

669
Р17

А. И. РАЗИНКОВ

Д Е П

2003

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

669
Р17

МОСКВА



ЛЕНИНГРАД

Ц В Е Т М Е Т И З Д А Т

1

9

3

2

Пр. 1989 г.

А. И. РАЗИНКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
Проф. Ю. П. БИРЮКОВА



РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА

У. К. Т. П.
ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЦВЕТНОЙ И ЗОЛОТО-ПЛАТИНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ЦВЕТМЕТИЗДАТ
МОСКВА—1932—ЛЕНИНГРАД

Отв. ред. В. И. Бузников.
Тех. ред. А. Новиков.

Москва. Уполномоченный Главлита Б 18179
Зак. № 1325. 10 000 экз. Ц. № 89

Зак. № 1325. 10 000 экз. II. № 89

13-5-2

16-я типография УПП ОГИЗ,
Трехпрудный, 9.

Трехпрудный, 9.

1. NAME
 2. ADDRESS
 3. CITY
 4. STATE
 5. ZIP

Сдано в производство 28/XI—31 г.
Подписано к печати 15/III—32 г.
Формат бумаги 82×110/32.
Колич. печ. лист. 4¹/₈.
Колич. печ. зн. в 1 л. 43 т.

ОТ РЕДАКТОРА

Несмотря на растущее изо дня в день потребление твердых сплавов во всех без исключения областях промышленности, что особенно характерно для Америки, специальная литература по вопросу о технологии и применении этих сплавов крайне бедна. Это обстоятельство делает весьма ценной попытку одного из пионеров в деле внедрения твердых сплавов в промышленность СССР и одновременно соизобретателя весьма ценного по своим свойствам сплава—с т а л и н и т а, инженера А. И. Разинкова, дать в популярной форме необходимые для практикующих инженера и техника сведения как по технологии сплавов, так и по вопросам их применения.

Выпускаемая книга—первый литературный опыт автора—не лишена некоторых недостатков, основным из которых надо считать краткость. В ней мы не видим полной картины того необычайно широкого поля применения твердых сплавов, имеющей место в Америке, но и те области, которые затронуты, вполне достаточны, чтобы книга могла считаться весьма полезной.

Просматривая предлагаемую вниманию техника—читателя книгу как первый опыт, надо пожелать, чтобы в следующих изданиях материал был пополнен за счет введения более детально разработанной главы о применении твердых сплавов в металлопромышленности.

Строгие критики, быть может, укажут, что выводы автора часто базируются на основе сравнительно кратких испытаний и поэтому мало доказательны. Мы же считаем, что в данной книжке важна не количественная сторона, а качественная. Цель выпуска книги будет достигнута, если она побудит читателя к продолжению опытов применения твердых сплавов в смысле уточнения количественных показателей, а в данной стадии вопроса в конце-концов неважно, несет ли применение сплава удлинение срока службы какой-нибудь детали в 2 или 2,2 раза. Важно то, что применение твердых сплавов дает увеличение срока

службы в несколько раз, следовательно их нужно применять, так как этого требуют интересы социалистической стройки. Время и помощь читателей принесут уточнение, и второе издание будет соответственно дополнено и исправлено.

Профессор Ю. Б и р ю к о в.

Москва, 3 августа 1931 г.

ГЛАВА I

РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. Причины появления твердых сплавов

Главнейшей причиной появления твердых сплавов в промышленности следует считать стремление конкурирующих между собой заводов достичь наилучших экономических показателей при обработке металлов резанием. Техническое состояние заводов, изготавливающих станки для металлообрабатывающих предприятий, в начале текущего столетия было таково, что являлась вполне реальная возможность выпуска значительно более производительных станков—с повышенными мощностями и чрезвычайно высокими скоростями резания. Эти обстоятельства рисовали заманчивые перспективы для каждого предприятия, так как при мощных станках с большими скоростями резания использование существующих помещений и площадей могло быть значительно повышено, что безусловно должно было повести к громадному увеличению выпуска валовой продукции без особых капитальных затрат.

Однако, несмотря на явные преимущества станков новых конструкций, техника станкостроительных заводов еще некоторое время оставалась на прежнем уровне. Единственной причиной этого служила отсталость металлургии специальных сталей, науки, находившейся в то время в зачаточном состоянии и основанной главным образом на практических наблюдениях. Ее работы были направлены в то время по пути изыскания новых видов специальных сталей, так называемых «самокалов» и быстрорежущих, идущих на изготовление режущего инструмента, употребляемого при операции резания металлов. Но даже лучшие сорта последних, как например быстрорежущая сталь, применяемая и в настоящее время, имеющая следующий химический состав:

Углерода	0,65 — 0,75%
Вольфрама	18 — 20%
Ванадия	1,0 — 1,5%
Молибдена	0,5%
Хрома	5 — 6%

не давали стойкого инструмента при работах на тех скоростях резания, которые могли дать станки новой конструкции. Дело в том, что при операции резания между обрабатываемым материалом и режущей кромкой инструмента (лезвием резца) возникает громадное трение, вызываемое сопротивлением первого и сопровождающееся весьма значительным выделением теплоты. При труднообрабатываемом металле, большой и глубокой стружке, при чрезвычайно больших скоростях резания количества последней настолько велики, что рабочая часть инструмента может нагреться до-красна и совершенно потерять свои режущие способности; вследствие отпуска инструмент, как говорят, «садится».

Следовательно, скорость резания есть функция способности инструмента (резца) сохранять свои качества при высоких температурах, и чем допустимый нагрев выше, тем качества инструмента лучше.

В этом отношении быстрорежущими сталями ставится определенный предел. Инструмент, изготовленный целиком из них или снабженный только режущей пластинкой, может хорошо стоять лишь до температур около 600°. Более высокий нагрев вызывает разрушение лезвия и его затупление, а следовательно и новую заправку инструмента (резцов), что связано с понижением производительности станка не только вследствие неполного использования возможных скоростей резания, но и потерей времени на замену и установку нового инструмента. Поэтому вполне естественна усиленная работа над изысканием новых видов высоколегированных сталей и сплавов для режущего инструмента, способных противостоять действию температур, возникающих при работе на максимальных скоростях резания.

В результате, в первых годах этого столетия (примерно в 1907 г.) американцем Хайнесом был предложен сплав, обладавший режущими свойствами более высокими, нежели быстрорежущая сталь. Основными составными элементами этого сплава служили кобальт, хром, молибден, вольфрам и углерод с незначительными прибавками железа, почему он и не мог быть назван сталью.

Сплав этот, обладавший кроме чрезвычайной твердости и целым рядом других свойств, в том числе и способностью не ржаветь, был назван **с т е л л и т о м** (Stellite).

Резцы, рабочие части которых были снабжены стеллитом, дали возможность значительно увеличить скорости резания и повысить предел нагрева инструмента примерно до 700°.

Однако наряду со способностью сохранять режущие свойства при значительно более высоких температурах, первые стеллиты имели также весьма существенный недостаток—хрупкость. По

последней причине стеллитовые резцы могли работать с полной производительностью лишь при непрерывности процесса снятия стружки; при обдирке же литья, имеющего на поверхности неровности и бугры, на изделиях с вырезами, эксцентриситете их, т. е. при всех случаях временной потери соприкосновения инструмента с обрабатываемыми материалами и ударах, рабочая часть резцов выкрашивалась, что преждевременно выводило их из строя.

Путем дальнейших работ—изменением химического состава стеллитов и методов получения их, этот недостаток был сравнительно свободно изжит, и в результате целым рядом германских фирм были выпущены аналогичные стеллитам твердые сплавы под различными названиями: *ц е л ь з и т*, *а к р и т*, *т и ц и т* и др.

Все же, несмотря на это, полного удовлетворения поставленным требованиям—необходимости получения металла, обладающего максимальной твердостью при минимальной хрупкости,—все эти сплавы дать не могли, и вскоре на рынке появился целый ряд совершенно иных твердых сплавов, в основу которых были положены свойства чистых карбидов вольфрама. Первыми, чисто вольфрамовыми твердыми сплавами следует считать *в о л о м и т* (Volomit) и *т о р а н* (Thorán), но сплавов этого типа имеется весьма значительное количество, так как каждая фирма, вносящая обычно несущественные изменения в химический состав или в технологию процесса изготовления, дает сплаву совершенно другое название. Эти сплавы состоят почти исключительно из карбидов вольфрама, причем содержание последнего колеблется в пределах 87—96%. Способ получения—отливка или, вернее, сплавление, так как W является настолько тугоплавким веществом, что дать сплаву перегрев, необходимый по условиям разливки, является делом почти невозможным.

Вольфрамовые литые сплавы позволили довести скорости резания до рекордных цифр. Резцы с такими сплавами не теряли своих свойств до температуры нагрева в 900°, но, как сразу же выяснилось, и они не были лишены недостатков, главнейшим из которых являлась их пористость. Влияние последней на работоспособность инструмента вполне аналогично влиянию хрупкости стеллитов и сплавов типа его, а потому вышепоставленная задача не была разрешена полностью и сплавами из чистых карбидов вольфрама.

Новейшими результатами работ по получению твердых сплавов большой твердости и вязкости являются новые сплавы последнего времени—*в и д и а* (Widia), выпускаемый германской фирмой Вальрам-Крупп (Walleramm-Krupp), и *к а р б о л о й* (Carboly), выпускаемый американской фирмой Карболой Нью-Йорк Сити (Carboly New York City). Оба эти сплава изготавливаются по патенту Круппа, заявленному в 1927 г., и являются

спрессованными и спеченными карбидами вольфрама. Благодаря особому способу изготовления, указанные сплавы, имея большую твердость, в значительной степени лишены хрупкости и пористости, что безусловно ставит их на первое место перед всеми вышеприведенными твердыми сплавами, а весьма широкая распространенность, особенно за последнее время, в металлообрабатывающей промышленности служит тому подтверждением. Однако, несмотря на наличие целого ряда сплавов, обладающих высокими режущими свойствами, научная мысль продолжает непрерывно работать над их улучшением и получением новых более высококачественных сплавов. Так например, на рынок уже выпущен новый твердый сплав, в основе которого лежит карбид другого редкого элемента — т а н т а л а. По имеющимся материалам, его свойства значительно выше вольфрамовых сплавов, что обещает ему большую будущность.

Одновременно с разрешением вопроса применения твердых сплавов в металлообрабатывающей промышленности целым рядом наиболее предприимчивых фирм, выпускающих их, были сделаны попытки по обслуживанию ими и других отраслей промышленности. В результате таких опытных работ твердые сплавы весьма быстро завоевали себе прочное положение во многих производствах, причем с каждым днем определяются все новые области их применения с самыми разнообразными назначениями.

Такая чрезвычайно быстрая популяризация твердых сплавов принудила фирмы к изысканию новых методов изготовления твердых сплавов, которые могли бы успешно конкурировать с известными марками их. Полного успеха в этом деле достигла американская фирма Блэкор (Blackor), выпустившая несколько лет тому назад так называемый т в е р д ы й п р о д у к т.

Последний представляет исключительный интерес для многих отраслей промышленности. Изготавливаемый в порошкообразном, или, вернее, зернообразном виде и являясь шихтой, он не дает никакого представления о сплаве, создаваемого нашими обычными понятиями. Настоящий сплав из этого продукта получается лишь после расплавления его вольтовой дугой электросварочного аппарата. Посыпанный на обрабатываемую поверхность и расплавленный под действием температуры вольтовой дуги, он дает поверхностную наплавку чрезвычайно большой твердости и обладающую сильным сопротивлением истиранию. Толщина наплавки может колебаться в зависимости от условий работы изделия и желаемых свойств. Сравнительно низкая стоимость этого сплава обеспечила широкое распространение его, монополизированное фирмой Блэкор, почти во всех странах.

Подводя итоги всему вышеизложенному, следует сказать, что все известные твердые сплавы по своим свойствам и способам изготовления могут быть сведены в четыре основные группы:

- 1) стеллиты, ■
- 2) сплавленные вольфрам-карбиды,
- 3) спеченные вольфрам-карбиды,
- 4) зернообразные твердые продукты.

Переходя к состоянию производства твердых сплавов в СССР, мы должны отметить определенные достигнутые успехи, несмотря на оторванность от американско-европейской техники в годы интервенции, блокады и разрухи. За последние 2—3 года на нашем внутреннем рынке появился целый ряд твердых сплавов всех четырех групп. Сюда следует отнести победит, вокар, сталинит, догнать и сормайт. Кроме того в настоящее время Всесоюзным институтом металлов закончена разработка методов получения сплавов типа стеллита (смена) из сырья, имеющегося в СССР.

Правда, технологические процессы производства наших советских твердых сплавов требуют дальнейшей работы над их усовершенствованием, но несомненно одно, что если за такой короткий промежуток времени мы сумели подобные производства организовать, то широкие научно-исследовательские возможности позволят нам в ближайшее же время не только догнать, но и перегнать Европу и Америку в этой интересной и важной для промышленности области новой техники.

2. Значение твердых сплавов для промышленности

Выше было указано, что одновременно с развитием производства твердых сплавов многими фирмами в целях расширения рынка сбыта их проводились изыскания новых областей применения. В настоящее время эта область техники настолько разработана, что нет почти ни одного производства, где твердые сплавы не применялись бы на тех или иных инструментах и изделиях. В машинообрабатывающей промышленности вслед за резцами с твердыми сплавами появились снабженные ими фреза, сверла, центра токарных станков, измерительные приборы, калибры и т. д.

Штамповочные и кузнечные мастерские стали применять различные штампы (как матрицы, так и пуансоны), части молотов и разный инструмент с наваркой рабочих кромок твердыми сплавами.

В машиностроительных производствах твердые сплавы нашли свое применение на шестернях, зубчатках, валах, подшипниках (работающих без смазки), волочильных фильерах и наконец даже на деталях турбин.

Другими более грубыми объектами для твердых сплавов в настоящее время служат нефтяная промышленность (долотья вращательного бурения, диски), горная промышленность (зубья врубочных машин, сверла, буры и т. д.), сельскохозяйственная промышленность (лемеха, отвалы, дисковые бороны и т. д.) и многие другие самые разнообразные машины и изделия: землечерпалки, драги, различные дорожные трамбовочные машины, камнедробилки, транспортеры, шнеки, различные калибровочные кольца, шабера для снятия окалины и т. д.

Как видно из приведенного, твердые сплавы находят себе самое разнообразное применение там, где инструменты или изделия из обыкновенной или специальной стали быстро изнашиваются или обладают недостаточной твердостью. Однако при разрешении вопросов применения твердых сплавов в каждом отдельном случае должны быть самым тщательным образом проверены как технические, так и экономические показатели проводимого мероприятия. Будет весьма ошибочным мнение, что каждый твердый сплав может быть с одинаковой эффективностью использован для всех вышеприведенных машин, изделий и инструментов. Для того, чтобы определить, какой сплав взять для определенного изделия, необходимо предварительное ознакомление с условиями работы последнего. Так например, если взять токарный резец и тракторный лемех, то очевидно, что для первого потребуется сплав, обладающий максимальной твердостью, вязкостью и красностойкостью, тогда как во втором случае эти качества имеют второстепенное значение, и от сплава требуется главным образом хорошее сопротивление истиранию под действием сравнительно незначительной нагрузки почвы.

В случае, если имеется несколько сплавов, применяемых для одной и той же цели, выбор происходит исключительно путем экономических подсчетов, причем следует иметь в виду, что результаты их зависят не только от самой стоимости сплавов. Не меньшее значение имеют работоспособность изделий, срок их службы, форма, качество металла и способ обработки. Поэтому только суммарные показатели, учитывающие специфические условия работы того или иного изделия или инструмента, дают правильное разрешение всех вопросов, связанных с применением твердых сплавов.

В качестве иллюстрации приведем два случая, являющиеся примером неправильного разрешения вопросов применения твердых сплавов.

В первом случае одним средней величины объединением была представлена заявка на 10 т режущего твердого сплава; потребность же другого, значительно более крупного, определялась всего в 1 200 кг. После проверки такого несоответствия оказалось,

что фактическая потребность первого объединения почти в 10 раз меньше заявленной, которая была составлена из расчета 100% перехода всех станков на режущий инструмент с твердым сплавом. Настоящее же положение было таково, что мощные станки с большими скоростями резания, т. е. те, где твердые сплавы могут дать экономический эффект, насчитывались единицами.

Другой, не менее характерный факт, пришлось автору лично наблюдать на одной из шахт Донбасса. Механическая мастерская последней страдала от недостатка инструментальной стали, следствием чего были простои станков и невыполнение производственной программы. Благодаря случайности в руках работников шахты оказалось несколько пластинок твердого сплава весьма высоких качеств. Спешно изготовили инструмент, пустили его в работу и были сильно разочарованы—ожидаемых результатов и эффекта не получили. Объяснение этому было чрезвычайно простое. Мастерская была оборудована станками очень устарелых конструкций с малыми скоростями резания и притом сильно расшатанными. Вибрации и удары при обработке металла повели к тому, что резцы прекрасных качеств через небольшой промежуток времени затупились и «сели».

Приведенные факты достаточно ясно показывают, какой осторожности и внимательного отношения требуют твердые сплавы при разрешении практических вопросов, связанных с их применением.

Учитывая это, автором соответственно и построено дальнейшее изложение, дающее читателю не абстрактное представление о твердых сплавах, а показывающее на практических примерах пути правильного подхода к разрешению их проблемы на производстве.

ГЛАВА II

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

1. Стеллиты и сплавленные вольфрам-карбиды

Как выше было указано, первым твердым сплавом является **стеллит (Stellite)** американского инж. Хайнесса. Этот сплав в основе состоит из хрома, кобальта и вольфрама. Первоначальный же химический состав его был следующий:

Углерода	2,3%	Вольфрама	10%
Хрома	20%	Кобальта	40—50%
Молибдена	15—20%		

Впоследствии количество молибдена было уменьшено за счет увеличения содержания вольфрама и введения некоторого процента железа. Это было сделано с целью уменьшения чрезмерной хрупкости, которой обладали первые стеллиты. В настоящее время производством наиболее известных стеллитов занимается американская фирма Хайнесс Стиллайт Компани (Haynes Stellite Company), а потому мы прежде всего и обратимся к изучению этих стеллитов.

Способ приготовления стеллита почти ничем не отличается от производства специальных сталей. Из отдельных элементов составляется шихта, которая помещается в электрическую печь и подвергается расплавлению. После нагрева до температуры, необходимой для разливки (выше 1280°), расплавленный металл разливается в специальные формы. Последние могут быть изготовлены из обыкновенной формовочной массы, применяемой при литье стальных отливок, но обычно применяются металлические изложницы. Это обуславливается тем, что стеллит, отлитый в формовочную массу, имеет грязноватую поверхность из-за включений кусочков земли, вследствие чего создаются затруднения в получении чистой, доброкачественной наплавки на обрабатываемых предметах. Не меньшее значение имеет и долговечность формы. Земляная форма выстаивает всего одну-две разливки, тогда как металлическая выдерживает до ста плавов.

Изложницы, как правило, делаются разъемными на шарнирах особой конструкции. После заливки половинки ее быстро разнимаются при помощи ручного рычага, и отливки из стеллита выпадают.

Стеллиты отливают либо в круглые стержни диаметром 6—8 мм и длиной 250—300 мм, подобные обычным электросварочным пруткам из железа, либо в пластинки различной формы в зависимости от дальнейшего их применения.

Отливка в такие формы, удобные для практического употребления, вызывается невозможностью производства над стеллитами процессовковки, прокатки и протяжки, обусловливаемой чрезмерной хрупкостью их*.

Этими же обстоятельствами определяется и обычный метод употребления стеллита, заключающийся в том, что стержень расплавляется либо под действием пламени ацетиленовой горелки либо под влиянием лучистой теплоты вольтовой дуги, образующейся между наплавляемой поверхностью и самым стержнем, служащим в качестве электрода.

Свойства стеллитов весьма разнообразны. Благодаря наличию карбидов хрома и вольфрама он обладает очень хорошими режущими способностями. Твердость его остается почти неизменной даже при красном калении, причем от последующего охлаждения до нормальной температуры она также не падает, т. е. стеллит отжигу не поддается совершенно**.

Следовательно, кроме резцов стеллит с успехом может быть применен для всякого инструмента, обрабатывающего металл в нагретом состоянии, например для различных штампов, частей молотов, прессов и т. д.

Третьим исключительно интересным свойством стеллита является стойкость под действием истирающих усилий, что делает его почти незаменимым для всех изделий и деталей машин, подвергающихся сильному износу. Им могут быть с успехом наплавляемы шейки валов, подшипники, различные пяты, направляющие насадки, лопатки турбин, центра токарных станков и множество других подобных частей самых разнообразных машин***.

По данным фирм, стеллитированные поверхности устойчивее обыкновенной стали в среднем в 4—6 раз, а в некоторых случаях долговечность инструмента увеличивается даже в 30 раз.

* В настоящее время проф. Ю. П. Бирюковым разрабатывается практический метод обработки стеллитов путемковки и прокатки. Автор.

** Отдельные сорта стеллитов после отжига повышают свои механические свойства. Редактор.

*** Автором не указано весьма ценное свойство стеллитов: высокая сопротивляемость коррозии под действием химических реагентов, что делает стеллит весьма ценным материалом для химического машиностроения. Редактор.

Электропроводность стеллита по сравнению с другими металлами чрезвычайно низкая. Она составляет всего 1,5% проводимости меди. То же самое относится и к теплопроводности.

Коэффициент теплового расширения его почти такой же, как и у углеродистой стали, и незначительно выше, чем у чугуна.

Одинаковая величина коэффициентов расширения способствует получению прочной стеллитированной поверхности вследствие полного отсутствия фактора, который может вызвать образование трещин.

Коэффициент трения между двумя отполированными сухими поверхностями, покрытыми стеллитом, равняется 0,11, т. е. составляет приблизительно половину коэффициента трения между большинством других металлов в сухом состоянии. Это можно сравнить со скользящим трением металлов, работающих при обычной смазке.

Благодаря такой особенности стеллит с большим эффектом может быть применен там, где смазка трущихся частей затруднена или даже совершенно невозможна. Примером могут служить машины для отливок под давлением и газовые компрессоры.

Стеллит также лишь слегка притягивается магнитом, что является крупным преимуществом при применении на некотором режущем инструменте и частях матриц.

Невысокая температура плавления (1 280—1 350°), близкая к температуре плавления легированной стали и чугуна, обеспечивает прочную и основательную сплавленность стеллита с основным металлом.

Другим подобным твердым сплавом является также американский сплав студайт (Stoodite). Отличие этого сплава от стеллитов заключается в том, что основой его являются не только карбиды Cr и W, но и карбиды Mn. Кроме того он содержит несколько больше железа.

Способы получения и употребления студайта аналогичны вышеприведенным. Заготовленная шихта плавится в электрических печах, жидкая ванна выдерживается и затем отливается в палочки. Так же, как и стеллиты, он не куется и не поддается прокатке.

Употребляется студайт в качестве присадки при ацетиленовой сварке и электродом при дуговой. Распространен как облицовочный материал для долотьев, применяемых в нефтебурении, но может быть эффективно использован и во многих других областях промышленности.

Последней группой литых твердых сплавов являются литые карбиды вольфрама. Сюда следует отнести в о л о м и т, б о р и у м т о г р а н и другие подобные сплавы.

Все они по своему составу почти одинаковы, и свойства их основываются на исключительной твердости карбидов вольфрама.

В отличие от стеллитов и студайта шихта этих сплавов не расплавляется до температуры, необходимой для разливки по формам. Температура плавления чистого карбида вольфрама около 2800° , а такой нагрев не в состоянии дать ни одна из существующих систем электропечей в силу отсутствия надлежащих качеств огнеупорных материалов, идущих для их футеровки. Поэтому при производстве литых карбидов вольфрама довольствуются обычно сплавлением их под дугой электродов непосредственно.

Процесс сплавления заключается в следующем. Берут мелко истолченные исходные материалы—вольфрам, углерод (в виде сажи кокса и т. д.), кобальт и тщательно их перемешивают в определенных, практикой установленных, пропорциях. Углерода берут в количестве, необходимом для образования WC и W_2C и некоторый избыток на неизбежный угар. Кобальт частью служит связующим материалом для частиц карбидов вольфрама, частью идет на образование двойных карбидов, и его содержание в сплаве колеблется обычно в пределах 8—10%. Перемешанная масса помещается в небольшой тигель (графитовый, внутри футерованный), установленный в полости печи под электродом. Печь тщательно закрывается во избежание засоса воздуха, и пускается ток. После операции сплавления, продолжительность которой колеблется в зависимости от емкости и мощности печи, из тигля извлекается сплавленный кусок или «лепешка», которая затем вручную на специальных столах—плитах разбивается на маленькие кусочки, годные к употреблению. Таким образом процесс изготовления в миниатюре напоминает пудлингование, отошедшее в настоящее время в историю металлургии.

Эти сплавы в своем изломе очень мелкозернисты и имеют матовый цвет, характерный для закаленной быстрорежущей стали. Однако благодаря отсутствию перегрева и неполному расплавлению, образующиеся газы не успевают выйти наружу и дают пузыри, заметные иногда просто невооруженным глазом. Этот недостаток наносит существенный ущерб делу широкого распространения их в производстве. Он вызвал разработку метода получения спеченных карбидов вольфрама, о которых мы будем говорить несколько ниже.

Твердость литых карбидов вольфрама по шкале Мооса больше 9, но она весьма часто колеблется в одних и тех же образцах, что обуславливается как химической, так и механической неоднородностью их, вызываемых недостаточно совершенным процессом отливки.

В отношении порячей обработки, т. е.ковки, штамповки и протяжки, они ведут себя аналогично стеллиту и студайту и являются весьма хрупким материалом.

Область применения литых карбидов вольфрама несколько уже, чем у стеллитов. Они могут с эффективностью быть приме-

нены лишь для режущего инструмента в разведочном деле (для коронок), в проволоочном производстве (для протяжных очков-фильер) и для впайки на долотьях, применяемых в бурении нефтяных скважин.

Для большинства прочих областей промышленности они неприменимы по причине относительно высокой своей стоимости.

2. Спеченные вольфрам-карбиды.

Главной составной частью вольфрамовых сплавов, получаемых спеканием, являются также карбиды вольфрама. Эти сплавы появились совсем недавно, но за короткий промежуток времени завоевали себе прочное положение в металлообрабатывающей промышленности по причине выдающихся режущих свойств.

Применение их в других производствах не так разнообразно, как например стеллитов, что объясняется почти исключительно соображениями экономического характера, хотя специфические условия работы многих изделий не позволяют применять карбиды вольфрама и технически. Основными представителями этого типа являются сплавы *видиа* (Widia) и *карболой* (Carboley).

В 1927 г. фирмой Круппа был приобретен патент на способ изготовления спеченных металлических сплавов, по которому и был изготовлен сплав *видиа*, получивший свое название от немецкого выражения—«Wie Diamant», что значит—как алмаз.

Право производства сплавов по этому патенту было куплено американской фирмой Карболой Нью-Йорк Сити, в результате чего на американском рынке появились спеченные вольфрам-карбиды под названием карболой.

По способу изготовления и свойствам эти сплавы почти совершенно идентичны.

Методы получения спеченных вольфрам-карбидов чрезвычайно сложны и требуют сугубой осторожности и внимания. Малейшее отклонение от установленного режима сильно изменяет механические свойства сплава и неизбежно вызывает повышенный брак.

Весь процесс изготовления спеченных сплавов можно разбить на три основные операции:

- а) изготовление карбидов и составление смеси,
- б) предварительное спекание,
- в) окончательное спекание.

Берется металлический вольфрам и кобальт, которые в отдельности размельчаются в шаровых мельницах до такой степени, чтобы размеры каждой частицы вольфрама и кобальта были не больше, чем $1 \cdot 10^{-4}$ мм. Затем мелкоистолченный металлический вольфрам подвергается процессу карбонизации, для чего он помещается в графитовый тигель в смеси с углеродом. Тигли

устанавливаются в печи, обогреваемой помощью сжигания светильного газа в окислительной атмосфере. Количество углерода берется с некоторым избытком против необходимого для образования WC и W_2C . Полученные таким образом карбиды вольфрама совершенно свободны от графита и содержат около 5,2—6,2% углерода.

После этого производится опять процесс размельчения в шаровых мельницах (но уже карбидов вольфрама) с доведением частиц получаемого порошка до размеров, меньших 10^{-4} мм.

Порошок карбидов вольфрама смешивается с порошком металлического кобальта, и полученная смесь подвергается дальнейшему размельчению в течение весьма большого промежутка времени—50 и больше часов.

Третья операция размельчения дает еще большее уменьшение размеров зерен и настолько тонкую смесь, что все частицы карбидов оказываются окутанными слоем кобальта.

Порошкообразная масса прессуется в формы, имеющие очертания заданного инструмента. Прессование производится обычно всухую, так как исключительно малый размер частиц смеси гарантирует хорошее сцепление их между собой.

Заформованные изделия укладываются в специальные тигельки, засыпаются графитом или углем и помещаются в трубчатые электрические печи, работающие сопротивлением, где подвергаются предварительному спеканию.

Атмосфера полости печи во избежание окисления должна во все время операции поддерживаться восстановительной или нейтральной, для чего через нее пропускается водород.

Температуру спекания следует считать в $700—1\,100^\circ$; однако лучшие результаты получаются примерно при 800° .

Назначением операции предварительного спекания карбидов является придание им механической прочности для удобства обработки перед окончательным спеканием, после которого изделия никаким обработкам кроме шлифования не поддаются.

Полученный полупродукт пилят, точат, фрезеруют и придают точные размеры и формы, требуемые данным назначением. После этого пластинки снова укладывают в тигельки, пересыпают графитом и помещают в печь для окончательного спекания.

Последнее производится уже при более высокой температуре, колеблющейся в пределах $1\,400—1\,600^\circ$, а в случае введения кобальта эта температура равна примерно $1\,500^\circ$.

От искусства точного регулирования установленных температур очень сильно зависят качества окончательного продукта.

Дело в том, что способ получения спеченных вольфрам-карбидов основан на принципе цементирования тугоплавких соединений вольфрама более легкоплавкими металлами или элементами, например: кобальтом, железом, никелем и т.д.

Поэтому нагрев при окончательном спекании должен быть таким, чтобы цементирующие вещества только оплавлялись, но не расплавлялись, а тем более не получали бы перегрева. Однако недостаточный нагрев также ведет к выпуску брака.

В самом деле, если температура нагрева чрезмерна, то связующий металл начнет протекать между отдельными зернами смеси, обнажит их и вызовет образование пустот в одних частях взятого куска сплава и скоплений его самого в других.

При недогреве не будет оплавления связующего вещества, и следовательно частицы карбидов не будут между собой цементированы.

В обоих случаях неизбежно ухудшение качества сплава в окончательном виде. В первом—по причине пористости и неравномерности состава в разных точках, во втором—вследствие хрупкости, вызываемой слабым сцеплением частиц между собой.

Отсюда ясно, что окончательное спекание есть самая ответственная операция в процессе изготовления спеченных вольфрам-карбидов и наблюдение за температурами должно быть обставлено всеми удобствами.

Связующим веществом берут обычно кобальт, и его количества колеблются в чрезвычайно узких пределах, а именно 5—6%. Влияние кобальта на качества сплавов будет нами рассмотрено ниже.

Спеченные карбиды вольфрама, полученные в нормальных условиях, чрезвычайно плотны и тверды. Излом показывает весьма хорошую однородность строения при полном отсутствии пустот, и последние не обнаруживаются даже при пятидесятикратном увеличении.

Из этого типа твердых сплавов наиболее зарекомендовавшим себя в практической работе является крупновский видиа. Аналогичный же последнему американский сплав карболой имеет значительно худшие качества. Так например известный американский специалист Г. Морган (Higgy J. Morgan) в своей работе о твердых сплавах, применяемых в нефтяной промышленности, помещенной в Technical Publication № 256 в отношении карболой пишет:

«Мне сообщали, что получить сплав, который сможет устоять от толчков и ударов при сохранении потребной твердости, весьма трудно».

Это указывает, что для овладения сложным процессом спекания необходима значительная практика и совершенная разработка методологии отдельных операций».

В заключение следует отметить, что минусом спеченных вольфрамовых сплавов, ограничивающим области применения, является их высокая стоимость, и потому все дальнейшие работы в отношении разработки технологических процессов должны идти по пути удешевления самого производства.

3. Твердые продукты

Другим исключительно интересным и весьма распространенным типом твердых сплавов являются так называемые **т в е р д ы е п р о д у к т ы**. Последние по своему внешнему виду совершенно не похожи на сплавы и совершенно опрокидывают обычные наши представления о них.

Твердые продукты представляют собой черную или черно-сероватую порошкообразную массу с величиной зерна в 1—2 мм.

Способ применения их также резко отличается от общепринятых приемов употребления твердых сплавов. Покрытие поверхностей, которым необходимо придать большую твердость и хорошее сопротивление истиранию, происходит следующим образом.

На обрабатываемое изделие насыпается этот порошкообразный продукт ровным слоем толщиной 4—5 мм и расплавляется вольтовой дугой электросварочного агрегата.

В результате операции поверхность изделия будет покрыта слоем литого твердого сплава.

Таким образом процесс употребления твердых продуктов можно сравнить с процессом плавки в электрических печах, проводимым в очень незначительном масштабе.

Наиболее употребительным твердым продуктом является сплав, выпускаемый американской фирмой Блэкор. Этот сплав, носящий название **б л э к о р** (Blackor), имеет широкое распространение во многих странах, для самых разнообразных применений.

На изготовление его идет чистый порошкообразный металлический вольфрам. Некоторое количество последнего смешивается с вполне определенным количеством углерода, необходимого для образования карбидов WC и W_2C . Углерод берется в виде сажи или чистого нефтяного кокса. К тщательно перемешанной смеси W и C прибавляется небольшое количество органических соединений, например сахара или патоки, которые служат связующим веществом между элементами сплава. Смесь вторично перемешивается до получения вполне однородной шихты.

Главной производственной операцией при изготовлении подобных сплавов служит процесс спекания. Последний имеет не меньшее значение для качества твердых продуктов, чем подобная же операция при производстве спеченных карбидов вольфрама. Температура спекания должна точно соответствовать температуре разложения органических веществ. Сопровождаясь образованием продуктов коксования, оно способствует тесному соединению частиц вольфрама и углерода.

В случае чрезмерной температуры спекания происходит полное сгорание всех органических веществ, и связывания отдельных зерен смеси не произойдет совершенно.

Недостаточность температуры нагрева сопровождается слабым образованием продуктов коксования и вследствие этого влечет за собой и слабую цементацию отдельных элементов той же смеси. Таким образом недостаточно тщательное отношение к процессу спекания порошкообразных твердых продуктов вызовет получение неоднородной продукции с пониженными качествами.

Для изготовления таких продуктов может быть применен и сплав вольфрама с небольшим количеством железа, получаемый в больших металлургических электропечах.

Он дает продукт почти одинаковых качеств по сравнению с продуктом из металлического вольфрама, но способствует значительному облегчению и удешевлению производства.

Восстановление вольфрама из руд, содержащих его окислы, может быть произведено двояким образом: водородом и углеродом. Происходящие при этом химические процессы сравнительно просты, но требуют для своего осуществления сложных установок и аппаратуры.

Поэтому вольфрам, полученный химическим путем, весьма дорог и пригоден лишь для высококачественных твердых сплавов и продуктов.

Для производства же твердых продуктов более дешевых экономичнее обычный процесс восстановления углеродом, и, по мнению автора, для указанной цели вполне пригоден вольфрам, получаемый в металлургических печах, т. е. содержащий также и другие элементы, например С, Fe, незначительные количества которых, главным образом железа, никакого существенного влияния на свойства сплавов не оказывают, а, наоборот, придают им такую же и некоторую вязкость—свойство, отсутствие которого делает для некоторых областей применения карбиды вольфрама почти совершенно непригодными.

Несмотря на то, что все операции изготовления порошкообразных твердых продуктов из вольфрам-карбидов значительно проще процессов, применяемых при других сплавах, они в очень многих областях промышленности все же не могут дать экономического эффекта по причине относительно высокой стоимости.

Поэтому мы считаем необходимым указать на сравнительно недавно появившийся твердый порошкообразный продукт советского производства—с т а л и н и т.

Последний представляет собой комбинацию карбидов, различных металлов и элементов, главнейшие из которых Сг, Мп и Fe. Уступая чистым вольфрам-карбидам по своей твердости, он может получить чрезвычайно широкое распространение благодаря своей дешевизне.

При производстве этого твердого продукта следует обращать самое серьезное внимание на процесс размельчения, так как

при наличии целого ряда компонентов недостаточно равномерное и тонкое раздробление их весьма затрудняет получение зерен шихты одинакового химического состава.

Если операция спекания при чисто вольфрамовых продуктах имеет назначение получить шихту из вольфрама и углерода, связанных между собой в определенных соотношениях, то при производстве сталинита она должна дать шихту более сложного состава.

Каждое отдельное зерно сталинита представляет собой агломерат карбидных составляющих, прочно сцементированных связующим веществом. Последнее обстоятельство указывает на то, что операция спекания шихты сталинита должна проводиться особенно тщательно, так как в противном случае будет обыкновенная механическая смесь различного химического состава.

Способ употребления сталинита аналогичен применяемому при твердых продуктах, в основе которых лежит карбид вольфрама, но требует некоторого изменения режима работы, о чем речь будет ниже. Здесь необходимо отметить только одно, что изделия, покрытые сталинитом, могут быть подвергнуты термической обработке, которая, как увидим из последующего изложения, повышает качество не только обработанной поверхности, но и самого основного металла.

4. Ремет (тантал-карбид)

Этот сплав является результатом новейших работ по получению спеченных карбидов вольфрама и других редких металлов.

Р е м е т представляет собой чрезвычайно твердые и хрупкие карбиды т а н т а л а, связанные весьма вязким и в то же время крепким металлом—н и к е л е м.

Способ изготовления его почти ничем не отличается от применяемого при производстве спеченных вольфрам-карбидов.

Из чистого тантала, получаемого из соответствующих руд,готавливаются карбиды. Последние весьма тщательно размельчаются и растираются в шаровых мельницах до величины зерна, определяемой сотыми частями миллиметра. К массе, сильно напоминающей сажу, прибавляется порошок чистого никеля, после чего операция растирания и перемешивания продолжается до тех пор, пока частицы никеля не окутают со всех сторон зерна карбидов тантала.

Присадка никеля в шихту составляет обычно 8%, но иногда и изменяется в зависимости от назначения инструмента.

Приготовленная масса предварительно формируется и подвергается особой термической обработке и только после этого окончательно прессуется на специальных гидравлических прессах в требуемые формы.

Затем, как и при производстве карбидов вольфрама, над полученными формами проводят операцию спекания в особых электрических печах с нейтральной или восстановительной атмосферой.

Температура плавления тантал-карбида значительно выше, нежели у вольфрам-карбида. Он плавится лишь при температуре около $4\,400^{\circ}$, тогда как точка плавления последнего составляет всего $2\,800^{\circ}$. Такая высокая температура плавления исключает в настоящее время всякую возможность получения литых карбидов тантала. Однако это же обстоятельство значительно облегчает условия получения ремета.

Другим особенно благоприятным качеством тантал-карбида является чрезвычайно малая теплопроводность, которая препятствует отдаче тепла от режущей части инструмента и расплавлению припоя, соединяющего пластинку сплава с державкой.

Спрессованный с никелем тантал-карбид имеет желтоватый цвет. Плотность его определяется в $14,3 \text{ гр. см}^3$, а твердость по шкале Роквелла С без нагрузки колеблется в пределах $89,5-90,5$.

Если производить испытание на твердость при нагрузке более 60 кг , которая считается нулевой, можно поломать алмазное острие.

Впервые режущий инструмент из прессованного и сцементированного никелем тантал-карбида был выпущен фирмой Фанстил (Чикаго) в 1915 г., которой он употреблялся для обточки бакелита взамен алмазных резцов.

Однако, несмотря на прекрасные технические результаты, широкое распространение его было задержано начавшейся мировой войной.

Только после окончания последней д-р Кларенс Бальке вторично занялся исследовательскими работами по этому вопросу, в результате которых в 1922 г. на рынок был выпущен чистый вязкий тантал.

Последовавшее затем появление режущего инструмента из тантал-карбида явилось следствием дальнейшего изучения свойств этого редкого и интересного металла.

Резцы с тантал-карбидом как в лабораториях, так и на производстве показывают прекрасные результаты. Они весьма легко и быстро обрабатывают марганцевистую сталь Гадфильда, белый чугун, литой алюминий, дюралюминий, бакелит, различные бронзы. Скорость резания для инструмента из тантал-карбида во многих случаях может быть повышена по сравнению со скоростями, допускаемыми для вольфрам-карбидов. Иногда же возможно одновременное повышение скорости и увеличение подачи.

Время работы инструмента до переточки также обычно меньше, чем для инструмента с другими твердыми сплавами.

В качестве характеристики работоспособности резцов из тантал-карбида нами приводятся несколько примеров, заимствованных из американских технических журналов.

В первом случае резец из ремета был испытан на новом токарном револьверном станке, построенном специально для обработки очень ответственных изделий с большими скоростями резания. В качестве образца был взят вал в 75 мм из отожженной стали с содержанием углерода в 0,5%.

В один проход вал был обточен до 50 мм при скорости резания в 51 м/мин и подачей в 0,51 м. Таким образом глубина резания, или ширина снятой стружки, равнялась примерно 12,5 м. Мощность станка была 37,5 л. с.

За все время работы резец обработал 30 м по длине этого вала, причем был найден в хорошем состоянии, годным для дальнейшей работы, несмотря на то, что скорость резания была взята в 2,5 раза больше обычных скоростей для быстрорежущих инструментов.

В другом случае производилось испытание работоспособности ремета в условиях прерывистой стружки и ударов.

Для этого были взяты для обработки шестерня из закаленной быстрорежущей стали и отливка из высокопроцентной марганцевистой стали в виде цилиндра с неровной поверхностью.

Обработка ступицы шестерни прошла весьма удачно, причем для этой цели применялись резцы с отрицательным задним углом в 10°.

Марганцевистая болванка обрабатывалась на небольшом, несколько устарелого типа токарном станке, причем она была пущена в работу без предварительной шлифовки поверхности.

Станок работал со скоростью в 40 м/мин. с подачей в 0,125 мм и шириной стружки в 3 мм. При этих условиях как державка резца, так и его лезвия оставались достаточно холодными и их можно было коснуться рукой.

Слабый нагрев резцов при работе, обусловливаемый малой теплопроводностью, дает тантал-карбиду веские преимущества перед другими твердыми сплавами.

Благодаря этому обстоятельству при резании на больших скоростях не происходит приставания стружки и сваривания ее с лезвием инструмента, что обычно дает утолщения и затупления, вызывающие преждевременную замену резцов.

По причине же малой теплопроводности лезвия инструмента могут быть сделаны значительно меньше, равно как уменьшается и опасность расплавления меди в месте соединения пластынок тантал-карбида с основным металлом.

Между прочим, необходимо отметить, что способ припаивания тантал-карбида к инструменту несколько отличается от обще-

принятого в настоящее время. Его нельзя припаивать и приваривать непосредственно к стали, и лезвия предварительно никелируются. После этого припайвание производится при помощи чистой меди и обязательно в редуцирующей среде, для чего обычно применяется смесь водорода и азота. Область применения тантал-карбидов не ограничивается обыкновенными токарными резцами. Он с успехом может применяться для инструмента особо точных работ (вследствие незначительного расширения), фрез, измерительных приборов, калибров, фильер и т. д.

В заключение, возвращаясь к природе тантал-карбида, следует сказать, что свойства его резко изменяются в зависимости от содержания никеля. Чем меньше добавляется последнего, тем сплав получается тверже и труднее поддается заточке, но одновременно и несколько теряет при этом свою крепость.

Для иных кроме резания металлов целей, например фильер для протяжки проволоки, можно применять сплав с незначительными примесями никеля, так как они притираются и шлифуются алмазной пылью и не подвергаются тем напряжениям и ударам, которые испытывают резцы при работе на станках.

Поэтому при опытах с тантал-карбидами следует точно выявлять условия работы инструмента и брать только сплав соответствующего состава. В противном случае можно получить обманчивые результаты.

Подводя итоги всему вышесказанному, можно сказать, что имеющийся небольшой опыт по применению тантал-карбида дает возможность предполагать усиленное распространение его в ближайшее же время в силу тех особых свойств, которых недостает сплавам из вольфрам-карбидов. Незначительная же разница в стоимости безусловно будет сведена до минимума и окончательно покроется самим качеством инструмента.

5. Выводы и соображения о дальнейшем развитии производства твердых сплавов

Дальнейшее развитие техники производства твердых сплавов в условиях капиталистического хозяйства, где не малое значение имеет взаимная конкуренция, будет направлено несомненно по пути изыскания новых шедевров. Однако при индивидуальном характере управления отдельными отраслями промышленности и разбросанности однородных производств трудно ожидать весьма бурного расцвета самого производства твердых сплавов.

Совершенно иное положение будет наблюдаться в СССР. При наших производственных возможностях, концентрации целых отраслей промышленности, производство и применение твердых сплавов в ближайшие же годы должно получить самое

широкое распространение. Поручкой тому является то обстоятельство, что за какие-нибудь 1½—2 года работы мы имеем уже целый ряд собственных сплавов всех известных типов.

Основным условием дальнейшего расширения производства советских твердых сплавов будет служить экономичность их применения в каждом отдельном случае. Поэтому естественно, что развитие техники твердых сплавов будет идти по пути дальнейшего усовершенствования технологических процессов, изготовления и изыскания новых типов более высоких рабочих качеств.

Анализируя вышеприведенный материал в отношении свойств твердых сплавов и продуктов, мы видим наряду с громадными достоинствами их и целый ряд недостатков (хрупкость, пористость и т. д.).

Для устранения последних в дальнейших работах по изысканию новых методов производства твердых сплавов необходимо, по мнению автора, устранить все причины, мешающие получению высококачественных литых типов их.

Спеченные твердые сплавы, возникшие вследствие требований вольфрамового производства специфического назначения (протяжка нитей для электроламп), являются результатом химическо-металлургических исследований, которые сейчас непрерывно углубляются.

Не отрицая практической значимости подобных исследований, мы выражаем сомнение в том, что они могут в полной мере разрешить вопрос изготовления твердых сплавов, совершенных по своим качествам. Сама методика подготовки элементов к спеканию не может дать той микроскопической связи отдельных зерен, какую мы наблюдаем даже у обыкновенных сортов стали и железа. Поэтому наряду с рекордными величинами твердостей неизбежным будет и наличие хрупкости.

Единственным правильным путем в области исследования твердых сплавов следует считать разработку соответствующих, чисто металлургических процессов, потому что только путем жидкостных смесей—растворов—можно получить наиболее равномерное распределение отдельных элементов, входящих в состав сплавов.

Главнейшим препятствием к этому служит невозможность конструирования печей для чрезмерно высоких температур при настоящем состоянии наших металлургических знаний. Обыкновенные огнеупорные материалы, применяемые для футеровки печей (динас, магнезит), удовлетворительно стоят при температурах нагрева не выше 1 700—1 750°. Входящие в практику за последнее время огнеупорные изделия из карборунда позволяют этот предел несколько повысить, но незначительно. Следовательно, первой задачей, связанной с разрешением проблемы

литых твердых сплавов, является изыскание новых огнеупорных материалов, стойких при более высоких температурах.

Другой, не менее важной для этой цели, задачей следует считать разработку таких конструкций печей, чтобы потери тепла путем лучеиспускания были наименьшими.

По разрешении вышеперечисленных основных вопросов получение литых твердых сплавов будет обычным металлургическим процессом со всеми его положительными особенностями, так недостающими современным процессам сплавления и спекания тугоплавких элементов и металлов.

Однако подобное направление исследовательской мысли обусловливается требованиями, предъявляемыми весьма небольшим кругом отдельных отраслей промышленности (главнейшей—металлообработкой). В отношении же большинства последних мы имеем диаметрально противоположное положение. В целях более широкого распространения твердых сплавов для массовых назначений сплошь и рядом совершенно не требуется чрезмерно высоких твердостей. Таюке меньшее значение имеют и такие недостатки, как например хрупкость и пористость.

В данном случае доминирующее значение будет иметь стоимость сплавов и производственные возможности их изготовления. Поэтому дальнейшее углубление исследования по таким сплавам, как стеллит, студайт, или порошкообразным твердым продуктам должно идти в направлении удешевления их стоимости как путем упрощения методов изготовления, так и заменой более редких, дорогих элементов и металлов наиболее распространенными и дешевыми.

Вопрос же их существования следует считать решенным и не подлежащим дальнейшим обсуждениям.

ГЛАВА III

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

1. Химический состав

Для более ясного представления о природе твердых сплавов нами в табл. 1 приводятся анализы наиболее распространенных из них. Исчерпывающей химической характеристики по всем существующим сплавам дать нельзя в силу того, что многими фирмами и заводами производство их держится в строгом секрете; иногда же с целью обхода патентов или для умышленного искажения действительных свойств в состав твердых сплавов вводятся индифферентные элементы и металлы.

Несмотря на это, имеющийся в нашем распоряжении материал дает возможность в полной мере изучить все факторы, обуславливающие исключительные качества твердых сплавов, которые ставят их выше известных специальных типов сталей.

Таблица 1

Поряд.	Название сплава	C %	W %	Co %	Mo %	Cr %	Mn %	Ni %	Fe %	Примечание
1	Стеллит	2	15	33	10	25	—	—	12	
2	»	2	15	30-55	—	25	—	—	4-13	
3	Цельзит	2-4	15-20	40-50	—	25-30	—	—	—	
4	Акрит	2-5	16	38	4	30	—	10	—	
5	Студайт	1,65	—	—	—	24,10	6,23	—	65,6	Имеется некотор. кол. Si
6	Энглайт	1,8	—	—	—	30	—	3,2	63,0	
7	Торан	3,94	95,85	—	—	—	—	—	—	
8	Эльмерид	5,9	83,0	4,5	—	—	—	—	0,4	
9	Воломит	4,5	87,5	—	2,9	—	—	—	2,8	Иногда Mo отсутств.
10	Ломанит	5-6	87,9	—	7,0	—	—	—	—	
11	Видиа	3-6	80-95	до 13	—	—	—	—	—	
12	Блэкор	9-10	86,0	—	—	—	—	—	0,5	

Из данных табл. 1 видно, что все твердые сплавы чрезвычайно богаты содержанием редких элементов и металлов и притом

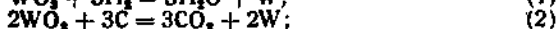
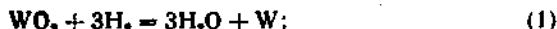
теми из них, которые в соединении с углеродом дают карбиды большой твердости. К последним следует отнести карбиды вольфрама, молибдена, хрома и марганца. Остальные элементы и металлы, как например кобальт, никель и железо, в производстве твердых сплавов главным образом играют роль связующих веществ или вводятся для придания им вязкости.

Вследствие того, что взаимные соотношения всех этих соединений сильно влияют на качества сплавов, ниже нами приводятся характеристики всех составных элементов их, без знания которых совершенно невозможно критическое отношение к тому или иному твердому сплаву или продукту.

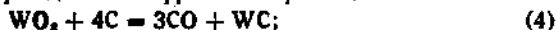
В о л ь ф р а м. Процесс получения чистого вольфрама из руд чрезвычайно сложен. Наиболее распространенными вольфрамовыми рудами являются **ш е е л и т и в о л ь ф р а м и т**. Последние подвергаются обогащению, т. е. освобождаются от сопровождающей их пустой породы и путем химической обработки переводятся в окиси вольфрама. Примером типичной вольфрамовой руды может служить шеелит Гумбейского месторождения на Урале, химический анализ которого следующий*:

WO ₃	78,8%
Ca	20,6%
Fe ₂ O ₃	0,2%
SiO ₂	0,15%

Полученные из подобных руд окислы вольфрама подвергаются восстановлению до металлического вольфрама, как мы уже говорили, углеродом или водородом. Наиболее существенными реакциями восстановления являются:



Восстановление WO₃ может также протекать и с непосредственным образованием карбидов вольфрама по реакциям:

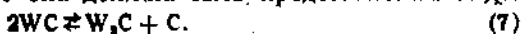


Практически непосредственное получение карбидов вольфрама производится путем прокаливания вольфрамовой кислоты с нефтяным коксом и опилками железа в электрической печи.

Одновременно с образованием карбида вольфрама WC по реакции (4) получается и графит. При более сильном нагревании неизбежно получается и двувольфрамоккарбид W₂C по реакции:



С понижением температуры эта реакция идет в обратном направлении, а следовательно она должна быть представлена в виде:



* Правдюк и Негреев «Азерб. нефтяное хозяйство», № 12, 1930 г.

Железные опилки в данном случае служат для сплавления шихты, так как W является весьма тугоплавким элементом.

Соединения W как с углеродом, так и железом чрезвычайно прочны и хорошо стоят против разрушающих их факторов. С углеродом вольфрам образует три карбида: WC, W_2C и W_3C . Карбид вольфрама WC содержит 6,12% C и представляет собой серый порошок, кристаллизующийся в виде кубов и обладающий очень высокой твердостью. При температуре красного каления, на воздухе разлагается и переходит в окислы по реакциям:



Двувольфрам-карбид W_2C , содержащий 3,158% C, получается как путем разложения WC, так и путем прокаливания WO_3 , при очень высоких температурах. Процесс получения идет по реакции (5).

Металлографически существование W_3C не доказано, но в сталях, содержащих W, обнаружена составляющая между моно- и тривольфрам-карбидами, которую и считают за дивольфрам карбид.

Однако Муассон (Moisson) описывает его как порошок стального серого цвета, настолько твердый, что он царапает даже корунд. Тривольфрам-карбид, W_3C , обнаружен как металлографическими исследованиями, так и химическим путем.

Точка плавления его около 2700° , причем расплавление идет без разложения в отличие от WC, плавление которого сопровождается выделением графита и вероятным образованием W_2C и W_3C . Содержание C в чистом W_3C равно 2,127%.

Главнейшими карбидными составляющими вольфрамовых твердых сплавов служат обычно WC и W_2C .

Температура плавления первого равна 2800° ; твердость — несколько более 9 по шкале Мооса, удельный вес 15,7. W_2C имеет твердость 9,8 при удельном весе в 16,6.

Кроме того в твердых сплавах очевидно имеется и двойной карбид $2Fe_3C \cdot 3W_2C$. Последний, в отличие от моно- и дикарбидов, обладает магнитными свойствами и значительно мягче.

Таким образом мы видим, что для достижения максимальной твердости вольфрамовых сплавов следует увеличивать содержание W, но, к сожалению, большая хрупкость его ставит определенные пределы. Поэтому, как правило, в такие сплавы вводят другие более вязкие элементы и металлы.

Молибден. Этот элемент по своим свойствам является аналогом вольфрама. Его карбиды также имеют большую твердость, а следовательно обладают и режущими свойствами.

Исследования над специальными молибденовыми сталями показывают, что режущие свойства Mo проявляются значительно сильнее, нежели у вольфрама.

Практически установлено, что 1% молибдена вполне может заменить 2% вольфрама.

Однако, несмотря на это, в состав твердых сплавов молибден вводится лишь в незначительных количествах или он в них не содержится совершенно. Развитие производства стеллитов шло по пути уменьшения содержания Мо с последующим его исключением. Объяснялось это тем, что стеллиты, содержащие Мо, обладали чрезмерной хрупкостью и следовательно не могли быть использованными на инструментах, подвергающихся ударам.

Такое представление о влиянии молибдена на свойства твердых сплавов, по мнению автора, не является абсолютно правильным, и исследования в отношении применения его для твердых сплавов должны продолжаться.

В самом деле, проводя параллель между молибденовыми специальными сталями и твердыми сплавами, содержащими молибден, необходимо отметить, что первые более тягучи, нежели вольфрамовые, и ковка их требует меньшей осторожности, тогда как твердые молибденовые сплавы значительно более хрупки, чем вольфрамовые. Причину последнего следует искать по нашему мнению в видах соединений Мо с другими компонентами. Если в специальных сталях он находится в виде двойного карбида (в высоколегированных исключительно в виде Fe_3Mo_3C), то в твердых сплавах, содержащих весьма малые количества железа, мы имеем свободные карбиды или возможно своеобразные твердые растворы.

Поэтому, несмотря на отрицательные качества молибдена в существующих твердых сплавах, необходимо проводить работы по введению его в состав последних, но непременно с одновременным повышением в них содержания железа. Такая комбинация может дать твердый сплав большой твердости и хорошей вязкости, т. е. сочетать два эти свойства в самых выгодных соотношениях.

В случае успешного исхода таких исследований возможна значительная экономия вольфрама.

К о б а л ь т. Влияние кобальта на свойства твердых сплавов до сих пор не совсем ясно и недостаточно изучено. Применение его в литых сплавах обуславливается тугоплавкостью отдельных составных частей, в спеченных—вольфрамовых он главным образом служит связующим (цементирующим) веществом.

Такое действие кобальта объясняется его сравнительно невысокой температурой, равной всего 1500°.

В применении к специальным сталям он обладает свойством принимать закалку, хотя последняя обычно очень слаба и увеличивает твердость кобальтовых сталей весьма незначительно. Другим интересным качеством кобальта в стали является то, что при содержании его в 25—30% сталь под действием отжига не смягчается совершенно *.

* Единичные опыты—возможно, некоторое смягчение имеется. Автор.

Весьма возможно эти два свойства вносятся кобальтом и в твердые сплавы.

Кроме того установлено, что кобальтовые стали обладают большой теплопроводностью, а это представляет исключительную ценность для режущего инструмента, где быстрый отвод тепла от лезвия дает возможность работать им значительно большее время и с повышенной мощностью.

Действует ли он подобным образом на свойства твердых сплавов, пока также неизвестно.

Благодаря таким исключительным качествам необходимо форсировать изучение влияния кобальта на твердые сплавы, причем исследования его должны проводиться по всем сплавам.

Х р о м. Присутствие этого элемента в твердых сплавах также объясняется большой твердостью хромовых соединений, главным образом карбидов. Из последних наиболее известными являются: $2\text{Fe}_3\text{C} + \text{Cr}_2\text{C}_3$, $3\text{Fe}_3\text{C} + 2\text{Cr}_3\text{C}_2$, $2\text{Fe}_3\text{C} + 3\text{Cr}_3\text{C}_2$, Cr_3C_2 и наконец Cr_4C . Первые три двойных карбида имеются в смеси с остальными лишь в сплавах, содержащих значительные количества железа.

Основными хромовыми соединениями следует считать Cr_3C_2 и Cr_4C . Из них Cr_3C_2 отличается очень большой твердостью, но обычно в сплавах имеется и менее твердый карбид Cr_4C .

Однако, несмотря на то, что хром дает весьма твердые соединения, сплавы, его содержащие, обладают также и большой крупкостью, что несколько ограничивает их области применения.

М а р г а н е ц. В производстве специальных сталей марганец имеет большое значение. Весьма распространенная сталь Гадфильда (R. Hadfield) с содержанием Mn в 13—14% обладает большим сопротивлением истиранию при достаточной твердости. Будучи закалена при температуре около 1000° она становится мягче, а после отжига принимает свойства закаленной стали и очень плохо поддается механической обработке.

Способностью марганца сообщать металлу твердость при хорошей вязкости очевидно и объясняется введение его в состав твердых сплавов.

Марганец с углеродом дает весьма прочный карбид Mn_3C с содержанием C в 6,72%.

В результате обширных исследований Арнольда (Arnold) и Реда (Read) над природой карбидов специальных сталей, содержащих марганец, выяснилось, что при сравнительно небольших количествах последнего имеется механическая смесь Mn_3C и Fe_3C ; в сталях же, содержащих Mn свыше 11,0%, обнаруживается химическое соединение $3\text{Fe}_3\text{C} \cdot \text{Mn}_3\text{C}$. Это предположение исследователей основано на способе Стида (Stead), согласно кото-

рому карбид марганца должен давать окрашивание при растворении в азотной кислоте уд. в. 1,20. При растворении высокопроцентных марганцевистых сталей никакого окрашивания не получается. Вследствие этого в твердом сплаве студайт, содержащем 65% железа и 6,0% марганца, карбид последнего находится очевидно в механической смеси с карбидом железа; в твердом же сплаве—сталинит—возможно ожидать $3\text{Fe}_3\text{C} \cdot \text{Mn}_3\text{C}$ ввиду того, что в нем содержится значительно большее количество Mn. Введение последнего в состав твердых сплавов несомненно должно благоприятно отозваться на свойствах тех из них, которые работают главным образом на истирание.

Н и к е л ь. Обладая сравнительно низкой температурой плавления и хорошей вязкостью, в производстве твердых сплавов никель имеет двоякое назначение. Первое—это значительное уменьшение хрупкости их от введения его, а следовательно и улучшение режущих качеств, второе—подобно кобальту, он служит цементирующим веществом. Однако, несмотря на облагораживающее свойства, применение никеля весьма ограничено, так как при его введении сплавы несомненно сильно теряют в своей твердости.

Вот краткое описание свойств, наиболее применимых в производстве твердых сплавов элементов и металлов, но несомненно, что в ближайшее время для этих же целей будут применяться и многие другие. В силу новизны этой области металлургии и необходимости ее дальнейшего развития, неизбежно будут выявлены такие комбинации из обычных известных ме аллов и элементов, что производство твердых сплавов станет таким же многогранным и разносторонним, как производство специальных сталей.

Поэтому дальнейшие работы по изучению природы твердых сплавов должны идти не только по пути использования опыта металлургии специальных сталей, но и в направлении поисков наиболее эффективных соотношений отдельных компонентов.

2. Металлографические данные

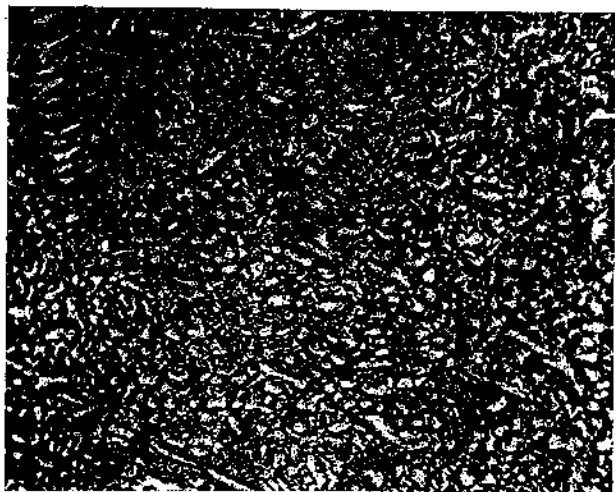
Твердые сплавы, являясь продуктами, в основе которых лежат карбиды различных элементов и металлов, имеют и соответственные своеобразные структурные составляющие.

В большинстве случаев последние состоят из простых или сложных—двойных и тройных карбидов W, Cr, Mn, Mo и Fe, и металлографические исследования твердых сплавов должны быть направлены главным образом по пути изучения условий получения равномерной карбидной структуры, определяющей наиболее одинаковые качества во всех плоскостях.

Для уяснения металлографической природы твердых сплавов нами ниже приводятся несколько микроснимков со шлифов их.

На фиг. 1 нами приведен микрошлиф твердого сплава с т е л л и т, или, вернее, а к р и т. Здесь мы имеем весьма равномерное распределение карбидов W и Cr по всему сечению, на фоне эвтектики. Мелкораздробленность карбидов обеспечивает и равномерность свойств самого сплава. Такая структура весьма характерна для литых твердых сплавов.

На фиг. 2 мы имеем структуру твердого сплава другого типа, а именно—твердого продукта с т а л и н и т. Сплав получен путем расплавления шихты на поверхности обыкновенной железной пластинки. Здесь также на темном фоне расположены



Фиг. 1 Микроструктура сплава типа стеллитов по своему составу приближающихся к сплаву акрит.

карбиды Mn, Cr и Fe, причем распределение их сравнительно равномерное.

Несколько иную картину мы видим на фиг. 3, представляющей микроснимок структуры твердого сплава б л е к о р, состоящего из чистых карбидов вольфрама.

В данном случае на основном темном фоне мы видим карбиды вольфрама, но в отличие от предыдущих микроснимков наблюдается большая пестрота в их расположении, вызываемая местными скоплениями. Вполне естественно, что свойства такой структуры не могут быть одинаковыми в различных сечениях.

Это обстоятельство объясняется тем, что сплав блекор представляет собой шихту, расплавляемую помощью вольтовой дуги электросварочного аппарата, причем процесс сопровождается

целым рядом трудностей, препятствующих получению равномерной наплавки.



Фиг. 2. Микроструктура твердого продукта сталинит. Увеличение $\times 230$.

Основной из последних является тугоплавкость карбидов вольфрама. При расплавлении их наблюдаются перерывы дуги, изменения длиннее и т. д.

Создаваемая этим пульсация температур и вызывает неравномерность в химическом составе наварок, а это влечет за собой и структурную неоднородность.

Поэтому подобные сплавы в применении к инструменту и изделиям, требующим одинаковых качеств во всех своих точках, вряд ли могут успешно работать.

Переходя к твердым сплавам, имеющим в своем составе значительные количества вольфрама, которые средн



Фиг. 3. Микроструктура наплавки твердого продукта Блекор.

известных сплавов занимают доминирующее положение, мы должны отметить чрезвычайную важность осторожной шихтовки их в отношении углерода. Дело в том, что для получения продукта присущих ему качеств, необходимо строго определенное количество последнего. Отклонение в сторону повышения или понижения содержания углерода влечет за собой сильное снижение свойств сплавов, главным образом по твердости.

На фиг. 4, 5 и 6 представлены микроснимки вольфрамовых сплавов с различными содержаниями углерода.

Фиг. 4 дает структуру вольфрамового сплава с содержанием С в 1%. Как ясно видно, такое количество углерода далеко не достаточно для развития настоящей карбидной структуры, что влечет неоднородность в свойствах сплава.

4

5

6



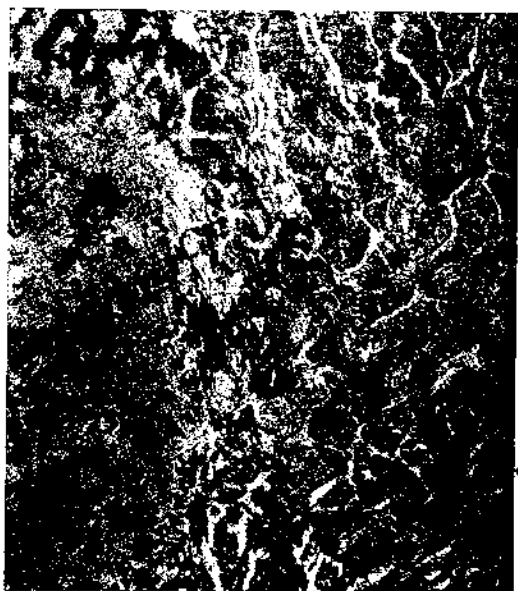
Фиг. 4, 5, 6. Фиг. 4. Твердый сплав с недостаточным количеством углерода (1 % С). Фиг. 5. Твердый сплав с нормальным содержанием углерода (1 % С). Фиг. 6. Твердый сплав с избыточным количеством углерода (5 % С).

Наоборот, на фиг. 6 мы видим включения чистого графита, что имело место от введения избыточного количества С (5%) в шихту. В момент расплавления образующиеся карбиды растворялись в себе избыток последнего, но при охлаждении выделились в виде пластинок графита. Структура имеет рыхлый вид, и мягкая составляющая между карбидами, быстро выкрошившись при работе, вызовет такую же и усиленную изнашиваемость самих карбидов.

Правильную шихтовку показывает фиг. 5. В данном случае налицо чистая карбидная структура с весьма равномерным раздроблением отдельных карбидов. Этой структуре отвечают карбиды WC и W_2C ; количество углерода в шихте равно 4%.

Таким образом на основании этих нескольких примеров можно вывести следующие два положения, характеризующие свойства твердых сплавов.

1. При исключительно точном инструменте или изделии необходимо употреблять твердые сплавы сплавленного или спеченного типа как обладающие наиболее однородными свойствами.



Фиг. 7. Микроструктура наплавки из твердого продукта сталинит. Увеличение $\times 230$.

Для прочих назначений, со сравнительно грубой обработкой, могут быть применены другие, более экономичные, твердые сплавы и продукты.

2. При производствах, основанных на карбидах, следует возможно тщательно вести шихтовку во избежание получения сплавов пониженных качеств.

Весьма интересными в металлографическом отношении являются сплавы, в состав которых входят сложные карбиды. К этому типу относится твердый сплав—продукт сталинит, микроструктура которого была представлена на фиг. 2.

Ввиду того, что в состав указанного сплава входят карбидобразующие элементы, более легко подвергающиеся окислению, нежели вольфрам, следует ожидать изменения самой структуры в зависимости от методов обработки и способов употребления. Это предположение целиком подтверждается микроснимками на фиг. 7 и 8.

Микроснимки представляют наплавку одним и тем же сплавом, но, несмотря на это, структуры настолько непохожи друг на друга, что возникает невольное предположение о различной природе их.

Если снимок фиг. 2 дает картину сравнительно равномерного распределения карбидов по всей плоскости, то фиг. 7 и 8 поражают своей неоднородностью.

В обоих случаях наплавки характерны особенной разнородностью своих структурных составляющих. В первом случае мы имеем толстую карбидную сетку, местами переходящую в эвтектику на троостито-мартенситовом поле, причем последняя постепенно переходит в структуру почти эвтектоидной стали.

Во втором случае также имеется сетка из карбидов, перлита, троостита, эвтектики и дендритов, т. е. аналогично фиг. 7 в различных точках поля зрения наблюдаются самые разнообразные составляющие. Естественно, что с изменением структуры меня-



Фиг. 8. Микроструктура наплавки из твердого продукта сталинит. Увеличение $\times 425$.

ются как сами свойства сплава или наплавки, так и рабочие качества их.

Произведенные испытания этих образцов с первым на твердость дали показания, колеблющиеся в пределах 25—30%.

Это следует объяснить тем, что режим работы во всех случаях был различный и меняющиеся температурные условия вызвали различие в химических составах наплавов, а следовательно и в их качествах.

Для получения наплавов нормальных качеств следует придерживаться вполне определенного режима работы. Это относится и к сплавам вольфрамовым, хотя на их свойствах колебания дуги отзываются не так сильно.

В заключение нужно указать, что с обыкновенным развешиванием металлографических исследований над твердыми сплавами необходимо их изучение и путем рентгенографического метода.

Последний весьма быстро может дать полную характеристику каждого твердого сплава с указанием направления дальнейших исследовательских и опытных работ.

3. Механические свойства

Выдающимися механическими свойствами твердых сплавов являются: большая твердость, хорошая сопротивляемость истирающим усилиям, стойкость при высоких температурах, кислотоупорность, большое сопротивление атмосферной коррозии т. д. Конечно, не каждый из твердых сплавов наделен всеми этими качествами — некоторые из них обладают лишь частью последних. Поэтому для определенных целей следует выбирать наиболее соответствующий сплав, сообразуясь со специфичностью его свойств, так как без этого легко впасть в ошибку и получить в результате ее совершенно неправильное представление о практической пригодности проводимого мероприятия.

Поэтому ниже нами весьма подробно и разбираются основные качества различных твердых сплавов.

Твердость. В отличие от сталей как обыкновенных углеродистых, так и специальных твердость сплавов, как правило, не зависит от термической обработки и свойственна им в обыкновенном состоянии.

Ввиду того, что твердости сплавов значительно выше твердостей известных сталей и приближаются по этому свойству к алмазам, измерение их можно производить только специальными приборами. К последним следует отнести: прибор Роквелла, Виккерса и Герберта. Прочие подобные приборы например Бринель, Шор и т. д., дают обычно неправильные показания, и пользование ими не рекомендуется. Иногда же числа твердостей даются и по этим шкалам, но они являются не чем иным, как переводными числами с вышеуказанных основ-

ных приборов, что делается для заводских работников, не имеющих в своем распоряжении последних.

В табл. 2 нами приводятся результаты первых испытаний различных твердых сплавов, проведенных в испытательной лаборатории Орга-металла на приборе Роквелла.

Таблица 2

№№ по пор.	Название сплава	Твердость по Роквеллу шкала С	№№ по пор.	Название сплава	Твердость по Роквеллу шкала С
1	Студайт	52	5	Цельзит	54
		49			53
		53			52
		52			55
		51			49
		55			51
		54			50
2	Видиа	47	6	Сплав Вальтер. .	49
		67			52
		67			56
		67			52
		69			51
		68			50
		69			56
3	Блекор	51			47
		57			58
		56			56
		58			59
		55			55
4	Карбид-вольфрам Горхимтреста	50			
		51			

Из приведенных данных видим, что наибольшим постоянством в отношении твердости обладает сплав видиа. Это всецело объясняется способом изготовления, гарантирующим наиболее равномерное строение сплава.

Однако для многих твердых сплавов, в особенности работающих на истирание в спокойных условиях или с ударами, показания Роквелла и Виккерса не являются показательными и они должны быть дополнены показаниями и прибора Герберта. Дело в том, что последний прибор в отличие от двух первых дает две твердости—до наклепа и после него, причем вторая обычно значительно выше первой. Это объясняется уплотнением сплава алмазом при начальном измерении, что имеет полнейшую аналогию с практическими условиями работы многих изделий и инструментов. Насколько сильно расхождение между первичной и вторичной твердостями, видно из цифр,

приводимых в табл. 3, являющейся частью работы химика АЗНИИ Н. Ф. Правдюка по вольфрамовым твердым сплавам:

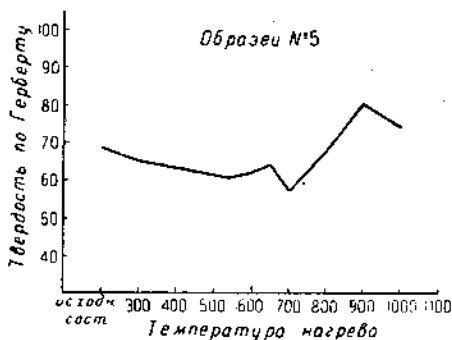
Таблица 3

№№ сплавов	Главные составные части	Твердость по Герберту	
		до наклепа (первоначальная)	после наклепа (вторичная)
1	W, Mo, Co	36	53,0
2	W, Mo	35	55,0
3	W, Co	35	51,0
4	W, Ni	44	71,0
5	W, Cr	36	60,0
6	Fe, W	45	74,0
7	Fe, W, Mo	40	60,0
8	W, C (увелич.)	60,6	86,5

Из этих данных ясно, что вторичная (после наклепа) твердость превышает первоначальную примерно на 50%, а так как она является показателем в установившемся состоянии, то очевидно, что для окончательного суждения о твердости данного

сплава основным критерием должны служить только максимальные числа.

Для получения правильных результатов необходима также и специальная подготовка испытуемых образцов. Наиболее точными числами твердости при любом приборе следует считать те из них, которые снимаются со шлифов. Образцы с неровными поверхностями или покрытые окис-



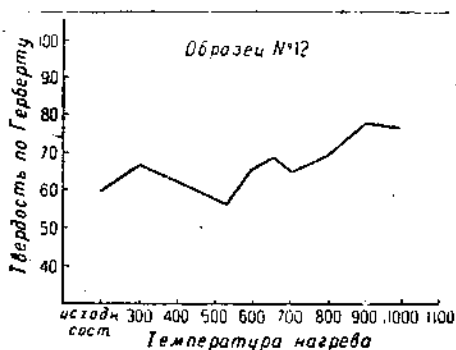
Фиг. 9. Влияние отжига на твердость сталината

лами дают весьма колеблющиеся результаты в различных точках. Весьма интересным исключением в отношении твердости является твердый сплав (продукт)—сталинит. В отличие от других он обладает тем качеством, что его твердость является следствием как способа наплавки, так и соответствующей термической обработки.

На фиг. 2, 7, 8, представляющих структуры этого сплава, полученные различными методами наплавки, мы уже видели сильную пестроту расположения составляющих. Благодаря этой же разнородности во всех образцах наблюдались и различные числа твердости. Следовательно для получения максимальной и однородной твердости по всей поверхности, покрытой сплавом, необходим, как мы говорили выше, определенный режим операции наплавления.

Другим присущим только этому сплаву свойством служит способность его повышать свою твердость под влиянием отжига при высокой температуре. Для иллюстрации высказанного положения на фиг. 9 и 10 даны диаграммы твердостей при различных температурах нагрева.

Как видим, в обоих случаях кривые твердостей растут, достигают максимума около 900° и затем падают. Таким образом, мы имеем повышение твердостей от 60 до 70 в первоначальном виде и примерно до 80 после отжига при 900° . Это качество весьма ценно для тех работ, когда от изделия требуется большая поверхностная твердость при максимальной вязкости основного металла. Последний, подвергаясь действию высокой температуры во все время операции наплавки, приобретает крупнозернистое строение, характеризующееся большой хрупкостью и ломкостью. Будучи же после наплавки отожжен, он возвращается в первоначальное мелкозернистое, а следовательно и более устойчивое состояние; одновременно при этом повышается и качество наплавки.



Фиг. 10. Влияние отжига на твердость сталинита

В дополнение к характеристикам твердых сплавов по твердости нами приводится табл. 4, служащая соединительным звеном между показателями различных приборов. Представляя исключительно ценный практический материал, она имеет существенный недостаток, а именно—невозможность сравнивать числа твердостей этих приборов со шкалой прибора Герберта, но надо полагать, что при все растущем интересе к твердым сплавам, этот пробел будет заполнен в недалеком будущем.

Стойкость при высоких температурах. В первой главе указывалось на то, что развитие твердых сплавов шло по пути изыскания металла, не теряющего своих свойств, главным образом твердости, при нагреве от сильного трения, возникающего в процессе работы инструмента.

Таким образом, от быстрорежущей стали, сохраняющей свои свойства лишь до температуры нагрева в 600° , перешли к сплавам типа стеллит, стойким при температурах в $700-800^{\circ}$ и наконец карбидам вольфрама, понижающими свою твердость при нагреве лишь свыше 900° .

Роквелл			Бриннель		Число твердости по Вик- керсу или Фирту	Число твердости по Шору
Алмазная С шкала			Груз 3 000 кг 100-мм шарик			
150 кг	100 кг	60 кг	диам. отпечатка	число твердости		
—	—	—	2,00	946	—	—
—	—	—	2,05	898	—	—
—	—	—	2,10	857	—	—
—	—	—	2,15	817	—	—
72	82	89	2,20	782	1 220	107
69	80	87	2,25	744	1 114	100
67	78	85	2,30	713	1 021	96
65	76	84	2,35	683	940	92
63	74	83	2,40	652	867	88
61	72	82	2,45	627	803	85
59	71	81	2,50	600	746	81
58	69	80	2,55	578	694	78
56	68	79	2,60	555	649	75
54	67	78	2,65	532	606	72
52	65	77	2,70	512	587	70
51	64	76	2,75	495	551	68
49	63	76	2,80	477	534	66
48	62	75	2,85	460	502	64
47	61	74	2,90	444	474	61
45	60	73	2,95	430	460	59
44	59	73	3,00	418	435	57
43	58	72	3,05	402	423	55
41	57	71	3,10	387	401	53
40	56	71	3,15	375	390	52
39	55	70	3,20	364	380	50
38	54	69	3,25	351	361	49
37	53	69	3,30	340	344	47
36	52	68	3,35	332	335	46
35	52	68	3,40	321	320	45
34	51	67	3,45	311	312	44
33	50	67	3,50	302	305	42
31	49	66	3,55	293	291	41
30	48	66	3,60	286	285	40
29	48	65	3,65	277	278	39
28	47	65	3,70	269	272	38
27	46	64	3,75	262	261	37
26	45	64	3,80	255	255	36
25	45	63	3,85	248	250	36
24	44	63	3,90	241	240	35
23	43	62	3,95	235	235	34
22	42	62	4,00	228	226	33
21	41	61	4,05	223	221	33
20	41	61	4,10	217	217	32
19	40	60	4,15	212	213	31
18	39	60	4,20	207	209	30
—	38	59	4,25	202	201	30
—	37	58	4,30	196	197	29
—	36	58	4,35	192	190	29

Роквелл			Бриннель		Число твердости по Вик- керсу или Фирту	Число твердости по Шору
Алмазная С шкала			Груз 3 000 кг 10-мм шарик			
150 кг	100 кг	60 кг	диам. отпечатка	число твердости		
—	35	57	4,40	187	186	28
—	34	56	4,45	183	183	28
—	34	56	4,50	179	177	27
—	33	55	4,55	174	174	27
—	32	55	4,60	170	171	26
—	—	54	4,65	166	165	26
—	—	53	4,70	163	162	25
—	—	53	4,75	159	159	25
—	—	52	4,80	156	154	24
—	—	51	4,85	153	152	24
—	—	51	4,90	149	149	23
—	—	50	4,95	146	147	23
—	—	50	5,00	143	144	22
—	—	—	5,05	140	—	—
—	—	—	5,10	137	—	—
—	—	—	5,15	134	—	—
—	—	—	5,20	131	—	—
—	—	—	5,25	128	—	—
—	—	—	5,30	126	—	—
—	—	—	5,35	124	—	—
—	—	—	5,40	121	—	—
—	—	—	5,45	118	—	—
—	—	—	5,50	116	—	—
—	—	—	5,55	114	—	—
—	—	—	5,60	112	—	—
—	—	—	5,65	109	—	—
—	—	—	5,70	107	—	—
—	—	—	5,75	105	—	—
—	—	—	5,80	103	—	—
—	—	—	5,85	101	—	—
—	—	—	5,90	99	—	—
—	—	—	5,95	97	—	—

На фиг. 11 и 12 это свойство ярко иллюстрируется сравнительными кривыми твердостей.

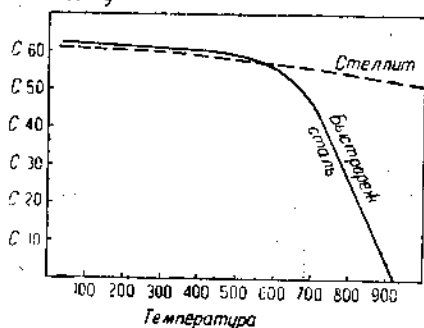
Кривые, представленные на обеих диаграммах, относятся к стеллитам, но несомненно и другие твердые сплавы дают аналогичные результаты.

В обоих случаях мы видим сильное падение твердости быстрорежущей стали в пределах температур нагрева в 500—600°, тогда как кривые, характеризующие твердость стеллитов, имеют весьма незначительное и плавное падение.

Такое исключительное качество твердых сплавов дает возможность применять их для многих изделий, работающих при высокой температуре, например для бойков молотов, волочильных колец, шаберов для снятия горячей окалины и т. д.

Сопротивление истираемости. Не меньшее значение для множества целей имеет способность твердых сплавов противостоять истирающим усилиям. Это свойство зависит от

Твердость
по Роквеллу

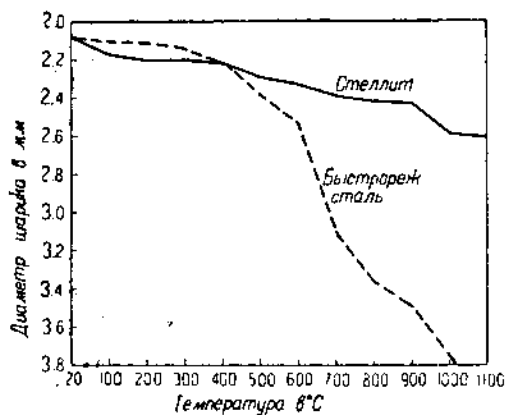


Фиг. 11. Диаграмма температурной стойкости стеллитов и быстрорежущей стали

стеллитированных поверхностей повышается в 5—30 раз в зависимости от назначения изделий. По сообщению одного немецкого журнала кольца горячей протяжки, покрытые стеллитом, в 11—250 раз долговечнее обыкновенных чугуновых.

Для определения стойкости сплавов при истирании в настоящее время нет еще универсальных машин и приборов. Поэтому

для окончательного суждения необходимо производство практических испытаний в соответствующей обстановке. Существующие же типы подобных машин построены на следующем принципе: испытуемый образец под определенной нагрузкой подвергается истиранию на карборундовом круге. По истечении известного промежутка времени образец взвешивается или измеряется и по потере веса и размера определяется коэффициент истирания.



Фиг. 12. Диаграмма температурной стойкости стеллитов и быстрорежущей стали

Подобная машина представлена нами на фиг. 13.

Естественно, что результаты, даваемые такими машинами, являются отвлеченными и служат лишь для сопоставления от-

дельных сплавов между собой, так как условия истирания сплава, скажем на песке, горных породах, металле—будут очень сильно разниться от работы на карборунде.

Для того, чтобы дать приблизительное представление о коэффициентах истирания, нами приводятся в табл. 5 результаты испытаний некоторых твердых сплавов, проведенных на машине Амслера в лаборатории Азнии химиками Правдюком Н. Ф. и Негреевым.

Таблица 5

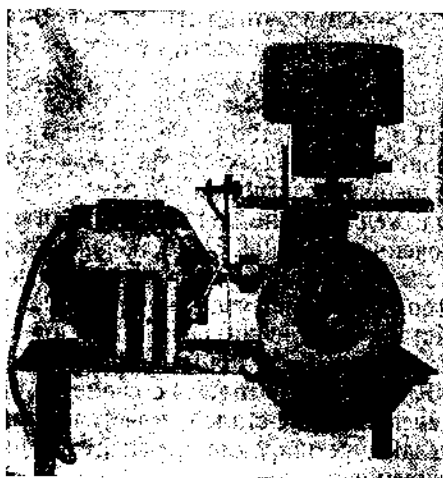
№ по пор.	Название сплава	Коэффициент истирания по Амслеру	Примечание
1	Блекор	0,25	Некоторые образцы давали меньший коэффициент.
2	Догит	0,35	
3	Сталинит	0,62	
4	Студайт (Stoodite)	0,67	
5	Спартан (Spartan)	0,70	
6	Сталь Г. Г. Фельда	1,10	с 13% Мп

Как видим из этих данных, в отношении сопротивляемости износу твердые сплавы оставляют далеко позади себя даже

марганцевистую сталь, обладающую весьма хорошим коэффициентом и употребляемую вследствие этого для сильно изнашивающихся на работе деталей, например трамвайных стрелок, щек камнедробилок и т. д.

Примером испытаний, приближающихся к практическим условиям, следует считать опыты, проведенные самим автором со сплавом ста-
линит.

Стальные пластинки как с наплавкой сплавом, так и без нее, подвергались истиранию под карборундовым кругом, укрепленным в головке



Фиг. 13. Типичная машина для испытания твердых сплавов на истирание.

шпинделя сверлильного станка. Для получения одинаковых результатов на круг была дана определенная нагрузка.

Пластинки взвешивались до и после каждого испытания, потеря веса относилась на единицу истертой поверхности, замěřившейся планиметром.

Результаты этих опытов видны из данных табл. 6.

Т а б л и ц а 6

№№ образцов	Начальный вес в г	Вес после испыт. в г	Общая потеря веса в г	Поверхн. износа в см	Потеря в весе на ед. площади г/см²	П р и м е ч а н и е
1	142,75	142,50	0,25	15	0,0165	с наплавкой
2	114,10	111,00	3,10	20	0,155	без наплавки
3	143,10	142,75	0,35	15	0,0233	с наплавкой
4	114,75	113,00	1,75	20	0,0873	без наплавки

Испытания производились попарно для образцов 1—2 и 3—4. В соответствии с этим из цифр таблицы можно вывести следующее:

Как видно, стойкость наплавленных образцов значительно выше обыкновенных. Разница в полученных результатах обуславливается тем, что истирание образца 4 производилось карборундовым кругом, затертым предварительными испытаниями поэтому коэффициент в 9,4 следует считать более близким к фактическому.

Необходимо отметить также и то, что сплав, обладающий меньшим коэффициентом, не всегда будет применим на практике. Здесь не меньшую роль играют как экономические соображения, так и условия работы данного изделия.

П р о т и в о к о р р о з и й н о с т ь. Почти ни один из факторов, вызывающих коррозию, на большинство твердых сплавов не оказывает никакого заметного действия. Например сплавы типа стеллитов не поддаются действию известных кислот за исключением соляной HCl*, Благодаря этому твердыми сплавами с успехом могут быть покрыты изделия, приборы, посуда, от которых требуется хорошая кислотоупорность. Не поддаваясь действию окисления, они вполне применимы и к таким изделиям, как например зеркала, рефлекторы, прожектора и т. д.

Кроме этих основных свойств, отличающих твердые сплавы от специальных сталей, имеется целый ряд второстепенных, раскрывающих широкие перспективы в деле внедрения их в промышленность.

* Сплав типа стеллит с м е н а дает весьма удовлетворительные показатели на сопротивляемость действию холодной HCl; потеря образцов в весе, отнесенная к потере поверхности, равной 1 м² поверхности, в час не превосходит 0,4 г для крепкой кислоты. В нагретой до 100° кислоте потери возрастают и для 20% раствора HCl доходят до 2 г на 1 м²/час. Ред.

ГЛАВА IV

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

1. Паяние

Одним из способов употребления твердых сплавов, получившим широкое распространение главным образом в металлообрабатывающей промышленности, является их припайка к инструменту. Последняя операция весьма проста. На режущем конце инструмента вырезают или высверливают основной металл по форме пластинок или нормалей твердого сплава. В полученные формы вкладывают соответствующие кусочки последнего, поверхность которых накладывается пластинка металла, служащего припоем, например меди. Припой и пластинка прочно связываются с инструментом проволокой. Окончив все подготовительные операции по закреплению пластинок, инструмент осторожно нагревают в печи или горне до температуры плавления припоя — обычно примерно до $900-1000^{\circ}$. Расплавляющийся металл заполняет все пустоты между кусочками твердого сплава и самим инструментом и после охлаждения плотно охватывает их между собой.

Для предупреждения понижения качеств твердого сплава вследствие окисления нагрев лучше производить в газовой атмосфере.

В процессе припайки применяют также флюсы. Последним служит главным образом бур.

При этом способе следует весьма осторожно вести и охлаждение инструмента во избежание получения трещин.

Способ припайки пригоден лишь для сплавов, применяемых в виде пластинок и нормалей, т. е. сплавленных и спеченных.

2. Наплавка

Этот метод применяется при употреблении стеллитов и тому подобных сплавов. Стеллирование различных поверхностей может быть осуществлено двумя путями:

1) расплавлением сплава в пламени какого-либо газа, например ацетилена, и

2) расплавлением при помощи дуги электросварочного аппарата, причем дуга образуется между обрабатываемым изделием и палочкой сплава, служащей электродом.

Наиболее распространен способ расплавления газовым пламенем, а потому мы его рассмотрим возможно подробнее.

а) Подготовка изделий. Перед производством работ по покрытию изделий твердым сплавом необходимо провести некоторые подготовительные операции. Прежде всего обрабатываемые площади зачищаются для удаления окисей, окалины и всяких других посторонних материалов. Зачистка производится напильником или проволочными щетками; в случае особенно ответственных деталей лучше делать шлифовку карборундовыми камнями.

Рекомендуется также и травление кислотами, что представляет выгоды при обработке изделий сложной формы.

Второй необходимой подготовительной операцией перед наплавкой является предварительный нагрев изделий. Это необходимо как для предупреждения коробления от резкого повышения температуры при наплавке, так и для большей легкости покрытия поверхностей сплавом. Предварительный нагрев производится в специальных печах и горнах, а при небольших деталях даже самой кислородно-ацетиленовой горелкой, причем следует ~~держ~~ать пламя последней нейтральным во избежание окисления.

Там, где работа носит постоянный характер, экономичнее применять методические газовые или нефтяные печи.

После предварительного подогрева изделия производится его установка. Обрабатываемая поверхность, покрываемая слоем сплава, должна иметь строго горизонтальное положение. При несоблюдении этого условия расплавившийся сплав будет стекать в сторону наклона, давать натеки, что поведет к неравномерной толщине наплавленного слоя.

При покрытии изделий большой площади или незначительной толщины они должны быть укреплены на рабочем столе хомутами, струпцинками или другими подобными приспособлениями.

В случае обработки наружных поверхностей полых изделий необходимо вставлять специальные болванки (для круглых форм) или плотно утрамбовывать пустоты песком. Во избежание расплавления тонких кромок под них должны подкладываться пластины из материала, хорошо отводящего тепло.

Техника наплавки. Для получения наилучших результатов при операции наплавки также необходимо точное

выполнение целого ряда условий, к краткому описанию которых мы и переходим.

Нагретое и установленное изделие должно быть изолировано в части, не подвергающейся обработке, плохо теплопроводящими материалами, преследуя этим равномерность остывания по всему сечению. Практически это достигается помещением свободной части изделия в нагретую песчаную ванну или предохранением ее от усиленной потери тепла лучеиспусканием, путем защиты асбестовыми листами.

В случае наличия специальных печей, изделия вынимаются из полости их частично для стеллитирования в несколько приемов во избежание деформации.

Главнейшим условием нормального хода операции наплавки является искусство регулирования пламени горелки.

При покрытии поверхностей следует применять исключительно восстановительное пламя, что достигается введением в смесь избытка ацетилена.



Фиг. 14.

Практически это определяется по отношению длины внешнего конуса к длине внутреннего.

Наружный конус пламени, указывающий на избыток ацетилена, должен быть в два раза длиннее внутреннего. При дальнейшем повышении содержания ацетилена в пламени, внутренний конус также удлиняется, и резкость его очертаний значительно уменьшается—он становится не так ясно выраженным.

Путем практической тренировки возможно в сравнительно короткий срок установить нормальное количество компонентов смеси, а следовательно и правильное соотношение между внутренним и внешним конусами.

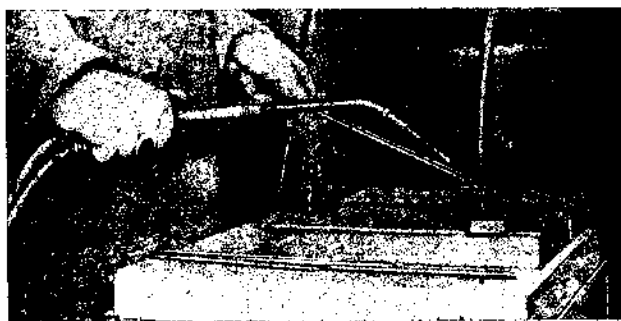
Нормальное пламя ацетиленовой горелки изображено на фиг. 14.

Если в смесь дано слишком мало ацетилена, расплавленный сплав начинает пениться и пузыриться, образуя раковины (пузыри) вследствие окисления и сжигания некоторых его составных частей. С другой стороны, если в пламени присутствует чрезмерный избыток ацетилена, то происходит сильное выделение

углерода, покрывающего сплав, и замедление вследствие этого операции. Однако такое пламя более пригодно, нежели имеющее недостаток ацетилена. Отрегулировав пламя горелки, переходят к самой наплавке. На обрабатываемую поверхность направляют пламя, причем при нормальных условиях его направление должно составлять весьма незначительный угол по отношению к площади изделия, т. е. быть почти параллельным к последней. Это необходимо во избежание местных перегревов, вызывающих опасность глубокого проплавления, а следовательно и неравномерность толщины покрытия.

Доведя основной металл до размягчения, в пламя вводят прут (палочку) сплава, причем его положение, как правило, должно совпадать с направлением пламени.

Глубина введения прута в пламя равна обычно 50—75 мм. Благодаря этому происходит предварительный нагрев сплава,



Фиг. 15. Операция стеллитирования. Нормальное положение горелки и прута стеллита.

и температура его постепенно повышается от конца, сжатого в руке, до конца, погруженного в пламя, где она достигает температуры плавления, и сплав отдельными каплями стекает на изделия.

Перемещая горелку и прут, покрывают тонким слоем сплава всю поверхность.

Плавильное положение горелки и прута сплава показано на фиг. 15.

Если по расплавлении сплав не покрывает изделия слоем, а собирается в шарики, подобно ртути или капле воды, попадающей на жирную поверхность, необходимо приостановить операцию и подвергнуть изделие подогреву, так как это указывает на недостаточную температуру нагрева его.

Когда на обрабатываемой поверхности имеются места, покрытые окалиной или шлаками, обязательным условием для получения доброкачественной наплавки является их расплавление до накапывания сплава. Последний, попадая в жидкую ванну, выносит все примеси наружу и дает чистый слой металла.

В случае обработки изделий с большими площадями производят наплавку только части, которую можно наплавить в течение смены, и затем дают осторожное охлаждение.

В случае, если покрытие сплавом подвергается чугунное изделие, следует иметь в виду, что глубина проникновения сплава в основной металл по причине более низкой температуры плавления чугуна значительно больше, нежели при обработке стали. Поэтому для придания поверхности свойств, присущих твердому сплаву, толщина слоя его должна соответственно быть увеличена.

Многослойная наплавка. Иногда по условиям работы изделия поверхность его должна быть покрыта слоем твердого сплава такой толщины, которая не может быть достигнута за один прием. В таких случаях применяют многослойную наплавку, т. е. производят покрытие сплавом по наплавке его.

Наплавленная поверхность очищается и подогревается, как обычно. Очень часто перед нанесением второго и последующих слоев на поверхность посыпают флюсующие вещества для получения плотного наплавленного слоя.

В отношении многослойной наплавки следует отметить, что допустимая толщина ее колеблется в очень узких пределах. Так например для большинства изделий она выражается всего в нескольких миллиметрах (не более 5 мм), так как при дальнейшем увеличении ее обработанные поверхности приобретают чрезмерную хрупкость и вследствие этого сильно теряют в своих рабочих качествах.

Окончательная отделка наплавки. По окончании операции покрытия изделий твердым сплавом они могут идти в работу непосредственно или, в случае необходимости придания им точных размеров, идут в дальнейшую обработку.

Прежде всего производится осмотр в отношении плотности наплавки. При обнаружении на ней трещин места около них расплавляются и производится дополнительная наплавка. Также исправляются и другие дефекты, например пузыри, раковины, включения и т. д.

По исправлении изделие подвергается обработке специальными карборундовыми камнями. Следует иметь в виду, что многие сорта твердых сплавов при малых скоростях обработки последними крошатся, и практикой установлена наивыгоднейшая скорость вращения камней, равная примерно 1 500 об/мин. Весьма

неблагоприятно на результатах обработки отзывается и неправильная форма кругов, эксцентриситет, величина зерна и неравномерность ее. Предпочтительнее всего карборундовые камни с зернистостью, равной 80.

При исключительно точных изделиях, как например различных измерительных инструментах и калибрах, после шлифовки производят доводку размеров способами, аналогичными применяемым при изготовлении шлифов из сталей.

3. Наварка сплавов

В силу специфичности состояния твердые продукты (сплавы), представляющие собой порошкообразную шихту, вышеописанными способами нанесены на рабочие поверхности изделий быть не могут.

Метод их употребления представляет собой некоторое подобие электроплавильного процесса. На обрабатываемую поверхность посыпается ровным слоем порошок (шихта) такого продукта и под действием высокой температуры вольтовой дуги электросварочного аппарата расплавляется с переходом в наплавку из твердого сплава. Такой способ работы в практике носит название наварки.

Как видно, процесс наварки несколько сложнее наплавки и требует к себе большого внимания; широкое же распространение его обуславливается большей доступностью таких твердых продуктов вследствие их сравнительной дешевизны.

При наварке, также как и в предыдущем случае, необходимо тщательное выполнение всех подготовительных операций, и разница заключается лишь в дальнейших приемах работы. Если при операции наплавки большое значение имеет умение держать соответствующее пламя, то при наварке не меньшее, а пожалуй даже большее влияние на качество ее оказывает режим вольтовой дуги.

Для наварки изделий порошкообразными твердыми продуктами наиболее пригодны электросварочные агрегаты постоянного тока. Весьма хорошие практические результаты дают аппараты фирмы Элин, которые и могут быть рекомендованы.

Рабочий вольтаж их колеблется в пределах 40—70 В; при силе тока в 150—250 А.

Сплавы (продукты), как например чисто-вольфрамовые, обладающие максимальной температурой плавления, дают предельные показатели; более легкоплавкие навариваются значительно легче, и операция наварки идет несравненно быстрее. Подобный твердый продукт—сталинит, основанный на карбидах Cr, Mn и Fe, успешно наваривается при напряжении 40—50 и силе тока в 150—170 А. Скорость покрытия поверхностей твердыми про-

дуктами зависит от конфигурации изделий, но в среднем по данным американской фирмы Блэкор (Blackor), выпускающей вольфрамовый сплав и имеющей большой опыт по его применению, быстрота покрытия равна $937,5 \text{ мм}^2$ в 1 мин. Работы по наварке твердым продуктом—сталинитом, проведенные автором в неимоверно тяжелых условиях, обусловленных характером обработанных изделий, дали результаты значительно лучшие, а именно—полученная скорость превысила вышеприведенную на 50% и равнялась $1\,500 \text{ мм}^2$ в 1 мин.

Сравнительные испытания по наварке долотъёв вращательного бурения твердыми продуктами вокаром и сталинитом на



Фиг. 16. Операция наварки рабочих поверхностей долота порошкообразным твердым продуктом.

нефтепромыслах в Грознефти дали для последнего время наварки одного долота в 21 мин. против 37 мин. при применении первого.

Эти два примера указывают на то, что при применении твердых продуктов с основаниями иными, нежели W, операция наварки идет быстрее, а следовательно производительность установки выше.

Наварка изделий простой формы, имеющих большие горизонтальные поверхности, не представляет никаких трудностей.

После равномерного распределения твердого продукта по всей площади обрабатываемой части изделия зажигают вольтовую дугу и, осторожно перемещая угольный электрод, сохраняя все время постоянную длину дуги, переводят порошок в сплавленное состояние. При чисто вольфрамовых сплавах в силу их

тугоплавкости весьма трудно пройти весь шов без разрыва дуги, а поэтому часто приходится делать «подварки» в получающихся «плешинах». Колебания дуги в отношении ее длины создают для операции неустойчивый тепловой режим, очень неблагоприятно отзывающийся на качестве наварки—местные прожигания тела изделия в одних местах и недостаточная сплавленность твердого продукта в других.

Во избежание образования указанных дефектов, приводящих очень часто изделия в негодность, рекомендуется подвес электродов на обыкновенных блоках с противовесом для уравнивания нормального ручного усилия.

При точной работе массового характера выгодно применять сварочные столы с механической подачей. Наваренные поверх-



Фиг. 17. Приспособление для наплавки конусообразных поверхностей.

ности в этом случае имеют весьма плотный и равномерный вид. Процесс наварки простых горизонтальных поверхностей представлен на фиг. 16, изображающей шестиперовое долото, применяемое для бурения нефтяных скважин.

На приведенной фотографии мы видим как процесс расплавления продукта (на первом пере ясно видно распределение его), так и вид наварки на уже обработанных поверхностях.

Несколько труднее производить наварку поверхностей цилиндрических и образованных различными кривыми, и здесь в каждом отдельном случае необходимо делать особые приспособ-

ления, если желают получить надлежащие результаты.

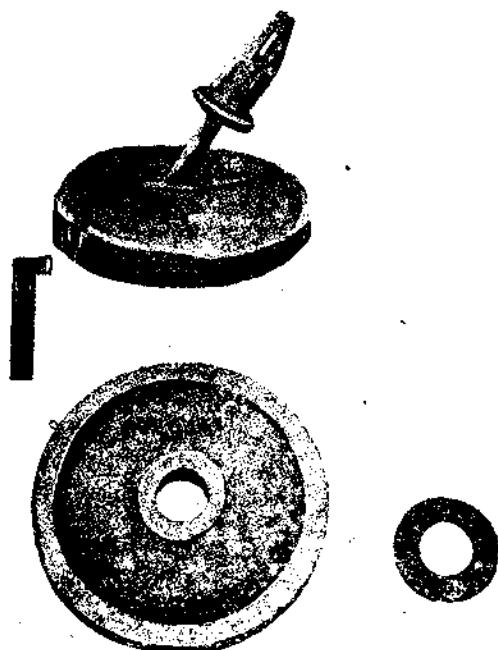
На фиг. 17 и 18 дано приспособление и способ его употребления, которые могут успешно применяться для наварки обширного количества различных деталей цилиндрическо-конусообразной формы или имеющих поверхности, образованные вращением правильных кривых.

Угол наклона оси подбирается таким образом, чтобы обрабаты-

ваемая поверхность находилась в горизонтальном положении. Тогда подсыпaeмый порошок продукта не будет ссыпаться, и его легко можно расплавить. Вращением изделия вокруг оси наваривается вся необходимая площадь его.

Подобные приспособления кроме улучшения качества наварки дают значительное сокращение времени, потребного для операции, так как исключают необходимость кропотливой работы по установке изделий в надлежащем положении.

Наибольшие трудности представляет наварка острых кромок и углов изделий. В этих случаях без достаточно опытных и высококвалифицированных наварщиков получить удовлетворительные результаты не представляется возможным. Но даже при условии подбора надлежащих работников необходимо точное выполнение особых приемов, несколько отличных от обыкновенных.



Фиг. 18. Приспособление, приведенное на фиг. 17, в разобранном виде.

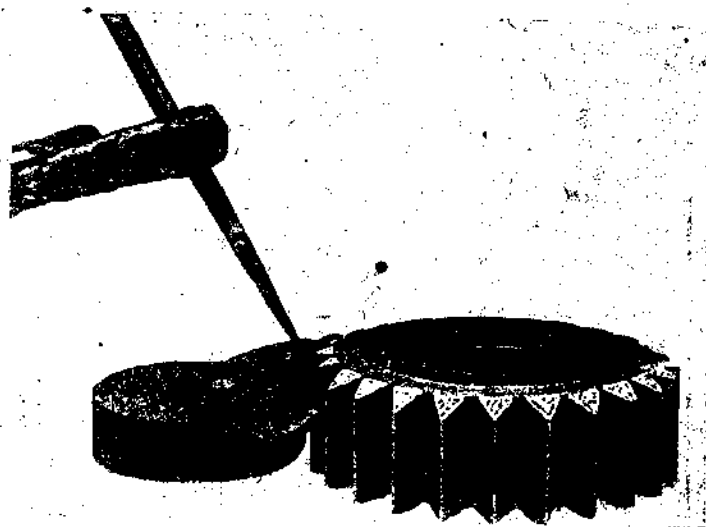
Для примера рассмотрим наварку торцовых поверхностей зубцов шестерни.

Ввиду наличия острых кромок здесь неизбежен местный перегрев до температуры плавления, тогда как остальное тело будет нагрето сравнительно слабо. В результате неизбежно оплавление кромок и, как следствие этого, потеря зубцами своей формы. Для избежания этого необходимо применение теплоотводящих шаблонов. В качестве последних успешно применяются графитовые пластинки, вырезанные по форме части изделия, подвергающегося обработке. Подобный угольный шаблон виден на фиг. 19.

В угольной пластинке весьма точно вырезаны зубцы, так что имеется плотный контакт. Благодаря этому значительно уменьшается опасность пережога металла, и возможно нормальное проведение операции наварки,

Однако одновременно с шаблонами при обработке мелких деталей острыми кромками следует выбирать и соответствующие электроды. Если для грубых работ вполне пригодны электроды с диаметром 10—20 мм, то для работ типа вышеописанных потребуются электроды диаметром всего в 4—7 мм. Можно конечно затачивать и толстые электроды, но это вызовет все же известные трудности, связанные с чисто психологическими и интуитивными моментами.

При распределении порошка продукта на поверхности изделия нельзя получить слоя одинаковой толщины. Сам продукт также состоит из зерен различной величины и имеет некоторую и химическую неоднородность. Все это создает неравномерное



Фиг. 19. Приспособление для наплавки рубцов шестерен и изделий с острыми кромками.

сопротивление по всей поверхности тела и, как следствие, вызывает «игру», или отклонение вольтовой дуги от взятого направления.

Такие скачки дуги и беспрестанные перемещения зон расплавления вызывают неравномерность наварки.

Избежать этого можно при помощи индукционной катушки, внутри которой помещается электрод. При этом условии дуга становится стабильной, и отклонений не наблюдается совершенно.

В дополнение к приемам, употребляемым при наварке изделий твердыми продуктами, необходимо сказать несколько слов и о методах сопротивления. Последние должны найти себе при-

менение главным образом в обработке внутренних поверхностей небольших диаметров или габаритов.

По имеющимся в распоряжении автора материалам подобный метод является вполне реальным и по своему развитию откроет множество новых областей применения твердых сплавов. Сущность метода заключается в том, что внутрь изделия вставляется графитовый стержень, который присоединяется к одному из полюсов электросварочной машины. Второй полюс соединен с самим изделием. Между последним и стержнем оставляется промежуток, который засыпается порошком твердого продукта. Пускается ток, развивается высокая температура и сплав расплавляется.

Затруднения, встречаемые при этом методе, обуславливаются недостаточно равномерным распределением температуры по всей поверхности; как правило, в месте присоединения контактов наблюдается более высокий нагрев.

Устранение этого возможно созданием одинакового сопротивления по всему сечению изделия путем применения особых скользящих контактов.

Изделия, подвергнутые наварке, подобно наплавленным, должны быть охлаждены возможно медленнее во избежание образования трещин. Обработка таюже совершается при помощи карборундовых кругов или камней специальной формы. Ввиду же того, что в большинстве случаев твердые продукты применяются для изделий с грубыми рабочими поверхностями, тщательной шлифовке они обычно не подвергаются.

Заканчивая на этом характеристику различных твердых сплавов и краткое описание методов применения, мы считаем, что приведенный материал дает возможность работникам промышленности свободно ориентироваться во всех вопросах, связанных с применением твердых сплавов.

Необходимо отметить, что дальнейшее изложение будет посвящено главным образом применению твердых сплавов в СССР. В настоящее время мы имеем очень много возможностей для внедрения их в нашу промышленность, но, к сожалению, работников, знакомых с этой новой техникой, нет совершенно.

Поэтому те результаты практически опытных работ, которые помещены ниже, следует рассматривать как необходимый материал для инженеров и техников, занимающихся рационализацией производства во всех отраслях народного хозяйства.

Автором даны и некоторые экономические подсчеты, так как дополнительные операции при применении твердых сплавов не всегда могут оправдаться повышением рабочих качеств изделия или инструмента. В каждом отдельном случае должно быть произведено сопоставление экономических и технических показателей, и только суммарные результаты дадут правильное разрешение всех вопросов.

ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ГЛАВА V

НЕФТЯНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Начало разрешения проблемы твердых сплавов в СССР необходимо признать за нефтяной промышленностью и главным образом за Азнефтью. Непрерывно растущие потребности народного хозяйства в минеральном топливе требовали возможной интенсификации добычи его путем полнейшей механизации всех производственных процессов. Однако если эксплуатационные работы можно было сравнительно легко и быстро перевести на новейшую технику, то методы бурения нефтяных скважин, имеющие решающее значение, еще долгое время оставались несовершенными и не отвечающими выставляемым требованиям. Основным же из последних, предъявляемым и в настоящее время, являлось достижение максимальных скоростей проходки. Вполне естественно, что при одинаковых прочих условиях работы скорость проходки находится в прямой зависимости от качества бурильного инструмента. Поэтому все усилия и были направлены в сторону изучения факторов, способствующих повышению работоспособности его.

Процесс бурения заключается в разрушении горных пород ударами, царапанием или комбинированным воздействием того и другого при помощи инструмента, носящего в нефтяной технике название долота.

Наиболее распространенный метод бурения—вращательный—основан на принципе постепенного и равномерного истирания пород проходимых грунтов, т. е. раскалывания их на мельчайшие частицы.

Следовательно, к долоту, инструменту, осуществляющему эту операцию, должны быть предъявлены и соответствующие особые требования. Основными из них следует считать: качество металла, идущего на изготовление долотьев, их форма, углы резания и наконец способ обработки инструмента перед опусканием его в скважину.

Первый бурильный инструмент изготовлялся из обыкновенной углеродистой стали с содержанием 0,6—0,7% углерода.

После отковки и механической обработки долотья из такой стали подвергались закалке и затем опускались на забой. Закалка производилась при температурах 750—800° в соляной ванне, причем по вполне понятным причинам ее действию подвергалась лишь рабочая кромка долотья.

Почти одновременно для этих же целей стали применять и специальные стали повышенных механических свойств, из которых наибольшее распространение получила хромоникелевая, с содержанием Cr около 1% и Ni до 3%.

Имея в нормализованном виде высокое временное сопротивление, при значительном удлинении и сжатии сечения эта сталь после термической обработки, обладая высокой твердостью, имеет такую и вязкость, которой лишена закаленная простая углеродистая сталь. Это обстоятельство весьма благоприятно отзывается на рабочих качествах бурильного инструмента, подвергающегося ударам, так как обламывание перьев долота вызывает значительные непроизводительные простои всей буровой. Однако все исследования в направлении изыскания наилучших химических составов сталей и их термической обработки не давали положительных результатов в отношении безукоризненной стойкости инструмента против деформирующих факторов. Простой буровых, вызываемый заменой долотьев, доходивший при неправильной обработке их до 98% всего рабочего времени бурения, был значительно снижен, но все же, несмотря на это, скорость бурения оставалась незначительной, и темпы введения скважин в эксплуатацию были весьма медленные.

Необычайно высокое повышение скоростей проходки было вызвано применением в нефтяной промышленности твердых сплавов. Эти сплавы, сообщая рабочим кромкам бурильного инструмента их исключительные качества, оставляют основной металл вязким, хорошо сопротивляющимся ломающим усилиям, возникающим в процессе работы бурения. Всего за несколько лет методы применения твердых сплавов были настолько подробно и тщательно разработаны, что в настоящее время почти все нефтяные промыслы ввели их в свою практику. В СССР твердые сплавы в весьма широких масштабах применяются в нефтяных районах Баку и Грозного, но надо надеяться, что неопровержимые экономические выгоды, даваемые ими, в ближайшее же время будут перенесены и на другие более мелкие месторождения. Повышение работоспособности бурильного инструмента от применения твердых сплавов обуславливается прекрасным сопротивлением их износу. Долото с наваренными или наплавленными рабочими кромками по времени стоит неизмеримо дольше изготовленного из обыкновенной или специальной стали, хотя бы и подвергнутого тщательной термической обработке.

Следует иметь в виду, что износ бурильного инструмента

является одним из главнейших показателей экономики бурения. Быстрое затупление его, вызываемое сопротивлением разрушаемых горных пород, неизбежно вызывает подъем всех труб бурильной колонны на поверхность, разъединение их, замену долота, сборку труб и вторичное опускание всей системы в скважину. При бурении на значительных глубинах продолжительность этих вспомогательных операций составляет 50—60% всего рабочего времени, затрачиваемого на бурение. Поэтому вполне понятно стремление к повышению времени пребывания инструмента на забое, несмотря на удорожание его, введением дополнительных операций подготовки, связанных с твердыми сплавами.

В настоящее время в буровой технике употребляются все четыре типа твердых сплавов. Первыми в нефтяной промышленности, такие как и металлообрабатывающей, появились стеллиты. За ними последовали студайт, порошкообразные твердые продукты и наконец суррогаты алмаза—бориум, воломит (Borium, Volomit) и др. Одновременно с этим непрерывно производились и работы по усовершенствованию методов применения.

Начало широкого потребления твердых сплавов по нашей нефтяной промышленности следует отнести к 1928 г., но значительные затраты валюты сдерживали популяризацию их экономичности в требуемых масштабах. И только с появлением наших советских марок, с выпуском на рынок сплавов нашего собственного производства, раскрылись самые обширные возможности для рационализации всех процессов бурения.

Основными твердыми сплавами советского производства, пригодными для эксплуатационного бурения нефтяных скважин, следует считать: сормайт—изготавливаемый Сормовским заводом, вокар—Заводом редких элементов в Москве, догнать и сталинит. Последние два являются результатами исследований в Исследовательском институте Азнефти, производство которых поставлено на заводе им. лейтенанта Шмидта в Баку.

Благодаря наличию целого ряда сплавов, различных как по химическому составу так и механическим свойствам, необходимо весьма тщательное разграничение их областей применения. Эти работы, имеющие существенное значение для дальнейшего развития нашего собственного производства твердых сплавов и продуктов, к сожалению, не проводятся в надлежащих направлениях.

Вместо тщательной разработки экономических показателей отдельных сплавов в зависимости от условий работы, специалистами бурения взят совершенно неправильный курс на так называемые сверхтвердые сплавы, имеющие в своей основе редкие элементы: вольфрам, молибден и др.

Такая установка при нашем напряженном состоянии добычи редких элементов, необеспеченности ими других чрезвычайно

важных производств (металлургия специальных сталей, электротехника и пр.) является тормозящим фактором в деле внедрения твердых сплавов в другие отрасли народного хозяйства.

Поэтому перед нефтяной промышленностью, наряду с требованием максимальной скорости бурения скважин, должен быть поставлен и вопрос о рациональном использовании остродефицитных редких элементов и металлов, употребляемых для изготовления твердых сплавов. Для этих целей необходима широкая постановка производственных опытов, причём все внимание при их производстве следует сосредоточить на точном установлении свойств грунтов, проходимых бурильным инструментом, факторах, вызывающих изнашиваемость его, практическом сопоставлении отдельных видов сплавов и наконец разработке наиболее эффективных способов употребления. Не меньшее значение для работоспособности твердых сплавов имеет также и форма самого инструмента—количество рабочих поверхностей, их взаимное расположение, углы резания и т. д.

Ввиду того, что все эти основные моменты зависят не только от качеств того или иного сплава, определяемых чисто лабораторным путем, мы считаем необходимым остановиться на условиях работы бурильного инструмента более подробно.

Наибольшим распространением на наших нефтепромыслах в настоящее время пользуются долотья, имеющие форму, напоминающую рыбий хвост, и носящие вследствие этого такое же название. Раздробление ими породы производится комбинированным действием вращения вокруг вертикальной оси и поступательного движения, или, иначе говоря, давления на грунт. Следовательно главным условием в данном случае должна быть достаточная твердость режущих кромок долота, способная противостоять сопротивляющимся усилиям. Однако одной твердости еще недостаточно. Необходимо, чтобы материал, производящий разрушение, обладал также и хорошим сопротивлением истиранию, или, практически говоря,—износу.

Теоретически последний зависит от целого ряда факторов: твердости, прочности, пластичности, вязкости, структуры и мн. др. В эксплуатации же величина износа определяется потерей веса инструмента в единицу времени и сопровождающими ее деформациями.

Для более ясного представления о величине изнашиваемости долотьев, нами на фиг. 20 приводятся их фотографии, заснятые непосредственно после извлечения из забоя скважин.

Такая сильная срабатываемость должна быть объяснена исключительно неравномерностью механических свойств долотьев в различных точках, и если у обыкновенных стальных это обусловливается неправильной термической обработкой и небрежностью проявленной при операции проковки, то в отношении

наваренных или наплавленных твердыми сплавами следует искать другие причины.

Наиболее вероятным при подобных явлениях будет предположение о неравномерности качественных показателей самой наплавки или наварки.

В самом деле, покрытие рабочих поверхностей твердыми сплавами осуществляется расплавлением последних при помощи вольтовой дуги или газового пламени вручную. Несовершенство методологии употребления неизбежно влечет за собой температурные колебания, а следовательно и разнородность свойств твердого слоя по всему сечению. Это обстоятельство особенно сильно проявляется при употреблении порошкообразных твер-

дых продуктов. Представляя собой шихту, они конечно не могут быть нанесены на обрабатываемую поверхность слоем точно одинаковой толщины, а потому при последующей операции расплавления вольтова дуга, встречая различные сопротивления, будет непрерывно менять свое направление. Скачкообразные же перемещения очагов высоких температур несомненно в еще большей степени будут способствовать неравномерности свойств наварки. Исходя из этих соображений станет ясным, насколько существенным для дальней-



Фиг. 20. Фотографии долотьев, заснятые непосредственно после выемки из нефтяной скважины.

шей работы инструмента является тщательность исполнения всех инструкций по наплавке и наварке твердыми сплавами.

Но даже сварщик с большим практическим стажем не может преодолеть всех трудностей, встречаемых при подобных работах, и для получения максимального эффекта как с технической, так и с экономической стороны необходимо проведение возможно полной механизации наиболее важных приемов работы.

Из последних решающее значение для качества наплавки имеют следующие: сохранение постоянства длины дуги за всю операцию, стабилизация ее и равномерность скорости расплавления.

Относительно постоянства размеров дуги следует заметить, что оно может быть обеспечено путем устройства простейших противовесов. Благодаря им во время работы рука сварщика лишена возможности перемещаться в произвольных направлениях, а груз удерживает электрод на определенном расстоянии от обрабатываемой поверхности.

Стабилизацию дуги проще всего осуществить при применении электросварочных аппаратов постоянного тока. Для этой цели электрод вставляют в индукционную катушку, прикрепленную непосредственно к держателю или установленную на особом передвижном приспособлении.

Скорость наплавки опытным сварщиком может быть регулируема от руки, но при массовом производстве работ весьма экономичной является установка автоматических подвижных сварочных столов при неподвижной дуге или наоборот.

Все эти мероприятия, способствующие равномерности покрытия поверхностей твердыми сплавами, не могут, к сожалению, гарантировать плотности наплавленного слоя. В силу тугоплавкости твердых сплавов, окисляемости их под действием высокой температуры, не всегда совершенной зачистки инструмента в жидком сплаве образуются шлаки и газы, не успевающие выйти наружу из-за быстрой скорости охлаждения. Поэтому даже при самой тщательной работе неизбежно наличие пор и включений по всему сечению наплавленной поверхности.

Имея в виду, что процесс износа заключается в истирании рабочих частей инструмента, происходящего вследствие сминания и раздробления частиц сплава под действием трения и ударов его о породу, пористость наплавки ведет к быстрейшей изнашиваемости, вызываемой меньшим сцеплением отдельных зерен. На практике это особо сильно проявляется при работе со сверхтвердыми продуктами, которые, имея исключительную твердость, обладают также и значительной хрупкостью.

Переходя к характеристике отдельных твердых сплавов, мы должны отметить, что в настоящее время нефтяная промышленность почти целиком перешла на работу нашими советскими марками. Сюда следует отнести сормайт, вокар, догнать и сталинит. Первый представляет собой сплав типа стеллитов, остальные—порошкообразные твердые продукты, различные как по своему химическому составу, так и механическим свойствам, что видно из материалов предыдущих глав. Сормайт, свойства которого основаны главным образом на карбидах хрома, имеет весьма удобную форму в виде палочек небольшого диаметра (около 5—6 мм). Он имеет сравнительно невысокую температуру плавления; его с успехом можно расплавлять в пламени газовой горелки. Однако имеется полная возможность применения его и в качестве электродов при пользо-

вании электросварочными аппаратами. В последнем случае палочки необходимо покрывать каким-либо составом, предохраняющим сплав от окисления под действием высокой температуры.

Наплавка из сормайта значительно ровнее и плотнее, нежели даваемая порошкообразными продуктами, но все же и она обладает заметной пористостью. Существенное влияние на последнюю оказывает то обстоятельство, что в процессе производства сплав отливается в земляные формы и поверхность отливок всегда загрязнена посторонними включениями, которые при операции наплавки вызывают образование шлаков и газов. Следовательно для повышения качества этого сплава необходимо изменить способ отливки. Правильным разрешением этой задачи будет замена земляных форм металлическими (стальными и чугунными), что дает более чистую поверхность получаемых палочек или стержней.

При работе газом расход его определяется размерами обрабатываемого инструмента, но в среднем можно считать, что на каждый грамм такого твердого сплава расходуется 2,0—2,5 л горючего. Скорость расплавления равна примерно 9—10 г в 1 мин.

В случае употребления сормайта в виде сварочных электродов следует придерживаться определенного режима в работе электросварочного агрегата. Наилучшие результаты как в отношении скорости расплавления, так и по качественным показателям наплавки получаются при рабочем вольтаже в 70—80 В и силе тока в 175—250 А. Длина дуги должна придерживаться возможно меньше, и предельный размер ее равен всего 3 мм.

Электрод присоединяется к положительному полюсу машины, обрабатываемый инструмент—к отрицательному.

Вокари догнать надо считать сплавами одного порядка. Разница заключается в том, что последний изготавливается из высокопроцентного ферровольфрама, содержащего также и железо, тогда как первый состоит из чистых карбидов вольфрама. Температура плавления того и другого чрезвычайно высокая, что и создает некоторые трудности при наварке. Благодаря трудноплавкости в процессе расплавления очень часты затухания дуги, зажигать которую приходится от основного металла. Неизбежные подварки ведут к получению неровной поверхности наварного шва, а иногда вызывают и нежелательные прожигания самого тела. Все это сильно замедляет операцию, особенно при обработке тонких режущих кромок.

Кроме того, благодаря быстрому переходу этих сплавов из жидкого состояния в твердое, происходит застревание газов и шлаков в наваренном слое. Поэтому, как правило, чисто вольфрамовые твердые продукты дают большую пористость и богатство посторонними включениями, нежели твердые сплавы типа стеллитов. На основании этого положения можно предположить,

что незначительный коэффициент износа, свойственный подобным продуктам в лабораторных условиях испытаний, в практической работе будет значительно выше.

Совершенно особо стоит новый твердый продукт сталинит. Основанный на карбидах хрома, марганца и железа, он имеет твердость, несколько меньшую по сравнению с вольфрамовыми продуктами. По коэффициенту износа он занимает промежуточное место между советским продуктом догнать и американскими сплавами спартаном и студайт.

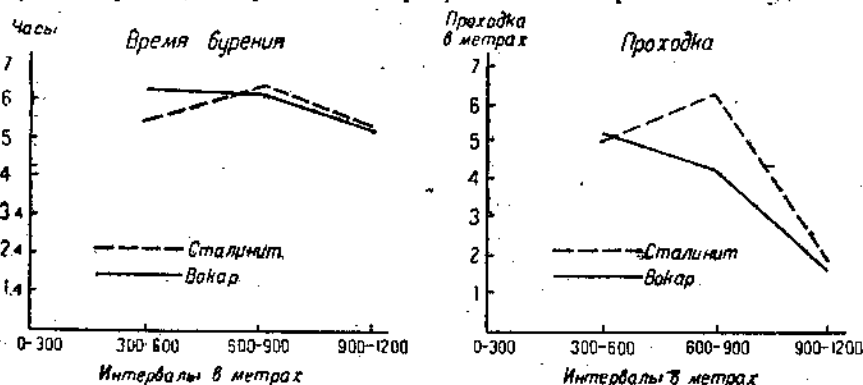
Однако, обладая значительно более низкой температурой плавления, равной примерно 1500° , плотность наваренных сталинитом поверхностей несколько выше, чем получаемая при употреблении вольфрамовых продуктов, что дает основание предполагать улучшение рабочих показателей его в производственной обстановке.

Для получения наилучших результатов при наварке инструментов твердыми продуктами также необходимо, подобно работе с *с о р м а й т о м*, придерживаться установленного режима сварочного агрегата.

Рабочее напряжение должно быть не более 40—50 В при силе тока 150—170 А. По причине большей легкоплавкости сталинита вышеуказанные показатели для него соответственно изменяются, и нормальным режимом агрегатов следует считать 40—60 В напряжения и 150 А силу тока. На практике наварка производится в несколько приемов. Обычно количество отдельных слоев ее колеблется в пределах 3—5, но иногда доходит и до 7. В общем считается, что с увеличением слоев наварки твердость рабочих кромок инструмента возрастает.

Подобное толкование является совершенно не отвечающим действительности. Правда, первое покрытие вследствие взаимной диффузии основного металла и твердого сплава дает твердость, более низкую, чем та, которая присуща сплаву, но при наведении 2—3 и последующих слоев свойства наварки будут точно соответствовать механическим качествам последнего. Многослойная же наварка служит главным образом для увеличения стойкости инструмента на износ, а следовательно и удлинения срока службы его. В самом деле, если постепенно увеличивать толщину наварного слоя, то время, потребное для его истирания, будет пропорционально возрастать вследствие того, что износ определяется определенной потерей веса в единицу времени. Следовательно при наличии нескольких типов твердых сплавов, имеющих примерно одинаковую твердость, но различные коэффициенты истирания, вполне возможно получение одинаковых рабочих качеств путем простого изменения количества наварных слоев.

Таким образом из всего вышеизложенного видно, насколько сложен вопрос применения твердых сплавов в бурении; причем перед работниками нефтяной промышленности ставится целый ряд вопросов, от правильного разрешения которых зависит даль-



Фиг. 21, 22. Время бурения и проходки для долотьев, наваренных сталинитом и вокаром

нейшее развитие твердых продуктов и сплавов нашего собственного производства.

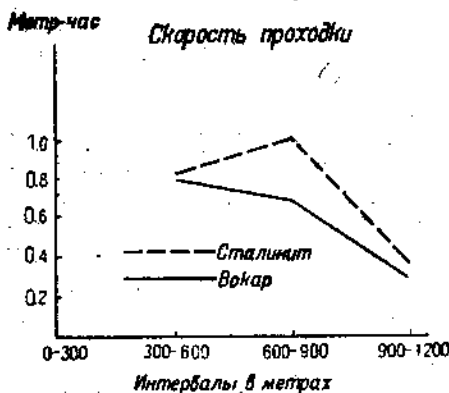
Главнейшими из них надо считать:

1. Точное разграничение применимости различных твердых сплавов в зависимости

от свойств проходимых грунтов.

2. Выработка определенных методов применения каждого из них.

3. Изыскание возможностей применения твердых сплавов, содержащих минимальные количества остродефицитных металлов и элементов (вольфрама, кобальта и др.).



Фиг. 23. Скорость проходки долотьев, наваренных сталинитом и вокаром

Доказательством необходимости заострения внимания на этих положениях служат сравнительные испытания работоспособности долотьев, наваренных твердыми сплавами вокар и сталинит, проведенные на промыслах Грознефти в весьма широких масштабах.

Результаты их приведены в табл. 7, 8, 9 и 10. Кроме того они для большей наглядности на фиг. 21, 22 и 23 сведены в соответствующие диаграммы.

Как видно из приведенных данных, твердый продукт сталинит, по лабораторным исследованиям уступающий сплаву вокар, дал практические показатели не только худшие, но во многих случаях и значительно лучшие. Объяснение этому следует отнести к нашему предположению о том, что твердые сплавы и продукты, обладающие чрезмерно высокой температурой плавления, дают значительную пористость наварки, вызывающую усиленный износ, а следовательно и деформацию инструмента.

Подобные практические исследования перенесены в настоящее время и на крупнейшее нефтяное месторождение—Апшеронское, причем несомненно результаты будут также благоприятными*). Это имеет большое экономическое значение, так как даже частичная замена сталинитом других твердых сплавов дает нам освобождение значительного количества редких элементов, которые с большим экономическим эффектом могут быть использованы для других наиболее важных отраслей народного хозяйства.

В заключение мы считаем необходимым остановиться на комбинированном способе применения твердых сплавов на бурильном инструменте.

Сущность его заключается в том, что на долотьях используются как свойства металлических суррогатов алмаза, так и твердых сплавов меньшей твердости, применяемых вышеуказанными способами.

Металлические алмазы, к которым относятся твердые сплавы бориум, воломит и др., впаиваются в тело долота при помощи газовой горелки. Отдельные куски их располагаются на расстоянии 3—10 мм друг от друга. После окончания операции пайки по всей рабочей площади промежутки между пластинками заполняются расплавленной высокоуглеродистой сталью. Последняя наносится также тонким слоем и по их поверхности.

По окончании предварительной облицовки режущие кромки долотьев наплавляются или навариваются одним из твердых сплавов, обладающих меньшей твердостью (типа стеллитов или порошкообразных продуктов).

Такой способ обработки несомненно дает значительно лучшие рабочие показатели и, несмотря на сильное увеличение стоимости заправки, может оказаться рентабельным, но для него пригодны не все марки суррогатов алмаза.

Наиболее отвечающими указанной цели являются карбиды вольфрама сплавленного типа (бориум, воломит и др.), которые,

*) Опытные работы в Баку дали весьма хорошую проходку сталинитом. Автор.

Интервал 300 — 600 м

№№ долотьев	Глина						Песчаник			Мергель			Глина с прослойками мергеля			Глина с прослойками песчаника		
	Глина			Песчаник			Мергель			Глина с прослойками мергеля			Глина с прослойками песчаника			Глина с прослойками песчаника		
	Время бурения (в час и мин.)	Прог. ходка в м	Скор. прох. в м/час	Время бурения (в час и мин.)	Прог. ходка в м	Скор. прох. в м/час	Время бурения (в час и мин.)	Прог. ходка в м	Скор. прох. в м/час	Время бурения (в час и мин.)	Прог. ходка в м	Скор. прох. в м/час	Время бурения (в час и мин.)	Прог. ходка в м	Скор. прох. в м/час	Время бурения (в час и мин.)	Прог. ходка в м	Скор. прох. в м/час
Сталинит																		
93	31-00	60,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
94	3-30	20,3	—	—	—	—	3-30	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	—	—	—	—	—	—	3-00	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
105	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
101	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	13-30	40,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
97	9-30	18,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
96	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
93	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
без №	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего...	57-30	138,3	2,40	—	—	—	6-30	1,7	0,26	33-10	27,8	0,82	29-35	20,0	0,67	—	—	—
На 3 долото	14-22	34,6	2,40	—	—	—	3-15	0,85	0,26	5-38	4,63	0,82	7-24	5,0	0,67	—	—	—
Воквар																		
16	—	—	—	—	—	—	5-00	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	4-00	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
96	8-00	13,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего...	8-00	13,0	1,62	—	—	—	9-00	1,6	0,18	5-30	2,4	0,44	36-45	37,3	1,05	—	—	—
На 1 долото	8-00	13,0	1,62	—	—	—	4-30	0,8	0,18	5-30	2,4	0,44	7-21	7,46	1,05	—	—	—

Интервал 600 — 900 м

№№ допотоп	Глина			Песчаник			Мергель			Глина с грослойками мергеля			Глина с прослойками песчаника		
	Прог. ходка в м		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)		Скор. проход в м/час
	Рр.м бурен. (в ч. и мин.)	Прог. ходка в м		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)		Скор. проход в м/час	Время бурен. (в час. и мин.)	
Сталини															
96	—	—	—	5-30	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
97	—	—	—	5-25	0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32	—	—	—	7-45	2,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41	—	—	—	4-15	2,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
96	—	—	—	5-00	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	—	—	—	4-35	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
94	—	—	—	8-00	4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
106	—	—	—	6-55	7,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	3-10	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
107	—	—	—	6-10	2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
102	—	—	—	8-30	10,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
106	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего...	—	—	—	65-15	35,71	0,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—
На I допотоп	—	—	—	5-56	3,25	0,55	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Вокер															
4	—	—	—	6-00	0,62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	—	—	—	2-15	2,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	5-45	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
94	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего...	—	—	—	14-00	3,92	0,28	—	—	—	—	—	—	—	—	—
На I допотоп	—	—	—	4-40	1,31	0,28	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
На I допотоп	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 9

Интервал 900 — 1200 м

№№ долотьев	Глина			Песчаник			Мергель			Глина с прослойками мергеля			Глина с прослойками песчаника		
	Время бурения (в час и мин.)	Прогонка (в м)	Скор. проход. (в м/час)	Время бурения (в час и мин.)	Прогонка (в м)	Скор. проход. (в м/час)	Время бурения (в час и мин.)	Прогонка (в м)	Скор. проход. (в м/час)	Время бурения (в час и мин.)	Прогонка (в м)	Скор. проход. (в м/час)	Время бурения (в час и мин.)	Прогонка (в м)	Скор. проход. (в м/час)
111 108 89 17 43 87 91 62 12 89 без № 62	29-45 19-00	10,2 10,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	7-00	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	6-05	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	6-50	2,84	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	2-00	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	6-00	1,68*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	2-30	0,1*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	4-00	0,75*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего. На 1 долото	48-45 24-23	20,2 10,1	0,42 0,42	31-25 4-55	7,97 1,14	0,23 0,23	—	—	—	—	—	—	33-55 8-18	15,9 3,97	0,47 0,47
11 34 96 21 109	—	—	—	4-10	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего. В средн. на 1 дол	—	—	—	4-10 4-10	2,0 2,0	0,48 0,48	—	—	—	—	—	—	22-40 5-40	5,48 1,37	0,24 0,24

Таблица 10

Средние данные работы долотьев Р. Х. (средние показатели на 1 долото), наваренных стальным и вокаром по всем пройденным твердым породам (песчаники, мергеля и глины с песчаниками и мергелями).

Наплавка	Интервалы глубин в м								
	300—600			600—900			900—1200		
	Время в час	Прох. в м	Скор. м/час	Время в час	Прох. в м	Скор. м/час	Время в час	Прох. в м	Скор. м/час
Стальным	5—49	4,85	0,83	6—24	6,24	0,97	5—14	1,83	0,35
Вокаром	6—24	5,16	0,80	6—17	4,7	0,66	5—22	1,49	0,28

обладая чрезвычайно высокой температурой плавления, не изменяют своих свойств во время операции покрытия их обыкновенной сталью. Значительно большие трудности дают спеченные карбиды вольфрама (видиа, карболой и победит). Полученные путем цементации карбидного порошка при помощи более легкоплавкого вещества, под действием вольтовой дуги или газового пламени они могут быть лишены своей высокой твердости.

Причинами этого будут окисляемость карбидов вольфрама при нагреве выше 1000° и выплавление связующего металла. Если первое дает прямое понижение твердости, то вытекание цементирующего вещества действует на него косвенным путем, а именно—образованием мельчайших пустот в теле пластинок, что вызывает их быструю изнашиваемость.

При весьма неаккуратном обращении с такими суррогатами возможно получение порошка карбидов вольфрама, который в процессе работы выкрошится и не только не даст какого-либо увеличения работоспособности долота, а, наоборот, будет способствовать его усиленному износу.

Поэтому на работников бурения должна быть возложена ответственнейшая задача—проверка пригодности для комбинированного способа спеченных карбидов вольфрама, единственным представителем которых для нашего советского производства является твердый сплав победит.

Перед исследователями же, работающими над разработкой технологических процессов изготовления твердых сплавов, выставляется проблема получения литых суррогатов алмазов, лишенных пороков, свойственных известным маркам их.

Необходимость разрешения этих вопросов обуславливается тем, что нефтяной промышленностью потребляется твердых сплавов на сумму в 6 500 000 руб., причем в случае удовлетворения ее запросов полностью, при существующем положении наших соответствующих производств, будет сильно свернута работа по внедрению новой техники в таких важнейших отраслях народного хозяйства, как например машиностроение. Только путем совместной работы потребителей твердых сплавов с их производи-

телями, установлением производственных показателей, рациональным потреблением твердых сплавов мы сможем поставить эту новую технику СССР на должную высоту, и нефтяная промышленность, являясь крупнейшей потребительницей подобной продукции и пионером по внедрению ее в практических масштабах, должна всемерно способствовать этому, не замыкаясь в практику Америки и Европы, более широко и решительно используя наши советские достижения.

ГЛАВА IV

УГОЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

В отличие от нефтяной угольная промышленность начала применять у себя твердые сплавы только в самое последнее время. Механизация процессов добычи угля, находившаяся до революции в зачаточном состоянии, стала сильно разворачиваться лишь после окончательного завершения восстановительного периода нашей промышленности.

И несмотря на это, удельный вес механизированной добычи сейчас достиг значительной величины, а к концу пятилетки все ручные операции подземных работ будут переведены на соответствующие механизмы.

В настоящей главе нами разбирается вопрос о зарубке угольных пластов, от правильной организации которой зависит общая производительность шахты.

Низкий кпд ручного «обушка», исключительно тяжелые условия работы вызвали появление специальных зарубных машин. Наибольшим распространением в СССР пользуются ценные врубовые машины американской фирмы Сулливан (Sullivan) и германской—Ейгофф. Кроме того на Горловском заводе поставлено массовое производство подобных машин наших собственных конструкций.

Внедрение их в производство ведется ускоренными темпами, и если несколько лет тому назад они насчитывались буквально единицами, то в прошло году только на шахтах Донбасса мы имели их более 1 100 машин.

Годовая зарубка последних в денежном выражении составляет около 300 000 000 руб. С развитием же другого нашего мощного угольного бассейна—Кузбасса, в ближайшие годы, эта цифра несомненно удвоится, а потому всяким техническим усовершенствованиям, вводимым в практику работы врубовых машин за границей, должно уделяться самое широкое внимание со стороны рационализаторских организаций.

Одним из факторов, сильно повышающих производительность врубовой машины, следует считать качество режущего инструмента—зубков.

Применяемые до сих пор зубки из обыкновенной стали постепенно вытесняются зубками, рабочая часть которых снабжена пластинками твердых сплавов, и на многих зарубежных шахтах они вошли в производство в массовом количестве. Однако особенно широкого распространения они еще не получили вследствие высокой своей стоимости. Например германская фирма Валльрам-Крупп (Wallram-Krupp) продает зубки с нормальными видами по цене в 15 марок за 1 зубок, и конечно понятно, что сильное повышение эксплуатационных расходов во многих случаях не может быть экономически оправдано повышением работоспособности машин.

Первыми опытами применения зубков врубовых машин с твердыми сплавами на наших шахтах являются практические испытания их, проведенные в начале прошлого года специальной комиссией «Угля». Целью работ последней было выявление возможности употребления зубков, снабженных советскими твердыми сплавами, и сравнение их рабочих качеств. Одновременно предполагалось проведение аналогичных работ и с зубками иностранных фирм.

В результате испытания показали, что зубки с советскими твердыми сплавами значительно повышают эффективность работы врубовых машин и могут произвести в зарубежье такой же технический переворот, какой вызвали в свое время резцы со стеллитами и другими сплавами в металлообрабатывающей промышленности. Но несмотря на исключительно интересный материал, помещенный ниже, автор, являясь соучастником испытаний новых зубков в Донбассе, считает необходимым произвести подробный технический анализ полученных показателей, так как в массовом производстве их должны быть учтены все специфические стороны процесса зарубки и условия работы самого инструмента.

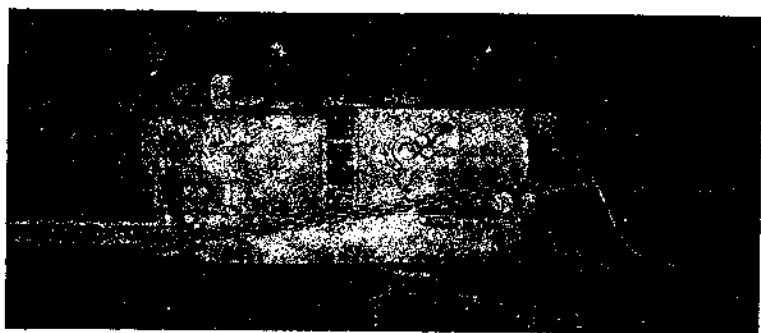
Зарубка, или, вернее, подрубка угольного пласта производится, как мы выше указывали, при помощи врубовых машин главным образом цепных, к которым относится тип фирмы Сулливан и Ейгофф.

На фиг. 24 нами представлена фотография врубовой машины Сулливана в работе. Внешний вид ее такой же, как и у машины Ейгоффа.

В левой части снимка виден конец режущей цепи с зубками. Благодаря вращению зубчаток, она получает непрерывное поступательное движение и, будучи введена в пласт, зубками, укрепленными в специальных кулачках, разрушает уголь. Для облегчения зарубки кулачки, а следовательно и зубки, устанавли-

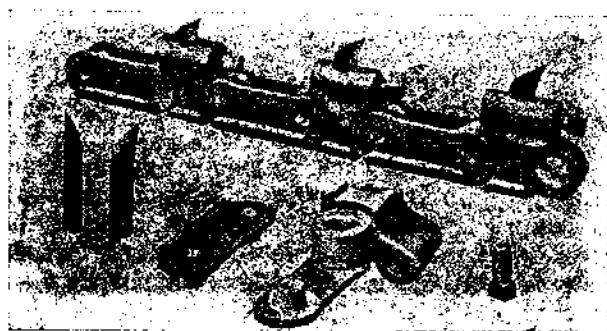
ваются в трех положениях: верхнем, среднем и нижнем. Такое расположение их способствует таюке и более легкой осадке всего пласта вследствие увеличения размеров вруба.

Определенное направление движения режущей цепи создается двумя параллельными направляющими пластинками.



Фиг. 24. Врубовая машина для подрубки угольных пластов американской фирмы Сулливан в работе.

Рабочая часть машины, носящая название бара, приводится в действие при помощи мотора и передаточных механизмов, помещенных в массивном кожухе.



Фиг. 25. Часть режущей цепи врубовой машины и детали, ее составляющие.

Во время работы бара весь корпус машины перемещается вдоль пластов, причем движение может быть регулируемо в пределах 0,2—0,6 м в 1 мин.

Часть режущей цепи как в собранном, так и разобранном виде дана на фиг. 25.

Всего на цепи имеется 24 или 32 зубка, однако одновременно работает не более 8—10, которые непосредственно примыкают к линии зарубки.

Условия разрушения угля отличны от подобного ему процесса резания металла. В последнем случае мы имеем непрерывность снятия стружки, т. е. сравнительно продолжительное соприкосновение резца с обрабатываемым телом. Зубок же врубовой машины находится под действием чередующихся частых ударов, вызываемых тем, что уголь, обладающий несоразмерно меньшей вязкостью, откалывается кусками. Это обстоятельство вызывает пульсацию всей режущей цепи, а следовательно и изменение нагрузки на зубок от нуля при холостом ходе до максимума, отвечающего сопротивлению пласта в момент процесса скалывания. Кроме того в силу конструктивных затруднений неизбежно перемещение зубков и в вертикальной плоскости. Благодаря этому режущая часть зубков подвергается сложным пространственным деформациям, что ставит особые условия их качества в отношении стойкости.

Но несмотря на многочисленные исследования по подбору формы зубков и наиболее производительных углов резания, расход их до настоящего времени остается чрезвычайно большим, и например по Донбассу в среднем составляет около 2,5 шт. на 1 м² зарубки.

При средней суточной величине последней в 100 м² на одну машину и времени замены каждого зубка, равном 1 мин., будем иметь:

$$2,5 \cdot 100 \cdot 1 = 250 \text{ мин.,}$$

или 4 ч. 10 м. непроизводительных простоев врубовой машины.

Если к этому прибавить, что фактическая зарубка в 100 м² является значительно меньше возможной (задержки из-за откалки, уборки, несовпадение скоростей продвижения лавы и штреков и т. д.), то станет ясным, насколько сильно снижается кпд последних в нормально работающих шахтах при недостаточности устойчивых зубках. Во многих случаях успешное осуществление методов непрерывной работы упирается в качество режущего инструмента.

Из краткого описания условий зарубки угольных пластов следует вывести заключение, что для достижения максимального экономического эффекта в работе машин недостаточно просто снабдить зубки твердыми сплавами, но надо также выявить все условия, способствующие полному использованию их свойств. Такая установка и принята автором в последующем изложении.

Практические работы по испытанию зубков с твердыми сплавами были проведены на самом крепком антрацитовом пласте Донецкого бассейна—Стекланном. Последний кроме исключи-

тельной твердости и плотности обладает также и многочисленными включениями серного колчедана, прожилками кварца и пород, которые весьма быстро выводят из строя зубки.

Фактическое положение на шахте, где производились эти опыты, было таково, что примерно 50% времени шло на замену зубков и только остальные 50% машины работали производительно. Вследствие этого полная подрубка всей лавы (длиной всего в 30—40 м) за смену была явлением чрезвычайно редким.

Для сравнения испытания велись как с твердыми сплавами советского производства—победитом, сталинитом и рапидом (пластинки быстрорежущей стали), так и импортный—видиа и американским стеллитом Хайнесса.

В целях получения сравнимых результатов зарубка зубками со всеми твердыми сплавами производилась на одной машине, в определенной лаве, с точными хронометражными записями, автоматической регистрацией нагрузок и по возможности с одним и тем же обслуживающим персоналом.

Окончательные технические показатели оказались настолько неожиданными, что невольно пришлось заняться изысканием причин, вызвавших исключительную пестроту результатов работы отдельных типов сплавов.

Так например твердый сплав победит, обладающий наибольшей твердостью, дал худшие практические показания, нежели сплавы стеллит и сталинит. Такое несоответствие свойств, полученных в лабораторной и производственной обстановке, следует отнести исключительно за счет специфических условий работы зубков врубной машины.

Угольный пласт, обладая сравнительно небольшой твердостью, требует от режущего инструмента лишь незначительного превышения ее. Значительно же более важным является наличие достаточной вязкости рабочей части зубка.

Это обстоятельство особенно ярко подчеркивается при работе зубков с твердыми сплавами на пластах, богатых различными твердыми включениями, создающими для первых неравномерные условия работы.

В самом деле, при сильных ударах сплавы, обладающие чрезмерной твердостью, очевидно будут выкрашиваться больше, нежели менее твердые из них; в последнем случае разрушение режущих кромок должно быть меньшим и более равномерным.

Также понятно, что нарушенные пластинки или нормали из сплавов высокорезающих качеств не могут быть в дальнейшей зарубке заточены углем, и их приходится выбрасывать или заново обрабатывать на карбундовых камнях. Другие сплавы, в частности сталинит, такой самозаточке подвергаются и могут работать без дополнительной обработки.

При этом следует отметить, что при зарубке угля допускаются такие размеры выкрашивания, которые при резании металла резцами из соответствующих твердых сплавов исключают всякую возможность дальнейшей обработки и неизбежно вызывают замену инструмента.

Для более ясного представления о работе различных твердых сплавов нами приводятся характеристики отдельных испытанных видов зубков, основанные как на официальных данных, так и на личных наблюдениях за их работой.

Обыкновенные зубки, изготавливаемые Горловским заводом по способу американской фирмы Сулливан, штампуются из простой углеродистой стали с содержанием С около 0,3%.

При испытании на пласте Стекланном средний расход их определился в 5,35 зубка на каждый 1 м² зарубки.

Характер срабатываемости этих зубков—равномерный износ режущей кромки вследствие истирания.

Износ не должен превышать 10 мм; при более значительной величине его зубок теряет свои режущие свойства, и машина



Фиг. 26. Обыкновенные стальные зубки Врубковых машин. Налево совершенно новый, направо—зарубивший всего 2,5 м.

начинает работать вхолостую, на месте. Иногда при работе изношенными зубками в силу полного отсутствия условий нормального захвата угля машину отбрасывает от пласта, и глубина зарубки сильно уменьшается, что кроме снижения добычи дает зигзагообразный забой, создающий затруднения при других операциях. В случае, если на пути движения встречаются включения колчедана, кварцевые прожилки или порода, зубки от сильного удара и последующего торможения изгибаются и также выходят из строя вследствие потери работоспособности при деформациях.

Снятые с машины, после полной потери режущих свойств, зубки обычно заново штампуются, закаливаются и после заточки пускаются на зарубку вторично. Количество таких переточек колеблется в пределах 3—5 раз, после чего зубки выбрасываются в лом. На фиг. 26 представлены два обыкновенных зубка. Левый—совершенно новый, правый—после зарубки всего 2,5 м.

Как видно из фотографии, потеря работоспособности зубка произошла не только вследствие износа режущей части, но и

по причине деформации самой державки, что было общим явлением при всех типах зубков, подвергнутых испытанию.

По данным хронометража расход зубков в одном случае был 3,85 зубка на 1 м², в другом—6,9, причем 90% израсходованного количества их оказалось пригодным для дальнейшей работы после переточки.

Диаграмма регистрирующего ваттметра показывала постепенное повышение мощности от 9 kW в начале зарубки до 36 в конце ее, что с несомненностью указывает на равномерность износа зубков, а следовательно и постепенное увеличение нагрузки самой машины.

Зубки с вставкой пластинок быстрорежущей стали (Рapid). Расход этих зубков на 1 м² зарубки оказался значительно меньше расхода зубков Горловского завода и равнялся всего 2. Однако характер износа и амортизационные показатели получились худшими, нежели при работе обыкновенными зубками. Так например из общего количества израсходованных зубков, равного 36, годных для переточки и дальнейшей работы оказалось всего 19, остальные 17 совершенно вышли из строя.

В большинстве случаев износ носил характер сильного излома режущей части зубка, который распространялся до самой плоскости спайности пластинок Рапида с державками.

Вследствие резкого и сильного затупления зубков машины испытывали чрезмерные перегрузки, грозившие выбросом автомата.

Диаграмма ваттметра носила пиковый характер с резким повышением мощности.

Зубки с наплавкой американского стеллита. Несмотря на еще меньший расход их по сравнению с зубками обыкновенными и с пластинками Рапида—1,1 зубка на 1 м², из общего числа зубков (20), снятых с цепи, ни одного не оказалось годного для дальнейшей работы.

Характер сработанности аналогичен износу зубков с Рапидом—поломка наплавки режущих кромок.

Ход машины был неровный с перегрузками и выбросами бара из забоя.

Непригодность сработанных зубков к дальнейшей переточке автор объясняет тем, что толщина наплавки была очень велика и совершенно не требовалась условиями работы. Факт самозатачивания некоторых зубков дает возможность предполагать повышение показателей стеллита в применении к ним, но конечно при несколько измененных методах наплавки.

Зубки с пластинками победита. Припаивание пластинок к самим державкам производилось обычным путем—помощью меди. Характер изнашиваемости зубков та-

кой же, как и в двух предыдущих случаях. Всего израсходовано при испытании 36 зубков, причем годных для дальнейшей работы оказалось всего 11, окончательно выведено из строя 15, остальные 10 были пущены на переточку.

Расход, определившийся в 1,52 зубка на 1 м² зарубки, следует считать для победита преувеличенным, так как обычная напайка пластинок не способствует полному использованию его рабочих качеств. В данном случае необходима впайка в тело зубков нормалей его, и тогда надо ожидать результатов, приближающихся к показателям видиа.

Зубки фирмы Валльрам-Крупп (Wallram-Krupp). Эти зубки резко отличались от остальных, подвергнутых испытанию, как по конфигурации самих державок, так и по способу изготовления режущего лезвия. Для последнего были взяты шестигранные нормали диаметром около 5 мм и длиной 10—15 мм.



Фиг. 27. Налево фотография наиболее стойкого зубка—Валльрам-Крупп со вставкой нормалей Вилиа. Направо подобный же зубок с наплавкой твердым сплавом сталинит.

В рассверленное отверстие около режущей кромки они были впаяны обычным путем.

Благодаря этому в обточенном и отшлифованном состоянии зубки имели весьма незначительные размеры твердого лезвия, что несомненно придавало им большую устойчивость.

Кроме того долотообразная форма заточки увеличивала сопротивление ломающим усилиям.

Одной партией зубков фирмы Валльрам-Крупп было пройдено 32 м, причем расход определился в 0,57 зубка на 1 м² зарубки. Характер износа вышедших из работы—совершенное выкрашивание сплава из гнезда. Необходимо отметить также, что ни одна державка не была деформирована настолько сильно, как это сплошь и рядом наблюдалось с державками нашего собственного изготовления. Фотография такого зубка дана слева на фиг. 27. На ней ясно видна зияющая пустота, образованная выкрошившейся частью нормали видиа. Направо, на той же фигуре представлен такой же зубок, но с наплавкой твердым сплавом сталинит.

Условия работы зубков с нормальными видами были несколько облегчены ввиду того, что из-за слабого продвижения штрека зарубку пришлось начать на расстоянии 6—7 м от него. Этот же участок пласта был наиболее богат различными включениями, очень быстро выводившими зубки из строя.

Следовательно, результаты, показанные этими зубками, следует считать значительно преуменьшенными против фактических. Не менее благоприятным фактором для них служило и то обстоятельство, что при испытании строго соблюдался определенный режим работы. Зарубка велась исключительно на первой скорости, т. е. с подачей машины в 0,2 м в 1 мин., а это, как увидим дальше, имеет решающее значение для стойкости зубков с твердыми сплавами, особенно на крепких пластах.

Зубки с наплавкой твердым сплавом сталинит. Испытания зубков с наплавленными сталинитом кромками были проведены как в общих условиях, так и в наиболее тяжелых и особо специфических.

Весьма неблагоприятным фактором для технических показателей работы их послужил материал самих державок. Последние по недосмотру и небрежности были откованы из чрезвычайно мягкого железа, что в дальнейшем повело к излишнему расходу зубков.

При работе в тех же условиях, в которых производились все испытания, расход этих зубков получился равным 1,12 зубка на 1 м². Из общего расхода за всю зарубку в 32 зубка окончательно пришли в негодность всего 6 и то по причине мягкости металла державок (погнулись от напряжений и ударов при работе). Остальные 26 зубков после незначительной заточки можно было пустить в дальнейшую эксплуатацию.

Здесь необходимо отметить характер износа. Явлений сильного затупления не наблюдалось почти совершенно, и при ударах происходило лишь незначительное выкрашивание режущей кромки. В дальнейшем при спокойной работе зубки обычно восстанавливались путем самозатачивания.

В другом случае зарубка происходила по так называемой «кобыле», т. е. в части пласта, которая выклинивается и переходит в почву. Условия работы по последней значительно тяжелее, нежели на чистом угле, и потому полученный расход в 0,57 зубка на 1 м² следует считать блестящим.

Фактический расход был еще меньше, так как из 6 зубков, снятых с цепи вследствие потери работоспособности, лишь 2 оказались с обломанными режущими кромками. Остальные 4 были выкинуты из-за деформаций державок, вызванных опять-таки недостаточной твердостью самого металла.

Износ, как и в предыдущем случае, носил характер постепенного и равномерного истирания о породу.

Расхождение в технических показателях в обоих случаях следует отнести за счет большей равномерности свойств породы, не очень богатой посторонними включениями. Возможно также, что расход в 0,57 зубка является несколько преуменьшенным ввиду того, что зарублена была только небольшая часть лавы по причине зажима цепи.

В дополнение к кратким рабочим характеристикам отдельных типов зубков мы приводим официальные результирующие данные, сведенные в табл. 11.

Таблица 11

№ по пор.	Дата испытаний	Сорт зубков	Расход зубков на 1 м ³ зар. б.	Средн. скор. подачи м/мин	Ко м. мер. скор. м/мин	Потребл. мощность			Удельн. расх. энергии	Примечание
						макс.	мин.	средн.		
1	25/II	Горловский завод	3,85	0,237	0,140	—	—	—	—	Работа машины на 1-й, 2-й и 3-й скор.
2	27/II	Стеллит	1,10	0,233	0,145	60	15	30	2,1	» »
3	27/II	Рапид	2,00	0,282	0,132	60	15	30	1,8	» »
4	1/III	Горловский завод	6,90	0,119	0,07	36	9	18	2,5	Работа машины лишь на 1-й скорости
5	2/III	Круп. зав. (Видиа)	0,57	0,144	0,144	36	3	15	1,7	» »
6	5/III	Пооедит	1,52	0,126	0,100	27	12	18	2,4	» »
7	5/III	Сталинит . . .	0,57	0,174	0,174	—	—	—	—	Раб. маш. на 1-й, 2-й и 3-й скор.
8	6/III	»	1,120	0,169	0,135	45	9	21	2,1	» »

Из всех этих показателей наибольший интерес представляет максимальная величина потребляемой мощности, характеризующая нагрузку врубовой машины.

Как видно, наибольшие значения ее совпадают со всеми случаями работы на переменных скоростях и, наоборот, минимальные отвечают определенному режиму зарубки, проводимой на одной первой скорости. Нагрузку машины в 60 kW следует считать совершенно недопустимой, так как она может вызвать порчу моторов и кроме того не даст никаких экономических выгод.

Наблюдения показали, что работа на 2-й и 3-й скоростях влечет лишь более быстрый износ зубков, и излишнее время, затрачиваемое на их замену, целиком покрывает увеличение рабочей скорости подачи.

При этом коммерческая скорость подачи, определяемая с учетом всего простояного времени, как правило, также уменьшается.

Особенное значение режим работы врубовой машины имеет при зубках с твердыми сплавами. Большие скорости, сопровождаемые сильными ударами, создают условия, способствующие поломкам твердых режущих кромок их.

Поэтому если на чистых пластах большой и средней твердости для обыкновенных зубков допустима работа на всей шкале подач, то при зубках с твердыми сплавами экономически выгодной явля-



Фиг. 28. Вид с торцевой стороны зубков врубовой машины. Форма остроконечная.

Фиг. 29. Вид сбоку зубков врубовой машины. Форма остроконечная.

ется только первая скорость, соответствующая передвижению машины в 0,2 м в 1 мин.

Однако даже при самом стойком сплаве и строго установленном режиме работы врубовой машины можно не получать пол-



Фиг. 30. Обыкновенные зубки врубовых машин долотообразной формы.

ностью того экономического эффекта, который могут дать такие зубки.

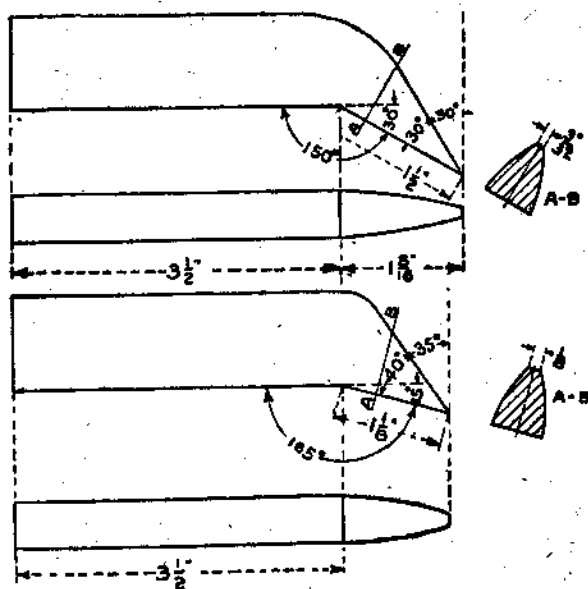
На работоспособность их не меньшее влияние оказывает, как мы указывали выше и что подтверждается приведенными характеристиками, форма державок, химический состав металла, из которого они изготовлены, и способ термической обработки.

В настоящее время употребляются зубки двух форм: остроконечной (для более твердого угля) и долотообразной (для мягких пород угля).

На фиг. 28, 29 и 30 даны фотографии зубков обеих форм.

Отковка их производится на особых заправочных станках, из которых наибольшее распространение получил станок, выпускаемый такоже американской фирмой Сулливан.

Установлению этих форм предшествовали обширные практические опыты и исследования, вызываемые тем, что для нормальной стойкости зубка врубной машины необходимо вполне опре-



Фиг. 31. Эскизы нормальных зубков врубных машин, изготовленных в стандартных штампах фирмы Сулливан.

деленное соотношение между углами уклонов всех поверхностей режущей части.

Для пояснения этого на фиг. 31 нами приводятся эскизы двух зубков, изготовленных в стандартных штампах вышеуказанной фирмы.

Угол тыльной части зубков носит название «угла переднего уклона», в отличие от внутреннего, называемого «углом заднего уклона». Наконец при характеристике зубка отмечают такоже и «угол бокового уклона».

Каждый из этих углов должен иметь определенную величину. Угол переднего уклона предотвращает трение спинки зубка о

забой, так как последнее не только вызывает излишний расход энергии, но и ведет к понижению производительности врубовой машины—уменьшает скорость ее передвижения.

Вследствие сильного истирания зубков в процессе работы этот угол делается значительным. Практическими опытами установлено, что наивыгоднейшая величина его равняется двойному углу, установленному для резцов, обрабатывающих металл. Наилучшие результаты работы зубков получаются при угле между тыльной частью их и линией движения, равном 30° .

Еще большее значение имеет надлежащая величина угла заднего уклона. Благодаря наличию его зубок приобретает способность резать, или, вернее, откалывать уголь.

Если сделать этот угол очень малым, то будет происходить лишь раздробление, что неизбежно поведет к меньшей производительности самого зубка ввиду того, что она определяется количеством подрубленного угля в единицу времени, а следовательно находится в прямой зависимости от размеров откалываемых кусков. Естественно, что при процессе раздробления последние будут несоизмеримо меньше, нежели тогда, когда зарубка проводится в нормальных условиях.

Величина угла заднего уклона берется обычно в пределах $15-30^\circ$. Зубки с углом в 30° могут применяться для пластов самой разнообразной крепости, тогда как имеющие угол в 15° успешно работают только на мягких углях, легко разрушающихся.

Итти по пути дальнейшего увеличения этого угла нельзя, так как рабочее сечение зубка можно ослабить настолько сильно, что он не сможет хорошо сопротивляться деформирующим усилиям.

Наличие угла бокового уклона предотвращает заклинивание зубков в произведенном ими врубе. Вследствие малой срабатываемости боковых граней нормальная величина его незначительна и составляет всего $7-16^\circ$.

Таким образом мы видим, что для получения максимального эффекта в зарубке необходима самая строгая координация размеров зубков, и, как показала практика, малейшее отступление от установленной формы влечет повышенный расход их.

Однако это справедливо только в отношении обыкновенных зубков, изготавливаемых из стали. При применении твердых сплавов все вышеприведенные положения должны быть пересмотрены и выработана новая форма, обеспечивающая полное использование их высоких качеств.

Твердые сплавы, обладающие низким коэффициентом истирания, совершенно не требуют большого угла переднего уклона и даже наоборот—для зубков, снабженных ими, этот угол следует делать по возможности меньше. В самом деле, трение тыльной

части зубка о забой возможно лишь при поломке режущего лезвия от ударов, но тогда приходится машину останавливать и поломанные зубки отправлять на переточку или выбрасывать. В нормальных же условиях, вследствие почти полной неизменяемости размеров пластинок или нормалей твердых сплавов, явления трения зубков о забой пласта не будет совершенно.

Уменьшение величины угла диктуется необходимостью иметь зубки стойкие под действием деформирующих факторов. Большой угол, ослабляя сечение режущей части, может вызвать изменение формы при ударах, а так как твердые сплавы сопротивлением на изгиб не обладают, то неизбежно при этом явление выкрашивания их из гнезд.

Практические наблюдения показали, что при правильно сконструированном зубке отламывания и разрушения твердых лезвий не наблюдается.

Наиболее выгодной величиной угла переднего уклона для новых зубков надо считать $7-10^\circ$.

Примером этого может служить приведенный нами на фиг. 27 зубок фирмы Валльрам Крупп. Несмотря на проходку 32 м, тыльная часть его почти не подверглась истиранию, и форма державки осталась без изменения.

Несколько сложнее разрешение вопросов об угле заднего уклона. Здесь наряду с условиями зарубки, требующими наибольшей величины его, мы имеем некоторые специфические требования, предъявляемые твердыми сплавами.

Последние, как это уже упоминалось, наряду с большой твердостью обладают также и хрупкостью. Поэтому вполне естественно, что больший угол режущей кромки способствует увеличению стойкости ее при переменных ударах. Следовательно рабочая поверхность зубка должна быть по возможности более пологой, т. е. угол заднего уклона наименьшим.

В результате практических наблюдений над зубками с различными углами можно, — правда, с некоторой осторожностью — вывести заключение, что наиболее выгодным углом заднего уклона для зубков с твердыми сплавами надо считать угол в 15° .

Штыб, выбрасываемый машиной из вруба, в этом случае значительно мельче, но вследствие работы исключительно с подачей на первой скорости какого-либо заметного уменьшения производительности зубков не наблюдалось.

И наконец последней особенностью новых зубков является влияние формы самого лезвия на их работоспособность.

Аналогично обыкновенным стальным зубкам они могут быть изготовлены как остроконечной, так и долотообразной формы. Однако рабочие свойства их совершенно противоположны.

Долотообразные зубки проявляют наибольшую работоспособность на твердых пластах. Это объясняется опять-таки тем,

что при большем сечении режущего лезвия твердые сплавы слабее проявляют свою хрупкость.

Остроконечные могут быть применены только на мягких углях, сравнительно свободных от различных твердых включений.

Из всего вышесказанного можно вывести одно определенное положение, а именно:—значение формы зубков при применении твердых сплавов для их работоспособности громадно, а потому этому вопросу должно быть уделено самое большое внимание.

При массовом производстве зубков с твердыми сплавами необходима также и весьма тщательная разработка способов термической обработки. В настоящее время последняя заключается в обыкновенной закалке в воде, и если в заводских условиях этот процесс поставлен более или менее правильно, то на шахтах, имеющих собственные заправочные мастерские, он сводится к простому замачиванию нагретых зубков без учета температуры нагрева.

Автору лично пришлось наблюдать, как подвергались закалке зубки с температурой нагрева не более 700° в теплой воде. Такая обработка не может конечно обеспечить нормальные качества, что для зубков с твердыми сплавами является губительным—их державки не должны подвергаться никаким деформациям. В противном случае будут наблюдаться растрескивание и выкрашивание пластинок и нормалей.

С термической обработкой тесно связан и вопрос химического состава металла, идущего на изготовление зубков. Зубки Горловского завода делаются из обыкновенной углеродистой стали, примерно следующего химического состава: 0,3% С, 0,2—0,25% Si, 0,5—0,6% Mn, 0,03—0,05% P и S.

Такая сталь, будучи закалена, обладает достаточной твердостью, но все же в условиях зарубки угольных пластов она не может дать определенной стойкости зубков против ломающих и изгибающих усилий.

Более пригодной для этих целей будет углеродистая сталь с повышенным содержанием углерода, например: 0,4—0,5% С, 0,25% Si, 0,6—0,7% Mn с минимальными количествами P и S.

Подвергнув зубок из такой стали закалке с последующим невысоким отпуском, можно получить достаточную твердость при отсутствии хрупкости. Исследования в лабораториях Всесоюзного Института Металлов над зубком фирмы Вальврам Крупп показали, что он изготовлен из стали вышеуказанного состава и закален в масляной ванне. Термическая обработка зубков с твердыми сплавами должна производиться с большой осторожностью, во избежание окисления лезвий при высокой температуре. Нагрев следует вести в восстановительной атмосфере и равномерно с соблюдением условий, гарантирующих от пережога.

Несколько особый способ—способ обработки зубков с наплавкой твердым сплавом сталинит. Ввиду того, что последний под действием отжига повышает свою твердость, а при закалке, наоборот, несколько ее теряет, нагретый зубок опускается в ванну с закаливающей средой только до режущей части. Тогда оба процесса будут протекать одновременно и наряду с нормальной закалкой державки произойдет облагораживание режущего лезвия.

Заканчивая на этом характеристику рабочих качеств зубков с твердыми сплавами и разбор условий, способствующих повышению их работоспособности, мы считаем, что ввиду новизны этого вопроса для нашей каменноугольной промышленности все производство новых зубков должно быть централизовано на каком-нибудь одном заводе. Даже переточку после работы на забое следует перенести на крупные районные ремонтные мастерские.

Предоставление же шахтам самостоятельности в производстве и восстановлении их неизбежно поведет к дискредитации этого чрезвычайно экономически важного нововведения.

Насколько же значителен экономический эффект от применения на врубовых машинах зубков с твердыми сплавами видно из расчетов, составленных автором на основании официальных данных. Расчеты относятся лишь к одному из наших угольных районов—Донбассу, так как по другим, к сожалению, не имеется соответствующего материала.

По состоянию начала 1931 г. на шахтах Донбасса было в работе 1 100 врубовых машин тяжелого типа. В настоящее время количество их несомненно значительно больше в связи с непрерывно растущими темпами механизации.

Фактическая месячная зарубка каждой машины составляет 2 028 *т* угля. Цифра эта средняя и несколько ниже программной, так что возможные показатели будут выше приводимых автором. По данным Управления рационализации «Угля» зубки с твердыми сплавами повышают производительность врубовых машин на 40%.

Следовательно каждая машина может дать:

$$2\,028 \cdot 1,4 = 2\,839,2 \text{ т в месяц,}$$

тогда годовая добыча всех машин выразится в:

$$2\,839,2 \cdot 12 \cdot 1\,100 = 37\,477\,440 \text{ т.}$$

Годовая добыча при обыкновенных зубках составит:

$$2\,028 \cdot 12 \cdot 1\,100 = 26\,767\,600 \text{ т,}$$

Следовательно дополнительная выдача угля будет равняться:

$$37\,477\,440 - 26\,769\,600 = 10\,707\,840 \text{ т.}$$

При существующей себестоимости 1 т угля в 10 руб. стоимость избыточной продукции, даваемой зубками с твердыми сплавами, определится крупной суммой в 107 078 400 руб.

Другим большим экономическим фактором новых зубков служит экономия на самих машинах.

Стоимость каждой машины советского производства составляет 10 000 руб.

Производительность 1100 врубловых машин, работающих зубками с твердыми сплавами, будет очевидно такая же, как производительность $1100 \cdot 1,4 = 1540$ машин, на которых применяются обыкновенные стальные зубки.

Следовательно, благодаря твердым сплавам мы будем иметь 440 добавочных машин, которые могут быть пережитнуты на слабо механизированные шахты, применяющие еще в своей практике ручной труд.

Стоимость этих машин, равная $10\,000 \cdot 440 = 4\,400\,000$ руб., будет чистой экономией от зубков.

На основании этих цифр можно сделать определенное заключение о необходимости форсированного внедрения твердых сплавов в угольную промышленность. Правда «Углем» принимаются всяческие меры к обеспечению новыми зубками механизированных шахт Донбасса и в ближайший же год предположено израсходовать их в количестве 2 000 000 зубков, но это еще не полное разрешение вопроса. Идею твердых сплавов надо немедленно широко популяризировать в наших других угольных районах—Урале, Кузбассе, Подмосковном бассейне, с тем, чтобы к началу массового выпуска новых зубков на шахтах были подготовлены соответствующие кадры инструкторов по рациональному использованию их высоких качеств.

Г Л А В А VII

ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНОЕ ДЕЛО

Развитие добычи полезных ископаемых—нефти, угля, железной руды, руд редких металлов и элементов, различных солей и т. д.—сильно зависит от технического состояния разведочно-бурового дела. Скорость проходки скважин имеет также решающее значение в отношении орошения и связанного с ним технического и культурного развития безводных пустынных районов нашего Союза.

Поэтому буровая техника должна быстро и решительно переключиться на совершенные методы работы в самом широком масштабе, используя все технические нововведения.

Подобно тому, как работа токарного станка, скорость бурения нефтяных скважин и наконец производительность врубовой машины зависят от качества инструмента, так и скорость разведочного бурения определяется работоспособностью коронки, закрепляемой на конце бурильной трубы. Рабочие кромки коронки также должны обладать хорошими режущими свойствами с тем, чтобы они могли успешно производить разрушение проходимых горных пород. Однако характер разрушения породы коронкой сильно отличается от такого, как, скажем, в нефтяном деле; от нее требуется вытачивание колонок породы, служащих указанием для точного представления о характере залегания проходимых пластов и свойствах отдельных горных пород.

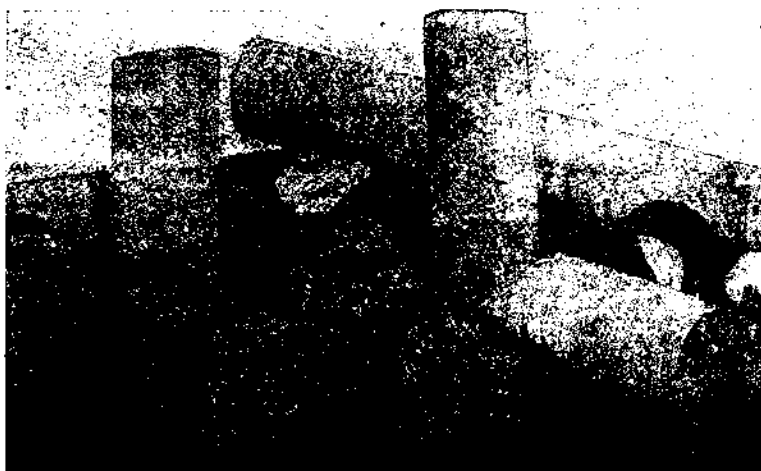
Для более ясного представления о работе, производимой коронкой, на фиг. 32 нами даны снимки с колонок пород, извлеченных из разведочной скважины по окончании бурения.

Отсюда видно, что коронка лишь прорезает в породе кольцевое пространство, не разрушая самого цилиндра.

Это условие и вызывает особую конструкцию коронки. Представляя собой невысокий пустотелый цилиндр с толщиной стенки в 6—7 мм, на торцевой поверхности по ее окружности просверлено несколько гнезд, в которые вставлены небольшие кусочки чистых алмазов.

Получая вращение, коронка своими алмазами царапает породу, а так как твердость их превышает таковую, присущую всем известным горным породам, то неизбежно процесс царапания переходит в разрушение последних.

При заправке коронок алмазами следует соблюдать целый ряд условий для получения хороших рабочих свойств их. Прежде



Фиг. 32. Колонки горных пород, полученные при бурении алмазными коронками.

всего острия всех алмазов должны находиться в одной плоскости, так как в противном случае будет замечаться излишняя нагрузка на каждый алмаз, а это поведет к более быстрому их износу.

Точно также закрепление алмазов в гнездах должно быть совершенно прочным. При плохом закреплении возможны выпадания, а это вызывает скорую срабатываемость всей коронки.

Для характеристики работы алмазными коронками в табл. 12 нами приведены некоторые данные расхода алмазов для различных горных пород, отнесенные к 1 м проходки.

Таблица 12

№№	Название горной породы	Расход алмазов (карат на 1 пог м)	Примечание
1	Граниты	0,07—0,05	Породы не трещиноватые Расход указан для ходов. коронок $\varnothing$ 66 и 55 мм
2	Грано-диориты	0,07—0,05	
3	Порфириды	0,04—0,05	
4	Гнейсы	0,02—0,04	
5	Известняки (доломитизированн.)	0,02—0,04	

При трещиноватых породах расход алмазов сильно возрастает, и стоимость бурения повышается.

Вследствие малой распространенности, цены на алмазы стоят очень высокие, так например чистые карбонаты, которые являются наиболее пригодными для бурения, стоят примерно 300 руб. карат. Для нас это усугубляется тем обстоятельством, что алмазы приходится ввозить из-за границы, а следовательно затрачивать крупные суммы валюты.

Поэтому вполне своевременно появление наших советских суррогатов алмаза—твердых сплавов, которые несомненно в ближайшее же время заменят чистые алмазы.

Американская и европейская буровая техника сравнительно давно перешла на бурение коронками, в гнезда которых вместо алмазов вставлены и впаяны нормали, изготовленные из твердых сплавов. В СССР применение твердых сплавов для разведочно-буровых работ находится в начальной стадии развития и, несмотря на то, что геолого-разведочное дело начало производить соответствующее опыты почти одновременно с машинообрабатывающей промышленностью, где твердые сплавы прочно укоренились, полного освещения этого вопроса и тщательного анализа полученных результатов оно не дало.

С одной стороны, это объяснялось дороговизной импортных суррогатов, с другой—недостаточной изученностью свойств наших собственных твердых сплавов.

И только сейчас, когда вопрос о твердых сплавах поставлен весьма широко, многие буровые вышки переведены на работу нашим суррогатом—твердым сплавом победит.

Одним из первых испытаний последнего с целью выяснения пригодности его для алмазных коронок надо считать опыты, проведенные ГГРУ в марте 1930 г.

Для возможности вывода сравнительных результатов были взяты коронки с нормальными швейцарского твердого сплава—п е р д у р у м, германского—в а л л ь р а м и т и советского—п о б е д и т. Для испытания были взяты горные кристаллические породы, обладающие средней твердостью по шкале Мооса (4,5—6). Эти твердости при современных методах заделки и заточки служат экономическим пределом применимости твердых сплавов в естественных условиях бурения.

Таким подбором пород преследовалась цель наиболее четкого выявления свойств испытываемых марок твердых сплавов, так как при бурении мягких пород, одинаково преодолимых всеми из них, никаких характерных показателей дать не представлялось возможным. Поэтому полученные результаты надо считать относительными и правильными исключительно в особо специфических условиях. Испытания велись на станке Крелиус АВ буровыми коронками двух диаметров—46 и 66 мм.

Давление на забой и скорость вращения были взяты совершенно одинаковыми.

Площадь режущих нормалей для всех сплавов была подобрана таким образом, чтобы каждая пара равнозначных по диаметру коронок имела одинаковую заполненность своей рабочей поверхности.

В приведенной табл. 13, составленной на основании выписок из бурового журнала, даны технические показатели отдельных сплавов, полученные в результате испытаний на грано-диоритах, грано-гнейсах и гнейсах.

Таблица 13

№№ испытаний:		№ 1		№ 2		№ 3		№ 4		№ 5	
Название порошки:		Грано-диорит		Грано-диорит		Грано-гнейс		Грано-гнейс		Гнейс	
№№	Назв. тверд. сплава	Победит	Пердурум	Победит	Пердурум	Победит	Пердурум	Победит	Валльрамит	Победит	Валльрамит
	Техн. данные и результат										
1	Твердость породы	4,5	4,5	5,5	5,5	5,0	5,0	5,5	5,5	4,5	4,5
2	Число резцов	8	8	8	8	8	8	4	8	4	8
3	Диам. коронки мм	66	66	66	66	66	66	46	46	46	46
4	Размеры резц., мм	7,6	7,5	7,6	7,5	7,6	7,5	7,6	5,5	7,6	5,5
5	Форма резцов	Прямой	Прямой	Прямой	Прямой	Прямой	Прямой	Прямой	Прямой	Прямой	Прямой
6	Число оборотов в минуту	130	130	130	130	130	130	130	130	130	130
7	Колич. пробуренных метров	0,03	0,09	0,01	0,02	0,02	0,13	0,26	0,27	0,08	0,10
8	Время чистого бурения	23	23	11	11	30	30	35	35	15	15
9	Уход в 1 час, м	0,08	0,22	0,05	0,10	0,04	0,26	0,16	0,26	0,32	0,40
10	Число заточек коронки	2	2	2	1	2	2	6	4	—	—
11	Расх. тверд. сплавов на м уходки	2,223	1,113	2,23	1,13	2,23	1,13	39,32	30,93	39,32	30,92

Опытные данные этой таблицы показывают, что наибольшими режущими свойствами обладает твердый сплав пердурум, за ним следует валльрамит и на последнем месте—советский аналогичный сплав—победит.

Это особенно ярко подчеркивается коэффициентами проходки для каждого сплава в отдельности. Если проходку, даваемую победитом, принять за единицу, то соответствующие коэффициенты для валльрамита и пердурума будут значительно выше. Численные значения их сведены в табл. 14.

Таблица 14

№№ по порядку	Наименование твердого сплава	Коэффициент проходки				
		Гранодиориты	Гранодиориты	Граногнейс	Граногнейс	Гнейс
1	Победит	1	1	1	1	1
2	Пердурум	3	2	6,5	—	—
3	Валльрамит	—	—	—	1,05	1,25

Указанные данные совершенно не учитывают расхода сплавов на единицу пройденного ими расстояния, а это при повышенном расходе победита еще более отдаляет соответственные коэффициенты друг от друга.

Таким образом на основании таких испытаний можно вывести определенное заключение о непригодности победита для целей разведочного бурения, но это было бы весьма поспешным и неправильным разрешением столь важного для нашего хозяйства вопроса.

Как уже было указано в соответствующих местах, рабочие качества твердого сплава сильно зависят от способа применения.

Алмазные коронки, подобно токарным резцам, должны иметь строго установленную форму режущей части. Нужно помнить, что твердые сплавы работают в данном случае резанием, а не истиранием, как алмазы. Поэтому режущим кромкам коронок и положению их во время работы должно быть уделено громадное внимание.

Ввиду ложного взгляда на твердые сплавы как на суррогаты алмаза и перенесения на них опыта работы последними без изменения и повело к тому, что некоторые работники разведочного бурения придерживаются еще мнения о незаменимости чистых алмазов для многих случаев практики. Исходя из того положения, что буровые коронки работают в самых разнообразных условиях, определяемых свойствами проходимых пород, прежде всего очевидно необходимо провести опытные работы по спецификации их в отношении формы режущей части.

Наивыгоднейшие углы резания должны быть определены оптимальным путем каждой отдельной горной породы, так как понятно, что работа, скажем, по грано-диоритам протекает в значительно более трудных условиях, нежели по обыкновенным песчаникам или известнякам. Предварительно можно предположить, что с возрастанием твердости пород углы резания будут также принимать большие значения.

Точно такая же зависимость должна быть установлена между давлением на забой и скоростью вращения самой коронки. Как правило, следует установить, что уменьшением толщины срезаемого слоя породы и повышением скорости вращения срок службы коронок, снабженных твердыми сплавами, будет неизбежно значительно увеличен, без понижения общей производительности их.

Наконец не меньшее значение для работоспособности коронок имеет количество резцов и их взаимное расположение.

Вполне понятно, что увеличением числа резцов мы значительно уменьшаем длину снимаемой стружки. Так например при диаметре буровой коронки в 66 мм длина окружности будет равна $2 \pi R = 2 \cdot 3,14 \cdot 33 = 206,24$ мм. При шести резцах каждый

из них должен преодолеть суммарное сопротивление, отвечающее сцеплению частиц данной породы на участке их действия, равном по длине $206,24 : 6 = 34,37$ мм.

При повышенном количестве резцов, скажем, равном 10, при той же коронке, мы будем требовать от них преодоления усилий, свойственных участку породы только в 20,62 мм, при ширине, отвечающей нормальной рабочей выемке.

Исходя из таких логических рассуждений, следует признать, что для резца из твердого сплава показатель его работоспособности прямо пропорционален при установленной толщине стружки длине участка, им обслуживаемого. В самом деле, при определенном удельном сопротивлении откалывания величина последнего будет находиться в прямой зависимости от площади разрушения, и чем последняя больше, тем более тяжелые условия предъявляются к резцам, его производящим. Точное установление соотношений количества резцов в зависимости от диаметра коронки и свойств горных пород, ими проходимых, находится в компетенции работников разведочного бурения, но несомненно то, что при работе коронками с твердыми сплавами число резцов должно быть увеличено по сравнению с коронками, работающими алмазами.

Способ заделки нормалей из твердых сплавов также сильно отзывается на работоспособности буровых коронок. Размеры нормалей должны быть близкими к размерам калиброванных сверл.

На основании практических наблюдений над работой заграничных суррогатов—пердурума и валльрамита—можно вывести заключение, что наиболее благоприятной формой нормалей, отвечающей условиям работы, будут шести- или восьмигранные призмы.

Такие нормали, будучи тщательно запаяны в гнездах, обладают исключительной устойчивостью, предотвращающей всякое механическое разрушение их.

Из того краткого описания условий работы коронок с резцами из твердых сплавов, анализа причин, вызывающих повышение их производительности, указаний на недостаточное усвоение свойств различных твердых сплавов вытекает, что наше геолого-разведочное дело не сумело, как следует, использовать свойства твердых сплавов.

Основная ошибка заключалась в том, что приемы работы, применяемые при алмазном бурении, были целиком без всяких изменений перенесены на практику бурения твердыми сплавами.

Однако, несмотря на техническое несовершенство способов применения последних, дальнейшие работы показали настолько явные преимущества твердых сплавов перед алмазами, что надо считать вполне своевременным возбуждение вопроса о прекращении импорта дорогостоящих чистых алмазов, требующих значительных сумм валюты.

Для доказательства этого нами в табл. 15 приведены технические показатели работоспособности отдельных сплавов, наиболее распространенных в нашей буровой технике.

Таблица 15

№ по пор.	Название твердого сплава	Коэф. суден	Раход тверд. сплава в г	Колич. и тер порош. см ³	Расход сплава на 1 м ³	Часов чист. бурения	Глубина проу- р в м	В 1 час чи-то- го бу- рен. м	Примеча- ние
1	Победит . . .	2	177,25	4961,98	0,033	108	66,92	0,62	Время чи- стого бу- рения не везде ука- зано — средн. про- ходка взя- та от не- полного метража.
2	Воломит . . .	2	57,19	8948,8	0,007	н. с.	270,51	—	
3	Пердурум . . .	2	62,8	1299,07	0,048	»	13,34	—	
4	Победит . . .	4	1,88	53,6	0,035	7	1,88	0,27	
5	Пердурум . . .	4	1,8	54,25	0,034	4	1,33	0,33	
6	Победит . . .	5	727,66	14851,63	0,049	532	403,69	0,76	
7	Воломит . . .	5	90,37	1522,8	0,06	66	163,57	0,21	
8	Пердурум . . .	5	211,05	4911,00	0,042	443	19,01	0,45	
9	Валльрамит . . .	5	25,74	336,65	0,076	41	26,79	0,65	
10	Победит . . .	6	782,52	6262,80	0,125	1031	279,93	0,27	
11	Пердурум . . .	6	41,28	86,54	0,477	н. с.	29,00	—	Одна ко- ронка.
12	Валльрамит . . .	6	51,50	132,8	0,410	16	4,99	0,31	
13	Сулламмит . . .	6	87,30	219,46	0,390	н. с.	10,69	—	
14	Победит . . .	12	242,98	188,75	0,129	69	63,81	0,92	
15	Воломит . . .	12	35,86	154,39	0,245	н. с.	8,18	—	
16	Пердурум . . .	12	23,00	144,56	0,159	»	1,03	—	
17	Победит . . .	14	78,17	2,66,30	0,085	78	77,56	0,99	
18	Воломит . . .	14	35,86	139,97	0,256	»	6,20	—	
19	Пердурум . . .	14	10,00	88,80	0,113	8	3,08	0,38	
20	Победит . . .	17	16,00	133,60	0,112	н. с.	1,07	—	

Из этих данных, составленных ГГРУ на основании общего расхода твердых сплавов за весь особый квартал 1930 г., следует, что наш суррогат алмаза—победит с экономической стороны вполне может конкурировать с чистыми карбонатowymi алмазами.

Делая выборку в отношении расхода победита на 1 м проходки, мы имеем следующие данные, сгруппированные в табл. 16.

Таблица 16

№ по пор.	Название твер- дого сплава	Коэф. бурения	Общий расход в г	Проход в м	Расход на 1 м прох. в г	Примечание
1	Победит . . .	2	177,25	69,92	2,54	Испытания победита про- изводились в одинаковых условиях с валльрами- том и перду- румом
2	» . . .	4	1,88	1,88	1,00	
3	» . . .	5	727,66	403,69	1,80	
4	» . . .	6	782,25	279,93	2,75	
5	» . . .	12	242,98	63,81	3,80	
6	» . . .	14	173,7	77,56	2,25	
7	» . . .	17	16,00	1,07	14,95	
	Среднее . . .	—	265,77	112,23	2,36	

Примечание. В таблицах 15 и 16 данные взяты из условий работы на одинаковых породах всеми твердыми сплавами.

Полученные результаты дают полную возможность подсчета экономичности применения победита для бурового дела. При цене 1 кг в 255 руб. расход его на каждый метр проходки в денежном выражении будет определяться суммой $255 \cdot \frac{2,36}{1000} = 0,6$ руб., или 60 коп.

При стоимости алмазов в 300 руб. карат и расходе их на 1 м проходки по средним данным в 0,5 карата будем иметь затраты на них равными: $300 \cdot 0,05 = 15$ руб.

Такая разница в стоимости затрат на твердый сплав победит и алмазы, выражающаяся примерно в 2 500%, с очевидностью указывает на необходимость самого широкого внедрения в буровом деле первого.

Кроме денежного экономического эффекта это дает значительное сокращение валютных затрат, производимых нами в настоящее время на расширение геологическо-разведочных изысканий.

Следовательно, все дальнейшие практические исследования должны иметь своей целью изучение факторов, вызывающих повышенный по сравнению с алмазами и другими твердыми сплавами расход победита.

Несомненно, что в этом отношении точное выполнение всех вышеприведенных положений может дать очень большой материал, который будет представлять громадный практический интерес. Иными словами, специалистами разведочного бурения должна быть подробно разработана теория резания горных пород коронками с резцами из твердых сплавов, основанная на результатах наблюдений в самых разнообразных условиях.

ГЛАВА VIII

ВОЛОЧИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Качества проволоки—одинаковый диаметр по всей длине мотка, правильность сечения, отсутствие царапин по наружной поверхности—находятся в прямой зависимости от работоспособности и стойкости волочильных досок.

Поэтому понятно, что производству последних уделяется много внимания. До последнего времени волочильные доски изготовлялись из специальной стали с высоким процентным содержанием хрома; для особо же точной работы волочильные очки, или фильеры, делались из алмазов.

Наиболее типичные химические составы хромистой стали, применяемой для изготовления волочильных досок, приводятся нами в табл. 17.

Таблица 17

Элементы стали	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Углерод	2,03	1,82	2,22	1,70
Хром	1,37	6,69	10,56	15,65
Вольфрам	0,95	нет	нет	нет
Марганец	1,29	0,35	0,36	0,31
Кремний	0,41	0,32	0,50	0,37

Такая сталь, будучи подвергнута особой термической обработке, приобретает высокое сопротивление против истирающих усилий, вызываемых трением протягиваемой проволоки о стенки очка. Однако до сих пор, когда на смену стальным доскам приходят фильеры из твердых сплавов, вопрос о взаимной связи химического состава, структуры и обработки в отношении службы их не изучен и нуждается в дальнейшем систематическом обследовании.

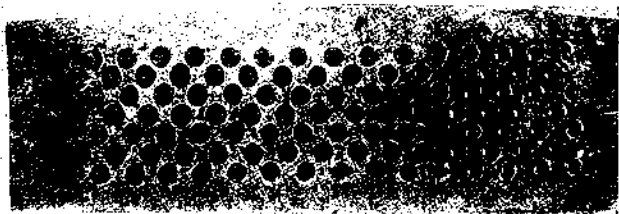
Возможно, что широкое распространение протяжных фильер из твердых сплавов и экономические показатели, даваемые ими, в ближайшее же время вытеснят из обихода волочильного производства стальные доски совершенно.

В связи с этим мы считаем необходимым дать некоторое представление о работоспособности фильер из твердых сплавов и об экономическом эффекте, даваемом ими.

Для изготовления твердых фильер наиболее пригодными следует считать сплавы, в основе которых лежат карбиды вольфрама. Такими сплавами являются видиа, валльрамит, воломит, карболой и советский сплав—победит.

Для характеристики их работоспособности можно указать на то, что на некоторых германских проволочных заводах были случаи пропуска 300 *m* проволоки через один фильер; в среднем же их производительность определяется в 10—15 *m*.

По данным американской фирмы Карболой, изготовленные ею два фильера диаметром в 7,87 мм, после протяжки 450 *m* стальной проволоки показали величину износа всего в 0,038 мм.



Фиг. 33. Общий вид стальной волочильной доски со стороны входа проволоки.

Такие высокие цифры недостижимы для стальных досок, производительность которых, в лучших случаях, равна всего нескольким сотням килограммов проволоки.

Не останавливаясь подробно на рабочих качествах твердых фильер из заграничных марок сплавов, мы приведем некоторые результаты работ фильер из победита.

На одном из наших проволочных заводов до появления победита применялись многоочковые волочильные доски, изготовленные из специальной стали вышеуказанных составов.

На фиг. 33 и 34 представлены фотографии их обеих поверхностей, на фиг. 33—рабочей и на фиг. 34—тыльной. Снимки сделаны с доски, пришедшей в негодное состояние, и по внешнему виду можно судить о степени и характере срабатываемости рабочих отверстий.

Эта доска имеет 109 волочильных очков с тем, чтобы не производить частой перестановки их, а вести работу непрерывно путем перекидывания пропускаемой проволоки из одного ручья в другой. Полная срабатываемость каждого очка определяется разницей в диаметрах проволоки—начала и конца ее, устанавливаемой допусками для каждого сорта и размера в отдельности.

В данном случае доски работали на обжим с 6,5 до 5,0 мм. Конечный диаметр проволоки отличался от начального на 0,03—0,1 мм, т. е. при заново доведенном очке выходила проволока точно в 5,0 мм, после же некоторого времени ее размер колебался в пределах 5,03—5,1 мм. До предельного износа каждое очко пропустило всего по 60 кг проволоки.

Следовательно, нормальная производительность всей доски выражается в

$$60 \cdot 109 = 6\,540 \text{ кг, или } 6,54 \text{ т.}$$

После пропуска указанного количества проволоки доски требуют восстановления. Для этой цели их отжигают, наклепывают, растачивают и снова подвергают термической обработке.

Среднее число повторных восстановлений равно 15, после чего доски выбрасываются, так как вследствие многократного наклепа толщина их настолько уменьшается, что становится невозможным придание очку надлежащей формы.



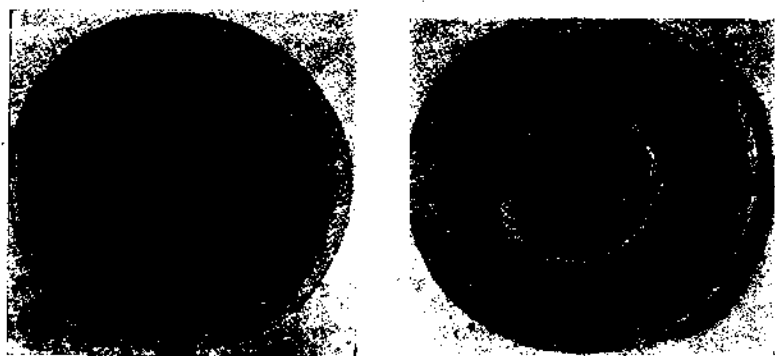
Фиг. 34. Общий вид стальной волочильной доски со стороны выхода проволоки.

Таким образом одна и та же доска может служить лишь в узком интервале номеров; так например при диаметре первоначально пропускаемой проволоки в 0,2 мм она может быть использована для протяжки проволоки не более 1 мм диаметром.

Теперь эти громоздкие и тяжелые установки заменяются легкими и компактными фильерами из победита. На фиг. 35 дан снимок с одного такого фильера.

Заделка рабочей части его произведена при помощи впайки медью для создания большей устойчивости и предотвращения возможных поломок. Производя работу в тех же условиях, при том же сорте проволоки и размерах, фильер из победита пропускает до 90 т проволоки, причем износ отверстия даже в худшем случае не превышает 0,05 мм. Коэффициент использования его также значительно выше даваемого обыкновенными досками: он может быть постепенно переработан с диаметра в 0,2 мм до диаметра в 8 мм, а иногда и до 10 мм.

Эти данные показывают, что по своим рабочим качествам, в применении к фильерам, победит лучше не только стальных досок, по производительности с которыми он просто несравним, но качественные



Фиг. 35. Фильер из победита, вделанный в оправку после работы.

показатели даже выше даваемых его аналогами заграничных фирм: воломитом, валльрамитом и видиа.

Фильеры из твердых сплавов имеют также значительные преимущества и перед алмазными.

Прежде всего их стоимость значительно ниже стоимости алмазных фильер. Последние, как правило, при больших напряжениях очень часто растрескиваются, тогда как фильеры из твердых сплавов, благодаря наличию большей вязкости, сравнительно легко выдерживают самые высокие нагрузки.

Весьма существенным достоинством их является и большее количество допускаемых переточек, что позволяет одним фильером работать на многих номерах, а следовательно и удешевляет эксплуатационные расходы волочения.

Благодаря громадному экономическому эффекту, даваемому фильерами из твердых сплавов, необходимо тщательное изучение условий работы волочения и влияния последних на стойкость их.

Исследовательские работы должны идти в направлении пересмотра величины обжима, скорости протяжки и наконец выявления наиболее работоспособной формы внутренних поверхностей фильер.

К сожалению, отсутствие соответствующих инструкторов, слабая популяризация значения твердых сплавов и наша отсталость в этой специальной части металлургии приводит к тому,

что в настоящее время ни одного серьезного исследования по применению твердых фильер мы не имеем.

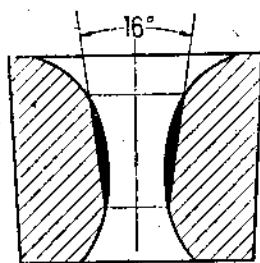
Заграничные фирмы, заинтересованные в широком распространении своих продуктов, сделали в этом отношении несколько больше, но и из материалов, даваемых ими, очень трудно вывести какие-либо строго установленные положения.

Весьма интересны исследовательские работы, проведенные американской фирмой Карболой Нью-Йорк Сити. Назначением их было определение наиболее работоспособной формы фильер.

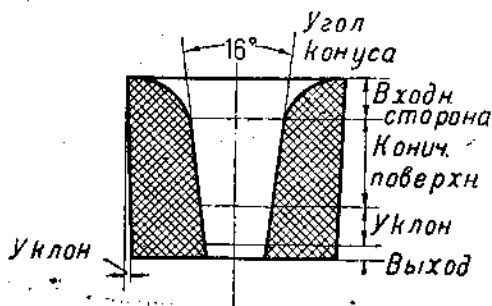
В результате многочисленных практических наблюдений фирма пришла к заключению, что старая конструкция фильер, изображенная на фиг 36, не отвечает требованиям, обеспечивающим успешность работы твердых сплавов.

Большая кривизна рабочей поверхности сильно ослабляет сопротивление части ее, в которой происходит соприкосновение с протягиваемой проволокой.

Благодаря этому происходит быстрый износ фильера, значительное увеличение диаметра, и его преждевременно приходится



Фиг. 36.



Фиг. 37.

ставить на перешлифовку. Место износа заштриховано, и ясно видно, насколько оно значительно по своим размерам.

При дальнейшей работе удельная величина износа, или скорость истирания рабочих поверхностей, резко падает, и фильер пропускает гораздо большее количество проволоки, нежели при своей первоначальной форме.

Это обстоятельство натолкнуло на мысль придать фильерам такие очертания, которые получаются после износа обыкновенной формы. Осуществление этого и последующая практическая проверка целиком подтвердили правильность предположения, и в настоящее время фирмой Карболой выпускаются на рынок фильеры исключительно формы, представленной на фиг 37.

Сравнивая эту конструкцию со старой, мы видим, что внутренняя рабочая часть фильера сделана конусообразной с величиной

образующего угла в 16° . Последний точно совпадает с соответствующим углом сработанного фильера старой конструкции и является наивыгоднейшим в отношении износа. Кроме того для увеличения сопротивления длина конической части увеличена до максимальных пределов, определяемых на основании чисто практических соображений в зависимости от сорта протягиваемой проволоки, состава смазки, скорости волочения, типа станка и метода работы.

На основании всего вышесказанного фирмой Карболой была разработана и выпущена целая серия фильер под маркой Т, данные о которых приведены в табл. 18.

Таблица 18

В е л и ч и н а	Размеры фильер		Прибли- зительный вес
	диаметр в мм	высота в мм	
T ₁	7,6	7,6	4,95
T ₂	10,2	8,9	10,20
T ₃	12,7	10,2	18,30
T ₄	15,2	12,7	38,80
T ₅	19,0	15,2	61,40
T ₆	31,75	19,0	213,00
T ₇	38,10	22,2	358,00
T ₈	43,30	25,4	556,00

Соответственно такой классификации разбиваются и области их применения. Протяжка производится по следующей спецификации:

- T₁—для медной проволоки с диаметром 1,63 мм
- T₂— » фосфористо-бронзовой с диаметром 0,51 мм
- T₃— » стальной проволоки с небольшим содержанием углерода с диаметром 0,27 мм
- T₄— » медных прутков с диаметром 6,35 мм
- T₅— » стальных прутков с диаметром 7,87 мм
- T₆— » стальных труб с диаметром 31,75 мм
- T₇— » хромо-молибденовых труб с диаметром 31,75 мм
- T₈— » труб из чистого никеля с диаметром 9,53 мм

Таким образом видно, что размеры фильер из твердых сплавов находятся в определенной зависимости от условий их работы и какой-либо один из них будет работать с различной производительностью на разных по своим свойствам материалах.

Подобные работы проводятся в настоящее время и германскими фирмами, а поэтому надо надеяться, что в ближайшее время для применяемых марок фильер будут тщательно разработаны стандартные формы их в зависимости от назначений.

В силу этого необходимо немедленное развертывание таких исследований над нашими фильерами из победита—твердого сплава, несколько отличного по своим качествам от подобных зарубежных.

Без усиленного же форсирования исследовательской и опытной работы советское волочильное производство не сможет полностью использовать рабочие возможности новых фильер.

В заключение следует отметить, что широкие работы должны быть развернуты и по применению для фильер нового твердого сплава—стеллит, полученного несколько месяцев тому назад в лаборатории Всесоюзного института металлов.

Представляя собой сплав типа акрита, несколько уступая по твердости победиту, видиа, воломиту и другим чисто вольфрамовым сплавам, он во многих случаях может успешно их заменять.

Такая же замена кроме непосредственного удешевления производства волочения дает экономию в вольфраме, в котором мы ощущаем острый недостаток.

Первые опыты по отливке фильер из стеллита дают возможность предположить об успехе испытаний их в производственной обстановке. Однако необходимо иметь в виду, что стоимость твердых фильер не играет решающей роли, и единственным экономическим критерием служит исключительно их производительность.

Поэтому применение более дешевых сортов фильер может быть оправдано лишь их одинаковой производительностью с фильерами, изготовленными из сплавов высокой стоимости.

ГЛАВА IX

СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Применение твердых сплавов в сельском хозяйстве как у нас, так и за границей, имеет очень слабое развитие. Основной причиной этого служит недоступная для дешевых сельскохозяйственных машин стоимость их.

Даже в Америке, стране, наиболее широко культивирующей применение твердых сплавов, по данным, имеющимся у автора, они применяются исключительно для лемехов, и то в ограниченных масштабах.

Поэтому вполне естественно, что проникновение твердых сплавов в наше сельское хозяйство также началось с использования их свойств на лемехах.

В отличие от прочих отраслей промышленности инструмент, в частности лемеха, в сельском хозяйстве работает исключительно на истирание. Последнее обусловливается непрерывностью процесса резания почвы и соприкосновением ее по всей площади движущегося лемеха. Благодаря этому лемеха очень быстро изменяют свою форму, дают большую потерю в своем весе и—как следствие—работают очень незначительное время. Особенно изнашивающимися частями являются режущая кромка (лезвие) и нос.

В соответствии с этим химическому составу лемехов, идущему на изготовление лемехов, и разработке способа термической обработки было посвящено не мало исследовательских работ.

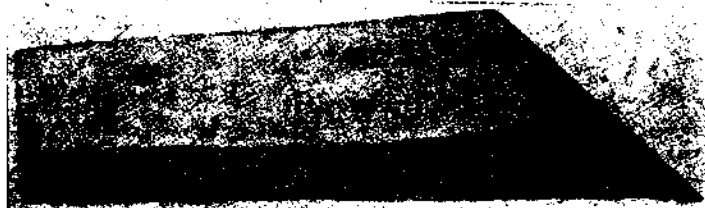
Одновременно с испытанием лемехов из разных марок сталей производились опыты по применению лемехов из многослойных сталей.

Однако последние никаких рабочих преимуществ перед обыкновенными углеродистыми сталями не показали и широкого практического распространения не получили.

Попытка применить литые лемеха из отбеленного чугуна также оказалась неудачной, и от нее, надо полагать, отказались навсегда.

В настоящее время почти повсеместным распространением пользуются лемеха, изготовленные из обыкновенной углеродистой стали с содержанием углерода в 0,3—0,6%. Некоторые заводы дают для этой цели сталь с повышенным содержанием марганца.

Лемеха из такой стали термически обрабатываются, а именно закаливаются, причем закалке подвергается лишь рабочая часть, подверженная сильному износу.



Фиг. 38 и 39. Лемеха с правильным распределением закаленной зоны.



Фиг. 40. Лемех с неправильным распределением закаленной зоны.

Ширина закаленной зоны должна быть не менее 25 и не более 50 мм, считая от лезвия лемеха.

Микроструктура окончательно обработанных лемехов и годных для полевых работ должна отвечать следующим требованиям:

а) в закаленной зоне сорбит с остатками мартенсита. Недопустимо присутствие резко выраженного крупногольчатого мартенсита, остатков феррита и крупных шлаковых включений;

б) в верхней части лемех должен иметь структуру перлита, причем допустимо присутствие феррита в пределах 0,5 площади наблюдаемой микроструктуры. Совершенно недопустимо присутствие мартенсита и шлаковых включений.

Отклонения от этих условий вызывают более быстрый и неравномерный износ лемеха, следовательно операцию закалки надо вести с большой осторожностью.

На фиг. 38, 39 и 40 нами даны макроструктуры закаленных лемехов.

Первые два снимка дают правильное расположение закаленной зоны; закалка проведена равномерно, а это является одним из условий нормального износа лемеха. В данном случае будет наблюдаться постепенное уменьшение высоты без заметного изменения самого лезвия.

Совершенно иную картину мы видим на фиг. 40; неравномерность закалки, большая ширина закаленной зоны у носа и хвоста и незначительная, местами сходящая на-нет—в средней части лезвия, неизбежно вызовет значительно более быстрый и неравномерный износ.

Таким образом это показывает, что даже при установленном режиме закалки можно получить лемеха различных рабочих качеств, время работы которых будет колебаться в очень широких пределах.

От нормально обработанных лемехов требуется, чтобы они имели определенную твердость как в закаленной зоне, так и незакаленной. Пределы, в которых она может изменяться, приведены в табл. 19.

Таблица 19

Способ определения	Незакаленная зона	Закаленная зона
По Бринелю	от 180 до 250	от 350 до 550
По Роквеллу	от В90 до В115	от С38 до С55

Таким механическим данным соответствует закаленная углеродистая сталь следующего химического состава:

Углерода	0,4—0,7%
Марганца	1,2—0,5%
Кремния	0,1—0,4%
Серы	до 0,05%
Фосфора	» 0,045%

Наиболее полные сведения об анализах лемехов, выпускаемых различными заводами, как нашими, так и зарубежных фирм, приводятся нами в табл. 20.

№ №	Название	Углерод %	Марганец %	Кремний %	Фосфор %	Сера %
980	Лемех завод Бехер	0,62	1,08	0,20	0,019	0,012
890	Лемех Монахиз	0,55	1,13	0,22	0,042	0,021
412	Лемех ОЛВ7 завода «Октябрьской революции» производства 1925 г.	0,51	1,20	0,19	0,062	0,015
1592	Лемешная сталь зав. «Октябрьской революции» производства 1927 г. ЛВ	0,27	1,12	0,19	0,040	0,028
1587	То же В	0,48	0,88	0,13	0,059	0,026
1593	» Л	0,29	1,06	0,17	0,043	0,030
1595	Лемешная сталь зав. «Октябрьской револ.» производства 1927 г. В	0,62	1,35	0,16	0,080	0,037
1757	Лемех конного плуга зав. «Профинтерн» Брянск. твердый	0,59	1,06	0,15	0,052	0,018
1758	То же (мягкий)	0,41	0,41	0,32	0,051	0,024
—	» тракт. (мягкий)	0,31	1,00	0,20	0,082	0,009
—	» (твердый)	0,58	0,78	0,21	0,041	0,018
—	Лемех зав. «Сакко»	0,50	0,39	0,19	0,056	0,024
—	Лемех конного плуга зав. «Профинтерн»	0,38	0,92	0,21	0,071	0,002
1647	Лемех тракт. плуга Междунар. К ^о жатв. машин (средний слой)	0,13	0,35	0,06	0,009	0,013
1647	То же (верхний слой)	1,10	0,76	0,18	0,016	0,006
1843	Лемех зав. Бекер, обр. № 1	0,41	0,79	0,34	0,013	0,010
1973	То же » » » № 5	0,51	0,69	нет	0,068	0,019
1987	» » » » № 63	0,63	0,85	0,32	0,042	0,034
1980	Лемех плуга зав. Монахиз	0,49	0,92	0,24	0,042	0,026
1989	Лемех зав. Харкорт	0,58	0,93	0,29	0,022	0,019
1984	Лемех зав. «Эккерт»	0,42	0,97	0,20	0,080	0,018
	Технические условия Германии (Д 1)	0,45—0,55	1,2—0,8	не бол. 0,35	не бол. 0,04	не бол. 0,04
	Техническ. условия Междунар. К ^о жатв. машин (Н. П. Шумилов)	0,7—0,85	0,7—1,0	0,2	не бол. 0,05	не бол. 0,06

Как видно из всего вышеприведенного, мы имеем исключительную пестроту составов сталей, а это указывает на то, что заводы еще до сих пор не могут дать стойкого в полевых условиях лемеха.

По наблюдениям ВИСХМ даже наиболее лучшие марки лемехов проходят без перековки не более 30—35 га.

Бывают же случаи, когда лемеха приходят в негодность после перепашки всего 3 га.

Многослойные лемеха также дают не лучшие результаты, и доказательством этого могут служить испытания, проведенные

гем же ВИИСХМ непосредственно на полях, данные которых сведены нами в табл. 21.

Таблица 21

№ п/п	Название	Корпус	Количество запахан. га	Вес лемеха в кг	Потеря в весе в %
9	Оливер	Передний	17,21	5,59	1,56
		Задний	26,70	5,54	1,76
23	»	Передний	18,2	5,54	1,10
		Средний	18,2	5,44	1,30
		Задний	18,2	5,50	1,40

По величине потери веса, колеблющегося в пределах 31,7—20,0%, можно судить о характере износа, если принять еще во внимание, что наиболее подверженной ему является незначительная часть общей площади лемеха.

В целях увеличения работоспособности, или, иначе говоря, стойкости режущей части лемехов, с выгодой могут быть применены твердые сплавы. Из характеристики последних в отношении твердости вытекает, что известные типы их оставляют далеко позади себя даже быстрорежущую сталь.

Однако не твердость играет решающую роль для качества лемехов,—необходимо, чтобы лезвия и нос их хорошо сопротивлялись истирающим условиям, а это, как установлено практическими испытаниями, не всегда находится в прямой зависимости от твердости металла.

Поэтому при выборе твердого сплава следует обращать внимание на коэффициент истирания.

Кроме того в данном случае громадное значение имеет также и их стоимость, или, вернее, дополнительные затраты, связанные с наваркой или наплавкой лемехов твердыми сплавами, куда входят стоимость материалов, расход энергии или газа, заработная плата, шлифовка и т. д.

Применение для этой цели сплавов максимальной твердости, как например видиа, воломит, победит и т. п., совершенно невозможно по техническим условиям. Употребляемые путем припайки пластинок, они не могут дать равномерного по поверхности слоя лемеха, а это вызывает сильные затруднения при работе.

Но даже, если бы впайку можно было осуществить, высокая стоимость таких сплавов все равно экономически не оправдала бы увеличения стойкости.

Практическое значение для лемехов имеют только сплавы типа стеллитов или порошкообразные твердые продукты.

Из советских марок экономически выгодным будет только порошкообразный твердый продукт сталинит; при цене его в 1,5 руб. за 1 кг стоимость дополнительной обработки лемехов, по подсчетам автора, составляет не более 70 коп. на каждый.

В случае применения другого, наиболее дешевого продукта вокара (продаваемого по цене 55 руб. за 1 кг) наварка им будет обходиться в 12—13 руб.

Следовательно при стоимости лемеха (тракторного) в 2 р. 80 к. мы будем иметь удорожание его в первом случае на 25%, тогда как во втором—на 400—500%.

Это обстоятельство требует, чтобы работоспособность лемеха, наваренного сплавом, обладающим меньшим коэффициентом истирания, была минимум в 5 раз больше, нежели обыкновенного.

Вполне понятно, что такая наварка не будет использована полностью вследствие износа ненаваренной части лемеха, а потому первоначальные затраты экономически не оправдаются.

Нужно также иметь в виду, что наплавки из чисто вольфрамовых сплавов и продуктов необходимо обрабатывать для получения гладкой поверхности, а эта операция обходится весьма дорого.

Таким образом единственно пригодным для обработки лемехов является сталинит, и ему должно быть отведено соответствующее место в сельскохозяйственном машиностроении.

Практические полевые испытания лемехов, наваренных твердым продуктом сталинит, проведенные Специальной технической конторой в марте 1931 г., показали значительное преимущество их перед обыкновенными стальными.

Работая в одинаковых условиях с последними, они дали такие показания: одна пара (при работе на 2-лемешном плуге) произвела перепашку 54 га, другая—66 га, причем они были сняты еще вполне работоспособными.

Обыкновенные стальные лемеха на той же почве обрабатывают не более 10—15 га и после этого требуют оттяжки и заточки. Средняя производительность их до окончательного износа определяется всего в 25—30 га.

Из этих данных можно вывести заключение, что лемеха, направленные сталинитом, дают увеличение срока службы их не менее чем в два раза.

Фактическое увеличение несомненно будет больше, так как наплавка испытанных лемехов была несовершенна в силу новизны работы, что сильно отозвалось на их работоспособности.

Но даже при коэффициенте, равном 2, экономичность таких лемехов очевидна.

На каждом из них, при этом условии и цене в 2 р. 80 к., получается экономия в

$$2 \cdot 2,8 - (2,8 + 0,7) = 2,1 \text{ руб.}$$

По материалам Союзсельмаша годовой выпуск тракторных лемехов по всем заводам составляет около 500 000. Тогда

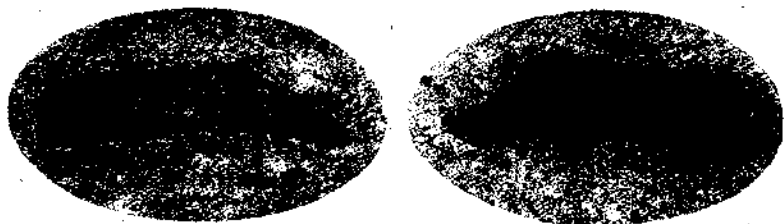
общая экономия по тракторным лемехам будет составлять крупную сумму, равную

$$2,1 \cdot 500\,000 = 1\,050\,000 \text{ руб.}$$

Если сюда прибавить экономию от конных плугов, точных сведений о которых у автора, к сожалению, не имеется, то эта последняя цифра будет значительно большей.

Обработка лемехов сталлитом имеет значение и в отношении уменьшения необходимого запаса их, что создает большую уверенность в снабжении потребителей.

Однако надо отметить неизбежные затруднения в постановке массового производства таких лемехов. Дело в том, что для осуществления процесса наплавки потребны электросварочные машины и карборундовые круги, при чем полная потребность сельскохозяйственной промышленности в первых выражается примерно в 500.



Фиг. 41 и 42. Лемех, наваренный стеллитом Хайнесса.

Поэтому во избежание срыва такой крупной рационализаторской работы, перегоняющей даже технику Америки, необходимо возбуждение вопроса перед электротехнической промышленностью об увеличении производства электросварочных агрегатов в ближайший же год.

Американская фирма Хайнесс Стилайт Компани, дает некоторые данные о работе лемехов, наплавленных стеллитом.*

Практические испытания таких лемехов в различных штатах Америки дают максимальную пропашку в 150 акров, что в переводе составляет 60 га.

Стоимость наплавки лемехов стеллитом составляет 4 долл. на каждый. Обыкновенные стальные лемеха стоят 4,5 долл. Таким образом удорожание их от операции наплавки равно 88% первоначальной стоимости.

Лемех, наваренный стеллитом Хайнесса, изображен на фиг. 41 и 42.

* Данные, приводимые автором для стеллита Хайнесс, не характерны для сплава типа стеллит—«смена», так как стоимость этого сплава в два раза меньше, чем американского стеллита. Редактор.

Дороговизна дополнительной обработки стеллитом повела к тому, что наплавленные лемеха не получили широкого распространения.

Сравнение же стоимости обработки стеллитом и сталинитом дает все основания предполагать, что широкое распространение твердых лемехов у нас обеспечено.

Кроме лемехов твердые сплавы у нас в сельском хозяйстве могут быть применены для отвалов, плужных досок, дисков борон, культиваторов и многих других частей сельскохозяйственных машин. Наличие же дешевого твердого сплава обеспечивает практическое осуществление всех этих работ.

ГЛАВА X

РАЗЛИЧНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

1. Землечерпалки, драги, экскаваторы

Для этих целей твердые сплавы у нас совершенно не употреблялись до самого последнего времени и только сейчас они постепенно начинают проникать в практику работы этих машин и механизмов.

Области же применения методов наплавки и наварки для землечерпалок, драг и экскаваторов весьма обширны.

Вследствие тяжелых условий работы отдельные детали и части последних подвергаются сильному износу, и их приходится весьма часто заменять новыми.

В связи с этим неизбежные простои вызывают понижение общей производительности, что имеет особенное значение для землечерпалок и драг, работающих только в навигационный период.

Наиболее чувствительно это отзывается на работе драг, так как каждый день простоя, связанного с заменой частей, дает значительные потери в добыче платины или золота.

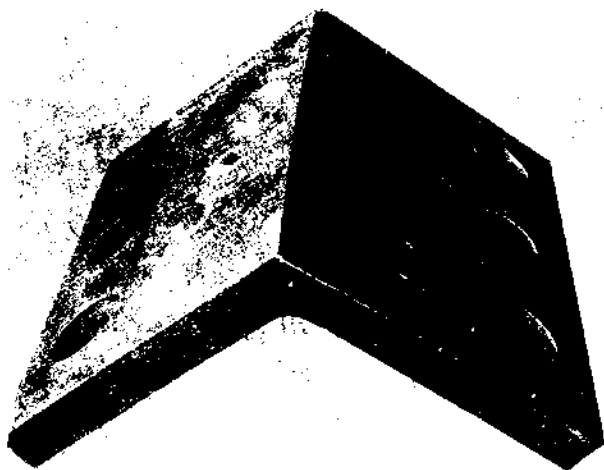
Главнейшими, наиболее быстро срабатывающимися деталями землечерпалок и драг надо считать: козырьки ковшей и черпаков, соединительные болты, угольники и призмы черпаковой цепи.

Для представления о характере и величине износа на фиг. 43 и 44 нами даны фотографии угольников черпаковой цепи: на фиг. 43—совершенно новый и на фиг. 44—работавший всего 2½ месяца.

На этом примере видно, что снашиваемость таких деталей чрезвычайно велика, а потому операция покрытия рабочих поверхностей твердыми сплавами должна быть широко популяризирована как в ремонтных мастерских, так и на заводах, их изготавливающих.

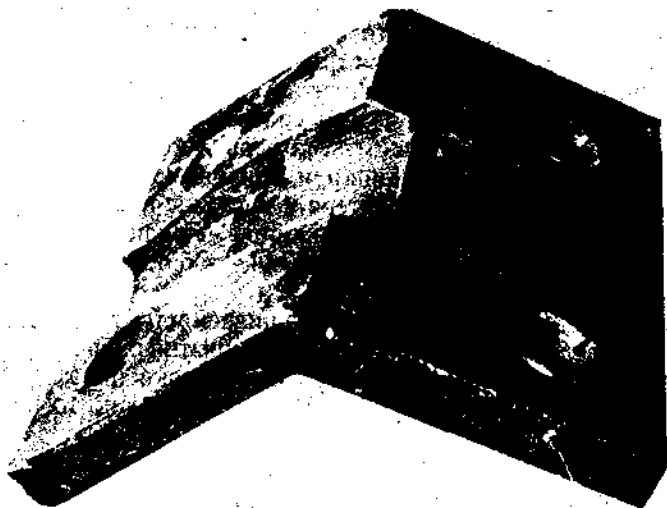
В отношении козырьков черпаков твердые сплавы могут дать более широкие возможности.

Изготовление козырьков из высокопроцентной марганцевистой стали сопряжено с большими затруднениями и непригодно



Фиг. 43. Угольник черпаковой цепи землечерпального каравана до работы.

стями. Эта сталь, будучи чрезвычайно сфероидической по своим свойствам в расплавленном состоянии, требует сугубой осторожности при отливке деталей. Поэтому, как правило, брак марган-



Фиг. 44. Угольник черпаковой цепи землечерпального каравана после 2½ месяцев работы.

цевистого литья всегда значительно больше обыкновенного стального.

Такое положение выдвигает совершенно новый вопрос—замену марганцевистых козырьков обыкновенными стальными с наваркой рабочих кромок твердыми сплавами.

Сравнительно недорогая операция наплавки может дать вязкий козырек с режущим краем большей твердости, нежели та, которая свойственна стали марганцевистой.

Разрешение этого вопроса обещает как технические, так и экономические выгоды, и ему необходимо посвятить целый ряд опытных работ. Пионером в деле применения твердых сплавов для наварки частей землечерпалок является Ленинградский торговый порт в лице Дноуглубительной конторы. По заказу последней сварочной лабораторией Всесоюзного института металлов была произведена обработка сталинитом следующих деталей: 10 угольников верхнего барабана, 2—нижнего, 10 призм верхнего барабана и 2 болтов черпаковой цепи. Некоторые данные о размерах наплавленных сталинитом поверхностей и количества израсходованного на наплавки сталинита приведены в табл. 22.

Таблица 22

№№	Наименование	Колич. деталей	Поверхность, покрываемая сталинитом		Количество сталинита, израсходованного на наплав в кг	
			Одной детали см ²	Всех деталей см ²	Одной детали	Всех деталей
1	Угольник нижнего барабана	2	1 750	3 500	1,6	3,2
2	Угольник верхнего барабана	10	1 750	17 500	1,6	16,0
3	Призма верхнего барабана	10	964	9 640	1,8	18,0
4	Болт черпаковой цепи	2	550	1 100	0,5	1,0

На эту работу было израсходовано:

1. Электродов угольных диаметром 20 мм Кудиновского завода ВЭО 20 шт.
2. Электроэнергии 1100 kWh
3. Бур 5 к.

Общая стоимость произведенной работы составила . 570 руб.

Таким образом из этих данных видно, что незначительная стоимость операции наварки вполне может оправдать дополнительные затраты уменьшением простоев в течение навигации.

Однако для точного выявления экономического эффекта необходимы более широкие опытные работы*.

* В настоящее время Уралплатина и Ленинг. Торгов. Порт перешли на массовую наварку деталей драг и землечерпалок сталинитом. Автор.

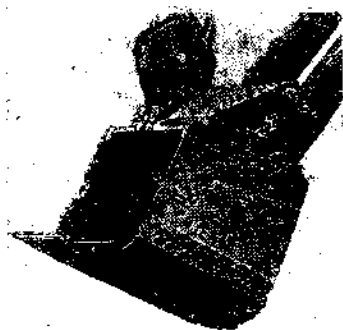
Кроме обязательной комплектности деталей работоспособность их должна быть проверена на различных грунтах: мягком, песчаном и каменистом. Это дает возможность выявить рабочие качества отдельных сплавов и определить предел экономичности каждого из них, так как может оказаться, что наиболее дорогой сплав будет работать с большим кпд.

Приблизительное представление о возможном экономическом эффекте может дать то, что по всему СССР мы имеем в настоящее время не менее 450 землечерпалок.

В экскаваторах твердые сплавы с успехом могут быть применены для зубьев черпаков. В процессе работы экскаватора зубья подвергаются настолько сильному износу, на тяжелых



Фиг. 45. Вид черпака экскаватора снизу.



Фиг. 46. Вид черпака экскаватора снизу.

грунтах в особенности, что их, так же как и детали землечерпалок и драг, приходится очень часто менять.

Работа зубьев аналогична работе зубков врубковых машин, т. е. проходит в изменяющихся условиях с ударами.

На фиг. 45 и 46 нами даны снимки черпаков экскаваторов в двух положениях. На обоих снимках ясно видно, что к корпусу ковша прикрепляются отдельные, клинообразные зубья.

Врезываясь в грунт, последние подвергаются большому истирающим усилиям, вызывающим быстрое затупление а следовательно и потерю работоспособности их.

Наплавка на зубья должна быть небольшой и лишь на рабочих концах. Толщина наплавки также делается незначительной, во избежание выкрашивания сплава.

В Америке на зубьях экскаваторов с успехом применяют стеллит Хайнесса. Из наших же советских твердых сплавов

для этой цели наиболее пригодными являются вокар, сталинит и стеллит. Преимущества же и недостатки каждого из них можно определить только сравнительными опытными наблюдениями.

Большое значение имеют твердые сплавы и в таких механизмах, как грейфера. Наварка или наплавка режущих кромок захватов может обеспечить их бесперебойную работу. Однако никаких опытов в отношении грейферов ни у нас, ни за границей не производилось.

2. Камнедробилки, щеки

Наиболее изнашивающимися частями камнедробилок являются их щеки. Последние делаются из крепкого чугуна или высокопроцентной марганцевистой стали. В настоящее время они отличаются только из стали Гатфильда.

Несмотря на высокие качества этой стали, ее прекрасную сопротивляемость ударам, сопровождающим процесс раздробления, даже лучшие щеки служат очень незначительное время. Так например, завод Ленинолнеруд, применяющий у себя щеки из чугуна, дает срок службы их, равный всего 2 дням. Цементные заводы Азцементреста работают на марганцевистых щеках, но все же и их средняя продолжительность работы определяется 7 днями.

Максимальную стойкость имеют марганцевистые щеки московского завода «Серп и молот». По сведениям Мособлнеруда они выстаивают до 1 мес.

Следует заметить, что по истечении указанных сроков щеки срабатываются до полного износа гребенки и очень часто рабочая часть их превращается в плоскую поверхность.

Поэтому обработка путем наплавки или наварки твердыми сплавами несомненно поведет к значительному увеличению времени работы их. Здесь нужно иметь в виду, что слой твердого сплава должен лишь предохранять основной металл от деформаций.

Это может быть осуществлено при незначительной толщине твердой облицовки; если же ее сделать чрезмерной, то благодаря наличию большой хрупкости твердый сплав будет выкрашиваться и нарушать нормальные размеры.

Наиболее выгодной в отношении стойкости надо считать толщину наварного или наплавленного слоя, равную 3—4 мм.

В отличие от обыкновенных, щеки, обработанные твердыми сплавами, доводить до полной срабатываемости не следует.

Гораздо экономичнее доводить только до снашивания твердой облицовки, а затем ее заново восстанавливать. Первыми, применявшими щеки с твердыми сплавами в СССР, являются заводы

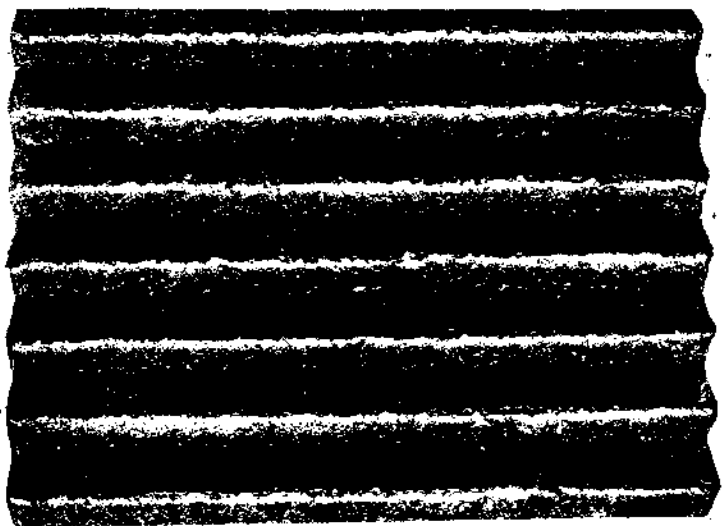
Азцемтреста. Опыты, проведенные ими с американскими сплавами студайт и стеллит и советским твердым продуктом сталинит, дали блестящие результаты.

Если до обработки щеки работали не более 7 дней, то после наварки они стали выстаивать до 1 месяца.

В настоящее время заводы Азцемтреста производят наварку щек всех камнедробилок, используя для этой цели сталинит.

Подобные опытные работы были проведены и Всесоюзным институтом металлов для завода Леноблнеруд, но, к сожалению, у автора нет результатов их.

На фиг. 47 и 48 приведены фотографии щеки камнедробилок после наварки их сталинитом.



Фиг. 47. Щека камнедробилки, рабочая поверхность которой покрыта сталинитом.

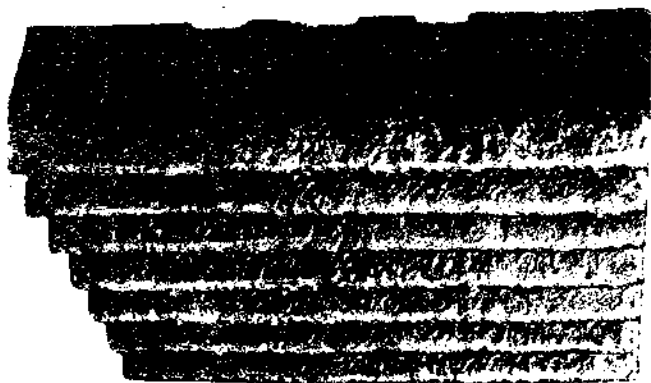
Как ясно видно, после операции наварки гребенка не требует дополнительной обработки. Это значительно удешевляет такие щеки, так как шлифовка поверхностей карборундовыми камнями стоит очень дорого.

В цементном производстве не малое значение имеет стойкость шнеков, подающих массу.

Фотография такого шнека—винтообразного транспортера, обработанного стеллитом, дана на фиг. 48.

Вращаясь вокруг своей оси, он своими лопастями производит одновременно перемешивание и подачу массы.

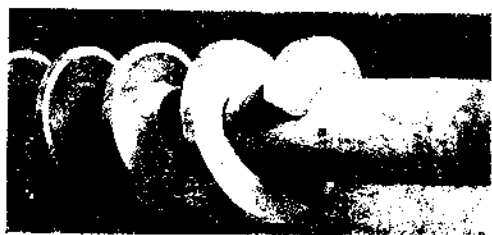
Благодаря сильному трению последней о лопасти весьма быстро происходит износ кромок винта. Увеличивающийся зазор вызывает меньшую тщательность перемешивания, и масса становится неравномерной, негодной для употребления.



Фиг. 48. Щека камнедробилки, рабочая поверхность которой покрыта стеллитом.

С целью повышения стойкости наружных кромок винта при истирании за границей применяют стеллиты.

Фиг. 49 представляет собой шнек, напавленный американским стеллитом фирмы Хайнесса. На фотографии ясно выделяются обработанные места, наиболее подверженные износу.



Фиг. 49. Шнек, обработанный стеллитом Хайнесса.

После наплавки производится шлифовка, так как по условиям работы от шнека требуется точность размеров.

В данном случае применимы только сплавы типа стеллитов, т.е. расплавляемых газовым пламенем. Операция же наварки порошкообразными твердыми продуктами осуществлена быть не может из-за сложности профиля изделия.

У нас наплавка шнеков твердыми сплавами не производится по причине отсутствия соответствующих сплавов и только сейчас, с выпуском Ленинградским институтом металлов своего стеллита, развитие этой области применения твердых сплавов обеспечено. Опытные работы по испытанию шнеков, наплавленных стеллитом ВИМ «смена», проведенные на Свирьстрое, дали хорошие результаты.

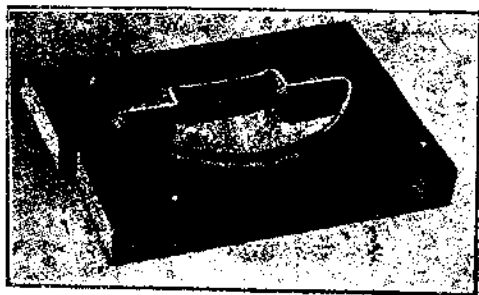
Кроме шнеков твердые сплавы могут быть использованы на различных транспортерах для сыпучих тел, лопастях глиномешалок и т. д.

3. Горячая обработка

В силу хорошей способности не изменять своих свойств при нагреве до высоких температур твердые сплавы могут быть использованы для различных инструментов, обрабатывающих нагретые до красного каления изделия.

Наиболее распространенными для этих целей являются стеллиты.

В кузнечном деле стеллитирование применяется на бойках молотов, прессах, различных обжимках. Наибольшего же развития оно достигло в штамповочном производстве. Самые разно-



Фиг. 50. Кузнечный штамп, рабочие части которого наплавлены стеллитом.

образные штампы могут быть подвергнуты операции наплавки рабочих частей стеллитом. Обработанные твердыми сплавами штампы дают более чистые и точные изделия, нежели обыкновенные стальные.

По сравнению с последними срок их службы увеличивается по американским данным в 3—25 раз, в зависимости от условий работы. Один

из таких штампов представлен нами на фиг. 50.

При обработке штампа следует точно выполнять все необходимые условия для получения плотной и доброкачественной наплавки. Поверхности должны быть тщательно очищены и равномерно нагреты.

Первоначально штампам придаются несколько меньшие размеры на толщину направляемого слоя. Последний, наоборот, в необработанном виде значительно толще.

После наплавки излишнее количество сплава снимается, и делаются исправления дефектов.

Окончательная доводка до нормальных размеров осуществляется шлифовкой тонкими карборундовыми камнями или кругами.

Обычно толщина наплавленного слоя составляет 1,5—2 мм.

Большое практическое значение могут иметь твердые сплавы в прокатном производстве, главным образом трубопрокатном.

Сварные железные трубы получают путем протяжки нагретых листов (штрипсов) через особые воронки. Ввиду наличия высокой температуры последние быстро сгорают и начинают давать размеры труб, выходящие из допусков, что вызывает большой брак.

Стойкость при нагреве и хорошее сопротивление истиранию, присущие твердым сплавам, дают возможность предполагать, что наплавка ими рабочих поверхностей протяжных воронок дает значительное увеличение работоспособности последних. По данным американской фирмы Хайнесс Стилайт Компани наплавленные протяжные воронки служат в 11—250 раз дольше обыкновенных. Надо полагать, что максимальная цифра является рекламной, но даже при увеличении стойкости воронок в 11 раз экономичность применения твердых сплавов не подлежит сомнению.

В том же производстве применяются калибровочные кольца. Калибровка происходит при значительно низших температурах, нежели сварка, и очень часто приходится калибровать трубы с температурой 100—200°.

Это обстоятельство требует от калибровочного кольца хорошей сопротивляемости истирающим усилиям, что можно достигнуть наплавкой тонкого слоя твердого сплава.

В данном случае толщина наплавленного слоя должна быть минимальной ввиду наличия очень больших напряжений, которые могут вызвать его разрушение (выкрашивание).

Кроме этих двух назначений в прокатном производстве, твердые сплавы могут быть применены для шаберов, служащих для очистки от окалины, направляющих в станинах прокатных станов, в подшипниках и на шейки валов, не допускающих смазки. Однако надо заметить, что применение твердых сплавов в горячих производствах у нас находится лишь в стадии разработки.

4. Резцы, фреза, сверла

Работа резцов, лезвия которых снабжены пластинками твердых сплавов, довольно подробно разобраны в технической литературе как иностранной, так и советской.

Больших успехов в этой области достигла группа твердых сплавов Оргаметалла, результаты наблюдений и исследований которой подробно изложены в книге инж. Белкина «Победит». И в настоящее время очень многие заводы вводят в свою прак-

тику резцы с твердыми сплавами, причем надо отметить, что советский режущий сплав победит успешно конкурирует с крупновидиан. Поэтому в отношении резцов мы заметим только, что распространенное мнение о необходимости замены существующих станков новыми более мощными при употреблении твердых сплавов вместо быстрорежущей стали не совсем правильно.

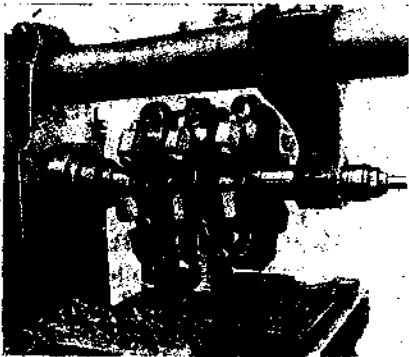
В большинстве случаев бывает достаточно снабдить станки более мощными приводами. Чтобы при этом избежать вредных сотрясений, рекомендуется применять отдельные приводы или устраивать моторный ступенчатый.

Кроме того следует иметь в виду, что для многих станков можно с успехом применять более дешевые резцы—с наплавкой стеллитом. Опытные работы по испытанию резцов со стеллитом ВИМ—«смена», проведенные в Оргаметалле и на ряде ленинградских заводов, дают все основания предполагать, что такие резцы в ближайшее же время получат широкое распространение.

Значительно хуже обстоит дело с применением твердых сплавов на различных фреззах и сверлах. Если в отношении первых попытки имеются (работа Испытательного отдела Оргаметалла), то о сверлах с твердыми сплавами работники инструментального дела имеют очень слабое представление.

А между тем обе эти области применения твердых сплавов дают не меньший чем резцы экономический эффект, что видно из нижеприведенного.

На одном из немецких заводов фрезерной головкой с видиа была успешно обработана песочная стальная отливка, на которой быстрорежущая сталь работала очень



Фиг. 51. Обработка фрезой из твердого сплава (Видиа) песочн. стальной отливки.

скверно. Операция обработки дана на фотографии фиг. 51.

Скорость резания была равна 80 м/мин, подача—30 мм/мин, толщина стружки—2 мм. При обработке быстрорежущей сталью скорость резания не превышала 14 м/мин при подаче в 15 мм/мин.

В другом случае дисковыми фрезами с видиа были обработаны изделия из очень крепкого чугуна (твердостью в 200 по Бринеллю).

Работая со скоростью в 70 м/мин при подаче в 75 мм/мин и глубине стружки равной 2 мм, даже после десятичасовой работы фреза не показали никакого износа.

На фиг. 51 показана операция обработки твердой бронзы фрезой с твердым сплавом.

Скорость резания 200 м/мин. Подача 190 мм/мин. Толщина стружки 1,5—2,0 мм.

На фиг. 52 даны параллельно работающие фрезерные головки с лезвиями видиа. Обрабатываемый материал—серый чугун.

Скорость резания 65 м/мин, подача—210 мм/мин.

Опыты по применению таких фрез на закаленных сталях также оказались успешными.

Дисковыми фрезами было легко обработано закаленное изделие из хромоникелевой стали, крепостью в 140 кг/мм².

Применялись: скорость резания в 70 м/мин, подача 0,5 мм/об и толщина стружки—0,5 мм.

При другом опыте скорость резания была повышена до 98 м/мин. Операция велась с подачей 0,3 мм/об и толщине стружки—1,5 мм.

Из этих примеров ясно, какой экономический эффект дают фреза с твердыми сплавами, а потому необходимо использовать для этих целей советский сплав победит.

Сверла с лезвиями из твердых сплавов очень выгодно применять для обработки всех изолирующих материалов, как например мрамора, асбеста, твердого каучука, стекла и т. д.

Сверловка такими сверлами ведется исключительно на быстроходных сверлильных станках, выпущенных на рынок в последние годы. Число оборотов шпинделя колеблется в пределах 2 000—12 000 об/мин. Опыты сверловки спиральными сверлами с твердыми лезвиями мраморных досок, проведенные на одном германском заводе, дали результаты, приведенные в табл. 23.

Таблица 23

№№	Диаметр спирального сверла мм	Толщина мраморной доски в мм	Время сверловки одной дыры в секундах	Число оборотов шпинделя об/мин
1	5	30	5	1 100
2	8	30	5	1 100
3	10	30	7	1 100
4	21	30	12	750

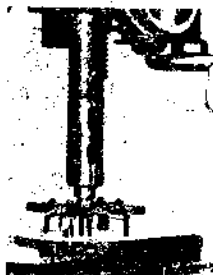
Производительность таких сверл оказалась в десять раз больше, нежели даваемая обыкновенными сверлами.

Обработка гранитовой доски аккумуляторного коммутатора была проведена сверлами с твердыми лезвиями в 15 час., тогда как эта операция обыкновенными сверлами требовала 50 час.

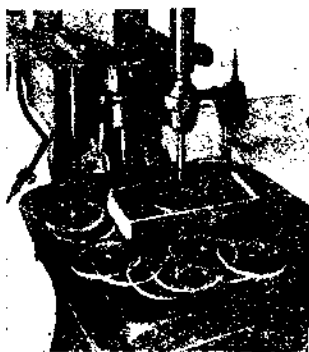
На фиг. 54 дана фотография операции вырезки мрамора радиальнопереставным инструментом. Скорость резания—30 м/мин, подача—вручную.

Фиг. 55 изображает развертывание отверстий в стеклянных дисках выключателей диаметром от 5 до 5,5 мм.

Скорость резания 17 м/мин, глубина отверстия 3 мм, подача—вручную. За 6,5 час. было обработано 2 000 дисков при 12 заточ-



Фиг. 54. Вырезка мрамора радиально-переставным инструментом из твердого сплава.



Фиг. 55. Развертывание отверстий в стеклянных дисках сверлами из твердых сплавов.



Фиг. 56. Сверловка и зенковка мраморной доски сверлами из твердых сплавов.

ках инструмента. Во избежание порчи сверл операцию необходимо проводить в сосуде, под водой.

На фиг. 56 предстала сверловка и зенковка мраморной распределительной доски, толщиной в 500 мм, сверлом 25 мм и зенкером 25:10 мм. Скорость резания 25 м/мин, подача—ручная.

Сверла из видиа показывали износ лишь после 80 отверстий. Время сверления каждого отверстия занимало всего 45 сек. При работе сверлами из быстрорежущей стали можно было просверлить всего только 8—10 отверстий при затрате времени на каждое в 5 минут.

Таким образом видно, что сверла с твердыми лезвиями во много раз превосходят по своей производительности изготовленные из быстрорежущей стали,

К сожалению, успешное распространение их в практике зависит не столько от желания, сколько от заводов, изготавливающих твердые сплавы (в данном случае победит).

Для этих целей должны быть выпущены на рынок специальные нормали, так как заточка на сверлах обычных пластинок весьма затруднительна.

5. Центра токарных станков

С большим успехом на некоторых американских и германских заводах применяются центра токарных станков, острия которых изготавливаются из твердых сплавов. Такие центра отличаются большой долговечностью и находят себе применение при особо точных работах, например на шлифовальных станках.

Острие центра может быть изготовлено из любого твердого сплава. В Германии для этой цели употребляют видиа, в Америке—стеллиты. Американская фирма Хайнесс Стилайт Компани разработала даже спецификацию их по стандартным размерам. Будучи сравнительно недорогими, центра с твердыми сплавами весьма быстро себя окупают большей точностью работ.

6. Пилы для резки металла

Пилы с зубьями из твердых сплавов, так же как и прочий режущий инструмент, работают со значительно большими скоростями, чем изготовленные из быстрорежущей стали.

Опыты резки стали диаметром в 25 мм и крепостью в 90 кг/мм² пилой со вставными зубьями из видиа толщиной в 2 мм, проведенные на одном германском заводе, дали следующие результаты:

Максимальная скорость резания при быстрорежущей стали—40 м/мин.

Нормальная скорость резания при вставных зубьях из видиа—100 м/мин.

Более интересные испытания были поставлены на другом американском заводе. Нужно было разрезать броневую плиту размерами: толщина—406 мм, ширина—2 745 мм, длина—5 185.

Опыты производились на станке, проработавшем десять лет, причем последние два года он работал непрерывно днем и ночью. Ввиду этого подшипники были сильно изношены и станок при работе стучал, что предъявляло к твердому сплаву (карболою) особые требования в отношении стойкости при ударах.

Пила имела диаметр 1 219,2 мм; общее количество зубьев равно 48. Вставные зубья из карболоя высотой в 7,9 мм и толщиной в 6,25 мм были поставлены через один таким образом, что из каждых трех соседних средний был ниже крайних на 1,2 мм. После 1 ч. 55 м. работы, во время которой подача была повышена

на 1 мм/об, толчки вследствие нагрузки были настолько сильны, что у 8 зубьев получилось небольшое выкрашивание.

Поэтому скорость вращения пилы была понижена до $1/45$ об/сек. Однако сотрясения все же продолжались, и тогда решили подавать плиту на 25 мм вперед и затем на 50 мм вниз.

Этим уменьшили число участвующих в резании зубьев и прекратили толчки, так как в соприкосновении с плитой была небольшая часть окружности пилы, равная всего 1610 мм.

При таких попеременных подачах плиту разрезали насквозь в течение $5\frac{1}{2}$ ч.

Затем от вертикальной подачи отказались, и резку вели исключительно с горизонтальной подачей.

Резку производили еще в течение $6\frac{1}{2}$ час., после чего зубья потеряли свою работоспособность, и пилу пришлось снять для заточки. За 12 час. работы разрезали плиту на 406 мм по толщине и 1550 мм по длине.



Фиг. 57. Дисковые пилы с зубьями из Вилда.



Фиг. 58. Дисковая пила с зубьями из корболов, разрезающих броневую плиту.

После заточки зубьев на 4,3 мм пила опять могла быть пущена в работу.

Охлаждение и смазка не применялись, и при другом опыте было найдено, что это сильно ухудшало условия работы зубьев, так как при работе всухую они засоряются стружкой.

Для сопоставления результатов в этих же условиях была проведена и резка пилой из быстрорежущей стали. Диаметр этой пилы равнялся 1222,4 мм, количество зубьев было 72.

Прорезка такой же точно площади заняла 14 ч. 10 м., причем все зубья были сильно затуплены.

Для поддержания режущей способности пилы производилось непрерывное охлаждение.

Таким образом видно, что, несмотря на исключительно тяжелые условия, пила с зубьями из карболоя оказалась более работоспособной, нежели изготовленная из быстрорежущей стали.

Более же высокие режущие качества нашего аналогичного сплава победит дают основания думать, что пилы с зубьями из него в нашей промышленности найдут себе широкое применение.

На фиг. 57 нами дана фотография круглой пилы диаметром 250 мм со вставленными зубьями из видиа, а на фиг. 58—операция резки броневой плиты пилой с зубьями из карболоя.

7. Калибры и измерительный инструмент

Вопрос об износе калибров имеет для металлообработки решающее значение, так как от точности их и других измерительных приборов зависит успех производства взаимозаменяемых деталей различных изделий.

Вредное влияние износа может быть сильно ослаблено применением твердых сплавов по той причине, что их коэффициенты ис-



Фиг. 59. Микрометр, пассиметр и предельная калиберная скоба с измерительными частями из Видиа.

тирания, как мы выше видели, весьма незначительны по своей величине.

На фиг. 59 даны микрометр, пассиметр и предельная калиберная скоба с измерительными частями из видиа.

Для точного исследования износа калибров, или, вернее, для определения сопротивления ему материала калибров, инж. Нибердингом был предложен специальный аппарат.

Опыты, произведенные на нем над видиа, показали, что он обладает сопротивлением износу в 40 раз большим, чем применяемая для калибров закаленная инструментальная сталь.

ГЛАВА XI

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ В СССР

Несмотря на наличие крупных успехов в деле изготовления твердых сплавов, дальнейшее расширение их производства и работ по внедрению в практику предприятий и заводов возможно лишь после разрешения целого ряда серьезных вопросов.

Первым необходимым мероприятием следует считать усиление подготовки работников этой новой специальности.

До сих пор наши металлургические учебные заведения не дают никакого материала по производству твердых сплавов даже молодым производственникам, специализирующимся на специальных сортах сталей.

В технической литературе технология процессов изготовления твердых сплавов также освещена чрезвычайно слабо.

Совершенно иное положение в других странах, например в Америке. Там в некоторых учебных заведениях читаются целые курсы, причем построены они не на простом описании процессов, а на критическом анализе факторов, обуславливающих высокие качества твердых сплавов.

Подобные курсы или разделы их должны быть включены и в программу наших вузов.

Кроме того благодаря широким возможностям использования сплавов в промышленности, в последних следует обращать внимание и на вопросы применения твердых сплавов, используя для этой цели как богатый опыт различных заграничных предприятий, так и результаты наших собственных работ.

Это необходимо потому, что только при правильной координации экономических и технических показателей возможно получение надлежащего эффекта.

При нашей отсталости в добыче редких элементов и металлов, их сравнительно слабой распространенности, а следовательно по необходимости разумного расходования их это приобретает особо важное значение.

Вызываемый техническим прогрессом промышленности рост потребности в твердых сплавах ставит вопрос о своевременности постройки специального завода. Уже сейчас по некоторым отраслям промышленности темпы внедрения сплавов убавляются по причине необеспеченности ими. Те мастерские и предприятия, которые занимаются изготовлением твердых сплавов у нас, применяют у себя полукустарные производственные приемы, недостаточно оборудованы и не имеют необходимых специальных исследовательских лабораторий.

Все это затрудняет выпуск высококачественной продукции, а распыленность небольшого числа работников ведет к тому, что работа по усовершенствованию технологических процессов и разработке новых методов для их осуществления очень сильно отстает от американской и европейской техники. Этому также много вредит секретничество, наблюдаемое между отдельными заводами.

Поэтому концентрация отдельных производств, снабжение их современным оборудованием, объединение работников в единый коллектив и надлежащая постановка исследовательской работы являются основным стимулом в деле полного использования высоких качеств твердых сплавов.

Высшими хозяйственными органами это уже осознано, и надо полагать, что в недалеком будущем мы будем иметь крупнейший завод по твердым сплавам, равного которому не будет во всем мире.

В разрешении этой задачи весьма крупное участие отводится научно-исследовательским институтам и лабораториям. При разработке технологических процессов изготовления твердых сплавов должны быть использованы последние достижения в области химии, металлургии, металлографии, рентгенографии и механических испытаний, так как безусловно в дальнейшем развитии их применения вопросы стандартизации будут вызваны самой жизнью.

Настоящее же положение, когда судьба твердых сплавов решается рекламацией отдельных фирм, в условиях СССР не должно иметь места совершенно. Не меньшее значение для успешного развития этой новой отрасли техники имеет также состояние производств, вырабатывающих аппаратуру и материалы, необходимые для употребления твердых сплавов.

Основными из них, без которых внедрение твердых сплавов не сможет развернуться по-настоящему, являются электротехническая промышленность и производства абразивных изделий.

Для всех точных изделий требуется обработка наплавов, наварок или просто припаянных пластин из твердых сплавов. Последние, обладая значительно большей твердостью, чем все известные сорта специальных сталей, могут быть обработаны только карборундовыми камнями.

Для характеристики размеров последнего производства мы приводим потребность на 1931 г. в карборундовых кругах для

одной металлопромышленности СССР, численное выражение которой дано в табл. 24.

Таблица 24

	Тип камней	Необход. колич. для преда- заточки	Необх. колич. для чистовой заточки	Всего	Примечание
1	Круги плоские для наруж- ной шлифовки	12 500	8 400	20 900	всех размеров
2	Круги чашечные	800	800	1 600	»
3	Круги для заточки фрезе- ров (тарелочные)	800	800	1 600	»
4	Круги плоские	500	500	1 000	»

Эти данные, составленные Оргаметаллом на основании учета расхода только резцов и фрезеров, являются преуменьшенными, так как для заточки сверл, калибров и измерительных инструментов также потребуется значительное количество карборундовых камней.

Сейчас, когда металлообрабатывающая промышленность удовлетворена твердыми сплавами примерно только на 25—30%, затруднения с камнями из-за недостаточных размеров производства их дают себя очень сильно чувствовать. Некоторые заводы отказываются от новых резцов только по причине невозможности производить заточку.

Поэтому понятно, что одновременно с развертыванием производства твердых сплавов нужно пересмотреть программы заводов абразивных изделий.

Если же принять во внимание, что в число потребителей карборундовых и других шлифующих изделий включается значительное количество новых областей промышленности, то положение становится просто катастрофическим.

Необходимо иметь в виду, что твердыми сплавами обрабатываются изделия сложных очертаний, а это вызывает также и необходимость установления номенклатуры карборундовых камней.

Последнее должно быть согласовано с потребителем весьма тщательно, с полным учетом специфических свойств каждого твердого сплава и условий их службы на изделиях.

Ввиду того, что расширение производства карборундовых камней связано в настоящее время с затратами валюты на сырьевые материалы, встает вопрос об изыскании собственных сырьевых ресурсов и возможно полном использовании отходов.

Электротехническая промышленность связана главным образом с применением твердых порошкообразных продуктов и сплавов типа стеллитов.

Употребляемые помощью расплавления вольтовой дугой, они требуют электросварочных агрегатов. Как показывает практика, для этой цели наиболее подходящими являются электросвароч-

ные генераторы постоянного тока, так как при работе на переменном токе невозможно получить хорошие равномерные и плотные наплавки или наварки из-за беспокойного характера дуги и кратеров, образующихся вследствие частых прерываний ее.

Испытания, проведенные в сварочной лаборатории Всесоюзного института металлов, показывают, что наилучшие результаты по покрытию изделий твердыми сплавами получаются на сварочном агрегате австрийской фирмы Элин (Elin) с кпд 0,49. Весьма близко по рабочим качествам к этим машинам подходят сварочные генераторы *См2* изготавливаемые заводом «Электрик».

Таким образом технические возможности для снабжения потребителей твердых сплавов сварочной аппаратурой у нас имеются, и следует принять только меры к увеличению выпуска их.

Для представления о размерах роста производства электро-сварочных агрегатов мы укажем на потребность их в сельскохозяйственной промышленности.

При массовом переходе заводов, изготавливающих лемеха, на работу с твердыми сплавами, потребуется не менее 100 таких машин при использовании их в течение года в условиях двухсменной работы.

Полный же охват твердыми сплавами всей промышленности приведенную цифру по подсчетам автора должен увеличить не менее чем в три раза.

Из этого краткого обзора видно, что все необходимые предпосылки для успешного разрешения проблемы твердых сплавов в СССР имеются и надо только произвести тесную увязку в работе потребителей и вышеуказанных производствах. Основным же могущим подорвать развивающуюся область промышленности следует считать слабую подготовку соответствующих специалистов, и на этот участок работы должно быть немедленно обращено самое большое внимание.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора	3
I. Развитие производства твердых сплавов и значение для промышленности	5
1. Причины появления твердых сплавов	—
2. Значение твердых сплавов для промышленности	9
II. Технология производства твердых сплавов	12
1. Стеллиты и сплавленные вольфрам-карбиды	—
2. Спеченные вольфрам-карбиды	16
3. Твердые продукты	19
4. Ремет (тантал-карбид)	21
5. Выводы и соображения о дальнейшем развитии производства твердых сплавов	24
III. Химический состав, металлографические данные и механические свойства	27
1. Химический состав	—
2. Металлографические данные	32
3. Механические свойства	38
IV. Способы применения различных твердых сплавов	47
1. Паяние	—
2. Наплавка	—
3. Наварка сплавов	52
V. Нефтяная промышленность	58
VI. Угольная промышленность	73
VII. Геолого-разведочное дело	90
VIII. Волоочильное производство	98
IX. Сельское хозяйство	105
X. Различные области применения твердых сплавов	113
1. Землечерпалки, драги, экскаваторы	—
2. Камнедробилки, шнеки	117
3. Горячая обработка	120
4. Резцы, фреза, сверла	121
5. Центры токарных станков	125
6. Пилы для резки металла	—
7. Калибры и измерительный инструмент	127
XI. Перспективы развития производства и применения твердых сплавов в СССР	128