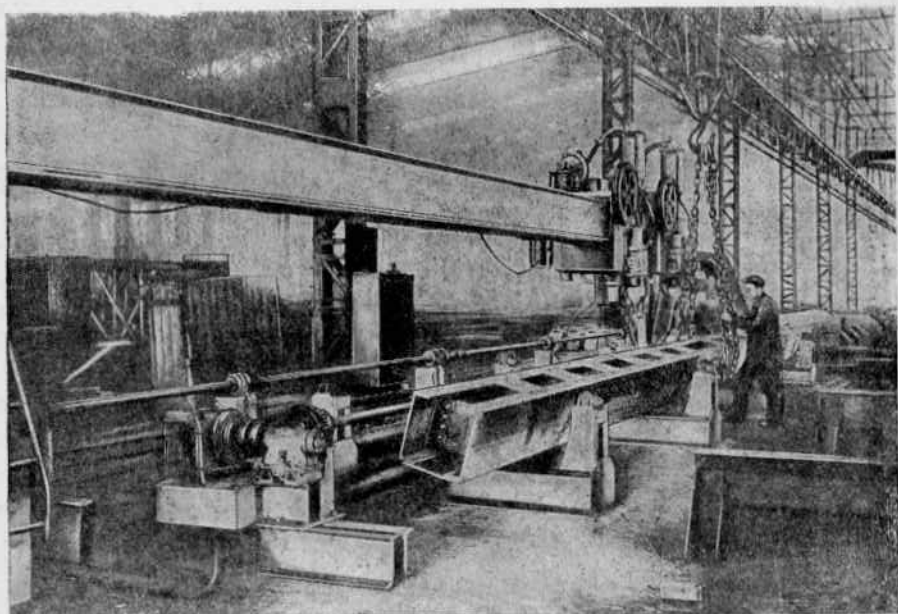
Цепной кантователь (фиг. 66) для балок коробчатого сечения 440×440 мм, длиной 13 м и весом 5 т. Кантователь имеет четыре опоры. Наверху каждой опоры укреплена ведущая звездочка и холостая звездочка, а внизу опоры укреплен холостой блок калиброванной цепи. Ведущие цепные звездочки закреплены на общем ведущем валу. Через обе звездочки и блок перекинута бесконечная калиброванная цепь кранового типа. На цепь укладывается кантуемая балка. При вращении вала с ведущими звездочками, цепь приходит в движение и вращает лежащую на ней балку. Для вращения вала с ведущими звездочками служит механизм, состоящий из мотора трехфазного тока,



Фиг. 65. Тележка с головкой станка на заводе им. Молотова.

мощностью 2,7 л. с., червячного редуктора и пары цилиндрических зубчатых колес.

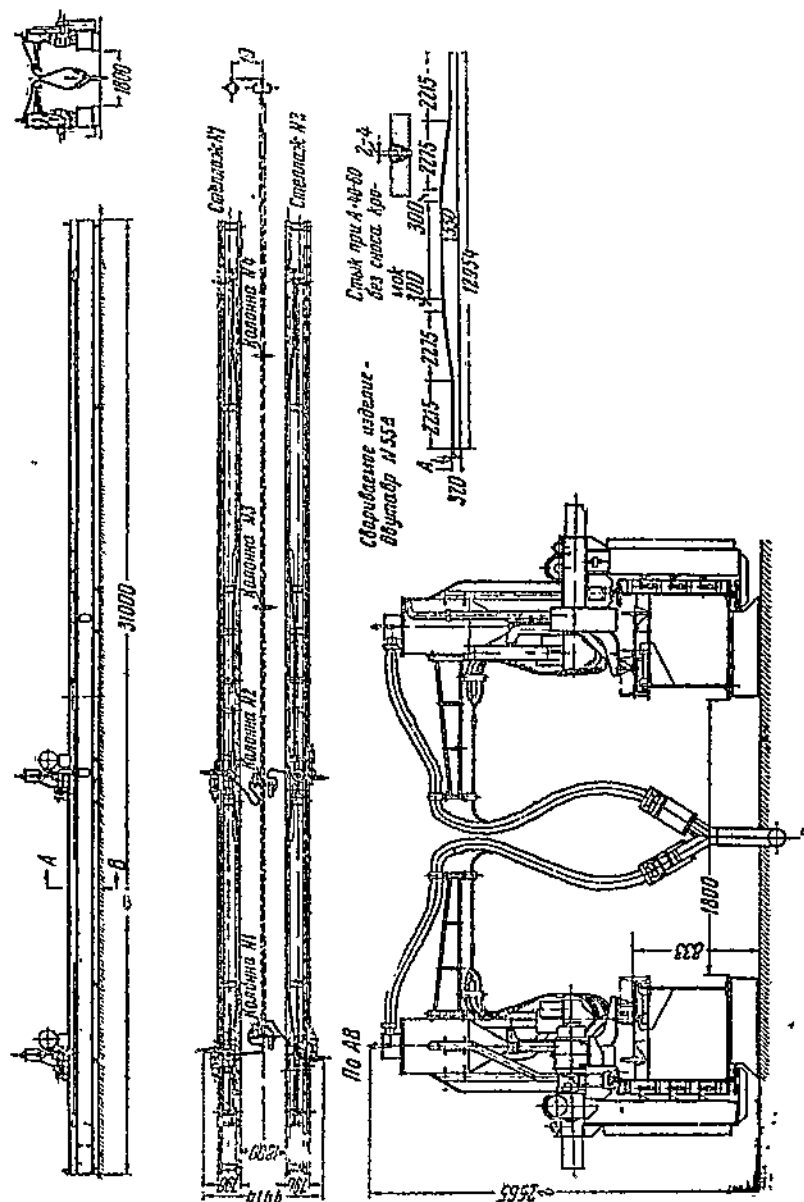
Чтобы цепь не соскочила с блоков, вращение последних производится в таком направлении, дабы нижняя ветвь цепи была ведущей. Кантовка тяжелой балки на 360° продолжается 24 сек. Легкие балки кантуются быстрее. Конструкция кантователя не обеспечивает параллельности между свариваемой балкой и осью пути, по которому движутся тележки. Однако благодаря шарнирному креплению головок и наличию копирных роликов, катящихся по разделке шва, указанная непараллельность не повлечет за собой отклонения дуги в сторону от оси шва.



Фиг. 66. Кантователь цепной.

II пример. Установка на Уралвагонзаводе с четырьмя рабочими местами для сварки скошенных концов двутавровых балок ж.-д. платформ (фиг. 67). Одновременно производится сварка двух балок четырьмя сварочными головками. Расположение четырех рабочих мест показано на фиг. 68. Две тележки со сварочными головками перемещаются вдоль мест I и II, а другие две тележки — вдоль мест III и IV. В то время, когда на рабочих местах I и III происходит сварка двух балок, две другие балки, предварительно собранные на прихватках, укладываются и подготавливаются на рабочих местах II и IV. По окончании сварки на местах I и III, все четыре сварочных головки перегоняются на места II и IV, и т. д. Все четыре головки обслуживаются двумя сварщиками. Каждый сварщик, находясь между двумя балками, обслуживает две головки, работающие на одноименных концах двух смежных балок.

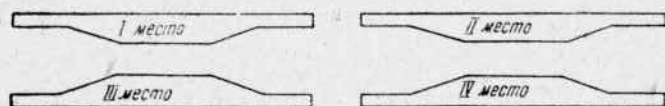
Установка, спроектированная для автоматической сварки голым электродом под слоем флюса, состоит из двух параллельно расположенных стеллажей длиной по 31 м, четырех самоходных тележек со сварочными головками. Посередине между



Фиг. 67. Общий вид установки Уралвагонзавода.

обоими стеллажами уложен отсасывающий воздухопровод, создающий вакуум в бункерах и в трубах, отсасывающих флюс. Вдоль воздухопровода устроены четыре колонки для подключения труб, идущих к тележкам со сварочными головками.

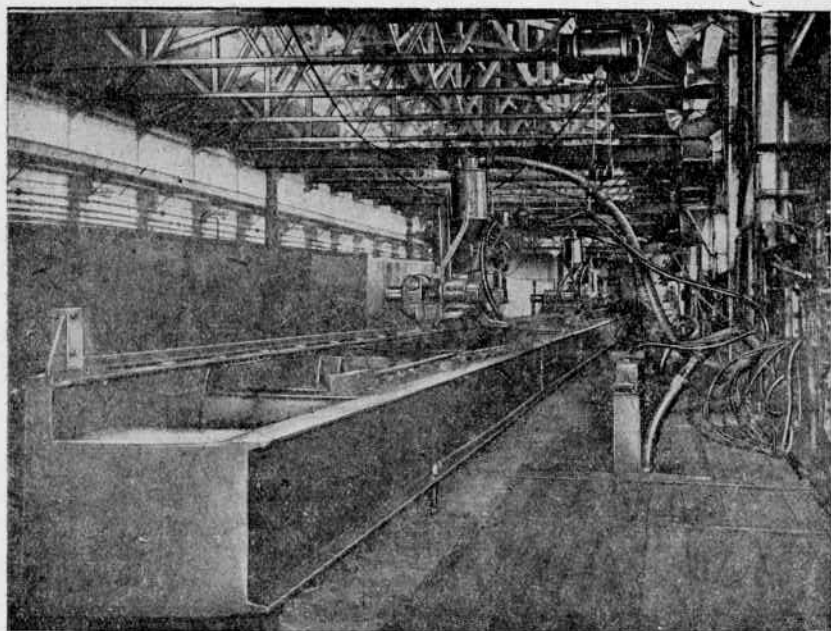
Около колонок смонтированы розетки для подключения проводов, питающих ток сварочные головки и моторы тележек. Колонки и розетки расположены по середине длины швов на концах балок, с тем, чтобы длина проводов и шлангов получилась минимальной. Таким образом значительно сокращается



Фиг. 68. Расположение четырех рабочих мест установки Урал-вагонзавода.

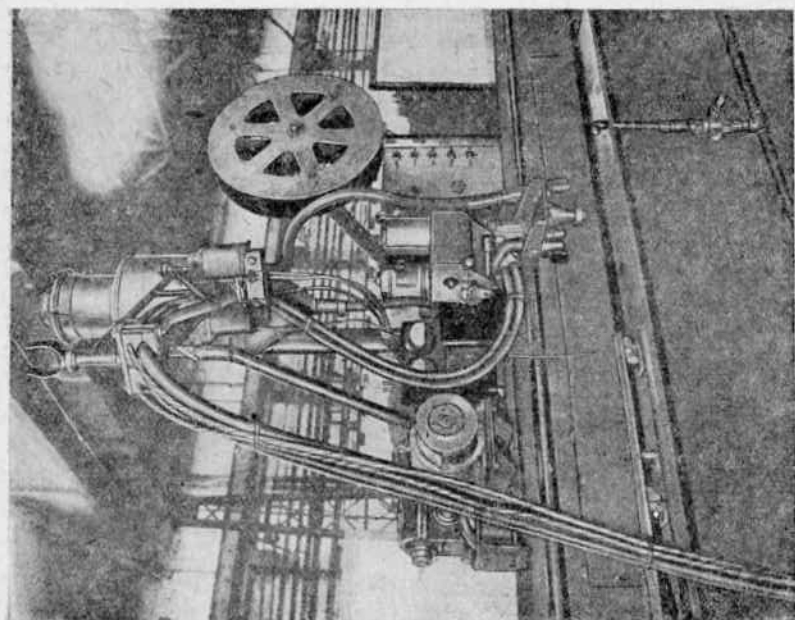
длина электропроводов и шлангов для воздуха, а при переходе тележек с одного рабочего места на другое, не приходится тянуть за собой провод и шланги.

Сварочные трансформаторы и отсасывающий вентилятор с мотором помещены в стороне от установки так, чтобы они не загромождали рабочих мест.

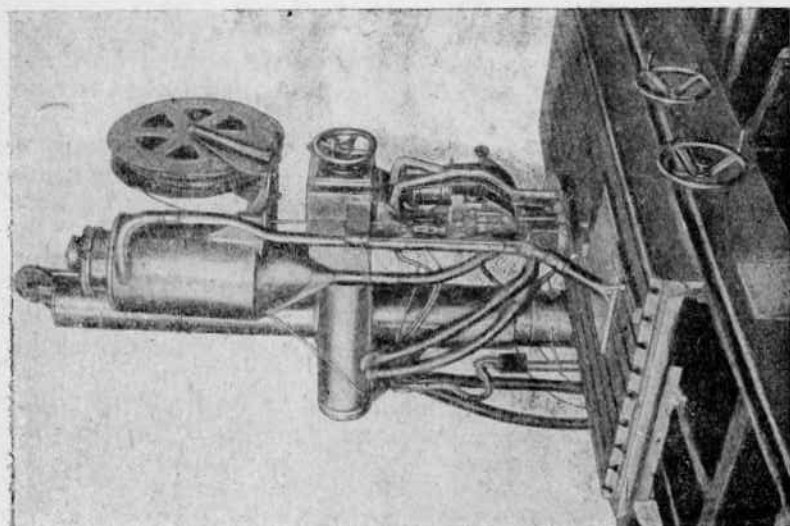


Фиг. 69. Общий вид станка Калининского завода.

Стеллажи. Каждый стеллаж состоит из трех секций, для удобства изготовления, монтажа и транспортировки. Длина стеллажа 31 м, ширина 0,75 м и высота 1 м до головки верхнего пути. Секции стеллажей изготавливаются из прокатных двутавров № 55а и швеллеров № 20. На верхней и нижней полках



Фиг. 70. Телеска станка Калининского завода.



Фиг. 71. Станок лабораторного типа.

высокой балки стеллажа укреплены рельсы, по которым движутся тележки. На каждом стеллаже размещены две группы фиксаторов для двух балок. Сварка под слоем флюса производится на медных подкладках, поэтому на каждом стеллаже уложено четыре ряда подкладок, которые поджимаются к балкам посредством сжатого воздуха или воды, находящейся под напором 1,5—2 ат.

Тележки. Каждый стеллаж снабжен двумя тележками со сварочными головками (фиг. 70). Ходовые части тележек приняты по типу велосипедных кранов. Основную нагрузку несет верхний рельс, а нижний рельс является направляющим. Приводной бегунок тележки получает вращение от двух моторов переменного и постоянного тока через двухчервячный редуктор с электромагнитной муфтой, которая позволяет плавную регулировку рабочей скорости от 25 до 60 м/час и переключение рабочего хода на холостой.

Сварочная головка (фиг. 70) крепится на подвижном копирном устройстве, направляющем электрод по шву. На копирном устройстве укреплен катушка с электродной проволокой. Копирное устройство имеет ролик, прижимающийся к балке под действием груза, тянущего копир по ходовым роликам на шарикоподшипниках.

На тележке укреплен бункер-сепаратор для флюса. Из бункера по трубе флюс подается к месту сварки. Неиспользованный в процессе сварки флюс отсасывается обратно в бункер. Отсасывающий шланг, кабель сварочного тока и провода к моторам тележки, идущие от колонок к тележке, поддерживаются кронштейном 5, который прикреплен к тележке и при ее движении поворачивается.

На передней стороне тележки подвешены пусковые реостаты и панель управления, состоящая из кнопок и реостатов, включающих, выключающих и регулирующих работу электрочасти тележки. Все рукоятки, для управления тележкой и сварочной головкой, расположены в легко доступных местах.

Производительность установки получается из следующего расчета, при котором скорость сварки стыкового шва в один проход принята 30 м в час, или 1 м в 2 мин.

Четырьмя головками в двух балках одновременно производится сварка четырех швов длиной по 4,8 м.

Время, потребное на полную сварку двух балок, составляет 2 мин. $\times 4,8 = 9,6$ мин.

Время на вспомогательные операции по наладке, пуску и прочим принимаем равным 4,4 мин.

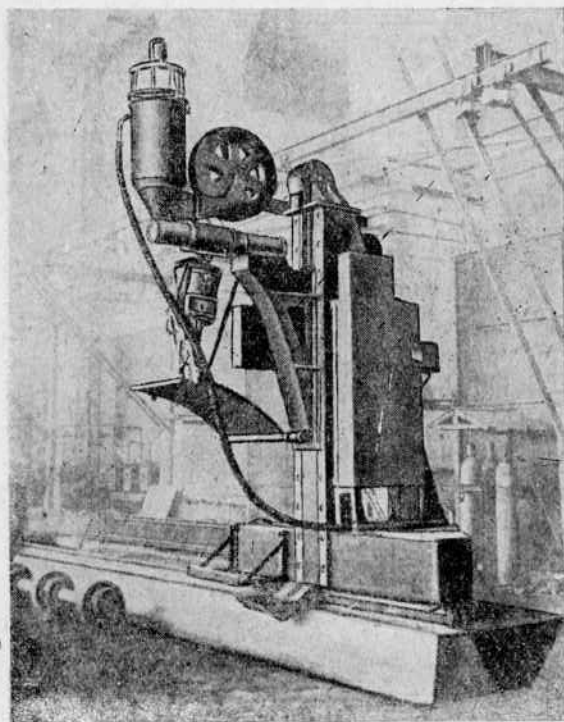
Итого на сварку двух балок четырьмя автоматами требуется 14 мин.

Следовательно, за восьмичасовую смену, или за 475 мин., можно сварить $475:14 \approx 34$ пары, или 68 балок, при работе четырьмя головками.

III пример. Станок на Калининском вагонном заводе с двумя рабочими местами для сварки скошенных концов двутавровых балок ж.-д. платформ (фиг. 69). От описанной во II примере уста-

дующей балки. На фиг. 69 дан общий вид установки, а на фиг. 70 показана отдельно тележка со сварочной головкой и необходимой аппаратурой. За восьмичасовую смену на этой установке можно сварить около 30 балок при работе двумя головками.

IV пример (фиг. 71). Станок типа продольно-строгального станка для сварки прямолинейных швов, построенный в сварочной лаборатории ЦНИИТМАШ. К неподвижной колонне укреплен небольшая консоль, которая несет сварочную головку, бункер, катушку для проволоки и прочую аппаратуру. Свариваемое изделие лежит на плите, которая самоходом перемещается вперед и назад с разными скоростями, достигающими до 45 м/час.



Фиг. 73. Станок Подольского завода.

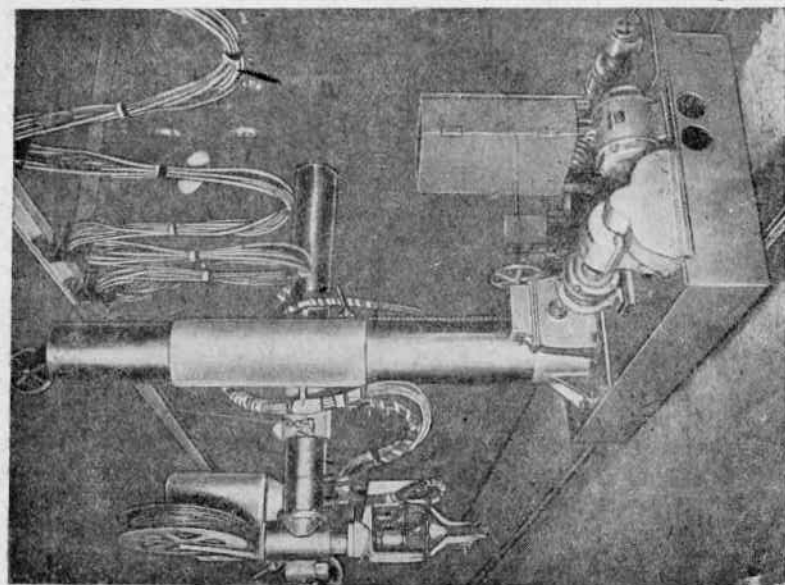
перечных балках, уложенных на двух продольных балках, заделанных в фундамент. На поперечных балках установлено два ряда роликов. Ролики одного ряда, насаженные на общий вал, являются ведущими. Второй ряд состоит из отдельных холостых роликов, которые переставляются в зависимости от диаметра барабана. Вал ведущих роликов вращается с разными скоростями, нужными для сварки.

Сварочная тележка, перемещающаяся вдоль станда, имеет платформу, установленную на двух рельсах, и несущую вертикальную стойку с подкосом (фиг. 73). На стойке укреплен направляющая, по которой перемещается кронштейн, несущий на своем консольном вылете сварочную головку с катушкой и

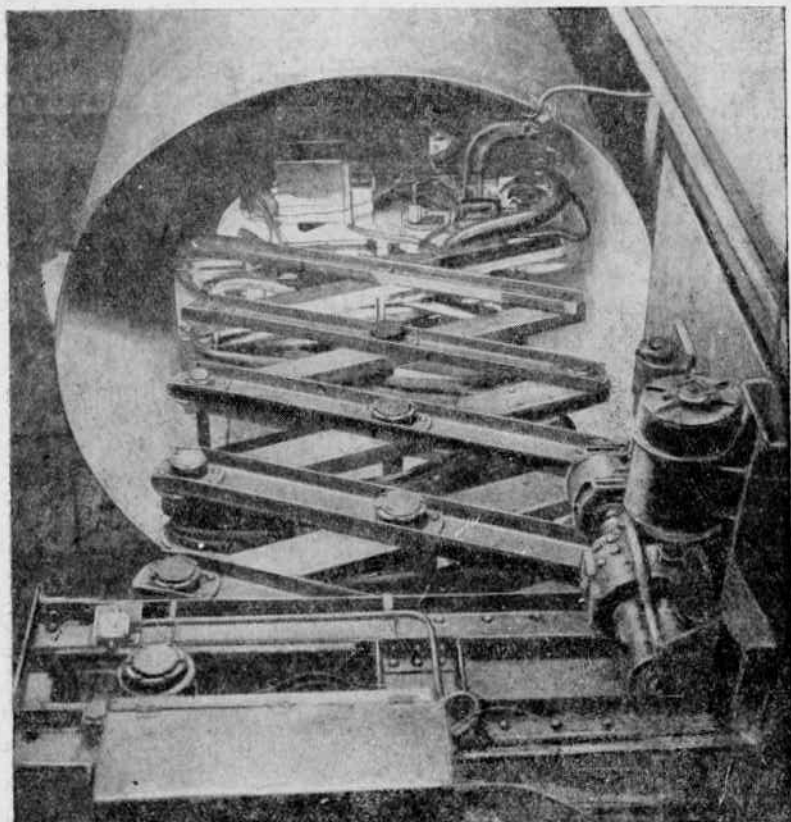
II группа. Станки для сварки котлов и труб продольными и круговыми швами

V пример. Установка завода им. Орджоникидзе в Подольске для скоростной сварки продольных и круговых швов барабанов диаметром до 2000 мм и длиной до 10 м (фиг. 72). Установка состоит из роликового станда и самоходной сварочной тележки.

Роликовый станд смонтирован на по-



Фиг. 74. Станок Харьковского завода.

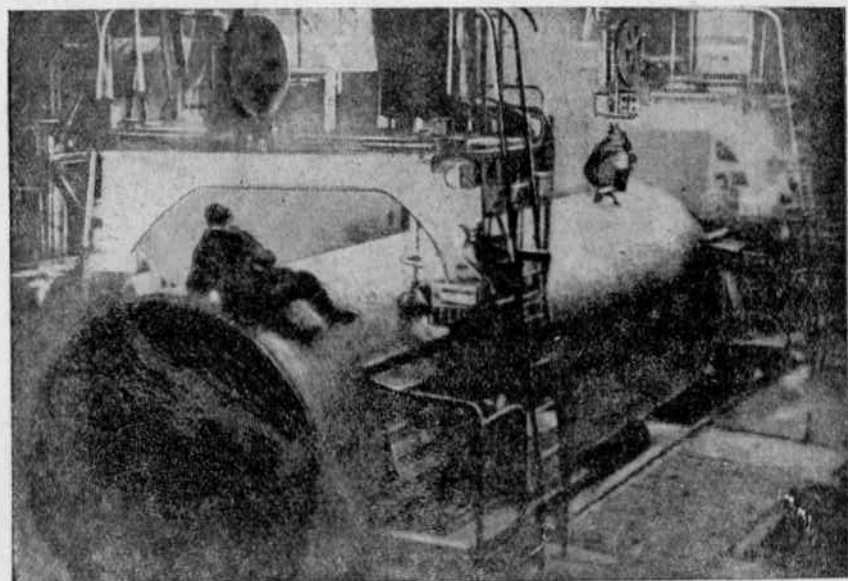


Фиг. 75. Станок завода „Красный Профингир“ с выдвижной консолью для сварки швов внутри цистерн.

бункером для флюса. На тележке предусмотрено рабочее место для сварщика. При сварке круговых швов, тележка стоит на месте, а барабан вращается на роликовом стенде. При сварке продольных швов, барабан неподвижен, а тележка движется вдоль стенда. Сварочная головка вместе с катушкой может вращаться вокруг вертикальной оси на 90° .

На фиг. 74 дан фотоснимок станка того же глагольного типа, построенного на одном из Харьковских заводов.

VI пример (фиг. 75). Станок завода „Красный Профинтерн“ с выдвижной консолью для сварки швов внутри цистерн диаметром 2,8 м. Для сварки внутреннего кругового шва, консоль

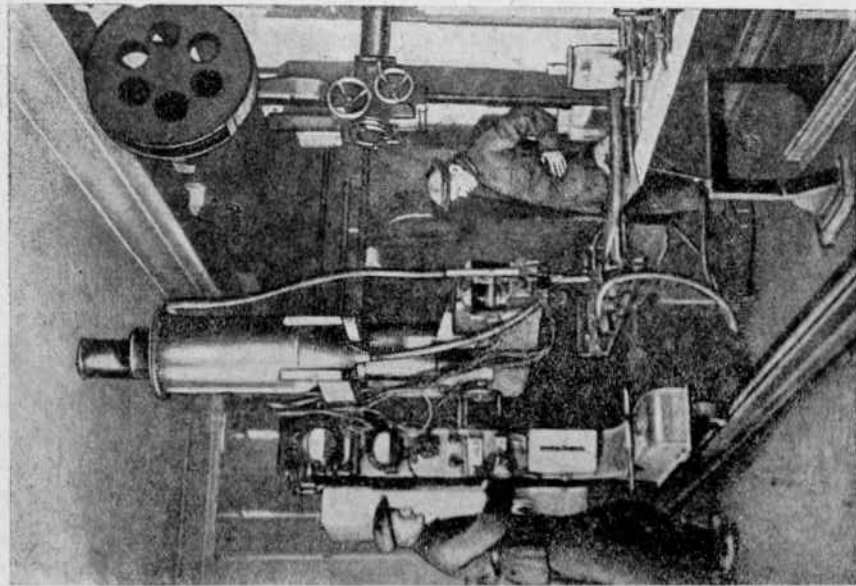


Фиг. 76. Портал завода „Красный Профинтерн“.

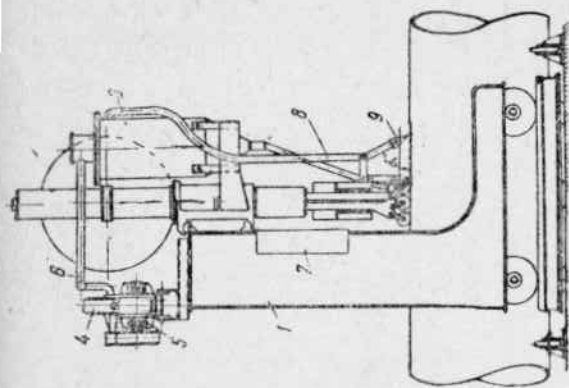
выдвигается внутрь барабана и электрод устанавливается над швом, после чего барабан начинает вращаться на роликовом стенде. При сварке внутреннего продольного шва, барабан стоит на месте, а сварочная головка, укрепленная на конце консоли, движется вдоль шва.

До вставки днищ, барабаны большого диаметра до 3 м из листов небольшой толщины имеют ничтожную жесткость, дают осадку более 100 мм и раскачиваются под действием боковых сил. Это обстоятельство затрудняет сварку круговых швов снаружи, которая производится на вершине вращающегося котла. В этом случае внутренняя сварка заслуживает предпочтения, так как она производится внизу по оси роликового стенда, на жестком основании и независимо от деформаций барабана.

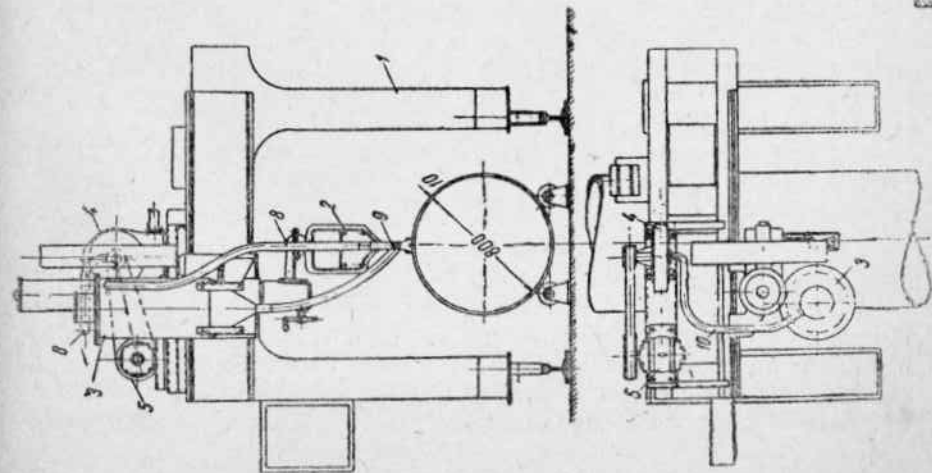
VII пример. Наружная сварка котла цистерны со вставленными днищами при помощи портала. Фотоснимок, изображен-



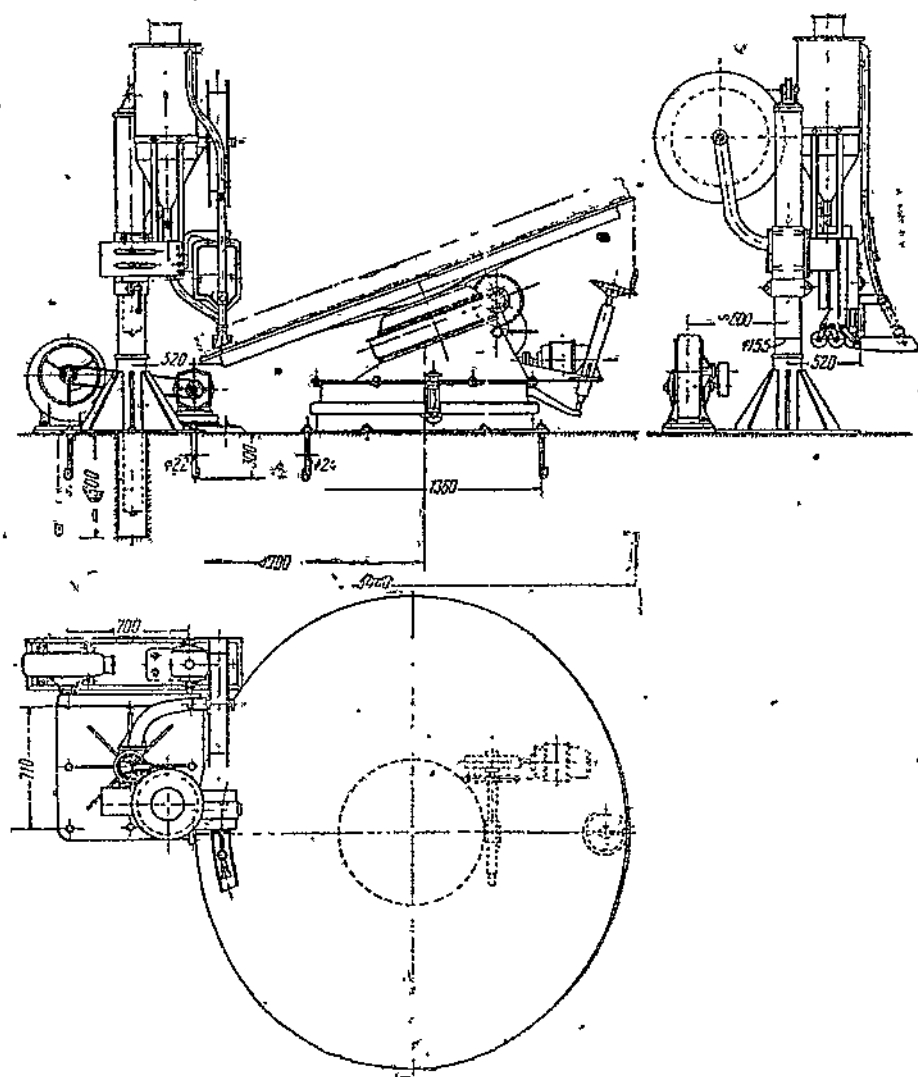
Фиг. 78. Портал Института Электросварки.



Фиг. 77. Портал Института Электросварки.

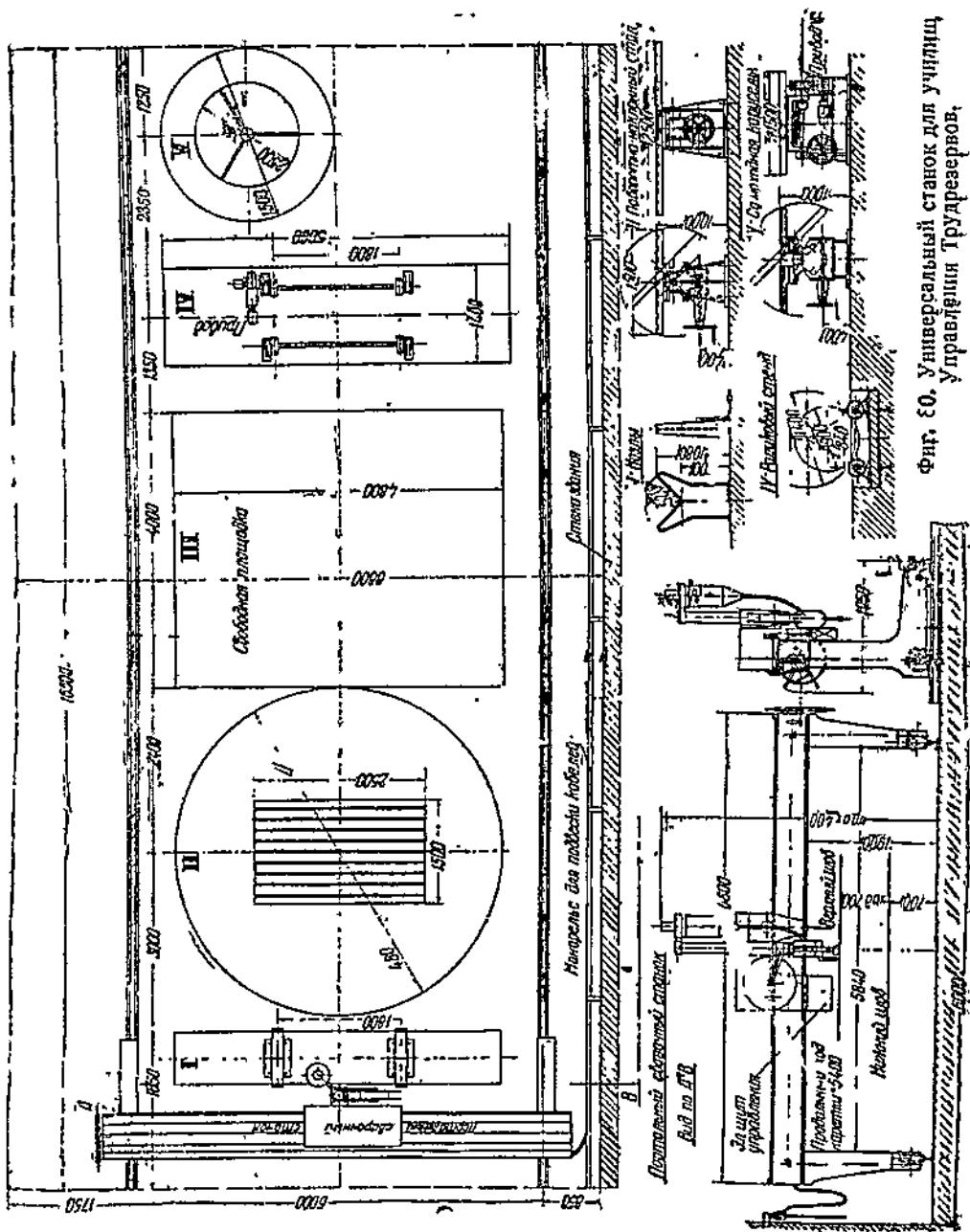


ный на фиг. 76, сделан на заводе „Красный Профинтерн“. При сварке кругового шва портал со сварочной головкой стоит на месте, а котел, установленный на роликах, медленно поворачивается. При сварке продольного шва, котел не движется, а портал с головкой самоходом продвигается вдоль шва.



Фиг. 79. Карусельный станок.

VIII пример (фиг. 77). Сварка барабана диаметром 800 мм на портале Института Электросварки. При сварке кругового шва, портал с подвешенной к нему головкой стоит на месте, а вращается барабан. При сварке продольного шва, барабан неподвижен, а портал движется вдоль шва. Рабочая скорость пор-



Фиг. 80. Универсальный станок для учащихся
управления Трудрезервов.

тала может изменяться в пределах от 30 до 80 м/час. Скорость при холостом ходе портала равна 125 м/час. На фиг. 78 показана вся сварочная аппаратура, состоящая: 1) из сварочной головки, 2) бункера с циклоном и трубой, подающей флюс к месту сварки, 3) пылесоса на бункере с трубой, отсасывающей флюс, 4) аппаратного ящика с коммутационной аппаратурой.

III группа. Карусельные станки для сварки круговых швов в горизонтальной и наклонной плоскости

IX пример (фиг. 79). Карусельный станок для приварки колец к днищам цилиндрических сосудов. Станок состоит из неподвижно заделанной колонны с подвешенной к ней головкой и всей сварочной аппаратурой и вращающейся планшайбой. Угловые швы для крепления колец к днищу приходится приваривать в положении лодочки. Для этой цели планшайбу устанавливают наклонно и в таком положении вращают с рабочей скоростью. При установке конца электрода на шов, головку и всю сварочную аппаратуру можно опускать или поднимать по колонне. Эти перемещения облегчаются противовесом, подвешенным внутри колонны.

IV группа. Универсальные установки для сварки всех видов швов

Для сварки единичных и притом разнотипных изделий, индивидуальные станки экономически себя не оправдывают. В таких случаях рекомендуется устройство кабины, с рядом рабочих мест, оборудованных манипуляторами, планшайбами, роликовыми стендами, стеллажами и пр., позволяющими производить сварку всевозможных швов, т. е. прямых и круглых швов в горизонтальной, вертикальной и наклонной плоскостях. Все рабочие места обслуживаются одной и той же сварочной головкой, которая смонтирована на самоходном портале или велосипедном кране так, чтобы сварочную головку можно было не только подать в любое место кабины, но передвигать с рабочей скоростью как в продольном, так и в поперечном направлении.

На фиг. 80 изображена кабина с пятью рабочими местами, обслуживаемыми порталом, пролетом 5,84 м. Рабочие места имеют такое оборудование:

Место I имеет козлы для укладки балок в наклонном положении при сварке угловых швов в лодочку.

Место II имеет манипулятор в виде плиты размером 2500×1500 мм, допускающей поворот вручную относительно вертикальной оси, а также наклонение относительно горизонтальной оси при помощи ручного механизма.

Место III представляет площадку для сборки и сварки секций из листов и набора.

Место IV имеет роликовый стенд для вращения котла или обечайки в горизонтальном или наклонном положении.

Место V имеет самоходную карусель, т. е. круглую планшайбу, которая может вращаться в горизонтальной и в наклонной плоскостях.

Портал, несущий головку и сварочную аппаратуру, по рельсовому пути, уложенному вдоль кабины, может самоходом передвигаться с рабочей и маршевой скоростью. Тележка, несущая головку и всю сварочную аппаратуру, может самоходом передвигаться по ригелю портала с рабочей или маршевой скоростью. При сварке продольных швов, портал самоходом передвигается по рельсовому пути, уложенному на полу. При сварке поперечных швов, по ригелю портала передвигается самоходная тележка с головкой.

Перечень проектов станков для сварки под флюсом, выполненных в Институте Электросварки и в ЦНИИТМАШ

№ проекта	Тип станка	Область применения
I. Станки для сварки балок		
Р-64 Инст. Эл.	Продольный портал для сварки элементов Киевского моста	Сварка балок составных, таврового, двутаврового, или коробчатого профиля. Длина балок до 14 м. Размеры тавров и двутавров: высота до 800 мм, ширина до 250 мм. Коробчатые профили размером до 450 × 450 мм
Р-77 Инст. Эл.	Станок с двумя тележками для сварки хребтовых балок гондол	Сварка продольных швов балок длиной до 14 м. Предельные размеры профиля для тавров и двутавров: высота до 800 мм, ширина до 300 мм. Коробчатый профиль до 600 × 600 мм
Р-84 Инст. Эл.	Трактор для сварки балок в положении лодочки	Сварка трактором угловых швов балок таврового и двутаврового профиля. Длина до 14 м, высота профиля до 1500 мм, ширина 400 мм
1365 ЦНИИТМАШ	Трактор для сварки листов встык	Установка тракторного типа для сварки стыковых швов. Движение по рельсу. Скорость сварки 10—100 м/час с плавной механической регулировкой

II. Станки для сварки цилиндрических сосудов

Р-69 Инст. Эл.	Станок по принципу продольно-строгального станка. Самоходная платформа с роликовым стендом	Сварка продольных и круговых швов цистерн и цилиндрических сосудов. Диаметр 1300—2900 мм. Длина до 9000 мм. Вес изделия до 9 т. Скорость сварки от 15 до 70 м/час
-------------------	--	---

№ проекта	Тип стаяка	Область применения
Р-71 Инст. Эл.	Неподвижный роликовый стенд, вдоль которого движется тележка с колонной, несущей сварочную аппаратуру	Сварка продольных и круговых швов котлов и цилиндрических сосудов. Диаметр 800—2000 мм; длина до 10 м. Вес изделия до 20 т; скорость сварки 8—44 м/час
Р-73 Инст. Эл.	Сварочная аппаратура, укрепления на неподвижной колонне. Роликовый стенд на самоходной платформе	Сварка продольных и круговых швов котлов и цилиндрических сосудов. Диаметр 750—1550 мм; длина до 6 м. Вес изделия до 2,5 т; скорость сварки 22—58 м/час
Р-76 Инст. Эл.	Для Пензенского завода	Сварка продольных и круговых швов котлов и цилиндрических сосудов. Диаметр 750—1300 мм; длина до 3 м. Вес изделия до 1,0 т. Скорость сварки 27—80 м/час
Р-82 Инст. Эл.	Стационарный роликовый стенд, вдоль которого самоходом движется тележка по типу велосипедного крана	Сварка продольных и круговых швов котлов. Диаметр 750—3000 мм; длина до 15 м. Вес котла до 70 т. Скорость сварки 5—45 м/час
Р-87 Инст. Эл.	Для Пензенского завода	Сварка продольных и круговых швов котлов и цилиндрических сосудов на наклоняющемся роликовом стенде. Диаметр 750—1300 мм; длина до 3 м. Вес изделия до 1000 кг, скорость сварки от 26 до 80 м/час
1349 ЦНИИТМАШ	По типу радиально-сверлильного станка	Сварка круговых швов диаметром 1000 мм. Изделие крепится в центрах. Скорость сварки 30—80 м/час, с интервалами через каждые 5 м
1363, ЦНИИТМАШ	Станок для сварки контейнеров	Сварка круговых швов диаметром 800—1400 мм. Скорость сварки 15—90 м/час с плавной регулировкой. Тележка перемещается по неподвижному portalу вручную и механически, что позволяет варить также продольные швы. Роликовая опора может наклоняться на 45°

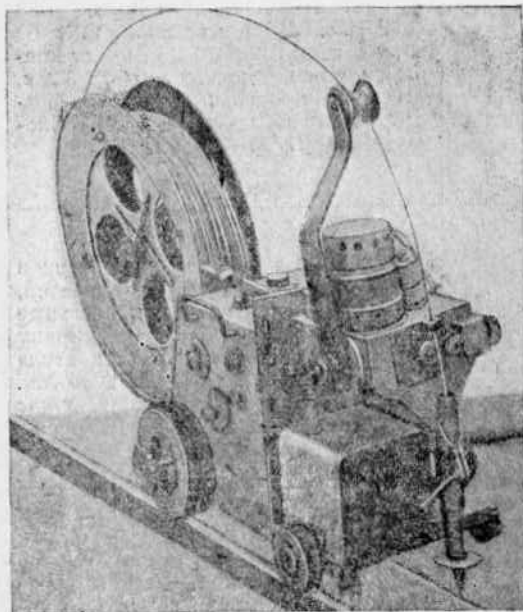
№ проекта	Тип станка	Область применения
III. Станки общего назначения		
Р-72 Инст. Эл.	Самоходная тележка с глаголом, несущим сварочную аппаратуру	Самоходная сварочная тележка с трубчатой колонной и выдвижной консолью. Высота сварного шва от пола цеха 1970—3570 мм; вылет консоли (от оси колонны) 550—1850 мм. Сварка продольных швов всевозможных громоздких изделий. Скорость сварки 15—40 м/час
Р-63 Инст. Эл.	Лабораторный станок по принципу продольно-строгального станка	Станок для автосварки образцов (прямых швов) и других изделий, имеющих следующие предельные размеры: длину до 2260 мм, ширину 1000 мм, высоту от плоскости стола 450 мм. Швы длиной до 2250 мм. Скорость сварки от 7 до 32 м/час или выше — после смены шестерен
Р-81 Инст. Эл.	Портал со сварочной аппаратурой, обслуживающий ряд рабочих мест	Универсальный сварочный станок в виде портала, пролетом 6 м со сварочной тележкой. Портал передвигается по рельсам вручную. Скорость сварки от 20 до 60 м/час

§ 13. СВАРОЧНЫЕ ТРАКТОРА

Сварочным трактором называется самоходная тележка, передвигающаяся непосредственно по свариваемому листу, по балке или по котлу. Тележка несет сварочную головку, катушку с проволокой и пр. Сварочный трактор дает возможность обойтись без сложного и дорогого станка. В случае сварки балок, котлов и труб, для установки трактора до начала сварки и для схода трактора по окончании сварки шва, необходимо устраивать площадки в обоих концах, которые должны допускать регулировку по высоте, в зависимости от меняющихся размеров балок и др. Эти площадки являются стационарными установками, так что искажается идея, положенная в основу трактора, который по существу является переносным инструментом. Меньше всего приспособлений требуют трактора для сварки листов.

Основным требованием, предъявляемым к трактору, является его малый вес; это необходимо для транспортировки с места на место. Поэтому трактор не следует загружать аппаратурой для отсоса флюса.

Переходим к рассмотрению тракторов для сварки плоских листов. В 1939 г. Институт Электросварки спроектировал, изготовил и испытал первый в Союзе сварочный трактор, предназначенный для сварки стыков обшивки плоскостных секций судового корпуса и для приварки набора к обшивке (фиг. 81).



Фиг. 81. Сварочный трактор, работавший на Киевской судовой верфи.

Тележка установлена на трех бегунках. Два из них катятся по уголку, уложенному вдоль шва, а третий бегунок катится по свариваемым листам. Тележка везет механизм движения, сварочную головку и катушку с электродной проволокой. Рабочая скорость трактора может изменяться в пределах от 8 до 55 м/час, а маршевая скорость, при установочных перемещениях, составляет 600 м/час.

Кроме сплошных швов, трактор может варить прерывистые швы, при длине шпонок от 40 до 400 мм. Сплошные швы можно варить тонко- и толстообмазанной проволокой диаметром 4 и 5 мм, а прерывистые

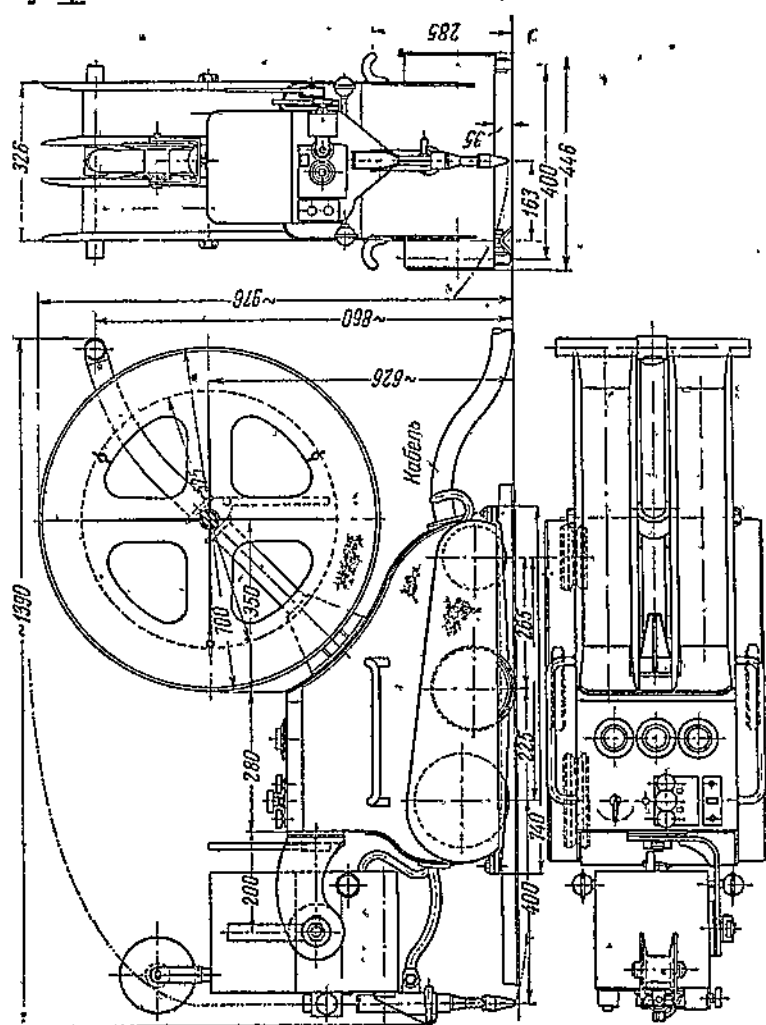
швы — только тонкообмазанной проволокой.

Вес трактора без электродной проволоки около 140 кг.

При испытании этого трактора выяснилась необходимость некоторых изменений. На основе этих данных в институте спроектирована тракторная установка промышленного типа, состоящая из самоходной тележки (трактора), аппаратного ящика и уголка, направляющего трактор вдоль шва. Тележка везет механизм движения, сварочную головку и две катушки с проволокой разного диаметра. Общий вид тракторной тележки приведен на фиг. 82.

Сварочная головка автоматически подает электродную проволоку, возбуждает дугу и во время сварки поддерживает постоянную длину дуги. Крепление головки допускает ее повороты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Поворот головки в плоскости, перпендикулярной к направлению шва, необходим для установки головки при сварке угловых швов

в лежачем и стоячем положении балки. Поворот головки в плоскости движения трактора необходим для ее наклонения в случае сварки толстообмазанной проволокой. Вместо подъема и опускания головки предусмотрен выдвижной мундштук на длину ± 50 мм.



Фиг. 82. Трактор для сварки листов обмазанной проволокой.

При передвижении трактора по горизонтальной плоскости, для направления трактора, служит уголок, сечением $40 \times 40 \times 5$ мм, уложенный параллельно шву. Если уголок уложен точно и кромки для стыкового шва имеют тщательную разделку, сварщику не приходится корректировать движение головки во время сварки. Для закрепления уголка от сдвига на него укладывают грузы.

От шва к шву трактор передвигается на холостых бегунках без направляющего уголка. Консоль, на которой укреплены

катушки для проволоки, служит рукояткой для направления трактора на холостом ходу. На корпусе трактора имеются две рукоятки, под которые подводятся бруски для переноски трактора. Если трактор надо поднять краном, его цепь крепится за те же рукоятки.

Вес трактора промышленного типа—140 кг без электродной проволоки.

Рассмотрим два примера тракторов для скоростной сварки под флюсом.

1 пример (фиг. 83). Трактор Н-48 Института Электросварки для сварки под флюсом листов толщиной до 90 мм состоит из коробки с механизмом движения, сварочной головки, бункера для флюса и катушки для голой проволоки. Чтобы не нагружать трактор пылесосом, неиспользованный флюс предположено собирать при помощи пылесоса, смонтированного на специальной тележке. Трактор имеет два ходовых колеса диаметром 200 мм и холостой бегунок того же диаметра. Ходовые колеса могут быть отключены от привода с помощью двух маховичков. Оба ходовых колеса с заостренными бандажами передвигаются по разделке шва, чем обеспечивается надежное направление трактора по шву. В случае сварки тонких листов или отсутствия разделки шва, рядом со швом укладывается рельс из двух уголков, по которым передвигаются ходовые колеса. В этом случае сварочную головку необходимо сместить с оси рельса в сторону на 100 мм, для чего служит винт с маховичком.

Скорость движения трактора во время сварки можно изменять от 5 до 70 м/час с любыми промежуточными значениями. На I ступени скорость можно изменять от 5 до 16 м/час, на II ступени—от 13 до 40 м/час и на III ступени—от 22 до 70 м/час. Для переключения ступеней скорости служит маховичок, расположенный между ходовыми колесами.

Щит управления укреплен на боковой стенке корпуса; кроме того, имеется отдельный аппаратный ящик. Трактор отличается простотой конструкции и спроектирован очень компактно, он имеет следующие габаритные размеры: высоту 1100 мм, ширину 528 мм и длину 980 мм. Ширина колеи 420 мм. Ориентировочный вес трактора без проволоки и флюса 160 кг.

II пример (фиг. 84). Трактор, спроектированный ЦНИИТМАШ для скоростной сварки под слоем флюса прямолинейных стыковых швов листов толщиной до 30 мм.

Из пояснительной записки к проекту заимствуем следующее описание. Перемещение трактора вдоль свариваемого изделия осуществляется по специальному рельсовому пути, состоящему из отдельных звеньев длиной 3—5 м, укладываемых параллельно свариваемому шву. Ширина колеи—400 мм, расстояние от наружного рельса до шва—100 мм. Точное направление головки по шву осуществляется направляющими роликами, идущими по разделке и поворачивающими головку вокруг верхнего шарнира.

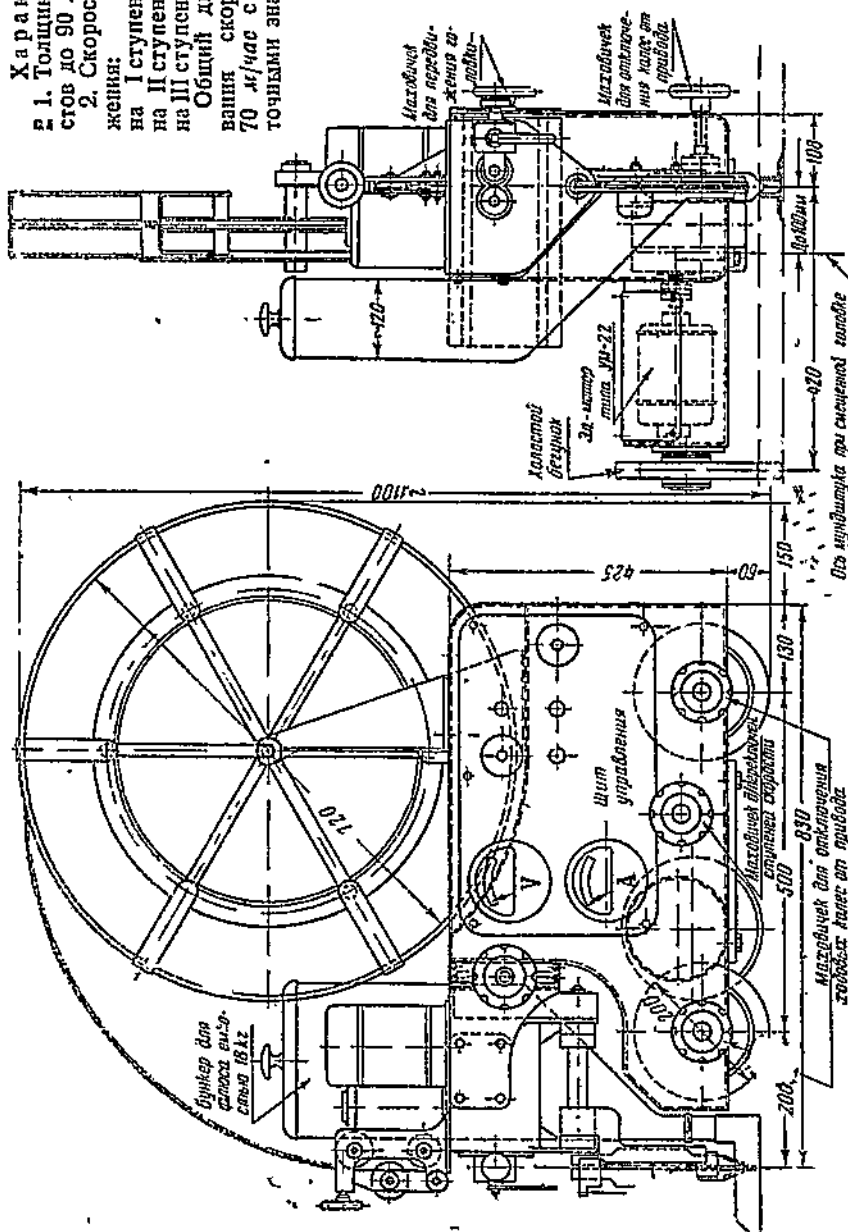
При отсутствии разделки шва направление электрода вдоль шва может достигаться точной установкой рельсового пути, при

Характеристика

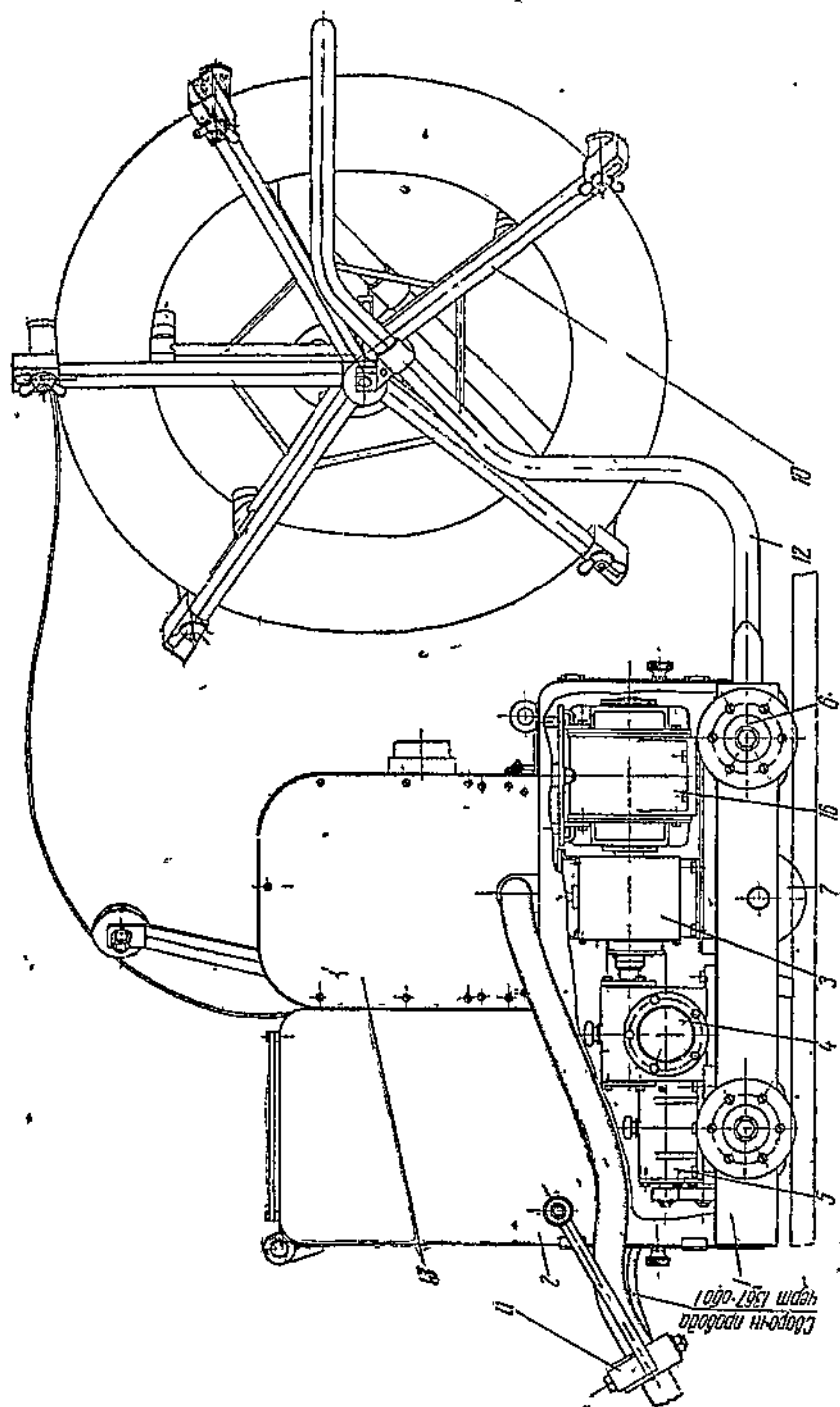
2. 1. Толщина свариваемых листов до 90 мм.
2. Скорости сварочного движения:
 - на I ступени: от 5 до 16 м/час;
 - на II ступени: от 13 до 40 м/час;
 - на III ступени: от 22 до 70 м/час.

Общий диапазон регулировки скорости от 5 до 70 м/час с любыми промежуточными значениями.

3. Орнетированный вес сварочного трактора (без проволоки и флюса) 160 кг.



Фиг. 83. Трактор Н-48 для сварки листов под флюсом.



Фиг. 84. Трактор для сварки листов под флюсом с механическим вариатором скоростей.

этом верхний шарнир подвески затягивается и свободное качание головки становится невозможным.

Для заварки начального участка шва рельсовый путь должен быть выпущен за край изделия на 150—200 мм. Концевой участок шва может быть проварен автоматом при выпуске рельсового пути за край изделия на длину около 400 мм.

Уборка флюса предусмотрена с помощью отдельной установки, состоящей из пылесоса и небольшого бункера, смонтированных на легкой тележке. Питание мотора пылесоса предусматривается через пульт управления трактора, на котором имеется, для включения пылесоса, специальная трехполюсная штепсельная розетка.

Описание электрической части установки. Все электрооборудование установки разбито на три группы агрегатов, которые размещаются:

- 1) в пункте питания сварочной установки,
- 2) в аппаратном ящике и
- 3) непосредственно на тракторе.

1. *Пункт питания* представляет собой закрытый шкаф с жестким каркасом, в котором смонтированы три сварочных трансформатора типа СТЭ-32 с соответствующими дросселями, подающими в сварочную цепь ток до 1200 а.

Трансформаторы подключены к первичной сети 380 в через рубильник, предохранители и контактор. На пункте питания, помимо этого, установлены вольтметр и трансформатор тока, соединенный с амперметром, смонтированным непосредственно на тракторе.

Пункт питания соединяется с сварочной головкой одним сварочным кабелем, состоящим из 12 проводов по 25 мм² и обратным проводом с изделием.

Помимо этого пункт питания, соединен с аппаратным ящиком пятью проводниками сечением 2,5 мм².

Пункт питания имеет четыре рыма, с помощью которых он может краном перемещаться в любое место в цехе с подключением его к ближайшему щиту, обеспечивающему мощность до 100 квт.

2. *Аппаратный ящик* представляет собой переносный железный шкаф, внутри которого смонтирована вся основная пусковая и коммутационная аппаратура.

Аппаратный ящик комплектно поставляется заводом „Транс-сигнал“. Внизу ящика установлен умформер управления мотором головки (ДУРГ).

3. *Сварочная аппаратура.* На тракторе смонтирована головка системы Института Электросварки АН УССР типа 1941 г., снабженная двумя моторами, один из которых (типа Сат) питается непосредственно от сети переменного тока 220 в, а второй (УМ-22) работает на постоянном токе с независимым возбуждением.

Мотор передвижения трактора типа И 10/4 мощностью 0,25 квт, 1420 оборотов, питается трехфазной сетью 220 в. На тракторе установлен пульт управления, на котором смонтированы пусковые кнопки для включения установки и пылесоса,

амперметр сварочного тока, вольтметр, показывающий напряжение на дуге, а также реостат, регулирующий напряжение на дуге.

На пульте управления укреплен штепсельная розетка для подключения отдельной установки пылесоса.

Кинематическая схема. Привод трактора состоит: из мотора типа И 10/4 мощностью 0,25 *квт*, 1420 об/мин, соединенного с ним бесступенчатого механического вариатора скоростей системы Светозарова с регулированием числа оборотов в сторону увеличения в пределах 2:1 и в сторону понижения в пределах 1:2,5; двухзаходного червячного редуктора с передаточным числом 1:25; пары конических шестерен с передаточным числом 1:2; пары смесных цилиндрических шестерен с передаточным числом 1:1; 1:2 и 2:1 и второго двухзаходного червячного редуктора с передаточным числом 1:16.

За счет постройки вариатора и смены шестерен общее передаточное число от мотора к задней ведущей оси трактора может меняться в пределах от 4000 до 200, обеспечивая скорость передвижения трактора от 6 до 160 *м/час*. Для заданных толщин свариваемых листов рабочие скорости нормально должны находиться в пределах 10—100 *м/час*.

Конструкция трактора. Все механизмы кинематической цепи смонтированы на жесткой сварной раме и закрыты корпусом, представляющим одно целое с бункером для флюса. Сварочная головка шарнирно подвешена к корпусу трактора на кронштейнах, приваренных к верху бункера. Направляющий механизм головки смонтирован на легких трубах, приваренных к передней и задней щекам корпуса головки. При переносе трактора с места на место направляющий механизм может поворачиваться на 90° и закрепляться в новом положении.

С катушки, установленной на двух гнездах, укрепленных хомутами на ручке трактора, проволока подается в сварочную головку через специальный натяжной ролик. Катушка трубчатой конструкции обеспечивает разжатие бухты и с помощью специальной кассеты не дает возможности проволоке расколоться в стороны. Головка и катушка, находящиеся под напряжением во время работы автомата, изолированы от корпуса трактора, ручек и механизма направляющих роликов. Для перемещения трактора с места на место предусмотрены четыре рыма для захвата краном или пропуска через них прутьев или труб при переноске трактора вручную.

Общий вес трактора без проволоки, флюса и сварочных кабелей 166 *кг*. После снятия катушки вес трактора 150 *кг*, что допускает его переноску вручную на небольшие расстояния четырьмя рабочими.

Для удобства перемещения трактора по плоским изделиям, на раме установлены два дополнительных неприводных ролика. Таким образом, при сходе с рельсового пути, трактор опирается на переднюю ось и эти два дополнительных ролика. Ведущая задняя ось трактора, жестко связанная с самотормозящими эле-

ментами кинематической цепи, приподнимается. Этим обеспечивается легкое перемещение трактора по горизонтальной плоскости и легкое его вращение вокруг вертикальной оси.

§ 14. СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ СВАРКИ

При сравнении скоростной сварки под слоем флюса с другими методами автосварки основным показателем является производительность.

Для сварки стыковых швов при разной толщине листов, в табл. 34 мы произвели сравнение производительности ручной сварки и следующих методов автосварки: 1) автосварки крестовой проволокой с покрытием АН-4, 2) сварки лежащим толстообмазанным электродом, 3) автосварки голой проволокой под слоем флюса. Производительность выражена в *лог. м* шва, сваренного за час. Производительность ручной сварки подсчитана, исходя из сечения шва и коэффициента наплавки, который для всех толщин принят 9 г/а-ч .

Производительность автосварки крестовой проволокой диаметром до 6 мм взята из экспериментальных работ Института Электросварки.

Производительность сварки лежащим электродом подсчитана, исходя из коэффициента наплавки 10 г/а-ч и сечения шва. Диаметры электродов приняты в соответствии с сечением швов. Сила тока принята равной 50 диаметрам электрода. Начиная с толщины листов 20 мм, принята рюмкообразная разделка кромок.

Данные по сварке под слоем флюса взяты из журнала „Автогенное дело“ № 5 за 1939 г. и „Elektroschweissung“ № 6 за 1939 г.

Во всех случаях производительность рассчитана на чистое машинное время, т. е. без учета времени на вспомогательные операции и в предположении, что сварка производится одной дугой. В табл. 34 для каждого способа сварки стыкового шва и для разных толщин листов указаны: форма разделки кромок, диаметр электрода, число слоев, сила тока и производительность, т. е. количество метров в час.

Для более наглядного сравнения производительности при разных методах сварки встык составлена табл. 35, в которой производительность ручной сварки принята за единицу, а для трех методов автосварки указаны отношения их производительности к ручной сварке. Во всех случаях сварка производится одной дугой.

Итак, способ сварки под слоем флюса дает во много раз большую производительность, чем остальные способы сварки.

Перейдем к сравнению методов сварки по ряду других показателей.

1. Квалификация сварщика. В этом отношении первое место занимают способы сварки лежащим и наклонным электродами, а также способ сварки под флюсом, так как эти работы

Сравнение производительности пяти методов сварки стыковых швов

Позиция листа	Ручная сварка тождественными электродами				Автосварка крестовой проволокой диаметром 6 мм				Сварка закрытым (дежащим) электродом				Автосварка горелки электродом под слоем флюса			
	Форма разделки	Диаметр электрода мм	Число слоев	Сила тока а	Производительность м/час	Форма разделки	Число слоев	Диаметр электрода мм	Сила тока а	Производительность м/час	Форма разделки	Число слоев	Диаметр электрода мм	Сила тока а	Производительность м/час	Позиция листа
5	б/р	4	1	200	9,7	б/р	1	5	300	26,2	в 60°	1	5	250	18,4	в 60°
8	в 70°	5	1	290	5,8	б/р	2	6	400	8,5	в 60°	1	8	400	11,4	в 60°
10	в 70°	5	2	290	3,9	в 60°	2	5	280	7,5	в 60°	1	10	500	9,2	в 60°
—	—	—	—	—	—	—	—	6	400	6,9	—	—	—	—	—	—
12	в 70°	6	2	350	3,3	в 60°	2	5	280	—	в 60°	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	6	400	5,5	—	—	—	—	—	—
16	в 70°	6	3	350	1,9	в 60°	3	5	280	3,8	в 60°	2	12	600	4,3	в 45°
—	—	—	—	—	—	—	—	6	400	—	—	—	—	—	—	—
20	в 70°	6	4	350	1,3	р	4	5	280	2,5	р	3	11	550	2,6	в 45°
—	—	—	—	—	—	—	—	6	400	—	—	—	—	—	—	—
30	в 70°	6	5	350	0,5	р	—	—	—	—	—	5	12	600	1,4	в 45°
40	в 70°	6	7	350	0,3	р	—	—	—	—	—	7	12	600	1,0	в 45°

Примечание. б/р — без разделки; в — разделка; р — рюмкообразная разделка.

могут выполнять неквалифицированные сварщики. Более высокой квалификации требует способ сварки крестовой проволокой. Последнее место занимает ручная сварка, требующая сварщика наиболее высокой квалификации.

Т а б л и ц а 35

Толщина листов мм	Ручная сварка	Автосварка крестовой проволокой,	Сварка лежащим электродом	Автосварка под слоем флюса
5	1	2,7	1,7	5,2
8	1	1,2	1,4	6,5
10	1	1,9	2,0	10,5
12	1	1,7	2,0	11
16	1	2,0	1,9	15
20	1	1,9	1,9	16
30	1	—	2,8	30
40	1	—	3,3	40

2. Сложность оборудования. В этом отношении первое место занимает ручная сварка, которая обходится самыми простыми приспособлениями, если не считать станков для изготовления электродов. Второе место занимают способы сварки лежащим и наклонным электродами, требующие более сложных приспособлений, не считая станков для изготовления электродов. Наиболее сложная сварочная аппаратура требуется для автосварки крестовой проволокой и под флюсом, так как, кроме сварочной головки и станка, в случае сварки крестовой проволокой, требуются станки для ее изготовления, а в случае сварки под флюсом, — аппаратура для флюса.

3. Немеханизированные вспомогательные операции. В этом отношении первое место занимает автосварка крестовой проволокой и автосварка под флюсом, так как в этих способах вполне механизированы не только процессы сварки, но и все вспомогательные операции, конечно кроме укладки свариваемого изделия. Что же касается сварки лежащим и наклонным электродами, то эти способы невыгодно отличаются большим количеством вспомогательных операций, которые не поддаются механизации и должны выполняться вручную.

4. Непрерывность процесса сварки. В этом отношении первое место занимают автосварка под флюсом и автосварка крестовой проволокой, так как процесс сварки происходит вполне непрерывно, между тем как при остальных способах сварки, т. е. вручную, наклонным и лежащим электродами, приходится периодически прерывать процесс сварки для смены электродов.

5. Защита глаз сварщика. В этом отношении выгодно выделяются способы сварки под флюсом и лежащим электродом, так как в первом случае дуга горит под слоем флюса, а во

втором случае — под медной шиной; поэтому дуги не видно и не надо защищать глаза, как при остальных трех способах сварки.

6. Вентиляция сварочного места. В этом отношении все преимущества на стороне способов сварки под флюсом и лежащим электродом, так как в первом случае дуга горит под флюсом, а во втором случае — под медной шиной; при сварке выделяется ничтожное количество газов, вследствие чего не требуется специальной вентиляции сварочного места, как при остальных трех способах сварки.

7. Необходимость обмазки электродов. В этом отношении первое место занимает автосварка под слоем флюса, так как сварка происходит голым электродом, между тем, как для сварки по всем остальным способам требуются толсто-обмазанные электроды, для изготовления которых нужны специальные станки.

8. Повышенные требования к качеству электродов. В этом отношении лучше всех способ сварки под слоем флюса, так как электрод совсем не нуждается в покрытии. Хуже всех способ сварки лежащим электродом, так как в случае непрямолинейности электрода и эксцентричности его покрытия нельзя получить хорошего качества угловых и стыковых швов.

9. Возможность сварки по прихваткам. В этом отношении хуже всех способ сварки лежащим электродом, так как прихватки мешают плотно уложить длинный электрод на месте будущего шва, а в случае неплотной укладки электрода получается шов плохого качества. Поэтому во многих случаях лежащий электрод не годится для сварки конструкций, предварительно собранных на прихватки, и приходится производить сварку в сборочном кондукторе, что усложняет и удорожает работу. Все остальные способы сварки не страдают этим недостатком, так как они допускают сварку по прихваткам.

10. Равномерность длинных швов. При сварке длинных швов равномерность шва периодически нарушается в местах смены электродов, а также в местах, где слой покрытия электрода имел неравномерную толщину и эксцентричность. Этим недостатком больше всего страдают способы сварки лежащим и наклонным электродами. Сварка под слоем флюса этого недостатка не имеет.

11. Провар вершины угла. В этом отношении первое место занимает способ сварки под флюсом, при котором провар вершины угла всегда обеспечен благодаря небольшому диаметру электрода и большой силе тока. В случае сварки лежащим электродом, провар вершины угла обеспечен только при малом диаметре электрода. Если сечение шва большое, надо переходить к электроду большого диаметра (более 8 мм), так как многослойная сварка лежащим электродом трудно осуществима. Однако нельзя обеспечить провар вершины угла при сварке лежащим электродом толще 8 мм.

Заключение

Автосварка под слоем флюса имеет громадные преимущества перед всеми известными способами электродуговой сварки; поэтому она заслуживает самого серьезного внимания. Внедрение этого способа сварки на заводах с большим объемом сварочных работ должно дать колоссальный экономический эффект.

Благодаря серьезным мерам, принятым Правительством и Партией, работы, связанные с внедрением скоростной сварки, уже развернулись на 25 заводах, и не приходится сомневаться, что в ближайшее время новый метод скоростной сварки под слоем флюса получит широкое распространение.

Москва, 17 апреля 1941 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	4
§ 1. Значение скоростной автоматической сварки под слоем флюса . .	7
§ 2. Основы и схема процесса сварки голым электродом под слоем флюса	10
§ 3. Флюс, его состав и изготовление	13
§ 4. Электродная проволока	19
§ 5. Сварка стыковых швов	23
§ 6. Сварка угловых швов	30
§ 7. Сварка нахлесточных швов	36
§ 8. Вредное действие ржавчины	41
§ 9. Состав и структура металла шва	48
§ 10. Механические показатели металла шва	53
§ 11. Сварочная аппаратура	70
§ 12. Станки для скоростной автоматической сварки	80
§ 13. Сварочные трактора	99
§ 14. Сравнение с другими методами сварки	107