

P1893 8

ОСКАР БЕРГМАН

ГОРЯЧАЯ
ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛОВ

КНИГА

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

P. 1.893

Крупн. техн.-инж. Таблицы
ОСКАР БЕРГМАН

ГОРЯЧАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Том VIII

СВАРОЧНОЕ ДЕЛО И ПАЯНИЕ

Перевод с последнего шведского издания инженера Ф. Н. Ананьина под редакцией и с дополнениями профессора А. Н. ЕГОРНОВА и инженера В. М. КОНДРАТЬЕВА

196 черт. и рис. в тексте



БИБЛИОТЕКА
Круга и Технологов
по металлу и дереву
при М. В. Т. У.

ОТДЕЛ

1763

ПРОВЕРЕНО
1945

„КНИГА“

ЛЕНИНГРАД — 1929 — МОСКВА

Ing. OSCAR BERGMAN
Handbok i järn - och
metallbearbetning
2:dra uppl.

Ленинградский Областлит № 15.811.

Тираж 4200—19¹/₂ л.

Типография „Коминтерн“ Центриздата Народов СССР. Красная, 1

СВАРКА

БИБЛИОТЕКА

Кружия Технологов

по металу и дереву

при М. В. Т. У.

ОТДЕЛ

1763

БИБЛИОТЕКА

Кружка Технологов

по металлу и дереву

при М. В. Т. У.

ОТДЕЛ

№ 1763

Общий обзор.

Сварка имеет целью соединение между собой в одно целое двух (или более) металлических частей без применения других более легкоплавких металлов (пайка) или механических связывающих деталей (закленки и болты). Обычно соединяются части одного и того же материала.

Сваркой (немецкое Schweißung) называются все работы по соединению между собой металлов согласно приведенному выше определению, но это определение не вполне подходит к некоторым новым методам соединения, при которых металлические части не свариваются в настоящем смысле этого слова, а сплавляются в местах соприкосновения друг с другом. Под названием «сварка» вначале имели в виду тот же рабочий процесс, как и при получении сварочного железа, т.-е. сваривание в более однородный материал железных частиц, находящихся в кусках руды. При этом процессе отделяется шлак. Здесь можно говорить о «вываривании» шлака, откуда получилось и самое название «сварка». Под сваркой в собственном смысле слова понимается, таким образом, такое соединение между собой предметов, при котором они сначала посредством сильного нагревания приводятся в тестообразное состояние и после этого соединяются посредством ударов или давления. В последующем, однако, слово «сварка» применяется также и для соединений посредством сплавления.

В настоящее время различают две главные группы сварочных работ, а именно: сварка приведением материала

в тестообразное состояние и сварка приведением материала в расплавленное (жидкое) состояние. Так как для этих главных групп не существует каких-либо специальных названий, они в последующем называются, соответственно, сварка в тестообразном состоянии и сварка сплавлением.

Весьма обычным названием для некоторых методов сварки сплавлением является автогенная сварка (греческое *auto*—самостоятельно, без посторонней помощи, и латинское *gen*—произведенный). Это название произошло от того, что при изобретении способа сварки, при котором сварочный жар получался пламенем высокой температуры, развиваемой горючим газом в соединении с кислородом,—имелось в виду, что сварка по этому способу может выполняться удовлетворительно без добавочного материала и без дополнительной обработки. Это, однако, не всегда имеет место, и название поэтому неправильно. Оно, кроме того, вводит в заблуждение, так как способы электрической сварки являются такими же «автогенными», как и вышеупомянутый способ, но чаще всего в это название не включаются. Так называемые автогенные способы сварки в последующем называются поэтому более специальными названиями.

К способам сварки в тестообразном состоянии относятся:

1. Обыкновенная сварка или горновая сварка.
2. Сварка водяным газом.
3. Электрическая сварка по методу сопротивления (Томсона).
4. Термитная сварка.

Способы сварки сплавлением следующие:

1. Сварка кислородно-ацетиленовая.
2. Сварка кислородно-водородная.
3. Электрическая дуговая сварка.

В зависимости от средства или способа получения сварочного жара различают:

1. Горновая сварка (нагревание в «огне», т.-е. в горне или печи).

2. Сварка дутьевым пламенем:

а) Сварка водяным газом (нагревание помощью водяного газа, смешанного с сжатым воздухом).

б) Сварка ацетиленом (ацетиленовый газ и кислород).

в) Сварка водородным газом (водород и кислород — гремучий газ).

3. Способы электрической сварки:

а) Сварка по методу сопротивления (теплота развивается вследствие электрического сопротивления предметов при включении их в электрическую цепь).

б) Дуговая сварка (металл расплавляется помощью электрической вольтовой дуги).

4. Термитная сварка (нагревание посредством сжигания смеси из окиси железа и тонко распыленного алюминия).

Электрическая сварка по методу сопротивления подразделяется далее на сварку в стык, точечную сварку и сварку швом. Сварка в стык представляет способ, при котором соприкасающиеся друг с другом предметы свариваются в одно целое по всей поверхности соприкосновения, например, при сварке оси из двух отдельных кусков. При точечной сварке сваривание производится лишь в определенных точках, например, при приваривании рукоятки к кастрюле, где, например, 3 сварочных точки заменяют то же количество заклепок. При сварке швом сварка происходит по линии, например, при сварке двух листов, где сварочный шов заменяет заклепочный ряд или фальц.

К электрическим способам сварки обычно относят, хотя и неправильно, изобретенный Lagrange'ом и Нобо в Брюсселе способ для нагревания металла до сварочного жара. Если железный стержень соединен с отрицательным полюсом источника тока и опускается в сосуд с водой, ко-

торый своим дном из свинца соединен с положительным полюсом, то в момент соприкосновения с водой вокруг железного стержня образуется водород, который тонким слоем отделяет стержень от воды. Хотя оболочка водорода очень тонкая, но она представляет очень большое сопротивление току, затрудняющее прохождение его в воду, вследствие чего происходит интенсивное выделение теплоты и опущенный стержень, несмотря на охлаждающее действие воды, быстро накаливается (так называемый электрический горн).

При электрической дуговой сварке различают, главным образом, два метода:

1. Обрабатываемый предмет представляет собою часть электрической цепи (Benardos-Olszowsk'ого, Славянова и др., а также шведское развитие этого метода Челльберга и Тернблума).

2. Предмет не имеет связи с цепью или током (Zerener).

В методе Бенардоса один из электродов представляет рабочий предмет, а другой—угольный стержень. Метод Славянова отличается от метода Бенардоса тем, что второй электрод представляет собою металлический стержень. Согласно развитию этого способа Челльбергом, металлический стержень покрывается массой особого состава, которая имеет целью при плавке окружать плавящийся в дуге металл постоянным слоем жидкого шлака, предохраняющего металл и находящийся в состоянии сварочного жара материал от вредного действия кислорода и азота воздуха. Эта масса имеет, кроме того, такой состав, что она передает расплавляемому металлу определенные вещества, благодаря чему его физические и химические свойства могут регулироваться.

По способу Quasi-Arc металлический электрод покрывается асбестом.

Способ Zerener'a состоит в том, что источник теплоты создается дугой, образованной двумя угольными стерж-

ниями, при чем предмет не находится в соединении с электрическим током.

При всех этих способах применяется постоянный ток, но и аппараты для переменного тока также разработаны и получили большое распространение.

Сварка сплавлением имеет довольно большое сходство с пайкой и в некоторых случаях совершенно тождественна с ней, а именно,—когда применяется присадочный материал. При пайке присадочный материал, или припой, чаще всего более легкоплавок, чем материал предмета, но может быть и из того же материала. С другой стороны, в настоящее время применяется сварочный порошок, содержащий мелкую железную стружку, который благодаря своей тонкости очень легко плавится, вследствие чего такая сварка получает большое сходство с пайкой. Границы между этими двумя способами поэтому установить нельзя.

Области применения различных способов сварки.

Обыкновенная горновая сварка в настоящее время применяется сравнительно редко, да и с самого начала она была ограничена тем, что лишь некоторые металлы до плавления переходят в тестообразное состояние. Поэтому она имеет применение лишь в небольших кузницах, для которых сварочные агрегаты того или иного рода слишком дороги, и при случайных и более специальных работах.

Сварка водяным газом, при которой нагревание происходит медленно и осторожно, по сравнению с нагреванием при кислородно-ацетиленовой и водородной сварке, дает равномерный сварочный шов большой прочности, имеющий мелкозернистый излом. Этот способ меньше всех отличается от горновой сварки. Сварка водяным газом чаще всего применяется для толстых листов и в производствах труб, особенно в последней области. В конце 1890-х годов швед Делльвик значительно удешевил способы производства газа, но

так как требующиеся для этого установки велики и дороги, то этот метод пригоден лишь для массовой сварки толстых листов и труб.

Электрическая сварка по методу сопротивления. Сварка в стык по этому методу получила большее применение в различных отраслях промышленности с массовым производством, например, на заводах сельскохозяйственных машин, цепных заводах, велосипедных мастерских, при изготовлении детских колясок, железных кроватей, садовой мебели и т. д. Среди работ, которые облегчаются этим способом, можно указать на сварку колесных шин, приварку спиц в колесах, сварку легких рам, армировочного железа и приборов в строительной промышленности, а также соединение медных проводов при производстве кабелей.

Точечная сварка применяется для более тонкого материала, например, на производствах жестяной упаковки и жестяной посуды, на фабриках игрушек, на производствах сепараторов и проволочных сеток и т. п. Примеры работ— приварка рукояток и ушков к кастрюлям и т. п., скобок на сепараторных листах, сварка электрических ламповых держателей и другой арматуры, сварка железных шкивов и т. п.

Обыкновенная сварка швом применяется лишь для тонких листов толщиной до 1 мм, и заменяет фальцование, клепку или спайку длинных швов. Посредством сварки с прерывистым движением ролика можно обрабатывать листы общей толщиной до 5 мм и выше.

Кислородно-ацетиленовая сварка также получила весьма многостороннее применение для самых разнообразных работ и до сих пор занимает первенствующее положение при немассовых работах. За последнее же время она имеет серьезного конкурента в электрической дуговой сварке, в особенности при ремонтных работах и сварке резервуаров под давление (см. ниже). Водородная сварка имеет меньшее значение и к тому же ограничена толщиной материала до 9 мм, так как при большей толщине стоимость

топлива получается слишком высокой. Сварка светильным газом встречается лишь при обработке тонких листов.

Электрическая дуговая сварка вначале применялась почти исключительно для ремонтных работ, но в настоящее время стала применяться также и при изготовлении новых изделий, например, при постройке паровых котлов и судов, а также при изготовлении перегревателей, воздушных резервуаров (до 20 атм. рабоч. давления), водоотделителей и т. п. В области ремонтных работ дуговая сварка успешно конкурирует с кислородно-ацетиленовой сваркой и в некоторых случаях превосходит ее *).

Способ этот имеет то преимущество, что он особенно пригоден для наплавки нового материала на изношенных местах, без того, чтобы какая-нибудь новая часть приваривалась в обычном смысле этого слова, т.-е. наплавка производится лишь тем, что электрод плавится и наращивает новый материал. Дуговая сварка применяется поэтому для возобновления изношенных частей, например, железнодорожных крестовин, разъединных гребных винтов и т. п. Железнодорожные стрелки изготавливаются в настоящее время по этому способу с цельносваренным штырем для пера и приваренным к основной плите опорным рельсом.

*) Главная характеристика дуговой электросварки, выгодно отличающая ее от кислородно-ацетиленовой сварки, заключается в мгновенном достижении температуры плавления и в локализации этой температуры в месте нахождения дуги.

Весьма ограниченная зона, подвергающаяся к тому же кратковременному действию высокой температуры, сводит почти на нет внутренние молекулярные пертурбации в структуре металла и тем самым позволяет избежать общего предварительного нагрева свариваемых частей. Таким образом, можно сварить часть мотора, паровоза, судна, или любой другой машины на месте, не разбирая их. Кроме того, весь расход электрической энергии идет исключительно на продуктивную работу. Количество потребленной энергии зависит только от объема расплавленного металла но не от массы свариваемых частей.

Ред.

Для толстых листов дуговая сварка более удобна, чем кислородно-ацетиленовая сварка. При применении для дуговой сварки переменного тока можно с успехом сваривать сравнительно тонкие листы.

Применимость разных способов сварки при изготовлении резервуаров для давления. Сварка паровых котлов, кипяильников и других резервуаров для давления составила предмет специальных исследований, о которых в нескольких словах необходимо упомянуть. Они имеют особенно большое значение потому, что, с одной стороны, они указывают путь вперед в отношении замены кленки сваркой, а с другой—тот метод сварки, который дает хороший и надежный результат при разрешении этой трудной задачи, будет, конечно, более надежным и в менее рискованных случаях.

Плохой сварочный шов, например, на паровом котле, может быть причиной больших несчастий и поэтому необходимо было продвигаться вперед очень осторожно, когда вопрос касался замены кленки сваркой. Наиболее трудным моментом в этом отношении является то, что до сих пор не имеется какого-нибудь способа определения качества сваренного шва, кроме того, чтобы в каждом отдельном случае подвергать шов нагрузке до его разрыва. Этого, конечно, делать невозможно и поэтому до тех пор, пока не будет найден такой способ, должна иметь место некоторая неуверенность, так как качество сварки до сих пор зависит исключительно от опытности сварщика и тщательности выполнения работы.

Сварка водяным газом меньше всего зависит от этих условий, так что, согласно Hütte (1919), ее можно применять для следующих частей котлов:

1. Для подверженных внешнему давлению: жаровых труб, топочных коробок и кипяильных трубок.
2. Для подверженных внутреннему давлению: паровых колпаков, водяных камер и водяных трубок.

Согласно тому же источнику, способы сварки сплавлением не должны применяться для частей паровых котлов, подверженных растяжению, а также не должна допускаться кислородно-ацетиленовая или водородная сварка без надлежащей проковки молотком при белом калении.

Кислородно-ацетиленовая сварка удобна и пригодна для исправления мест, подвергшихся разъеданию и ржавлению, особенно на жаровых трубах, обломанных зачеканенных кромках и разъеденных лазах, а также для приварки новых частей в жаровых трубах и топочных коробках. Эти сварочные работы необходимо производить с осторожностью, допуская к работам только опытных сварщиков и сваренные места хорошо проковывать при белом калении.

Нормальные условия содержат следующие предписания относительно сварки паровых котлов:

а) Прочность хороших швов, сваренных в нахлестку, можно считать равной $\frac{7}{10}$ прочности листа.

Продольный сварной шов в горизонтальной жаровой трубе располагается с нижней стороны. Поперечные сварные швы должны иметь место лишь в исключительных случаях.

б) В определенных случаях для продольных сварных швов в барабанах котлов можно требовать постановки предохранительных накладок.

в) Связи и связевые болты сваривать нельзя.

г) В отношении выгнутых и обработанных в горячем состоянии листов требуется, чтобы материал, после окончательного придания ему формы, насколько возможно тщательнее был отожжен; сваренные части для паровых котлов нужно полностью и тщательно отжигать после окончания обработки; это прежде всего относится к материалу, который в дальнейшем будет подвергаться повторным нагреваниям и охлаждением.

В Дании в отношении автогенной сварки в паровых котлах действуют правила министерства внутренних дел от 12 мая 1914 г., которые гласят следующее:

«При применении автогенной сварки для изготовления или ремонта стационарных паровых котлов (или кипятильников) принимается во внимание следующее (при чем под автогенной сваркой понимается сплавление посредством газо-дугового пламени или электрической дуги с применением или без применения особого материала и независимо от того, подвергается ли сваренное место механической обработке или нет):

Если для сварки применяется ацетилен непосредственно из генератора, последний, по определению фабричной инспекции, должен быть надлежащим образом устроен и снабжен хорошо действующим очистительным и промывным аппаратом. Для ремонтных работ, производимых на месте, где подобных стационарных газогенераторов не имеется, необходимо применять растворенный ацетилен (см. ниже).

Когда автогенная сварка применяется для соединения листов, последние всегда должны иметь фаски на свариваемых частях, и всегда нужно следить за тем, чтобы толщина материала на сварке нигде не была меньше толщины листа.

А) Котлы, подлежащие официальному надзору:

1) О каждом применении автогенной сварки для изготовления или ремонта паровых котлов необходимо сообщать фабричному инспектору. Он может—в случае надобности после сообщения директору надзора над работами и фабриками—запретить ее в определенных случаях, и имеет право требовать, чтобы работа производилась под его наблюдением.

2) Каждый ремонт, произведенный при помощи автогенной сварки, за исключением заваривания небольших трещин и небольших неплотностей, должен быть одобрен посредством предпринятого, согласно общим предписаниям, осмотра, с производством, в случае надобности, пробы давлением *).

*) Гидравлическим.

3) Произведенная автогенная сварка должна быть подробно указана в описании котла или в протоколе осмотра.

4) Автогенную сварку нельзя применять для связей, сварочных болтов и анкерных тяг, и не допускается в таких частях котла (барабаны, днища и т. п.), в которых материал подвергается растяжению и изгибу. Она, однако, допускается для заварки небольших трещин (у заклепочных отверстий и связанных трубок) и небольших неплотностей.

5) Заполнение разъединенных мест, где имеется в виду лишь воспрепятствовать дальнейшему разъеданию, а не увеличению толщины, допускается лишь в тех случаях, когда толщина листа в этих местах не уменьшилась настолько, что потребовалось бы снижение рабочего давления в котле.

В) Котлы, не подлежащие официальному надзору:

1) Автогенная сварка допускается лишь для такого материала, который согласно спецификации пригоден для паровых котлов.

2) В тех местах, в которых автогенная сварка применяется для соединения между собой листов барабана и этих последних с днищами, сварочный шов нужно располагать таким образом, чтобы сваренные места не подвергались изгибу.

3) В свидетельствах, которые выдаются для котлов, не подлежащих официальному надзору, необходимо указывать, применена ли автогенная сварка, и в каких размерах, если таковая произведена» *).

*) Произведенные в настоящее время исследования сварных швов и практика — дают возможность применять кислородно-ацетиленовую и дуговую электрическую сварки в более широких размерах, чем указано в приведенных автором правилах и предписаниях, как при ремонте, так и при постройке новых паровых котлов.

В особенности дуговая электрическая сварка получила после исследований и наблюдений из практики очень широкое распространение для применения ее в таких частях котла, которые были раньше не доступны для газовой сварки. Подробные правила о применении сварок в котельных частях и инструкции по производству сварочных работ разработаны Ленинградским Научно-Техническим Советом и Регистром Союза и в ближайшее время будут опубликованы.

Ред.

Как видно из вышеизложенного, в официальных правилах не делается различия между кислородно-ацетиленовой и дуговой сваркой, и одни и те же предписания действуют для обеих. После издания этих правил, однако, дуговая сварка сделала значительный шаг вперед, что дало ей преимущества перед кислородно-ацетиленовой сваркой. Так, например, Англо-Шведская К^о электрической сварки в Лондоне выполнила судовой паровой котел шотландского типа, в котором не только жаровые трубы цельносваренные, но и днища приварены к барабану, благодаря чему устраняется отбортовка днищ. Конструкция и выполнение этого котла одобрены: Lloyd's Register of Shipping, British Corporation, Bureau Veritas и Board of Trade.

Возможность сварки паровых котлов в большей их части электрическим путем, таким образом, находится в пределах достижимого и, вероятно, в самом ближайшем будущем она будет осуществлена. Дуговая сварка пригодна также для уплотнения заклепочных швов, которые не подвержены никаким напряжениям.



Сварка вообще.

Свариваемыми в сварочном жару являются лишь те металлы, которые перед плавлением переходят в тестообразное состояние, а именно, мягкая сталь, никкель, платина, а также, до некоторой степени, медь. Обычно считают, что сталь с содержанием углерода до 1% свариваема в настоящем смысле этого слова. По данным некоторых железоделательных заводов, могут свариваться и некоторые сорта стали с более высоким содержанием углерода (до 1,2%), хотя и с большими трудностями.

Сварка в холодном состоянии в известных случаях и в известной мере возможна, если только поверхности металлических частей совершенно чистые. Так, например, порошок свинца, висмута, олова, цинка, меди, алюминия и платины может быть соединен в однородный предмет, если порошок в закрытом сосуде подвергнуть достаточно высокому давлению (2000—7000 кг на см²). Свальцовывание в холодном состоянии оловянных и свинцовых листов с металлически чистыми поверхностями имеет место при изготовлении покрытых оловом (накладных) свинцовых листов.

Нагревание необходимо, во-первых, потому, что оно переводит материал в пластичное состояние и вследствие этого облегчает тесное и совершенное соединение свариваемых поверхностей посредством давления или ударами молота, а во-вторых потому, что месту соединения свариваемых предметов часто нужно посредствомковки придать определенную форму. Посредством нагревания удаляется также отчасти

и газовая оболочка, которая окружает каждое твердое тело и противодействует свариванию.

Нагревание, однако, связано с двумя значительными трудностями, а именно, с одной стороны, металл быстро окисляется, с другой—он подвергается риску быть перегретым. В отношении железа и стали имеется еще та опасность, что материал или науглероживается или обезуглероживается. Так как, однако, основным условием для удачной сварки является чистота металлических поверхностей, необходимо прежде всего удалять образующуюся окись.

Уже при 220°C металлически чистая поверхность железа начинает покрываться тонким слоем окиси, которая с повышением температуры увеличивается в толщине и переходит все в более темный цвет.

При повышении температуры до каления, на поверхности образуется окалина, которая легко отбивается и которая кроме окисленного железа содержит кремний, марганец и фосфор. Окалина образуется часто в несколько слоев различного состава; внешний слой наиболее богат, а внутренний наименее богат окислами, хотя все они и образуют смесь окиси и закиси железа. Окалина представляет поэтому все промежуточные стадии между чистой окисью и металлическим железом. Никакой химической формулы для нее, таким образом, нельзя дать. В среднем она содержит $73,8\%$ железа.

Кроме веществ, переходящих в окалину, в железе происходит выгорание также и углерода, тем более сильное, чем больше первоначальное содержание в нем углерода; сперва на поверхности образуется слой более бедный углеродом, после чего содержание углерода все более увеличивается благодаря диффузии из внутренних слоев. Общее содержание углерода в железе понижается.

Если мягкое железо при доступе воздуха или обыкновенных горючих газов продолжительное время нагревается

вблизи температуры плавления и после этого медленно охлаждается без обработки, то механические качества его ухудшаются, оно становится крупнозернистым и хрупким и превращается в так называемое перегретое железо. Если не произошло очень сильного перегрева, то ковкость и хорошие качества железа могут быть восстановлены посредством надлежащей обработки и тепловых процессов, чего, однако, нельзя сделать, если поверхности образовавшихся крупных зерен окислились. Литое железо, вследствие отсутствия защищающего шлака, горит легче, чем сварочное железо. Чем выше содержание углерода, тем легче железо горит.

Запатентованный в 1901 году Акц. О-вом «Cöln-Müsener Bergwerk» процесс автогенной резки кислородом основан именно на том, что металл при определенной повышенной температуре в присутствии кислорода сжигается и постепенно удаляется.

Расплавленное железо относится к влиянию действующего на него воздуха, окисляющих газов и веществ, содержащих кислород и легко отдающих свой кислород,—различно, смотря по тому, содержатся ли в нем извлекаемые из него вещества в большем или меньшем количестве.

Если металл не богат углеродом, кремнием и марганцем, то в этих случаях часть железа всегда окисляется в закись железа, растворяющуюся в железе, и тем больше, чем выше температура. Закись железа в жидком железе действует на углерод, всегда в нем имеющийся, так что образуется окись углерода, которая при остывании железа образует в нем пустоты вследствие остающихся в нем газовых пузырей.

Если же расплавленное железо содержит значительные количества углерода, кремния, марганца или фосфора, которые при известных условиях окисляются легче железа, то и они выделяются, как окислы, более или менее полно, в виде шлака. Остающееся железо благодаря шлаку само

защищено от слишком большого сгорания, но вследствие выделения указанных веществ получает новые свойства.

Условия окисления железа и находящихся в нем веществ, порядок, в котором они сгорают, и скорость, с которой это происходит, в значительной степени зависят от господствующей температуры, а также от присутствия других тел, которые могут войти в соединение с продуктами горения. Одна и та же обработка может поэтому на одно и то же железо оказать различное влияние, в зависимости от того, находится ли железо при обыкновенной температуре, при сварочной температуре, или выше точки плавления. Ясно, таким образом, что влияние, которое сварка оказывает на железо, зависит как от всех вышеупомянутых факторов и их различного взаимодействия, так и от состава находящихся в пламени продуктов горения.

При излишке кислорода в горне или пламени (при большом избытке воздуха) образуется больше окиси, в то время как восстановительное (бедное кислородом) пламя действует наоборот, а именно, недостаток кислорода в пламени приводит к тому, что окись в металле отдает часть своего кислорода и восстанавливается в железо.

Если пламя содержит свободный углерод (например, неправильно регулируемое кислородно-ацетиленовое пламя), железо принимает углерод, так что первоначально мягкий шов становится твердым и хрупким.

Расплавленное железо имеет большую склонность растворять в себе водород, который вновь выделяется при остывании металла. Свободный углерод в восстановительном пламени внедряется в свариваемый металл и легко дает повод к получению пенистого и пористого сварочного шва. Свободный водород в пламени обезуглероживает железо.

Если при сварке железа сплавлением разбрасываемые искры в конце своего пути раздробляются, то это показывает, что началось горение сварочного шва.

Предполагается также, что опытный сварщик обладает основанным на практике знанием условий расширения и сжатия железа при нагревании и охлаждении. Необходимости такого опыта очень часто придается слишком мало значения, но недостаточные познания в этом отношении бывают причиной многих неудачных сварок.

Сварку в тестообразном состоянии легче производить со сварочным железом, чем с литым, так как оно всегда содержит шлак, который при механической обработке выжимается и покрывает поверхности швов, где он жадно поглощает кислород получающейся при нагревании окиси, благодаря чему вновь образуется свободное железо. Литое железо, напротив, свободно от шлака и поэтому он должен быть образован посредством добавления какого-нибудь сварочного вещества. В тех случаях, когда это необходимо, добавляются также какие-нибудь флюсы, делающие этот шлак легкоплавким, что имеет особо важное значение при богатых углеродом сортах железа, которые не выносят сильного нагревания. В сварочный порошок можно также с успехом добавить какое-нибудь вещество, богатое углеродом, так как оно присутствующим в нем углеродом действует восстановительно и противодействует случайному, происшедшему во время нагревания, обезуглероживанию железа.

При последующей обработке ударами или давлением шлак выжимается между обеими поверхностями сварки, так что он полностью покрывает их. При этом доступ воздуха к поверхностям шва затруднен как давлением, так и шлаком, благодаря чему дальнейшее окисление в шве происходить не может. При дальнейшей обработке шлак выжимается к кромкам шва, так что поверхности получают практически чистыми, если сварка хорошо выполнена. Тем не менее, не всегда удается полностью предотвратить окисление, почему сварочный шов обычно получает меньшую прочность (70—100%), чем целая часть.

Металл тем легче сваривается в тестообразном состоянии, чем более пластичным он становится при нагревании и чем медленнее он при повышающейся температуре переходит в жидкое состояние. Так как сварка удается лучше при более высоких температурах, то отсюда следует, что сорта железа с более высокой температурой плавления легче сваривать, чем сорта железа с более низкой температурой плавления. Более богатое углеродом железо и сталь горят, кроме того, при более низкой температуре, чем малоуглеродистые, и поэтому последние легче сваривать, чем первые. Как общее правило, свариваемость железа и стали уменьшается с увеличением содержания углерода и кремния (ср. стр. 127—130 в I Томе). Если железо горело во время сварки, то проистекающие отсюда неприятные последствия могут быть в известной мере устранены тем, что сваренный шов дополнительно обрабатывается проковкой, пока его белый цвет не перейдет в красный. Дальше же обработка не должна продолжаться. Дальнейшее улучшение может быть достигнуто посредством медленного и осторожного нагревания.

Медь, как известно, также быстро покрывается слоем окиси, которую, однако, нельзя перевести в шлак посредством кремнекислоты. Здесь нужно применять какую-нибудь легкоплавкую соль, например, фосфорно-кислый натрий—аммоний или смесь из 36 частей фосфорно-кислого натрия и 12 частей буры. Платина совершенно не окисляется при белом калении и поэтому для нее не требуется никаких сварочных веществ.

Горновая сварка.

Нагревание. Нагревание часто производится в открытом горне, при чем материал закладывается в топливо. Первым наиболее важным шагом вперед было применение, в целях экономии топлива, пламенных печей, которыми одновременно достигалось то, что предметы не приходили в соприкосновение с топливом. При горновой сварке в больших кузницах применяются пламенные печи того же рода, как и для обыкновенного нагревания (см. Том V, стр. 20).

При нагревании в горне железо подвергается опасности действия кислорода вдуваемого воздуха, вследствие чего может получиться сильное окисление. Окисление будет, конечно, тем сильнее, чем сильнее дутье и чем ближе лежит предмет к фурмам во время нагревания. Если, напротив, дутье регулируется так, что весь кислород идет на сжигание топлива, и предмет защищен от дутья толстым слоем раскаленного угля, железо может быть восстановлено на поверхности, и та окись, которая возможно образовалась, снова превращается в чистое железо.

Необходимо поэтому помещать¹ железо в горно в таком месте, в котором кислород дутья уже успел быть поглощен топливом, где температура самая большая и где можно надеяться на восстановление случайно образовавшейся окиси.

Мягкое железо сваривается при искрящемся белом калении (1300—1400°), в то время как, например, литая сталь должна свариваться при светло-красном калении, так как она не выносит более сильного нагревания.

Сварочные флюсы. В качестве шлакообразующих флюсов применяются для мягкого железа кварцевый песок, для стали—борная кислота, бура, кровяная соль, поваренная соль или нашатырь. Для обуглероживания железа добавляется канифоль. В качестве плавней (чтобы сделать шлак еще более легкоплавким) пользуются известью или фосфорно-кислой известью, стеклянным порошком и т. п. Шлак будет тем более легкоплавким, чем больше веществ в него входит. Пригодные смеси сварочного порошка следующие:

Для сварки стали со сталью:

1. Бура	77	частей
Нашатырь	15,5	"
2. Борная кислота	36,5	"
Поваренная соль	30,1	"
Кровяная "	26,7	"
Канифоль	76	"
3. Борная кислота	44,5	"
Поваренная соль	35	"
Кровяная "	15,5	"
Безводный натрий-карбонат (кальцинированная сода)	8	"

Для трудно-свариваемых сортов стали:

Кровяная соль	7	частей
Кальцинированная сода	2	"
Бура	1	"

Для сварки стали с железом:

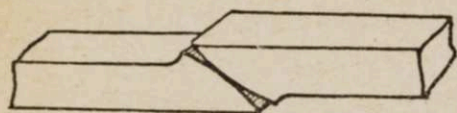
Борная кислота	36	частей
Поваренная соль	30	"
Кровяная соль	26,5	"
Канифоль	7,5	"

Весьма удобный и испытанный на практике сварочный порошок для литой стали готовится следующим образом. В тигле расплавляется бура до тех пор, пока она в жидком состоянии не примет темно-зеленой окраски. Расплавленная масса испытывается погружением в нее железного стержня, к которому пристанет проба. Если эта проба сделается сейчас же зеркально-твердой и темно-зеленой или черной, масса готова, после чего ей дают застыть для дальнейшего превращения в тонкий порошок и смешивания с равным весовым количеством мелких железных опилок. Приготовленный таким способом сварочный порошок должен быть поставлен в сухое место для предотвращения ржавления железных опилок. Чистые и одновременно твердые железные опилки действуют благоприятно на сварку литой стали, в то время как мягкие, вязкие, хотя и чистые железные опилки могут иногда быть причиной неудачной сварки.

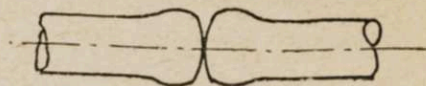
Если требуется сварить литую сталь и железо, оба предмета нагреваются до слабого темно-красного каления и покрываются вышеупомянутым сварочным порошком из буры, который сейчас же расплавляется на раскаленном металле и покрывает поверхность глазурью. После этого железо и сталь еще раз нагревают до соответствующей температуры и производится их сварка. При этом необходимо, чтобы удары происходили один после другого быстро и правильно, так как иначе вполне удовлетворительная сварка достигнута не будет.

Обработка. Чем меньше поверхности сварки на обоих предметах, тем труднее получить надежный сварочный шов. Для усиления шва обычно поэтому увеличивают поверхности соприкосновения. Это можно производить, главным образом, четырьмя различными способами, а именно, посредством скашивания кромок предметов, раздавливания кромок до большего размера, накладывания концов друг на друга (сварка в нахлестку) и расщеплением одной

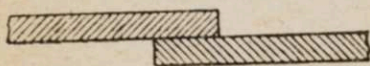
кромки и заострением другой, благодаря чему последняя может быть введена в зев, образованный первой. Эти различные способы показаны на фиг. 1—4.



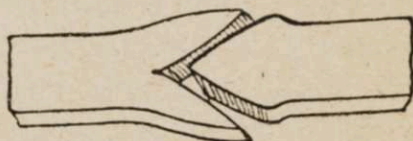
Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.



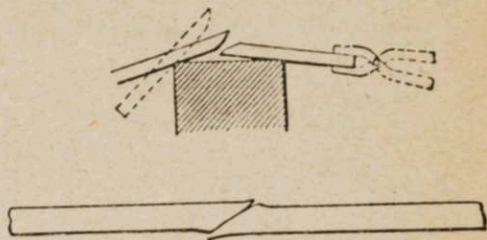
Фиг. 4.

Фиг. 1—4. Различные способы увеличения поверхностей сварки.

В первом случае сначала раздают кверху одну сторону предметов, чтобы получилось больше материала для проковки, когда сварка произведена. После этого осаженный конец утоняется, что обычно производится острым молотком, и материал натягивается кверху до образования выступа посредством оттягивания молотка назад (к кузнецу) при каждом ударе. Эта работа производится только на одной стороне, так что противоположная остается плоской. Сами свариваемые поверхности, как видно на рисунках, несколько скругляются, так что при сварке они сперва встречаются по прямой линии, что приводит к тому, что при сваривании шлак выжимается наружу.

После того как подготовленные таким образом предметы нагреты до сварочной температуры, то, если один из предметов короткий, он захватывается клещами, а более длинный берут рукой и ударяют о наковальню, чтобы сбить приставший уголь и т. п., а также очищают, по возможности полнее, от шлака. После этого более короткий предмет кла-

дется поперек наковальни так, чтобы его конец был несколько приподнят над плоскостью наковальни, а длинный предмет левой рукой кладется напротив короткого с другой стороны наковальни, но так, чтобы он лишь опирался на ее ребро (см. пунктирную линию на фиг. 5). После этого длинный предмет наклоняется таким образом, чтобы его конец лег на конец другого предмета и держал его, в то время как щипцы снимают и берут молоток. От легкого удара молотком в вертикальном направлении поверхности придут в соприкосновение друг с другом, после чего заостренные концы проковываются несколькими легкими ударами молотка сначала с одной стороны, затем с другой. Эту работу нужно производить, пока предметы сохраняют еще сварочную температуру.



Фиг. 5. Сварка.

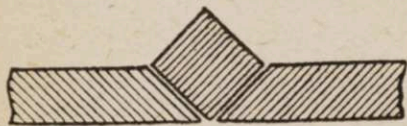
При стыковой сварке круглых предметов они сперва осаживаются на концах для увеличения поверхностей сварки, а после этого закатываются приблизительно по шару, так что при сварке они касаются друг друга только по середине. После нагревания до сварочной температуры предметы ставятся друг над другом так, чтобы соприкасались нагретые концы, и сваривание производится посредством удара по верхнему предмету. При этом происходит еще некоторое осаживание концов. Чтобы получить стержень равномерной толщины, более толстая часть должна быть после этого сглажена.

Способ расщепления одного из предметов применяется тогда, когда необходима уверенность в особо прочном сварном шве. Этот способ является особенно подходящим при приварке стали к железу, например, при осталивании

режущего инструмента. Если требуется сварить два предмета прямоугольного сечения, конец одного из них осаживается для получения большей ширины и толщины, после чего конец расщепляется и обе его половинки отгибаются в стороны. Конец другого предмета заостряется, при чем материал несколько оттягивается назад, так что он получает вид, показанный на фиг. 4. Профили свариваемых поверхностей должны быть такими, чтобы предметы при складывании касались друг друга по поперечным линиям приблизительно по середине свариваемых поверхностей. При сварке предметы ставятся так же, как и при стыковой сварке, и удары производятся по одному из них, пока не произойдет сварка. После этого сварка заканчивается посредством ударов молотка по кромкам. Им придается такая форма, что шлак выпрессовывается наружу к концам отогнутых щек.

Если один из предметов стальной, его необходимо нагревать независимо от другого, чтобы дать ему соответствующую сварочную температуру. Когда оба предмета из железа, им до нагревания можно придать правильное по отношению друг к другу положение и нагревать одновременно. При осталивании расщепляется железо, в то время как стальная часть заостряется.

При сварке в нахлестку оба предмета накладываются друг на друга и свариваются. Удары молотка при этом



Фиг. 6.

должны сначала направляться по середине шва и затем к кромкам. Если сначала сварить кромки, то нельзя заставить шлак выйти из середины, и сварки там не получается.

Для толстых листов (свыше 20 мм) можно пользоваться также способом, показанным на фиг. 6. Кромки предметов скашиваются под углом 45° и в приготовленный таким обра-

зом шов вваривается железный пруток квадратного сечения, после чего поверхность выравнивается ударами молотка.

Сварка должна производиться всегда непосредственно и быстро после того, как предмет доведен до сварочной температуры и освобожден от угля и других посторонних веществ. Сварочный порошок посыпается, когда температура доведена до красного каления, после чего производится дальнейшее нагревание до требуемой температуры.

Сварка водяным газом.

При сварке больших предметов нагревание в горне или печи затруднительно и неэкономично, а многие предметы неудобны и в обращении. Для таких предметов впервые стали применяться устраняющие эти неудобства способы нагревания предметов на месте посредством горелок для водяного газа, которые, вследствие развиваемой ими высокой температуры, очень удобны для местных нагреваний до сварочной температуры. Сварка водяным газом является, таким образом, предшественником кислородно-ацетиленовой сварки. Водяной газ производится таким образом, что через газогенератор с находящимся в нем, высотой не меньше метра, слоем раскаленного до-бела кокса пропускаются водяные пары (см. Том I, стр. 98). При этом кислород воды соединяется с углеродом кокса и образует окись углерода, в то время как водород освобождается ($C + H_2O = CO + H_2$). Теоретически должна была бы получиться смесь из 50 объемных единиц окиси углерода и такого же количества водорода. В действительности же получается газовая смесь с средним составом: 49% водорода, 39% окиси углерода, 5% углекислоты, 6,3% азота и 0,7% углеводородов. Реакция образования водяного газа $C + H_2O = CO + H_2$ протекает при высокой температуре и сопровождается значительным поглощением тепла, что служит причиной понижения температуры кокса генератора. В результате создаются условия, благоприятные для развития реакции $C + 2 H_2O = CO_2 + + 2 H_2$. При дальнейшем понижении температуры диссоциа-

ция водяного пара все затрудняется и, наконец, прекращается. По этой причине аппарат должен работать с переключениями, как обыкновенный генератор, т.-е. через определенные промежутки времени через слой топлива должен пропускаться лишь воздух, до тех пор, пока слой топлива снова не будет раскален до-бела. Это разогревание отнимает 1—2 минуты, после чего газообразование может производиться в течение 5—7 минут.

Полученный газ освобождается в воде от твердых частиц и проводится в резервуар, из которого он по мере надобности отводится в компрессор, сжимающий его до давления около 1000 мм водяного столба. Из компрессора газ идет в горелку, где он смешивается с сжатым воздухом более высокого давления, который посредством инъекции засасывает с собой газ. Другой способ состоит в том, что газ и воздух смешиваются уже в компрессоре, который в этом случае должен иметь на своем цилиндре особые предохранительные устройства для предупреждения опасности взрыва.

Водяной газ при полном сгорании дает температуру около 2000°C и 1 куб. метр. газа развивает до 3000 калорий. Обычно применяется смесь из одной части водяного газа и 2¹/₂ частей воздуха, при которой получается температура около 1800°C. Если наблюдать за тем, чтобы не было избытка воздуха, то получается восстановительное пламя, благодаря чему поверхности сварки получаются совершенно чистыми и можно не пользоваться сварочным порошком.

При сварке водяным газом листов полезно пользоваться двумя горелками, одной для верхней и другой для нижней стороны, благодаря чему даже очень толстые листы можно разогреть достаточно сильно. При слишком слабом разогревании появляется опасность получения пузырячатого шва.

Посредством водяного газа можно сваривать листы толщиной от 4 до 80 мм. При таких тонких листах, как 4-миллиметровые, требуется, однако, осторожность. Лучший

результат получается при листах толщиной от 8 до 12 мм. При наличии целесообразных устройств можно сваривать листы толщиной от 8 до 12 мм до 8 метров в час.

Сама сварка производится или вручную, посредством обыкновенных молотков, или механическим путем. Обычно применяется сварка в нахлестку. На стр. 273 IV Тома была уже упомянута и показана машина для сварки толстых труб водяным газом. Эта машина снабжена молотком для сколачивания шва.

Сварка водяным газом листов имеет, между прочим, то преимущество перед нагреванием в обыкновенном пламени, что лист при этом не так легко перегреть. При нагревании угольным пламенем может случиться, что одна сторона свариваемого места уже перегрета или «горит», в то время как другая еще не достигла сварочной температуры. Стоимость эксплуатации, кроме того, меньше, хотя установка для производства водяного газа и дорога.

Электрическая сварка по методу сопротивления (Томсона).

Общие соображения.

Электрическая сварка по методу сопротивления была введена в 1877 году американцем Е. Томсоном и в настоящее время имеет большое значение при массовом производстве изделий благодаря тому, что сварка происходит быстро и равномерно, и обычно не требует персонала высокой квалификации.

Электрическая сварка методом сопротивления основана на известном явлении нагрева проводника при пропускании через него электрического тока.

В проводнике выделяется теплоты тем больше, чем больше сопротивление проводника и чем больше сила пропускаемого тока. Количество образующейся теплоты прямо пропорционально времени прохождения тока, сопротивлению проводника и квадрату силы тока (закон Джоуля).

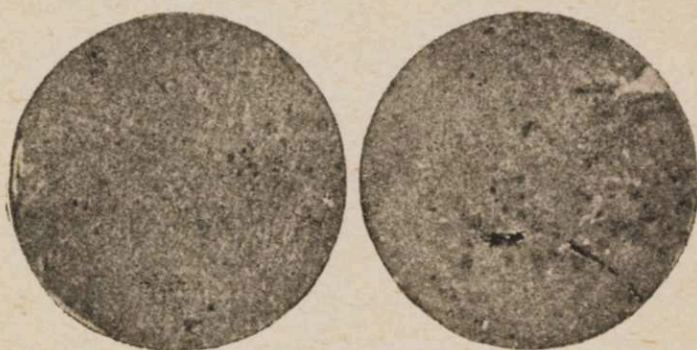
Процесс сварки происходит таким образом, что поверхности свариваемых предметов приводятся в соприкосновение и через них пропускается электрический ток большой силы, при чем они одновременно подвергаются механическому сжатию. Нагревание начинается и становится наиболее сильным в месте соприкосновения между собой обоих предметов, так как сопротивление имеет наибольшую величину там, где току нужно переходить с одного предмета на другой. Благодаря этому обстоятельству на сварку расходуется наименьшее

возможное количество теплоты. При нагревании обе соприкасающиеся между собою поверхности свариваемых предметов прижаты друг к другу, вследствие чего воздуху нет доступа и не происходит никакого окисления. Сварочный шов получается поэтому однородным и без шлаковых образований и при хорошо выполненной работе почти настолько же прочным, как и основной материал. В виду того, что свариваемые поверхности прижимаются друг к другу уже во время нагревания, можно сваривать методом сопротивления также и металлы с небольшим свариваемым полем (т.-е. такие, которые быстрее переходят из твердого в жидкое состояние).

Этот способ сварки, можно сказать, приближается к идеальному, так как нагревание происходит не снаружи, не с поверхностей, т.-е. распространяется не по направлению внутрь, а, наоборот происходит, изнутри. Распределение температуры регулируется при этом автоматически самим током, так что она получается равномерной по всему свариваемому сечению. Если какая-нибудь часть шва окажется более нагретой, чем другая, ее сопротивление увеличивается, и через это место будет проходить меньший ток, пока другие части не достигнут той же температуры. По мере ее повышения уменьшается требующаяся сила тока.

Другие преимущества этого способа состоят в том, что нагревание происходит очень быстро и его очень легко регулировать, что любую температуру можно получить и поддерживать в течение любого времени, что рабочий может наблюдать за несколькими предметами и что почти не имеется никакой потери теплоты, за исключением лучеиспускания. Насколько незначительно теплота успевает распространяться по предмету, показывает то, что немедленно после сварки бруска диаметром 22 мм его можно держать на расстоянии 100 мм от места сварки, не обжигая руки.

Химические изменения в материале поэтому весьма незначительны или совершенно не имеют места. На фиг. 7 показан материал в сечении до сваренного места в сваренном железном стержне, а на фиг. 8 — в сваренном сечении. Единственное имеющее значение влияние, которое производит сварка, состоит в том, что материал делается более или менее хрупким. Это влияние различно для различных материалов и зависит от перекристаллизации материала вслед-



Фиг. 7 и 8.

Материал в сечениях до сваренного места и в самом сваренном месте.

ствие высокой температуры. Влияние увеличения кристаллов в материале не может быть нейтрализовано одним лишь применяемым при сварке давлением. К тому же часть материалов, как латунь, нейзильбер и т. п., не свариваемы в обычном смысле этого слова.

Так как количество выделяемой теплоты пропорционально сопротивлению и квадрату силы тока, последняя должна быть большой, в то время как напряжение может быть низким. Сила тока в аппаратах для сварки сопротивлением колеблется поэтому между 1000 и 50000—100000 ампер, при чем напряжение составляет всего лишь 1—8 вольт. Такое низкое напряжение получается посредством трансформирова-

ния встречающегося обычно переменного тока помощью особого трансформатора, установленного всегда в самом аппарате.

Аппараты для сварки сопрогивлением можно подразделить на три главные группы:

1. Аппараты для сварки в стык.
2. Аппараты для точечной сварки.
3. Аппараты для сварки швом.

Кроме того, встречаются комбинации из этих трех типов аппаратов, в особенности аппаратов для сварки в стык и точечной сварки.

Род тока. Обычно применяется однофазный переменный ток. Применение постоянного тока встречает затруднения в том отношении, что машины постоянного тока трудно строить для такой большой силы тока и такого малого напряжения, которые требуются для сварки, при чем подводка тока к сварочному аппарату также представляет очень большие затруднения. С другой стороны, переменный ток легко трансформируется с высокого напряжения и небольшой силы тока, при чем трансформатор может быть помещен в самом сварочном аппарате, благодаря чему подводка тока от него получается короткая. Переменный ток, кроме того, нагревает внешние части предметов больше, чем постоянный ток, вследствие чего отдача теплоты этими поверхностями не может в той же степени понижать их температуру. Железо и сталь к тому же, представляют большее сопротивление переменному току и поэтому этим током нагреваются быстрее. В определенных случаях применяется также трехфазный ток.

Аппараты с силой тока до 4000 ампер обычно, однако, получают ток непосредственно от генератора, так как получение тока меньшей силы непосредственно не представляет каких-либо больших затруднений.

Потребление энергии при сварке тем больше, чем более лучшим проводником тока является металл, который должен быть сварен. С большей электропроводимостью

связана обычно большая теплопроводность, что и вызывает более значительный расход энергии. В то время, как при сварке железа теплота распространяется весьма медленно на близлежащие части к свариваемому месту, условия, например, при серебре, меди и латуни — другие.

Установить какие-либо определенные цифры потребления энергии при сварке различных металлов невозможно, так как это потребление может изменяться для одной и той же работы. Известное представление может быть, тем не менее, получено из нижеследующей таблицы проводимости и точек плавления.

Металлы или сплавы	Коэффициент теплопроводности	Удельное сопротивление при 20 °C	Точка плавления °C, приблизит.
Алюминий	175	0,03—0,05	657
Золото	260	0,2	1064
Медь	320—345	0,0174	1084
Латунь	50—100	0,07—0,08	900
Никкель	50	0,10	1450
Нейзильбер	—	0,15—0,36	—
Платина	60	0,12—0,16	1775
Серебро	360	0,016—0,018	960
Ковкое железо	50—60	0,10—0,12	1450—1500
Сталь мягкая	35—45	} 0,10—0,25	1300—1400
» твердая	22		—
Олово	54	0,10	232
Цинк	95	0,06	419

При всякой сварке методом сопротивления весьма важно, чтобы свариваемые поверхности были свободны от окалины, ржавчины или других посторонних веществ. Это

имеет влияние не только на получение хорошего качества сварки, но и на потребление энергии и—в случае точечной сварки или сварки швом—на продолжительность службы электродов. Электроды и все контактные места также должны содержаться в чистоте, при чем последние должны быть достаточно припущены для получения хорошего контакта. Сказанное относится в целом ко всему аппарату, и если в каком-нибудь месте появится неожиданно нагревание, то это служит показателем того, что какой-нибудь контакт плохо работает и его необходимо без промедления осмотреть. Основным условием хорошей работы является, конечно, то, чтобы винты, скрепляющие вторичную обмотку трансформатора и держатели электродов, были хорошо затянуты.

Для защиты от брызг и искр, часто появляющихся при сварке металлов, необходимо применять предохранительные очки. Кожаный фартук является идеальным для сварщика в смысле защиты одежды от загорания, что легко может произойти, если не применять специальной защитной одежды.

Металлы, свариваемые электрической сваркой по методу сопротивления.

Практически этим методом можно сваривать все металлы и, кроме того, многие сплавы. Металлы, которые чаще всего свариваются методом сопротивления: алюминий, сурьма, свинец, золото, железо и сталь, медь, никкель, платина, серебро, олово и цинк. Сплавы, которые можно сваривать: алюминиевая бронза и алюминиевая латунь, сплавы железа и алюминия, бронза и латунь почти всех составов, нейзильбер, сплавы золота, пушечный металл, монель-металл, сплавы серебра, паяльный металл и шрифтовой металл. Комбинации металлов и сплавов, которые могут свариваться: алюминий с медью и латунью; латунь с медью, нейзильбером, машинной сталью, ковким железом, платиной и

оловом; литая медь с латунью, гальванизированным железом, обыкновенным ковким железом и сталью; катанная медь с латунью, нейзильбером, золотом и серебром; нейзильбер с латунью, медью, золотом и ковким железом; золото с медью, нейзильбером, платиной и серебром; ковкое железо с латунью, инструментальной сталью и нейзильбером; машинная сталь с латунью, быстрорежущей сталью, никкелем, никкелевой сталью, платиной, инструментальной сталью и ковким железом; инструментальная сталь с машинной сталью, платиной и ковким железом; свинец с оловом; монель-металл с латунью, гальванизированным железом и обыкновенным ковким железом; никкель с ковким железом; платина с латунью, золотом, серебром и сталью; серебро с медью, золотом и платиной; олово с латунью, свинцом и цинком и цинк с оловом.

Могут встретиться также многие не перечисленные выше комбинации, но они требуют специальных устройств для сварки.

Чугун может свариваться удовлетворительно только при небольших сечениях.

При сварке ковкого железа и стали температуру нужно держать ниже точки плавления, и поэтому, требуется также соответственно большее давление между свариваемыми предметами. Этим методом можно сваривать сталь с довольно высоким содержанием углерода и при этом полезно пользоваться бурой. После сварки предмет, однако, необходимо отжечь, или лучше обработать молотком для выравнивания напряжений, появляющихся вследствие местного нагревания. При содержании углерода выше 0,75% трудно получить хороший сварочный шов, и работа требует опытного сварщика. Также и сварка ковкого железа со сталью требует опытности. Железо с содержанием углерода ниже 0,25% дает всегда хороший сварочный шов.

Никкелевую сталь тоже легко сваривать. При сварке меди с железом сечение медной части должно

быть меньше сечения железной части и подобрано так, чтобы соответствующие температуры сварки получились одновременно в обоих предметах. Сварка меди с латунью производится при меньшем давлении, чем при сварке железа, но требуется большая сила тока, вследствие меньшего сопротивления, представляемого этим материалом. Здесь нагревание может производиться до тех пор, пока материал в шве не начнет плавиться, и давление на материал должно иметь лишь такую величину, чтобы выжималась окись. Это является главным условием для получения хорошей сварки. Ток должен выключаться, как только поверхности соприкосновения начнут размягчаться. Это лучше всего производить помощью автоматического выключателя тока, который вступает в действие в определенный момент, определяемый опытным путем для материалов различного состава и различных сечений.

Для таких металлов, как свинец, олово и цинк, конечно, не требуется температуры каления, и процесс поэтому нельзя наблюдать так, как при сварке железа и стали. Здесь мягкость металла или его плавление показывают, когда достигнута правильная температура. Сварка концов свинцовых труб производится легко, если стенкам труб на концах придать форму затупленного острия, чтобы этим уменьшить поперечное сечение в шве и достигнуть быстрого нагревания.

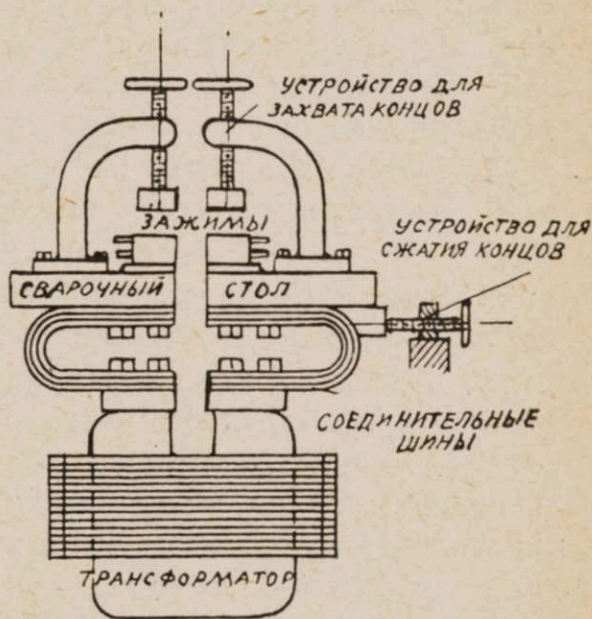
Олово, цинк, сурьма и висмут свариваются легко. Сварка же алюминия представляет, наоборот, большую трудность и требует особых мер предосторожности. Обычно для этого металла пользуются автоматическими сварочными аппаратами, в которых время, в течение которого ток остается замкнутым, можно точно регулировать.

Сказанное выше относится с известными ограничениями также к точечной сварке и сварке швом и рассматривается в соответствующих главах.

Аппараты для сварки по методу сопротивления.

Сварка в стык.

На фиг. 9 показано схематически устройство аппарата для сварки в стык. Как видно из чертежа, аппарат в своих главных частях состоит из трансформатора, соединительных шин для передачи тока к сварочному столу, сварочного стола с устройством для захвата концов и зажимами для закрепления предметов, устройства для сжатия, выключателей первичного тока и секционного переключателя для регулирования мощности аппарата.



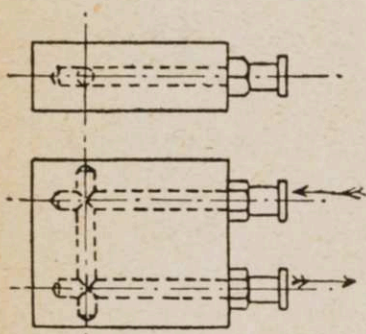
Фиг. 9. Схема устройства аппарата для сварки в стык.

Трансформатор. Он преобразует обычный ток напряжением 110—500 вольт в ток напряжением 1—8 вольт, смотря по той работе, для которой предназначен аппарат. Вторичная обмотка трансформатора имеет в большинстве

случаев лишь один виток, который часто представляет медную отливку, в то время как первичная обмотка изготовляется из обыкновенной обмоточной меди. Первичная обмотка выполнена таким образом, что имеется возможность тонкой регулировки напряжения и силы тока. Обычно применяются трансформаторы с естественным воздушным охлаждением. Для особо напряженной работы с успехом применяется искусственное воздушное или водяное охлаждение.

Сварочный стол. На нем помещается устройство для захвата свариваемых концов. Это устройство состоит из двух частей, каждая из которых может передвигаться по направлению к другой или от нее в кожухе аппарата. Одна часть дает зажимам необходимое движение, требуемое для сжатия свариваемых концов, в то время как при помощи другой можно регулировать расстояние между зажимами или длину выступающих из зажимов свариваемых концов.

Устройства для захвата свариваемых концов. Эти устройства делаются эксцентриковыми или винтовыми. Первое устройство дает более быстрое зажимание, в то время как второе — большее растворение зажимов и более точное закрепление предмета. Зажимы делаются сменными для подбора их соответственно различной форме свариваемых предметов и выполняются предпочтительно из меди. Нижние части зажимов должны точно соответствовать форме предметов для плотного к ним прилегания.



Фиг. 10. Охлаждение зажимов.

Охлаждение электродов. Для избежания передачи сварочной теплоты наиболее подверженным частям аппарата зажимы охлаждаются водой способом, показанным на фиг. 10. Нижепомещенная таблица дает приблизительный расход воды для аппаратов различной величины:

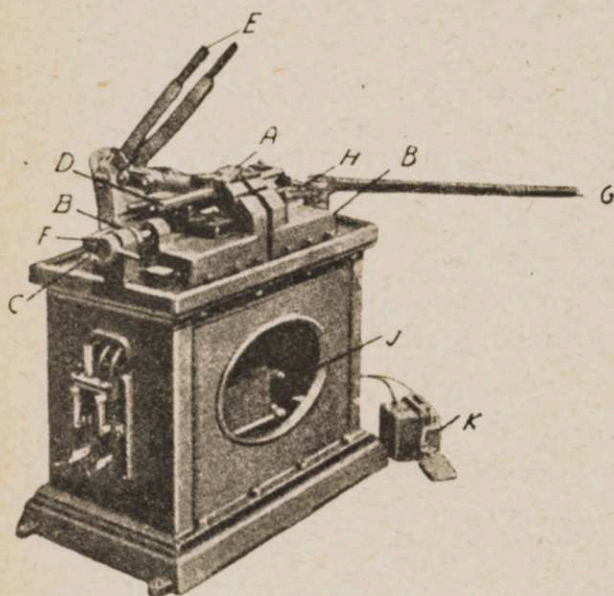
Мощность аппарата, в киловаттах .	3	7,5	15	25	40	60	80
Расход воды в час, в литрах . . .	60	100	180	200	250	350	450

Сдвиг фаз в аппаратах для сварки в стык различен, в зависимости от конструкции аппарата и, кроме того, зависит от рода выполняемой работы. В среднем он достигает в небольших аппаратах приблизительно 0,7—0,8, в аппаратах средней величины 0,6—0,7 и в очень больших аппаратах 0,3—0,4.

Различные типы аппаратов для сварки в стык. Аппараты для сварки в стык встречаются самых разнообразных конструктивных выполнений, приспособленных для различных работ и устроенных для ручного или ножного управления, или выполненных полу- или полностью автоматическими. Для сварки небольших предметов, как проволока, применяется обычно давление пружинами для сжимания между собой свариваемых поверхностей, и установка производится от руки. Для таких металлов, как медь и латунь, давление часто производится грузами. Ручное управление для сжатия свариваемых концов применяется обычно для сварки стержней диаметром до 20 мм. Для больших сечений применяются устройства с гидравлическим давлением посредством воды или масла.

На фиг. 11 показан внешний вид простого аппарата для сварки прутков или труб. *A*—зажимы, монтированные на двух половинках стола *B*, перемещающихся на салазках *C*. Свариваемый предмет обозначен через *D*. *E*—рычаги для зажимания. Левая половинка стола в этом аппарате неподвижная, но может устанавливаться посредством винта. *G*—рычаг для перемещения правой половинки стола при сжатии свариваемых концов, при чем это движение получается достаточной силы благодаря коленчатой передаче между рычагом и столом. Трансформатор виден в отверстии в станине аппарата. Включение и выключение тока производится педалью *K*. Управление таким аппаратом весьма

простое. Два предмета закрепляются зажимами так, чтобы свариваемые поверхности приšliсь серединами друг против друга и касались друг друга. При этом один зажим (на правой половине стола) находится в своем внешнем положении,



Фиг. 11. Простой аппарат для сварки в стык.

так что может иметь место известное сжатие предметов, после того как концы их будут нагреты. Ток включается посредством педали. Как только достигнута сварочная температура, ток выключается и правый зажим с требуемой силой прижимается к левому; при этом и происходит собственно сварка.

Так как конструкций аппаратов очень много, то более подробное их рассмотрение завело бы слишком далеко. Среди других встречаются аппараты для сварки проволоки, ободов колес для автомобилей, колец из более толстого материала, труб, звеньев цепей и т. п. В дальнейшем будут несколько рассмотрены лишь аппараты для сварки цепей.

В производстве цепей различают два основных вида цепей: длинно- и короткозвенные. Цепь последнего вида, которая чаще всего применяется для подъемных механизмов, в которых она должна проходить по цепному колесу, должна быть калиброванной, т. е. иметь звенья точно одинаковой длины и тщательно выполненными. В не-

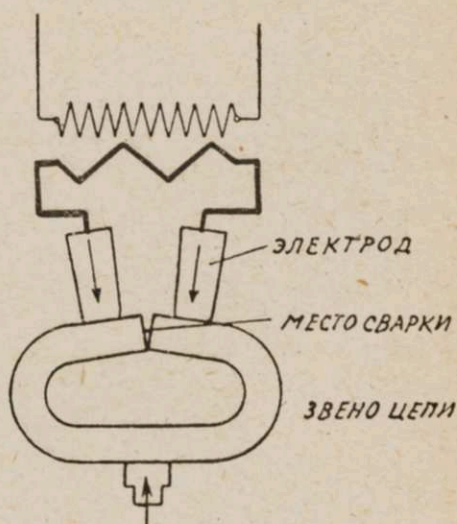
калиброванной цепи утолщения в месте сварки обычно не требуется удалять, что, наоборот, необходимо делать в цепи калиброванной. Это производится проковыванием сваренного шва в аппарате, который для этой цели должен быть снабжен механическим устройством.

На фиг. 12 показан схематически процесс сварки длиннозвенной цепи. Звено предварительно заготавливается так, что оба его конца образуют между собой некоторый угол. При нажатии на концы электродами получается сварка этих концов.

Сварочные аппараты для калиброванных цепей довольно сложны, так как в этих аппаратах производится автоматическая подача цепи, проковывается утолщение в стыке и ток

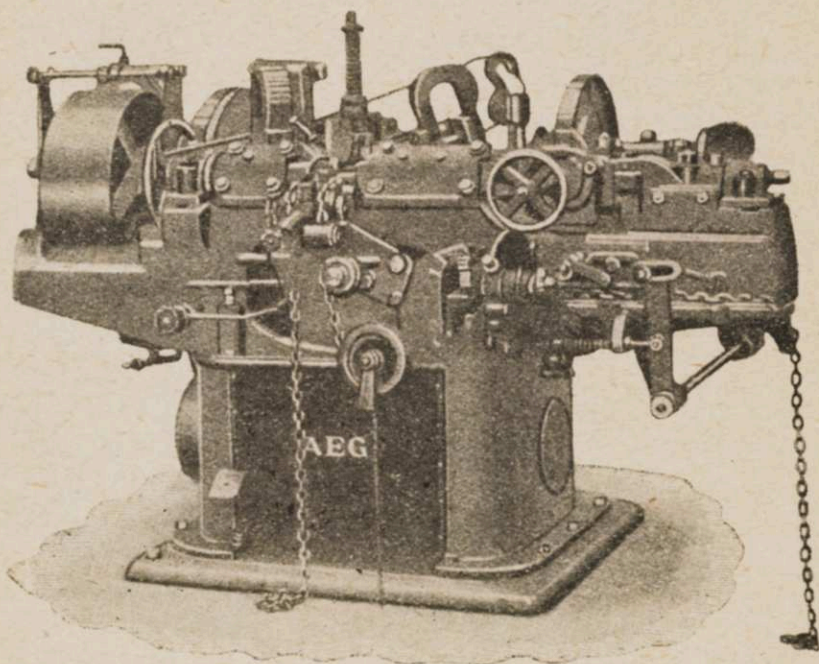
включается и выключается посредством самодействующих устройств. На фиг. 13 показан автоматический сварочный аппарат для цепей.

Подача цепи производится механизмом, помещенным на передней стороне станка. Как видно, звенья заранее загнуты и сцеплены друг с другом. Станок имеет особо выполненные электроды и колодки для сжатия концов, при чем последние для более точной калибровки сделаны из стали. Кроме устройства для сглаживания утолщений, станок снабжен расположенными сбоку ножницами для отрезания образующегося при проковке утолщений грата. Рабочий, обслуживающий станок, должен наблюдать лишь за температурой



Фиг. 12. Процесс сварки некалиброванной цепи.

сварки. Когда эта температура достигнута, он нажимает на помещенную сбоку рукоятку, которая включает соответствующий механизм. Встречаются также станки, изготовляющие цепь от начала до конца из помещенной на катушке провололочной бухты.



Фиг. 13. Автоматический сварочный станок для цепей.

В неавтоматических цепных сварочных станках можно получить производительность от 2000 до 3000 звеньев (из 9-мм круглого железа) в день, в то время как автоматические сваривают от 5000 до 6000 звеньев той же толщины.

Аппараты для сварки в стык выполняются для мощностей от 1 до 200 киловатт. Нижеследующая таблица дает приблизительные данные для выбора величины аппарата для различных площадей сечений предметов из железа и меди.

Мощность машины, в <i>квт</i>	1,5	2	3	7,5	15	25
Поперечное сечение изделия из железа в <i>мм</i> ²	30	50	80	200	400	600
Поперечное сечение изделия из меди в <i>мм</i> ²	15	20	30	75	150	200
Мощность машины, в <i>квт</i>	40	60	80	120	200	
Поперечное сечение изделия из железа в <i>мм</i> ²	1000	1500	2000	3000	5000	
Поперечное сечение изделия из меди в <i>мм</i> ²	350	500	700	1000	1600	

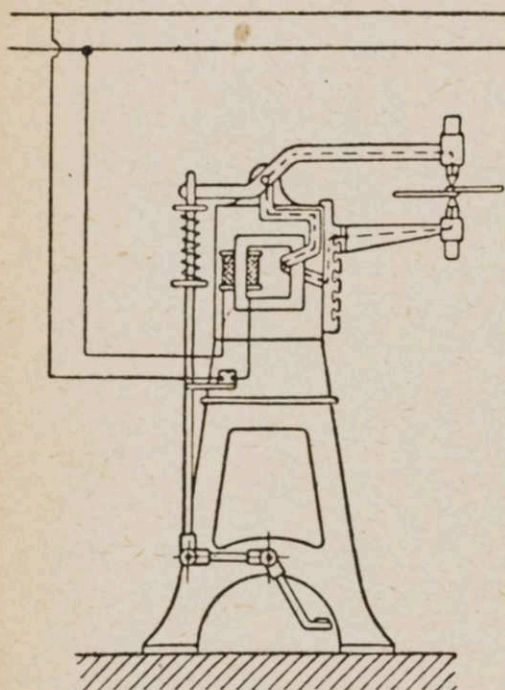
Указанные значения являются средними. Для массовой фабрикации выбирают следующую, большую величину машины. Из таблицы видно, что расход энергии при сварке металлов с большой проводимостью, несмотря на более низкую температуру сварки, больше, чем для железа. Причина этого заключается в большем отведении теплоты, а также в том, что предметы нужно зажимать дальше от концов.

Аппараты для точечной сварки.

Эти аппараты отличаются от аппаратов для сварки в стык, главным образом, устройством электродов и относящихся к ним деталей. На фиг. 14 показан аппарат для точечной сварки простой конструкции. Как видно, верхний электрод может быть прижат к предмету помощью педали. В остальном аппарат состоит из трансформатора, вторичный виток которого соединен с рукавами электродов, электродных рукавов с электродами, выключателя первичного тока и секционного переключателя.

Аппарат устроен таким образом, что включение тока производится лишь после того, как свариваемые листы будут зажаты между электродами, и выключается прежде, чем подвижной электрод поднимется над верхним листом. Если бы ток был случайно включен, когда электроды не касаются предмета, образовалась бы искра, которая повредила бы электроды и сварку.

Чтобы можно было приспособлять аппарат к предметам разной формы, электродные рукава делаются устанавливаемыми (фиг. 14). Верхний рукав можно выдвигать в направлении его длины, а также устанавливать по отношению средней линии.



Фиг. 14. Схематический вид аппарата для точечной сварки.

Нижний рукав можно сменить на рукав другой формы и его можно переставлять на плите с пазами на передней стороне аппарата. Вынос электродов ограничивается наибольшей мощностью, которую требуется получить от аппарата. В аппаратах мощностью 7,5 киловатт нижний рукав обычно делается не длиннее 500 мм, а в аппаратах мощностью 40 киловатт—не длиннее 1000 мм.

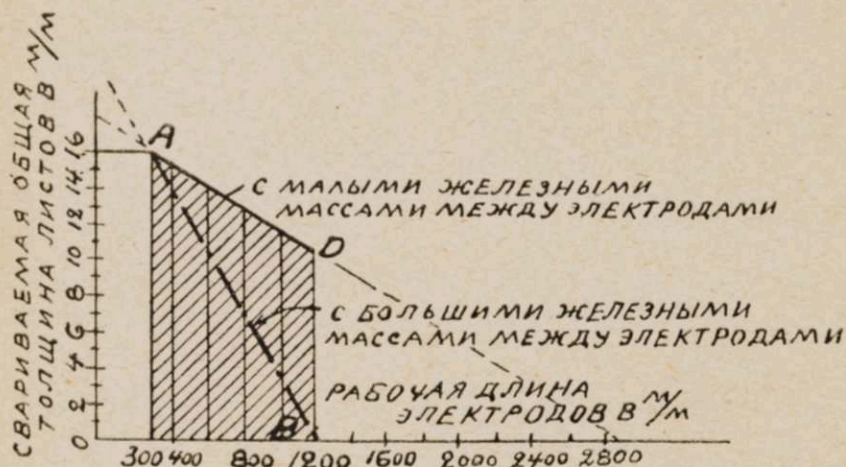
Движение верхнего электродного рукава для получения давления между концами электродов может производиться

также и механически—чисто механическим путем (ременный привод) или посредством воздушного цилиндра. Что такое устройство имеет большой смысл, понять легко, если представить себе, что в аппарате средней величины производится до 15000 точечных сварок в день. Чисто механические устройства пригодны, однако, лишь тогда, когда производится постоянно одного и того же рода работа и когда обрабатывается листовая материал, равномерный по толщине. При пневматических устройствах для движения верхнего

рукава сжатый воздух впускается посредством вентиля, который открывается от незначительного нажима ногой на педаль. В противоположность чисто механическим устройствам, где движение рукава происходит автоматически, здесь каждую свариваемую точку можно регулировать более индивидуально, почему это устройство удобно для всяких сварочных работ. Сжатый воздух, таким образом, принимает на себя ту часть работы, для которой требуется развитие усилия. Устройство состоит из расположенного с задней стороны аппарата воздушного цилиндра, поршень которого действует непосредственно на верхний электродный рукав. Когда педаль отпускается, вентиль закрывается и электрод оттягивается назад давлением пружины или под действием противовеса.

С увеличением длины электродных рукавов на одном и том же аппарате уменьшается его сваривающая способность. В то же время сварка, при которой между электродными рукавами располагаются большие массы железа, требует больше мощности, чем сварка, при которой между электродными рукавами расположены меньшие массы железа. Это происходит от увеличения потока рассеяния вокруг электродных рукавов, благодаря тому, что этот поток проходит часть пути вместо воздуха по железу. Наибольшая потеря мощности имеет место при замкнутых предметах, как, например, цилиндры из листов и т. п., если их нужно одевать на один из электродных рукавов. Представление о зависимости толщины свариваемых листов от длины электродных рукавов при малых или больших массах железа, помещенных между рукавами, дает фиг. 15. Линия $A-D$ показывает, как наибольшая свариваемая толщина листов уменьшается с увеличением длины электродных рукавов, когда между ними вводятся небольшие массы железа, и $A-B$ —когда между рукавами вводятся при сварке большие массы железа, например, цилиндры из листов и т. п. Данные относятся к аппарату

мощностью 25 киловатт изготовления *AEG*. При длине электродных рукавов 1200 мм этот аппарат еще сваривает листы общей толщиной 11 мм с небольшими железными массами между электродными рукавами, но при больших



Фиг. 15. Сравнение производительности сварки при коротких и длинных электродных рукавах и при больших и малых железных массах между ними.

железных массах какая-либо сварка вообще невозможна при той же величине вылета.

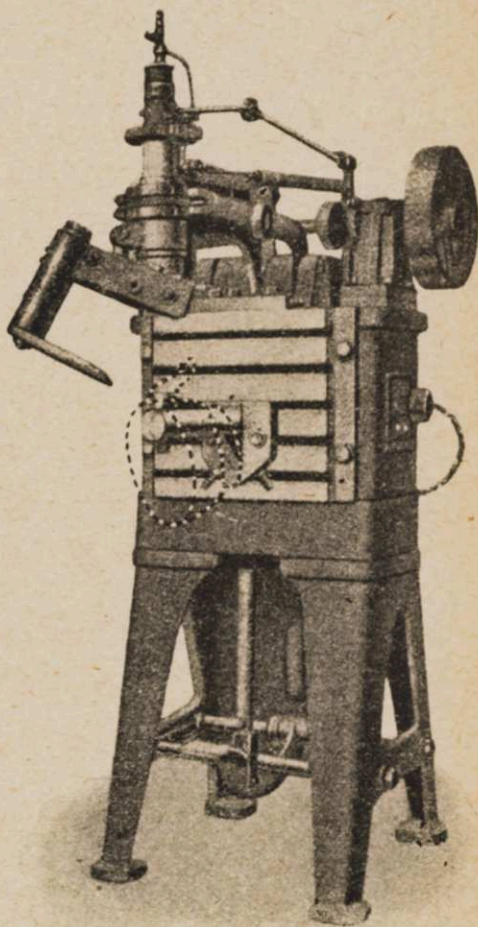
Аппараты для точечной сварки встречаются различных конструкций и величин, начиная от очень малых для приварки проволоки в предохранительных пробках и кончая большими аппаратами для сварки судовых листов. Самые малые аппараты для точечной сварки имеют мощность 2 киловатта. Обычная величина—8—15 киловатт для общей толщины листов 2,5—4 мм. Аппараты для более тяжелых работ (железные конструкции и т. п.) делаются переносными и с таким подвешиванием, чтобы ими было удобно маневрировать, при чем электроды можно подводить к любой точке в пределах радиуса действия аппарата.

Например, для сосудов с очень небольшим отверстием в свету, через которое свариваемое место с внутренней стороны недоступно для электродного рукава, можно применять аппараты, в которых оба электрода расположены с наружной стороны сосуда, в то время как особый, от них независимый, легко переставляемый третий электрод располагается с внутренней стороны сосуда.

Аппараты, работающие автоматически, применяются в тех случаях, когда дело идет о большом количестве сварок однородных предметов, как, например, приваривание скобок к сепараторным листам и т. п. В этом случае листы подаются вручную, в то время как подача скобок из магазина, а также и их приваривание—производится автоматически и с большой скоростью.

Специальные аппараты изготавливаются также для приварки носков к кофейникам и т. п., которые в последующем должны эмалироваться. На фиг. 16 показан такой аппарат, работающий

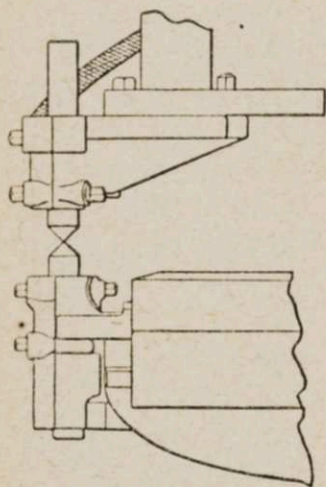
по описываемому ниже способу сварки с прерывистым движением электрода, снабженный точечными электродами. Сосуд покоится неподвижно на нижнем электроде, в то время как



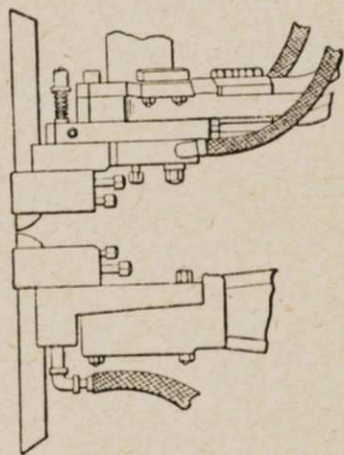
Фиг. 16. Специальный аппарат для приваривания носков к кофейникам.

верхний электрод, выполненный в форме сегмента, движется вокруг нижней кромки носка. Вследствие этого требуется небольшая опытность для приварки носка в правильном положении. Сваренная кромка получается круглой, так что она легко поддается эмалировке.

В некоторых случаях может быть выгодно сваривать несколько точек одновременно, и для таких специальных случаев изготавливаются аппараты с несколькими электродами.



Фиг. 17. Держатель электродов для более тяжелых работ.

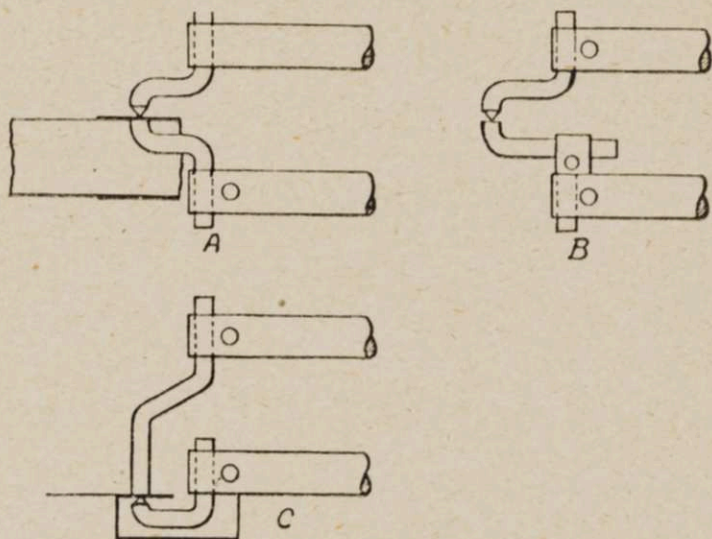


Фиг. 18. Держатель электродов для работ средней величины.

Держатели электродов. Конструкция их определяется всецело родом работы. Тем не менее, существует несколько нормальных типов, которые могут применяться для разного рода работ. Держатели электродов, показанные на фиг. 17, применяются для более тяжелых работ. Охлаждающие трубы соединены здесь с самими держателями. На фиг. 18 показаны держатели для работ средней величины, специально для тех случаев, когда необходимо производить работу в углах и т. п. Это принято во внимание формой электродов.

В остальном оба типа не отличаются друг от друга, за исключением того, что первый более прочный.

На фиг. 19 *A—C* показано несколько других типов, в которых электроды загнуты. Электроды согласно *A* и *B* предназначаются для сварки изнутри трубообразных предметов, например, глушителей для автомобилей. *B* является



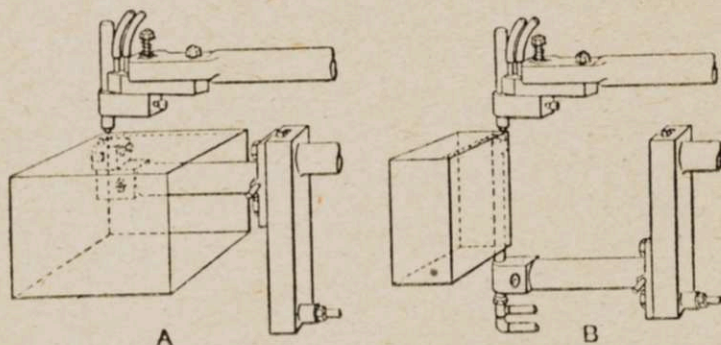
Фиг. 19. Держатели электродов с выгнутыми электродами.

более подходящим для тщательно выполняемой сварки, так как охлаждение может производиться ближе к концам электродов, благодаря чему они выдерживают работу более продолжительное время. *C*—менее обычная конструкция, в которой верхний электрод плоский, а нижний заостренный. Она применяется для сварки ящико- или корытообразных предметов.

На фиг. 20 показан тип держателя, который можно применять для сварки вдоль углов ящикообразных предметов. Держатель, показанный на фиг. 20—*B*, предназначается для

той же цели, но установлен таким образом, что может сваривать более высокие предметы.

Аппараты для точечной сварки, как было уже упомянуто выше (см. стр. 47—48), можно применять также для клепки. На аппаратах для точечной сварки можно легко производить также и заделку отверстий и тому подобные ремонты. При заделке отверстий вставки берутся несколько толще остального материала и с тем же диаметром, как отверстие.



Фиг. 20. Держатели электродов для ящикообразных предметов.

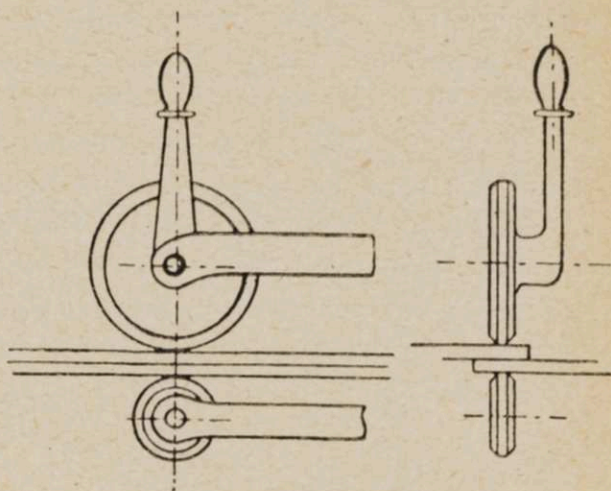
Аппараты для сварки по методу сопротивления удобны также для частичных нагреваний предметов. Например, предмет из закаленной стали может быть в определенных местах нагрет в аппарате для точечной сварки так, что предмет в этих местах может быть обработан пилой.

Латунь пружинной твердости или нейзильбер могут быть нагреты тем же способом, так что их можно гнуть, штамповать и т. п. Форма электрода определяется величиной и формой того места, которое должно быть нагрето.

Аппараты для сварки швом.

Аппараты для сварки швом бывают двух родов, а именно, с непрерывным и прерывистым движением верхнего электрода, который в обоих случаях выполняется в виде ролика. На

фиг. 21 показано устройство электродов в первых аппаратах для сварки швом (с непрерывным движением), которые первыми появились на рынке. Ролики или вращаются в воде или поливаются водой для их охлаждения. В простейших сварочных аппаратах этого рода верхний ролик поворачивается посредством рукоятки, в то время как оба ролика одновременно прижимаются друг к другу при помощи педали или другого устройства. При этом подача предмета вдоль шва производится вращением верхнего ролика, а нижний вращается вследствие передвижения предмета.



Фиг. 21. Устройство электродов в аппаратах для сварки швом.

Эти аппараты получили довольно ограниченное применение, так как этот метод в неблагоприятных случаях дает недостаточно чистый и прочный шов. Особенно это относится к более толстым листам, при которых давление между роликовыми электродами должно быть больше. Та точка на окружности ролика, через которую в определенный момент проходит ток, оставляет место сварки при вращении ролика, в то время как шов еще раскален и не получил еще никакой прочности. Если посредством неравномерной подачи предмета или другим способом напрягать шов, то в нем легко получают неплотности. По этой причине материал до сварки должен быть хорошо очищен. На этих аппаратах можно успешно сваривать листы не толще 1 мм.

Аппараты с прерывистым движением верхнего роликового электрода (аппараты с прерывистым движением ролика) устраняют эти недостатки. Это движение производится здесь всегда механическим путем. Вращение верхнего электрода, как показывает название, происходит прерывисто, при чем механизм движения соединен с особым устройством для включения электрического тока, так что сварка короткого участка шва происходит при спокойно стоящих роликах. После этого ролики в течение короткого промежутка времени остаются неподвижными, благодаря чему металл в месте сварки затвердевает под давлением роликов. В виду этого шов, когда его оставят ролики, не может разойтись даже при наличии натяжений между листами. После этого приводной ролик при выключенном токе подается дальше на один шаг и процесс повторяется снова.

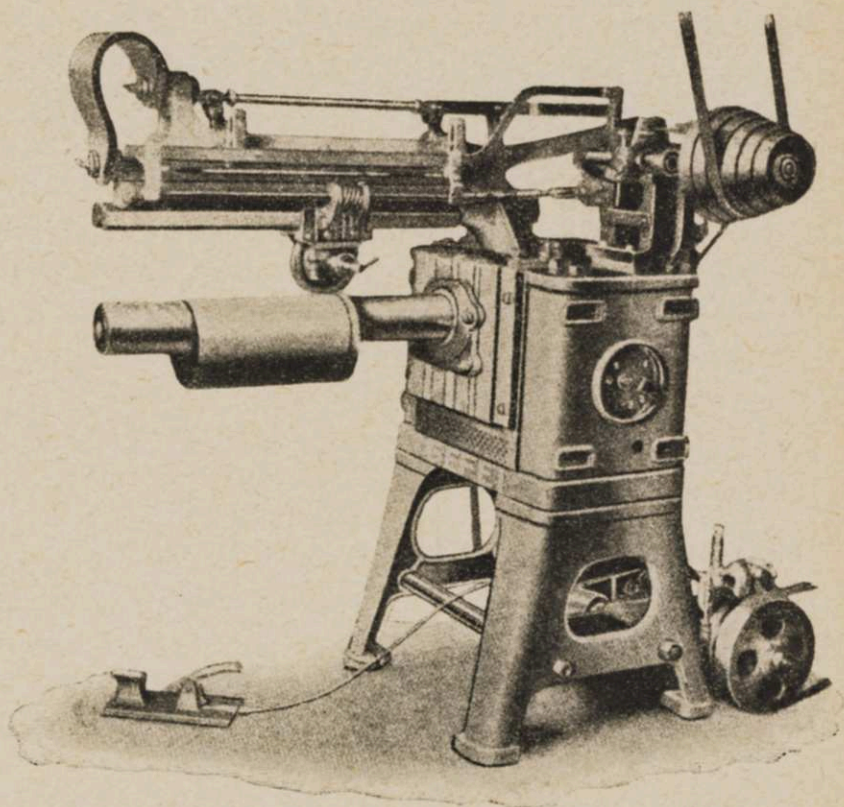
Так как при этом методе каждое место сварки остывает между спокойно стоящими роликами, доступ воздуха, а следовательно и окисление здесь имеет меньше места, чем в обыкновенных аппаратах для сварки швом.

По этой причине присутствие на материале окиси и т. п. при сварке с прерывистым движением ролика не производят такого влияния на сварку, как при непрерывном движении ролика. Этот метод дает хороший сварной шов даже при листах толщиной до 5 мм. Черные листы и обрубное железо можно сваривать с довольно высокой степенью надежности без необходимости очистки от получающейся при прокатке окалины.

Однако, для тонкого и чистого материала обыкновенный (непрерывный) способ сварки швом равноценен способу с прерывистым движением ролика. На фиг. 22 показан аппарат для сварки продольных швов жестяной упаковки, консервных коробок, сосудов, подлежащих эмалировке, бензиновых бидонов, масляных чашек, труб, трансформаторных ящиков, радиаторов, граммофонных рупоров и т. п. Аппараты

строятся нормально для наибольшей мощности в 12—25 киловатт.

В этих аппаратах нижний электрод выполняется нормально в форме шины, в то время как верхний выполняется



Фиг. 22. Аппарат с прерывистым движением ролика для сварки продольных швов, с неподвижным нижним электродом.

как обычно, в форме ролика. При сварке предмет одевается на нижний рукав и в течение всей сварки держится на нем неподвижно. Движение верхнего электрода вдоль свариваемого шва и прижатие его к предмету производится посредством ременного привода, который включается нажимом на педаль аппарата. Одновременно включается ток и при-

водной механизм для прерывистого движения ролика. После того как электрод прошел всю длину шва и педаль отпущена, ролик автоматически и с большей скоростью возвращается в первоначальное положение. Длина сварки определяется двумя устанавливающимися упорами.

Характерным у этих аппаратов является то, что предмет во время сварки остается в покое. Он особенно удобен поэтому для сварки более тяжелых предметов или предметов сложной формы, а также для более длинных швов. Полезная длина рукавов в меньших типах составляет 500 мм, в больших 600 мм. Поворачиванием предмета можно сваривать швы вдвое большей длины. Наибольшая общая толщина листов, которую можно сваривать, а также соответствующие наибольшие потребляемые мощности приведены в нижеследующей таблице:

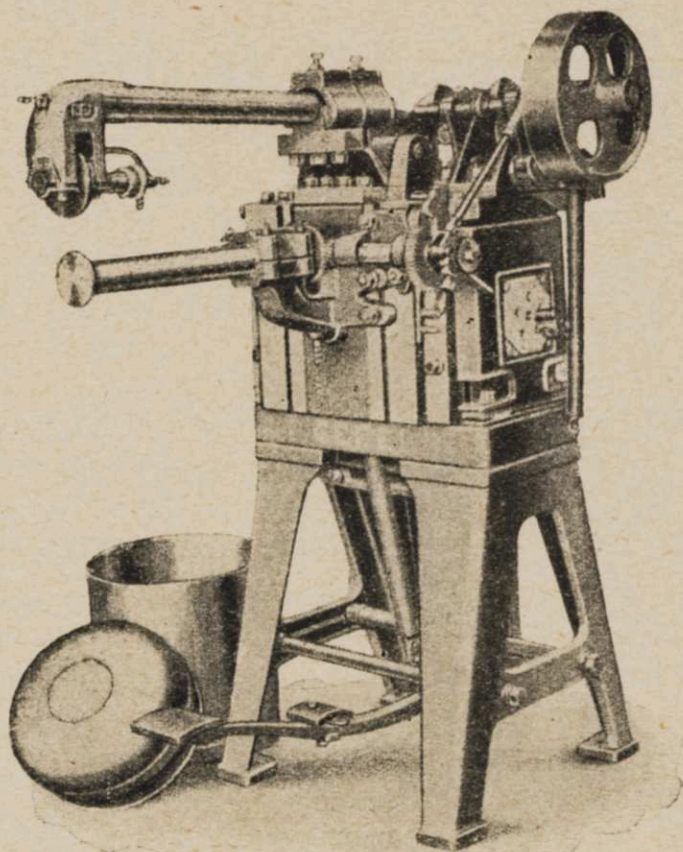
Мощность, в киловаттах	12	15	20	25
Общая толщина листов в, мм . .	3	4,5	6	8

Показанный на фиг. 23 аппарат с прерывистым движением ролика для сварки круговых швов также выполнен для ременного привода. Он пригоден также и для сварки плоских листов произвольной длины. Длина электрических рукавов в аппаратах мощностью 8—12 киловатт может быть 100—500 мм, в больших типах 100—700 мм. Аппарат приваривает днища кромками наружу или внутрь. Как видно на рисунке, предмет подается во время сварки верхним электродным роликом, вращающимся прерывисто. Потребление энергии и общая толщина листов, свариваемых в аппарате, приведены в нижеследующей таблице:

Мощность, в киловаттах	8	12	15	20	25
Общая толщина листов в, мм . .	2	3	4	6	8

Для узких, полых предметов, при которых нельзя работать с одним из электродов с внутренней стороны и которые

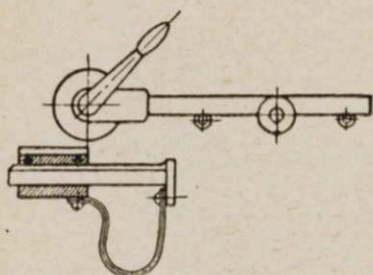
не могут противостоять диаметральному давлению электродных роликов, применяют вместо нижнего ролика скользящий электрод, согласно фиг. 24, с гибким проводником. Предмет



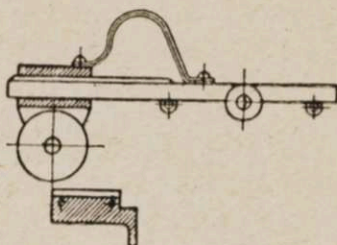
Фиг. 23. Аппарат с прерывистым движением ролика для сварки круговых швов.

закрепляется в салазках со стороны (см. фиг. 26). Вместо подвижных салазок можно сделать подвижным электродный ролик согласно фиг. 25. На фиг. 26 показано, как в таком скользящем электроде можно произвести сварку в стык продольного шва с помощью добавочной проволоки.

Для швов, к которым не предъявляются требования плотности, скользящие электроды можно применять также в соединении с верхним коническим электродом. Специаль-



Фиг. 24. Скользящий электрод.

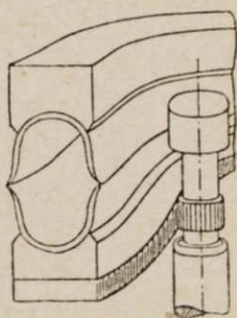


Фиг. 25. Другое выполнение электродов, показанных на фиг. 24.

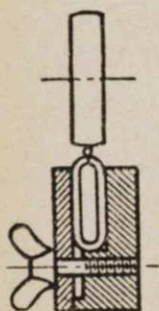
ный тип аппаратов выработался для сварки узких, полых предметов, как, например, полых рукояток, фляг и т. п. Они сначала штампуются из листов, так что части образуют точные половинки предмета. При штамповке мате-

риал припускается таким образом, чтобы вдоль кромок получился грат в $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ мм.

Половинки для сварки помещаются в две электродных подушки согласно фиг. 27. Эти подушки удерживаются специальным приспособлением, так что обе половинки приходятся



Фиг. 27. Устройство для сварки узких, полых предметов.



Фиг. 26.

точно друг против друга. Другой полюс представляет собою вращающийся ролик, около которого вручную продвигается свариваемый шов—таким образом, что ролик с требуемым давлением катится по шву.

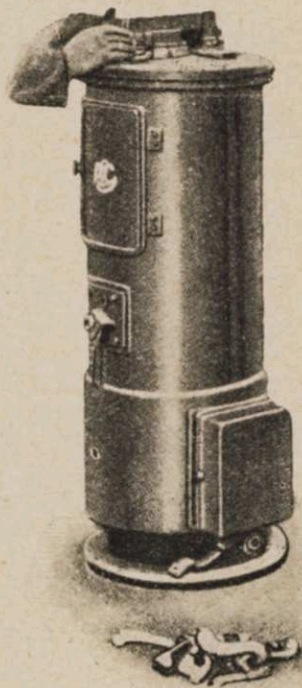
Ток идет от одного полюса трансформатора через токопроводящую плиту или сварочный стол, от нее к электрод-

ной подушке и отсюда через весьма незначительно выступающий свариваемый шов к вращающемуся ролику и от него к противоположному полюсу трансформатора.

К таким швам нельзя предъявлять особенно высоких требований в отношении прочности. На фиг. 28 показан применяющийся для такой сварки аппарат.

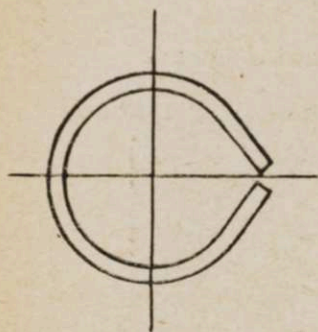
В настоящее время аппараты для сварки швом выполняются для многих специальных предметов. Для сварки железных бидонов применяются, с одной стороны, аппараты для сварки продольных швов, с другой—аппараты для приваривания донышек. Донышки применяются с бортами и сварка производится тремя парами роликов. Дно диаметром 600 мм, согласно данных, приваривается в течение одной минуты.

Сварка с прерывистым движением ролика получила также большое применение при изготовлении разного рода железных труб. Заготовка трубы обычно свертывается из полосового железа. Существуют специальные комбинированные аппараты, в которых операции свертывания полосы в трубу и сварки шва производятся непосредственно одна за другой. При сварке заготовка трубы получает подачу от профилированных роликов, которые одновременно сжимают кромки листа в притык с требуемой силой. Величина этого сжатия имеет громаднейшее значение при трубах с толщиной материала меньше 2 мм и должна быть всегда регулируема.



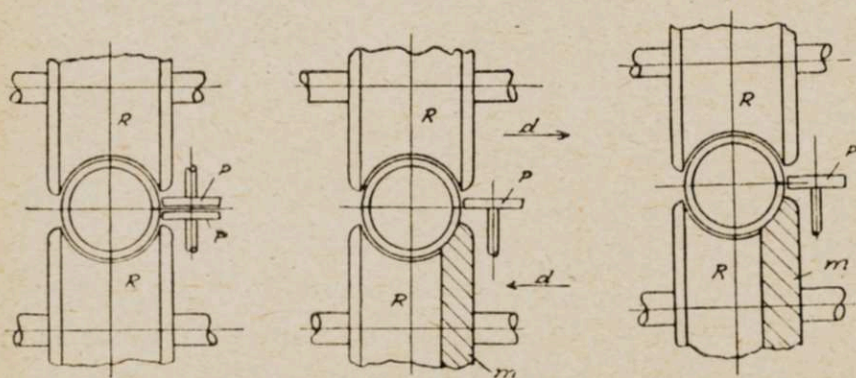
Фиг. 28. Аппарат для сварки узких, полых предметов.

Обычно заготовке трубы придают сечение, показанное на фиг. 29, и подбирают профили роликов таким образом, чтобы несколько выдающиеся вперед кромки постепенно подгибались при подаче.



Фиг. 29.

Подвод тока может производиться различными способами, согласно фиг. 30—32. На фиг. 30 показан старейший, теперь мало применяемый, способ с двумя роликами P , по одному с каждой стороны шва. Эти ролики являются электродными аппаратами. Ток здесь идет от одного ролика через шов к другому ролику. По фиг. 31 ролик, являющийся электродом, находится по одну сторону шва. Ток идет от этого ролика P через шов в щеку m нажимного ролика R . Чтобы путь тока был наиболее коротким, щека m должна

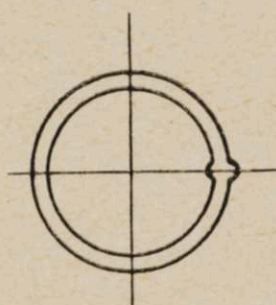


Фиг. 30—32. Различные способы подвода тока при сварке швом труб.

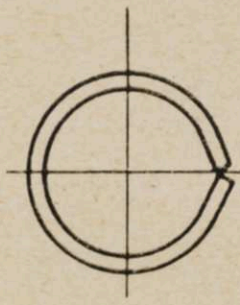
более плотно прилегать к трубе, чем остальной профиль ролика. Щека m часто делается из более твердой бронзы или меди, а остальная часть ролика из железа. Давление между m и трубой можно также регулировать сдвиганием нажимных роликов в осевом направлении (в направлении dd ,

фиг. 31). Получающийся этим способом шов имеет вид, показанный на фиг. 33, так как электродный ролик движется рядом с швом.

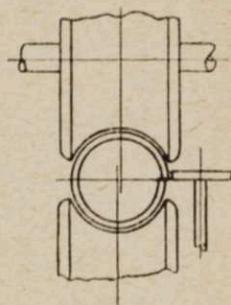
Подвод тока по фиг. 32 такой же, как по фиг. 31, но электродный ролик движется здесь по самому шву. Если заготовке дать вид, показанный на фиг. 34, то электродный



Фиг. 33.



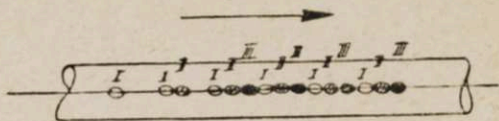
Фиг. 34.



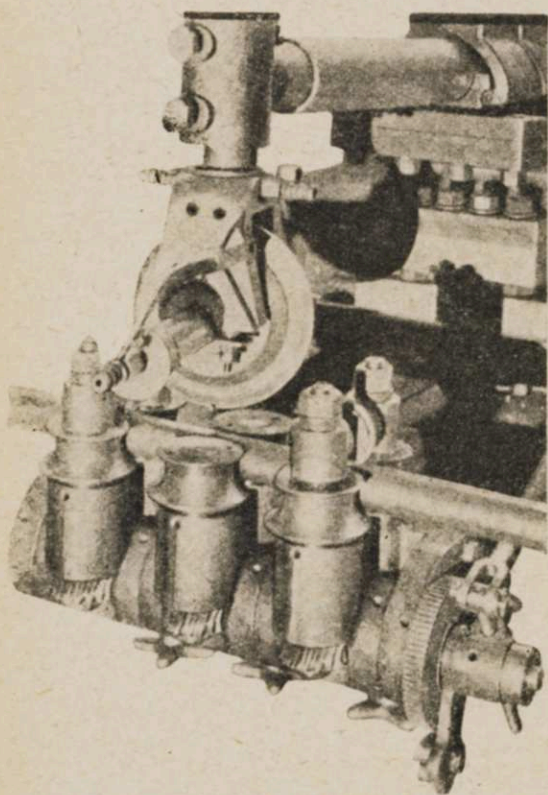
Фиг. 35.

ролик может действовать с большим давлением, без того, чтобы шов прогибался внутрь. Так как в этом случае шов смыкается сначала с внутренней стороны трубы, сварка происходит изнутри по всей толщине листа, несмотря на то, что развитие теплоты начинается там, где ролик *P* прилегает к трубе. Этот способ работы дает при тонкостенных трубах хороший и плоский шов. Этот способ применим также и для более толстых труб, если ролики *R* установить по фиг. 35 так, чтобы верхняя кромка шва трубы несколько выдавалась вперед против нижней. Благодаря этому, электродный ролик сначала нажимает на эту выступающую кромку, и ток нагревает расположенные друг против друга кромки. Давление со стороны электродного ролика заставляет кромки скользить друг по другу, когда выступающая кромка вдавливается внутрь, благодаря чему окислы и т. п. сдвигаются с свариваемых поверхностей. Для труб с большей толщиной стенок можно, однако, применять любой из упомянутых способов подведения тока.

При сварке труба перемещается шаг за шагом. Все сварочные аппараты для сварки труб по способу прерывистой подачи работают с тремя или шестью электродными роликами, расположенными друг за другом, и их движение, а также подвод тока отрегулированы таким образом, что места сварок чередуются согласно фиг. 36. Этим достигается то преимущество, что тот



Фиг. 36.



Фиг. 37. Аппарат для сварки труб.

период времени, в течение которого ролики стоят при выключенном токе, может быть взят больше, так что за этот период металл в месте сварки успевает достаточно охладиться и поэтому шов подвергается меньшему риску разойтись от наличия натяжения в стенках трубы. Полоса должна, конечно, иметь ровные кромки и быть равномерной ширины.

Так как контактные приспособления должны передавать ток от 10000 до 60000 раз в час, они изнашиваются очень быстро и

должны поэтому часто выверяться. Если изнашивание очень большое, то может оказаться, что ток передается в те-

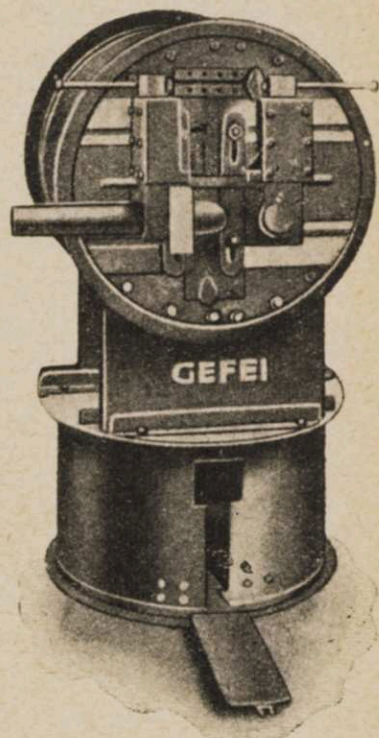
чение слишком короткого промежутка времени, так что нагревание будет далеко не достаточным. Эти аппараты выполняются мощностью от 6 до 20 киловатт, в зависимости от толщины материала труб.

На фиг. 37 показано приспособление для сварки труб, установленное на аппарате для сварки кольцевых швов, показанном на фиг. 23. Большие и тонкие трубы свариваются в нахлестку, так как стенки таких труб не одинаково легко выдерживают давление подающих роликов. При загибании полосы между кромками остается достаточной ширины щель. Нижний электрод выполнен в виде тела, имеющего поверхность, соответствующую внутренней поверхности трубы, к которому электродный ролик прижимает шов. Этот нижний электрод поддерживается тонким стержнем, проходящим вверх через щель между кромками заготовки трубы.

По мере того, как труба проходит мимо этого стержня, кромки сжимаются подающими роликами, так что сварка может происходить беспрепятственно. Подача трубы производится отчасти помощью роликового электрода, отчасти роликами подачи.

Универсальные сварочные аппараты.

Для удовлетворения требований, которые встречаются при большом разнообразии сварочных работ, сконструирован сварочный аппарат, который без смены арматуры может применяться как для сварки швом, так и для точечной сварки.

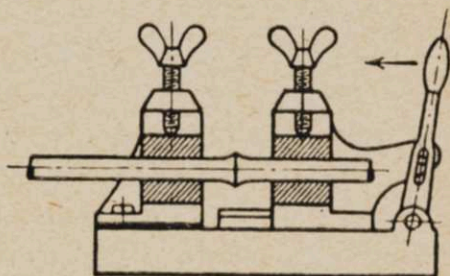


Фиг. 38. Универсальный сварочный аппарат.

Аппарат, показанный на фиг. 38, может также применяться для дуговой сварки и для нагревания при ковке. Для перехода от точечной сварки к сварке в стык требуется лишь повернуть корпус аппарата; когда аппарат должен служить в качестве электрической печи, снимаются зажимы, а при применении его для дуговой сварки вставляются два кабеля, при чем нажимное устройство от педали застопоривается. Имеются также аппараты как для стыковой и точечной сварки, так и для сварки продольных и круговых швов.

Сварка в стык.

Ход работы при сварке в стык показан схематически на фиг. 39. Под стыковой сваркой понимается соединение концов металлических предметов, которые для этой цели вставляются в токопроводящие зажимы аппарата и после соответствующего нагревания прижимаются друг к другу. При сжатии предметов концы их несколько осаживаются, так что вокруг шва образуется утолщение. Степень осаживания или длина осаживания для каждого материала и размера имеет большое значение для получения хорошей сварки, и по этой причине аппараты иногда выполняются с устанавливаемым приспособлением, автоматически выключающим ток, когда осаживание достигло желаемого размера. Благодаря этому получаются также совершенно однообразные сварные швы.



Фиг. 39. Ход работ при сварке в стык.

Если материал покрыт ржавчиной, окалиной или каким-либо другим плохо проводящим ток веществом, то те части, которые захватываются зажимами, а также поверхности стыков, должны быть очищены, что лучше всего производить пескоструйным аппаратом, протравливанием или помощью наждачного полотна. При массовом производстве выгодно

зачищать стыковые поверхности наждачным кругом. Черные поковки нужно протравливать в кислой ванне, состоящей из 5 частей серной кислоты и 250 частей воды (ср. Том IV, стр. 373), и промывать (погружением) в известковой воде для нейтрализации кислоты. Теплая кислота протравливает быстрее, чем холодная.

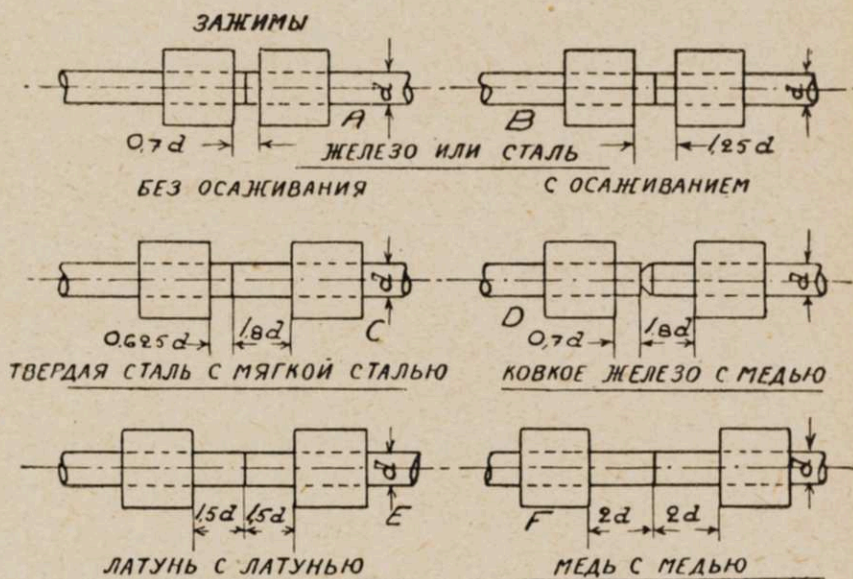
Чем чище предметы, тем легче происходит сваривание и тем меньше потребление тока. Кроме того, меньше изнашиваются зажимы. Зажимы также нужно поддерживать чистыми и хорошо укрепленными в держателях. Если в их гнездах собирается грязь или окалина, то это вредно отзывается на качестве сварки.

Сечение материала. Если свариваются два предмета одного и того же металла или сплава, то поверхности стыков должны быть приблизительно одинакового сечения. Если более толстый стержень приваривается к тонкому, то конец первого должен быть уменьшен до сечения второго на длине от 1 до $2\frac{1}{2}$ диаметров или наибольшего поперечного размера. Если этого не делается, то зажимы аппарата должны иметь особую конструкцию, или же более толстый предмет должен быть нагрет предварительно, чтобы тонкий не сгорел за то время, пока другой достигнет сварочной температуры.

При сварке меди с железом стыковая поверхность медного стержня должна иметь диаметр в два раза меньше диаметра железного стержня (см. *D* на фиг. 40). Так как медь лучше проводит электрический ток, то она не нагрелась бы так же быстро, как железо, если сечения стыков были бы одинаковых размеров.

По той же причине, при сварке в стык различных металлов, предметы должны выступать из зажимов на разную длину, так, чтобы лучшие проводники тока выступали на большую длину, чем худшие. На фиг. 40 показано несколько примеров такой сварки. *A* — обычная сварка в стык железа или стали, *B* — показывает требуемое расстояние

между зажимами для того же материала, *C* — показывает соответствующее расстояние при сварке в стык ковкого железа со сталью, *D* — при сварке меди с ковким железом, *E* — латуни с латуњю и *F* — меди с медью.

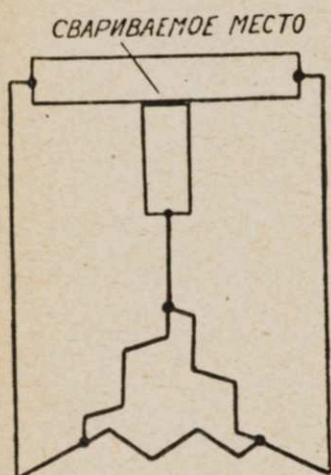


Фиг. 40. Зажимание предметов при разного рода сварках.

Сварка с предварительным нагреванием. Когда требуется сварить предметы различного сечения и невозможно придать свариваемым местам одинаковую площадь сечения, необходимо толстый предмет нагреть предварительно. Если такие сварочные работы встречаются часто, то удобно подогревать предмет в сварочном аппарате, и в таком случае применяют предпочтительно аппараты трехфазного тока. На фиг. 41 показано схематически, как в этом случае происходит распределение тока (ср. Т-образную сварку на стр. 72—73).

Сварка в стык без осаживания применяется обычно для широкого и тонкого материала и иногда ее необходимо предпочитать, когда концы предметов неровные

и не под прямым углом к их длине. Она применяется также при сварке в стык труб и, вообще, в тех случаях, когда для образования шва допускается лишь небольшой отход длины материала, и когда получающийся вокруг шва выступ должен быть отрезан или сошлифован.



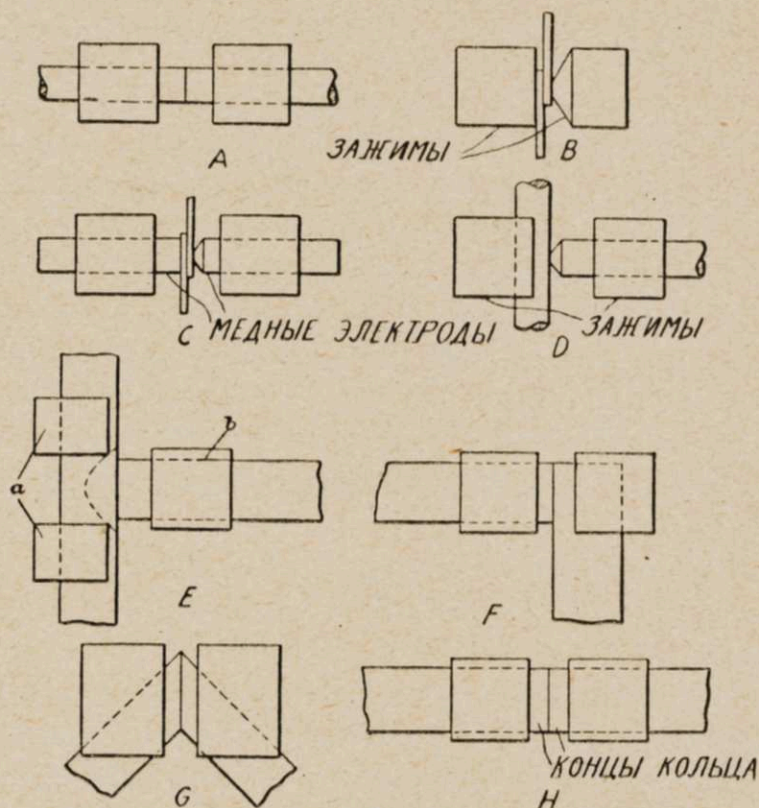
Фиг. 41. Распределение тока при сварке малых поверхностей с большими.

Сварка с осаживанием применяется в тех случаях, когда свариваемое место после сварки должно проковываться, а также при сварках с более тонким материалом и кольцами, для которых не требуется сохранять ту же толщину в месте сварки. При сварке меди, латуни, инструментальной стали и других материалов, страдающих от высокой температуры, нагревание должно производиться быстро и предметы должны прижиматься друг к другу с силой, достаточной для выжимания наружу из свариваемого шва образующегося шлака. На это

осаживание требуется обычно длина, соответствующая приблизительно диаметру предметов, на какую длину сваренный предмет становится, таким образом, меньше первоначальной составной длины несваренного предмета.

Получающийся выступ в большинстве случаев необходимо удалять, что может производиться сразу после сварки посредством проковки или прессования. Последний способ удобен для профилированных предметов и в этом случае пресс помещается на сварочном аппарате. Проковка сваренного стыка имеет то преимущество, что материал в нем больше уплотняется. Для более легких сварочных работ комбинируют сварочный аппарат с прессом для сглаживания выступов. Небольшие выступы можно, конечно, удалять шлифовкой.

Устройство зажимов. Для различного рода работ необходимо придавать зажимам особую приспособленную форму. На фиг. 42 показано схематически несколько устройств зажимов (вид сверху). *А* — показывает зажимы для обычной



Фиг. 42. Устройство зажимов для различных случаев сварки.

сварки в стык стержнеобразных частей. *В* и *С* — показывают устройства для точечной сварки листов, которые при определенном материале могут применяться и в обычных аппаратах для сварки в стык, если размеры и форма предметов допускают это, что, однако, не всегда имеет место. Если применить для точечной сварки обыкновенный аппарат для сварки в стык, то верхние половинки зажимов не используются,

Из нижних половинок одна делается заостренной, другая — плоской, согласно *B* на фиг. 42. Тот материал, который является лучшим проводником тока, помещается на стороне заостренного зажима. Это устройство применяется для сварки стальных, медных и латунных листов. При сварке гальванизированных листов оба зажима должны быть заостренными. Устройство согласно *C* более совершенное и дает возможность без применения специальных зажимов производить точечную сварку. Здесь в зажимы вставлены два медных стержня, через которые и проходит ток.

D — показывает устройство зажимов при сварке двух стержне- или трубообразных предметов под прямым углом друг к другу. При этом обычно заостряется та часть предмета, которая должна служить основанием тавра, чтобы заостренный конец нагревался так же быстро, как другая часть предмета. Этот же способ применяется при таком же сваривании труб.

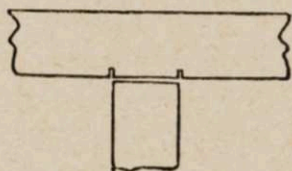
Более специальное устройство показано в *E*. Оно применяется для сварки плоского материала в Т-образную форму и требует аппарата специальной конструкции, снабженного двумя парами самоустанавливающихся зажимов, помещенных на левой половине стола и изолированных друг от друга. Эти зажимы управляются посредством вертикального рычага и охватывают полку тавра. Аппарат снабжен, кроме того, двойным переключателем тока, который управляется помощью педали.

Сварка требует особой подготовительной работы. Сначала нагревается лишь та часть, которая должна образовать полку, посредством пропуска тока лишь через два самоустанавливающихся зажима *a*. Когда предмет достигнет температуры красного каления на длине 25—50 мм, переключатель переставляется так, чтобы ток проходил сперва через зажим *b* и от него к самоустанавливающимся зажимам полки. Когда при этом снование тавра приводится в со-

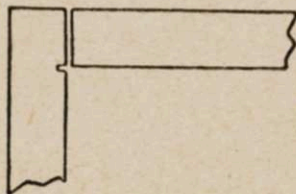
прикосновение с разогретой частью и ток пропускается через все зажимы, предметы быстро достигают сварочной температуры, после чего они прижимаются друг к другу посредством легкого давления на рычаг, регулирующий движение зажимов.

F показывает устройство зажимов для сварки предметов в угольник и *G* — другое устройство для той же цели. В устройстве согласно *F* боковая кромка вертикального предмета выступает от внутренней кромки зажима почти вдвое больше, благодаря чему в обоих предметах получается почти одинаковая температура.

Зажимы согласно *G* обработаны таким образом, что они удерживают обе части под углом в 45° к горизонтальной или вертикальной плоскости, и этот способ не требует



Фиг. 43.



Фиг. 44.

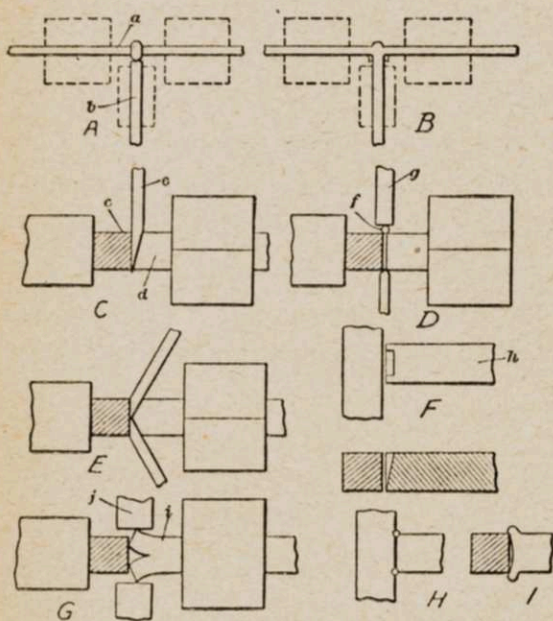
никаких искусственных приемов. Наконец, *H* показывает зажимы для круглых предметов. Они могут свариваться в обыкновенных сварочных аппаратах, в которых зажимы устроены таким образом, что предметы не приходят в соприкосновение со станиной аппарата.

Другой, более простой, способ для одновременного достижения сварочной температуры в обоих предметах при сварке Т-образных предметов состоит в том, что в поперечнике делаются два надреза или выреза в том месте, к которому приваривается основание, и на расстоянии друг от друга, соответствующем ширине основания (см. фиг. 43). Благодаря этому теплота концентрируется в этом месте, так что нагревание обеих частей отнимает приблизительно одинаковое время. Таким же образом можно поступать и при сварке

угольников (фиг. 44), поскольку не предпочитают пользоваться способами, показанными в *F* или *G* на фиг. 42.

Сварка тонкого материала в Т-образную форму. На фиг. 45 *A* и *B* показаны устройства для этой цели. Сперва нагревается и осаживается поперечина предстоящего тавра (*a*), так что она получает утолщение, кото-

рое содействует концентрации теплоты в этом месте при сварке. После этого сварка происходит обычным способом. Это устройство требует, как видно, трех зажимов. Этот способ имеет тот недостаток, что укорачивается длина той части, которая осаживается. При сварке решетчатых предметов, состоящих из двух или нескольких частей, пересекающихся друг друга, или при сварке рам, различные части должны иметь определен-



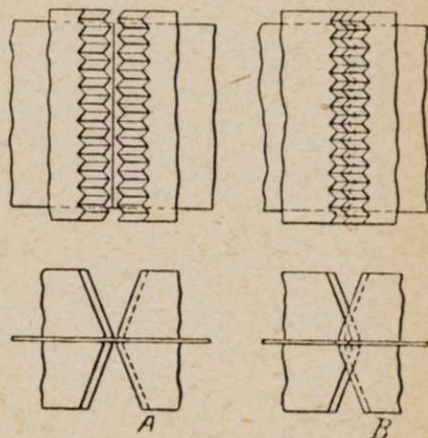
Фиг. 45. Различные способы сварки тонкого материала.

ную длину, а этого трудно достигнуть упомянутым путем. В этих случаях удобнее производить сварку при помощи особого, дополнительного куска металла, который запрессовывается между частями, после того как они установлены в своих правильных положениях.

С на фиг. 45 показывает торцевую сварку в стык этим способом двух стержнеобразных частей. Одна из частей *c* и *d* имеет несколько скошенный торец, и между

ними со стороны запрессовывается клинообразный на конце стержень *e* того же или другого материала, смотря по тому, какой стык желают получить. Сваривание происходит, таким образом, без какого-либо укорочения частей, так что легко может быть получена точная длина.

Когда требуется лишь небольшая прочность, можно пользоваться способом, показанным в *D*. Здесь лишь небольшой кусок металла *f* запрессовывается посредством инструмента *g* между несколькими отстоящими друг от друга концами предметов. В *E* показан способ сварки двух стержнеобразных частей, который отличается от *C* лишь тем, что вместо одной промежуточной части применяются две. *F* показывает другой способ сварки в Т-образную форму или угольником. Здесь в торце одной из частей *h* сделана выемка, дающая место для клинообразной части, имеющей назначение образовать сварочный шов тем же путем, как и в *C*. Другой способ для этой же цели показан в *G*, где конец одной из частей расщеплен и обе половинки отогнуты настолько, чтобы было достаточно материала для сварки, когда расщепленные половинки прессуются по направлению друг к другу. Подобный же способ показан на фиг. 45 в *I*. В обоих случаях необходимый излишек материала получается от самих предметов, или, вернее, одного из них. Наконец, в *H* показан способ Т-образной сварки, который может применяться в тех случаях, когда не требуется особо большой прочности. Металл для сварки вводится в виде небольших кусков в углы, образованные горизонтальной и вертикальной частью,



Фиг. 46. Устройство зажимов для сварки тонких и широких полос.

Сварка в стык тонкого материала. Специальное устройство зажимов для сварки тонких и широких полос показано на фиг. 46 (патент Thomson Electric Welding Co). Для утверждения тонких полос возможно близко к концам, с целью нахождения их на одной линии, без влияния на сварку, зажимы скошены так, что образуют острие в середине, и, кроме того, снабжены зубцами, входящими друг в друга.

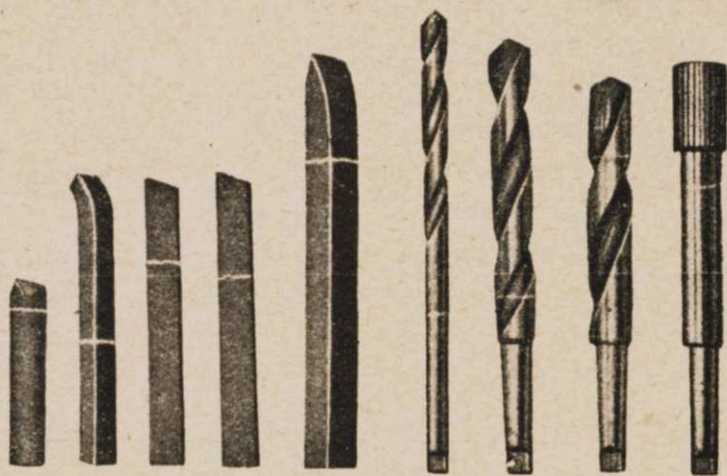
Электрическая сварка по методу оплавления.

Из обычной сварки в стык выработался особый способ сварки, так назыв. метод оплавления. При обыкновенной сварке в стык твердая сталь или сложный предмет с неравномерно распределенным сечением представляют затруднения в получении удовлетворительной сварки тем, что твердая сталь слишком сильно нагревается, и что при различной величине поверхностей сварки меньшее сечение нагревается слишком сильно или горит, прежде чем большее сечение достигнет необходимой для сварки температуры.

Такие предметы при так назыв. оплавлении укрепляются обычным способом в аппарате для сварки в стык, но концы их не подводят друг к другу вплотную, как при обычной сварке, а оставляют между ними зазор, после чего пускается ток. Один из зажимов посредством чувствительного регулирующего устройства подвигается после этого ближе к другому, так что концы предметов постепенно приближаются друг к другу до тех пор, пока переходное сопротивление не уменьшится настолько, что ток начнет переходить в виде искр, или, другими словами, пока не образуется вольтова дуга. Это искрообразование увеличивается по мере того, как концы предметов все более и более приближаются друг к другу, пока они не будут окружены искровым потоком. Тем временем свариваемые поверхности доводятся до температуры сварки, и когда она будет достигнута, концы быстро сжимают с большой силой, так что все находящиеся

в жидком состоянии шлаки с силой выжимаются из шва. Одновременно выключается ток.

Результат этого способа удивительно хороший. Небольшие сечения, как трубы и профилированный материал, легко свариваются этим способом. В отношении больших, более массивных сечений удобнее нагревать их предварительно до красного каления, прежде чем начать оплавление. Предварительное нагревание производится в аппарате обычным способом.



Фиг. 47. Инструмент, сваренный по способу оплавления.

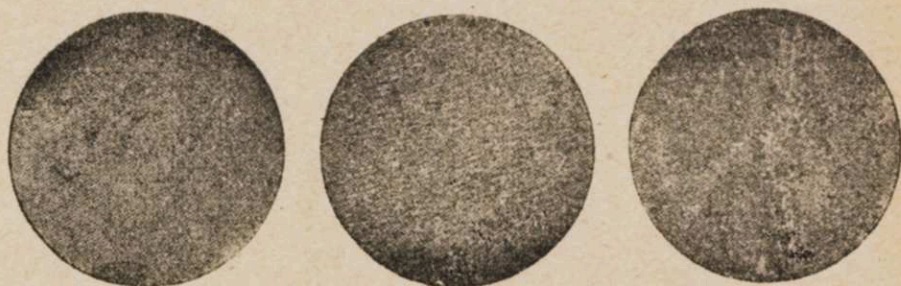
Какого-либо осаживания в собственном смысле слова, как при обыкновенной сварке сопротивлением, не происходит, и вокруг стыка образуется лишь довольно толстый жемчугообразный грат, который удаляется сравнительно легко.

Способ оплавления, по сравнению с обыкновенной сваркой сопротивлением, имеет, кроме того, то преимущество, что свариваемые поверхности могут быть неровными и непараллельными друг другу. Выступающие частицы оплавляются первыми, пока поверхности не будут ровными.

На фиг. 47 показано несколько предметов, сваренных по этому методу. Концы спиральных сверл из высокосортной

стали, в то время как хвосты—из более дешевой стали или железа. Передняя часть токарных резцов—из быстрорежущей стали, а стержень — из мартеновской стали.

На фиг. 48—50 показаны микрофотографии сваренных этим методом железа и стали. На фиг. 48 показано сваренное железо, на фиг. 49—быстрорежущая сталь и на фиг. 50—оба материала, сваренные вместе.



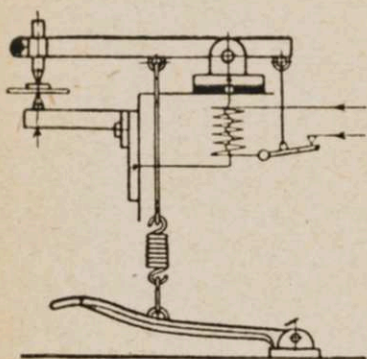
Фиг. 48—50. Микрофотографии железа и стали, сваренных по способу оплавления.

Кроме сварки режущего инструмента, этот метод получил, между прочим, практическое применение для приварки концов разъединенных котельных трубок. Трубка, которую нужно наварить, обрезается, освобождается от котельного камня и после этого удлиняется посредством приварки нового конца трубы методом оплавления, после чего наружный грат сошлифовывается, а внутренний удаляется посредством стачивания. Котельная трубка наружным диаметром 57,5 мм сваривается в течение 14 секунд при расходе энергии в 7 киловатт.

Осаживание происходит в течение 1 сек. при расходе энергии в 20 киловатт, что в общей сложности составляет 118 киловатт-секунд. Особенно этот способ получил распространение в железнодорожных мастерских.

Точечная сварка.

При точечной сварке зажимы заменены стержнеобразными медными электродами, между которыми зажимаются свариваемые листы. Ток проходит из одного электрода в другой, нагревает листы в той точке, в которой они зажаты между



Фиг. 51. Способ работы при точечной сварке.

электродами и под давлением электродов листы в этой точке свариваются. На фиг. 51 показан схематический способ работы. Предметы при этой сварке состоят из листов или частей из листового материала, и этот способ сходен с клепкой в том отношении, что обе части соединяются друг с другом лишь в определенных точках.

Материал, допускающий точечную сварку.

Материалами, допускающими точечную сварку, являются, главным образом, железо и мягкая сталь. Само собой ясно, что металлы, являющиеся такими же хорошими проводниками тока, как медь в электродах, трудно сваривать, так как электроды нагреваются так же быстро, как и предметы. Медь, серебро и алюминий поэтому трудно сваривать точечным способом. Чистый алюминий не может дать удовлетворительной сварки точечным способом в обыкновенных аппаратах, но если он содержит небольшой про-

цент железа или 20% цинка, то можно получить хорошую сварку. Гальванизированные листы можно сваривать точечным способом, но цинк в месте сварки сгорает. Лист также не должен быть тоньше 0,4 мм, если применяется обычная точечная сварка. Для более тонких гальванизированных листов пригоден описываемый далее способ с свободными промежуточными шайбами.

Сталь с железом можно сваривать точечным способом так же легко, как и железо с железом, но прочность сварки сильно колеблется, в зависимости от твердости и толщины стали. Сталь с большим содержанием углерода дает более худшую сварку, чем сталь с меньшим содержанием углерода, а именно, сварка легко делается хрупкой и около нее образуются трещинки. Непосредственная наварка тонкой пружинной стали на массивную часть не оправдывается, так как прочность получается очень небольшая. Если же поверх пружинной стали положить небольшой кусок листового железа, который приваривается одновременно, сварка получается очень прочная. В первом случае свариваемое место охлаждается настолько быстро, что оно делается слишком твердым, и этому слишком быстрому охлаждению препятствуют указанным выше способом. При более толстом материале этот недостаток не имеет такого большого значения. В тех случаях, когда это возможно, нагревают более толстую сталь до температуры сварки, пропуская ток в течение короткого промежутка времени через стальной предмет.

Литая медь — кристаллическая и поэтому она не годится для точечной сварки. Олово может быть сварено с оловом или железом, но получает другую окраску от накала.

Латунные и бронзовые листы можно сваривать с латунными или железными листами, но требуют опытности в отношении необходимого давления и температуры. Для

этой работы необходимо автоматическое выключение тока, при чем автоматический выключатель должен быть установлен с особой тщательностью.

Сплавы, содержащие олово, очень трудно сваривать точечным способом, и это в особенности относится к сварке бронзы с алюминием. Такая сварка выдерживает лишь короткое время, так как воздух, повидимому, оказывает на нее вредное действие.

Нейзильбер, монель-металл, цинк и никкель, наоборот, легко свариваются точечным способом. В некоторых случаях, однако, требуется специальная предварительная подготовка материала или применение электродов различной формы, а иногда бывает необходимо изменять силу тока так, чтобы в течение короткого времени можно было получить более сильный ток. Томленные изделия можно сваривать с стальными листами, но сварка не получается такой прочной, как в случае катанной стали и железа.

Металлы с большей электропроводностью, чем железо, требуют обычно более внимательного наблюдения за температурой и большего опыта в отношении оценки температуры и установки необходимого для сварки сжатия.

Общие правила для точечной сварки. Для получения хорошего результата необходимо иметь в виду следующее:

1. Сопротивление при переходе от одного электрода к поверхности касания предметов должно быть одинаково с сопротивлением при переходе от предметов к другому электроду. Конечно, небольшие отступления от этого допустимы, но лучший результат получается, если можно в точности выполнить это правило.

2. Давление, с которым электроды сжимают свариваемые предметы, должно иметь строго соответствующую величину.

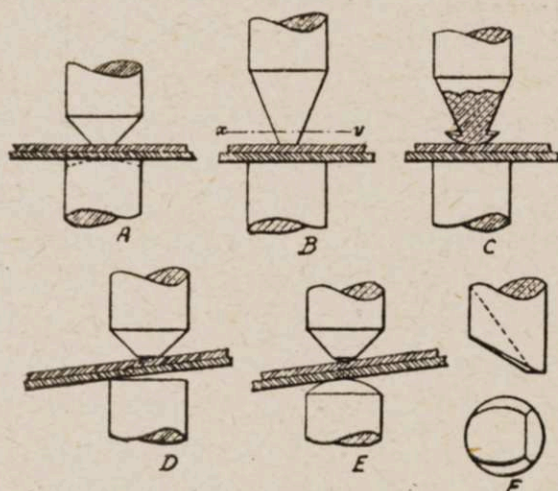
3. Электроды должны хорошо охлаждаться, чтобы они не приваривались к предметам. Сильно заостренные электроды делают применяющееся в аппаратах водяное охлаждение частично или полностью бесполезным, смотря по потребляемой при сварке энергии. Если электроды во время сварки сильно нагреваются, они делаются от теплоты мягкими, деформируются и быстро изнашиваются.

Как и при всякой сварке методом сопротивления, необходимо, чтобы контактные поверхности электродов были чистыми и плотно соприкасались со свариваемыми поверхностями. Водяное охлаждение следует делать таким образом, чтобы в любой момент можно было производить контроль охлаждающей воды.

Весьма важным при точечной сварке является получение надлежащей силы тока и напряжения. Для сварки более толстых материалов требуется более высокое напряжение, чем для материалов более тонких. При сварке латуни, алюминия, нейзильбера, гальванизированных листов, белой жести, олова и всех покрытых металлов требуется меньшее напряжение и большая сила тока, чем при сварке обыкновенного железа.

Так как сварка происходит лишь в определенной точке, площади сечения предметов не играют той роли, как при сварке в стык. Толщина же материала, напротив, имеет значение. С одной стороны, медные электроды не могут пропускать ток больше определенной силы без того, чтобы самим не нагреться до размягчения или плавления, с другой стороны — листы или предметы должны быть сжаты так, чтобы они касались друг друга с определенным давлением в тех местах, в которых они должны свариваться. По этой причине нельзя при помощи обычных устройств производить точечным способом сварку листов толще 10—12 мм.

Форма концов электродов. Они должны соответствовать тому материалу, который подлежит сварке, или внешнему очертанию сварочного шва. При сварке между собой стальных листов нижний электрод обычно делается

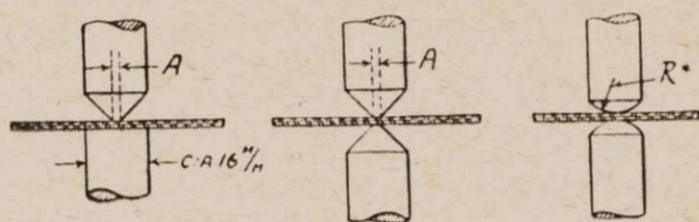


Фиг. 52. Форма концов электродов.

без заострения с поверхностью касания плоской или слегка шарообразной, согласно *A* фиг. 52, в то время как верхний электрод—коническим. Диаметр заострения меняется в зависимости от толщины материала, согласно помещенной ниже таблице.

При сварке луженого, освинцованного или гальванизированного железа оба электрода должны быть заточены на конце. Причина этого заключается в том, что покрытые этим способом железные листы труднее сваривать, чем обыкновенный материал, а цель состоит в том, чтобы ограничить насколько только возможно распространение сварки для предупреждения стораания материала.

Диаметры концов электродов при сварке листов одинаковой толщины и одного и того же материала.



Толщина листов, в англ. дюй- мах	5/16	9/32	17/64	1/4	15/64	7/32	13/64	3/16	11/64	5/32	9/64
Нормаль С. - А. Соедин. Шта- тов №	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр за- острения А, в англ. дюймах:											
железные или стальные ли- сты	7/16	7/16	7/16	7/16	3/8	3/8	3/8	5/16	5/16	5/16	1/4
гальванизирова- нные железные ли- сты	—	—	—	—	—	—	—	3/8	3/8	3/8	1/4
Толщина листов, в англ. дюй- мах	1/8	7/64	5/64	1/16	1/20	3/80	1/32	1/40	3/160	1/64	—
Нормаль С. - А. Соедин. Шта- тов №.	11	12	14	16	18	20	22	24	26	28	—
Диаметр за- острения А, в англ. дюймах:											—
железные или стальные ли- сты	1/4	1/4	1/4	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	1/8	1/8	—
гальванизирова- нные железные ли- сты	1/4	1/4	3/16	3/16	3/16	1/8	1/8	—	—	—	—

На форму концов электродов необходимо обращать большое внимание. Электрод с неправильной формой конца не выдерживает так долго, как электрод с правильной формой, а также не дает и удовлетворительной сварки.

Многие сварщики делают заточку конца слишком длинной, т. е. согласно *B* на фиг. 52. Форма *A* лучше выдерживает напряжения при сжатии. Нагревание будет самым интенсивным ниже линии *x—y* в *B*, и эта часть имеет слишком малую толщину по этой линии, почему она садится быстрее, чем в случае *A*. Это осаживание приводит к тому, что сварка получается плохая. Когда заточен также и нижний электрод, то сказанное относится, конечно, и к нему.

Для больших предметов полезно нижний электрод делать слегка шарообразным, вследствие трудности держать предмет так, чтобы он прилегал ко всей плоскости электрода. Если предмет держится согласно *D*, то на нижней стороне в том месте, где прилегал электрод, получается «вмятина» и сварка в большинстве случаев получается плохой. Напротив, шарообразная поверхность электрода, согласно *E*, при тех же условиях дает доброкачественную сварку.

Форма электродов, показанная в *F*, применяется для сварок в углах ящикообразных предметов. Пунктирная линия показывает неправильное выполнение электродов с тем же недостатком, как и у электрода с слишком большим заострением (см. выше).

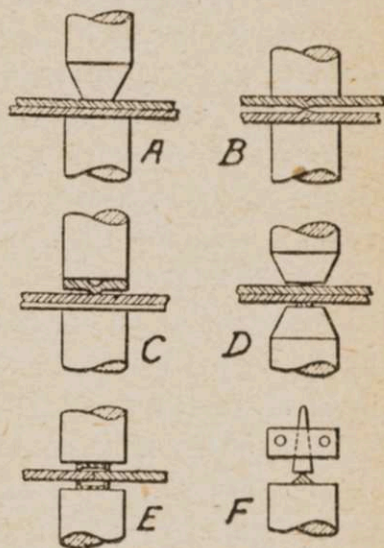
Различные способы сварки. Обычная форма электродов показана на фиг. 53 *A*; в *B* показан особый способ точечной сварки, при котором предметы снабжены конусообразными выступами и лишь ими касаются друг друга (сварка выступами). Эти возвышения могут быть выпрессованы с соответствующими углублениями на обратной стороне. Этот способ может часто находить применение в тех случаях, когда обычная точечная сварка недостаточна, и имеет много преимуществ, между прочим, то, что предмет

меньше накаливается. Причина этого заключается в том, что сопротивление и вместе с тем теплота, так сказать, концентрируются в прижатых друг к другу небольших возвышениях, и что сварка успевает уже быть произведенной прежде, чем предмет в остальной части успевает сильно нагреться.

Когда толщина предмета или другие производственные причины препятствуют тому, чтобы выпрессовывать эти возвышения, во многих случаях можно делать углубления посредством зубила или керна.

Вокруг кромок этих углублений появляются при этом возвышения, которые почти исполняют то же назначение, как и выпрессованные возвышения. Применяя плоские электроды, этим способом получают точки сварки, которые не оставляют никаких следов на поверхности листов. Большой степени прочности этим способом едва ли можно достигнуть.

В С показано видоизменение этого способа, отличающееся от предыдущего лишь тем, что возвышение имеет форму хребта (хребтовая или спиночная сварка). Оба предмета снабжены подобным хребтом, при чем они обычно располагаются таким образом, что образуют между собою прямоугольный крест. Как при сварке выступами, так и при спиночной сварке электроды могут выполняться в виде больших плоских медных стержней, требующих очень мало надзора, за исключением, иногда, незначительного выравнивания пилой рабочих поверхностей. Небольшие заточенные электроды требуют, наоборот, постоянного присмотра и правки.

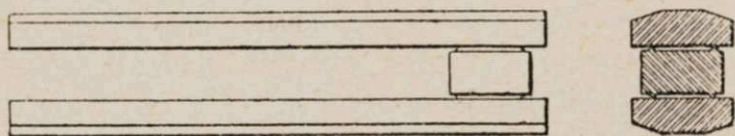


Фиг. 53. Различные способы сварки.

D—показывает другой способ, который может быть назван шайбочной или кнопочной сваркой (англ. button welding). Здесь применяется одна или несколько шайб для концентрации теплоты. Эти шайбы кладутся между электродами и предметами, подлежащими сварке. Теплота размягчает как их, так и те места предметов, которые находятся против них, и шайбы впрессовываются в листы одновременно со сваркой последних. Этот способ пригоден для сварки более толстых материалов, которые не могут быть приведены в тесный контакт на свариваемых местах.

В *E* показан способ сварки, получивший название мостовой сварки. Как видно на рисунке, здесь, собственно, имеет место сварка в стык двух кромок листов, которая осуществляется посредством приварки особого рода накладок. «Мостики» — по одному с каждой стороны — имеют форму неглубокого желоба и ввариваются в материал тем же способом, как и в предыдущем примере.

Способ, показанный в *F* (Т-образная сварка), применяется почти исключительно при изготовлении сельскохозяйственных орудий, например, грабель и т. п., и основан на том же принципе, как и сварка выступами. Рамка грабли снабжается выступом по линии, по которой должны быть помещены зубья. Этим увеличивается сопротивление в поднятом материале, чтобы зубья легче могли привариться.

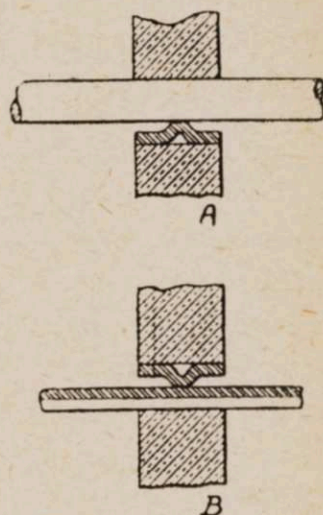


Фиг. 54. Пример сварки выступами.

На фиг. 54 показан интересный пример сварки выступами. Посредством обыкновенной точечной сварки невозможно соединить друг с другом две закаленные части без

отпуска их. Это, однако, возможно способом, показанным на фиг. 54. На рисунке показан магнит (американского) телефонного аппарата. Стержни изготовлены из магнитной стали и закалены до зеркальной твердости, почему их склепывание с промежуточной частью представляет затруднения. Для сварки промежуточная часть снабжена с обеих сторон выступами (буртиками) в форме круга и высотой около 0,4 мм. Части вкладываются в приспособление для удерживания их в надлежащем положении и свариваются обычным способом в аппарате с силой тока около 2000 ампер. Сварка производится настолько быстро, что стержни не успевают отпустить и сохраняют свою первоначальную твердость.

На фиг. 55 показаны два примера спиночной сварки *A* показывает сварку стержня поперек с полосой, снабженной спинкой. Здесь закругление стержня производит то же действие, как и выступ на полосе, почему и получается хорошая сварка. *B*—показывает сварку двух полос перпендикулярно друг к другу.

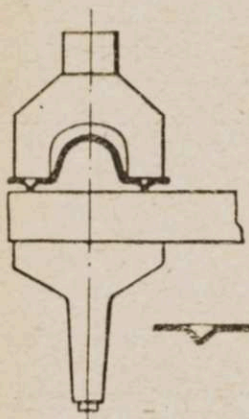


Фиг. 55. Примеры спиночной сварки.

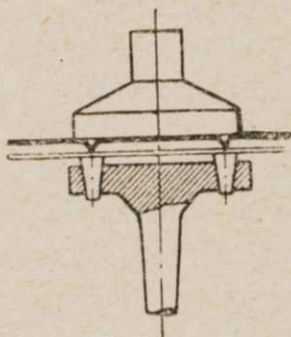
Сварка одновременно в нескольких точках. Многократная сварка выступами применяется с успехом, например, в тех случаях, когда часть из тонкого листа требуется приварить к более толстому материалу (фиг. 56). Вследствие давления между электродами выступы, сделанные предварительно в привариваемой части, спрессовываются в плоскость, но лишь после того, как они скрепились с более толстым предметом. Ясно, что прочность в этом случае не будет особенно большой, так как сварка происходит лишь в определенных точках. Показанные на

рисунке электроды — плоские и покрывают всю ту площадь, в пределах которой расположены выступы.

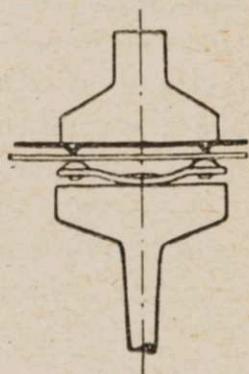
При сварке между собой двух предметов из тонких листов необходимо предпочитать устройство, показанное на фиг. 57. Здесь теплота также и в нижнем листе концентрируется в самих свариваемых точках, так как в нижнем



Фиг. 56. Пример сварки выступами в нескольких точках одновременно.



Фиг. 57. Сварка выступами тонких листов.



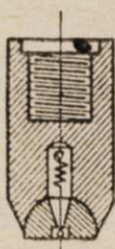
Фиг. 58. Сварка выступами помощью эластичного электрода.

электроде против них помещены низкие, конические штифты. Штифты должны плотно прилегать к соответствующим отверстиям в электроде, чтобы между штифтами и держателем не появлялось бесполезное сопротивление. Верхние концы штифтов, после их установки в держателе, зашлифовываются одновременно, благодаря чему они получают расположенными в одной плоскости. Такие штифты легко заменяются новыми.

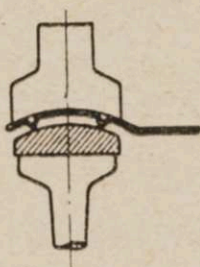
Если при подобной работе нижний (без выступов) лист неровный или имеет погнутость, можно пользоваться эластичным электродом, который следует за неровностями листа и всегда держит контакт. На фиг. 58 показан пример такого устройства. Против каждого выступа в верхнем листе, на

эластичном держателе из бронзового листа приклепаны шарообразные медные части. Держатель, или пружина, в свою очередь прикреплен к телу электрода. Такой электрод быстро нагревается, но может охлаждаться посредством погружения бронзового листа, или пружин, в воду или ртуть.

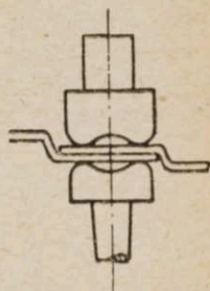
Для подобных же предметов пользуются полусферовым электродом, показанным на фиг. 59. Он состоит из тела электрода, в который пригнана часть приблизительно полу-



Фиг. 59.
Полусферовой
электрод.



Фиг. 60. Свар-
ка выступами
предметов с
кривыми по-
верхностями.



Фиг. 61.
Электроды
с выступами.

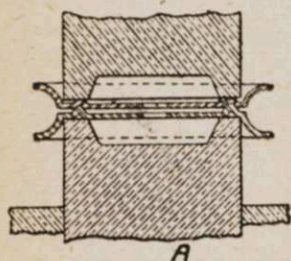
шарообразной формы таким образом, что она выступает из тела на расстояние, равное расстоянию от плоской части полусфера до его центра. Он прижимается своей шаровой частью к телу электрода посредством небольшой пружинки, которая удерживает его от выпадания. Преимущество этой конструкции заключается в том, что контактная поверхность устанавливается по поверхности предмета. Эти электроды, однако, трудно охлаждать.

На фиг. 60 показано применение сварки выступами для предметов с кривыми поверхностями, которое не требует более подробного рассмотрения.

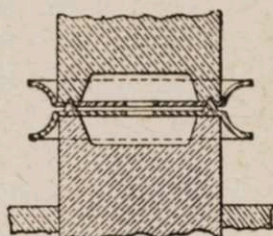
В тех особых случаях, когда приходится отказываться от выпрессовывания выступов на предмете, соответствующими

выступами снабжаются электроды, как верхний, так и нижний (см. фиг. 61). Недостаток такого устройства состоит в том, что электроды быстро изнашиваются.

На фиг. 62 показаны два способа сварки небольших блоков, которые изготавливаются посредством штамповки из



А

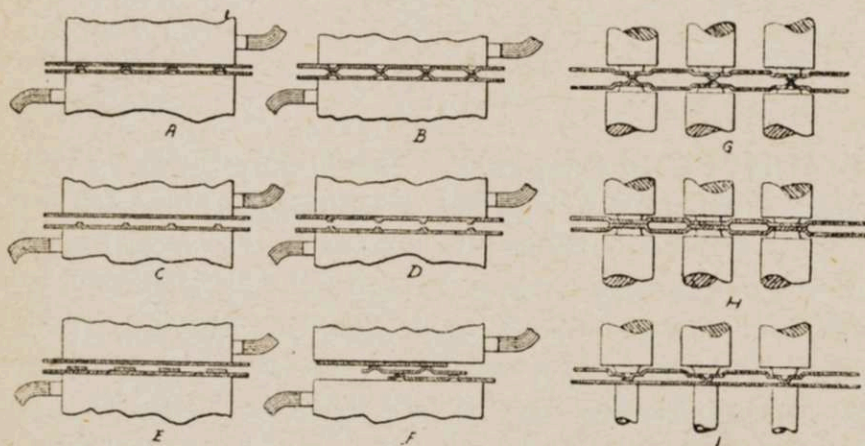


В

Фиг. 62. Сварка небольших блоков.

двух половин. Согласно А, обе половинки снабжены кольцевыми выпрессованными выступами, так что выступ нижней половинки входит в углубление верхней. Согласно В, нижняя половинка снабжена выпрессованными «конусами», которые входят в соответствующие отверстия в верхней половинке.

Согласно В, нижняя половинка снабжена выпрессованными «конусами», которые входят в соответствующие отверстия в верхней половинке.



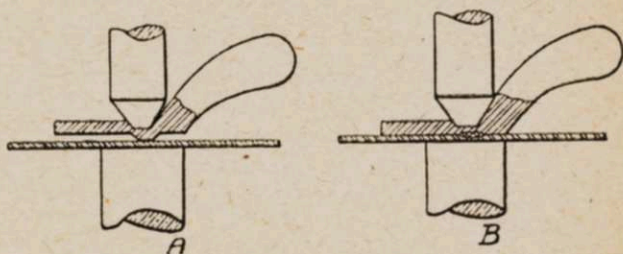
Фиг. 63. Примеры сварки выступами и шайбочной сварки.

На фиг. 63 показано еще несколько примеров сварки выступами, а также шайбочной сварки. В А и В выступы сделаны посредством прессования, а в С и D посредством фрезерования промежутков между выступами. Е показы-

вает шайбочную сварку и *F* сварку выступами трех листов. Шайбочная сварка, согласно *E*, имеет тот недостаток, что трудно размещать шайбы или прокладки в правильном положении и работа требует больше времени, чем при сварке выступами. С другой стороны, отпадает предварительная обработка предметов.

Во всех приведенных случаях применяется лишь один верхний и один нижний электрод, оба большой ширины. *G*, *H* и *I* на том же рисунке показывают подобные же работы с применением нескольких электродов. *G* и *H* показывают сварку листовых радиаторов, а *I* — упрощение этой работы, при которой выступами снабжен лишь один из листов.

Приварка более толстого материала к тонкому представляет известные затруднения, в виду того, что тонкий лист нагревается быстрее толстого и поэтому легко сгорает, прежде чем последний достигнет сварочной температуры.



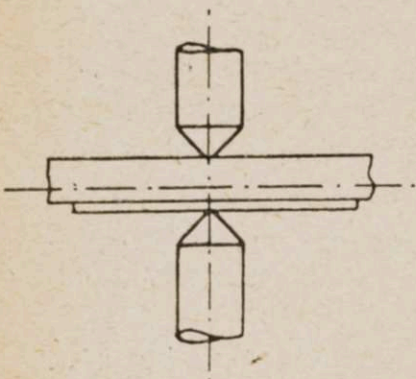
Фиг. 64. Приварка толстого материала к тонкому.

Способы избежать этого показаны на фиг. 64 *A* и *B*. Более толстый предмет снабжен на свариваемой стороне выступом, который концентрирует сопротивление так же, как и при сварке выступами.

Когда тонкий лист приваривается обыкновенным способом к толстому, то наиболее сильное нагревание материала происходит в слое, который расположен в толстом листе (см. фиг. 65), а именно, в плоскости, которая делит суммарное сопротивление на две равные части. Эта плоскость лежит не по середине общей толщины листов, а несколько

ближе к поверхности соприкосновения листов, где сопротивление больше, чем в однородном материале.

Размягчение материала происходит прежде всего в этой плоскости и когда расположенная вне твердая пленка листа



Фиг. 65. Положение плоскости сварки.

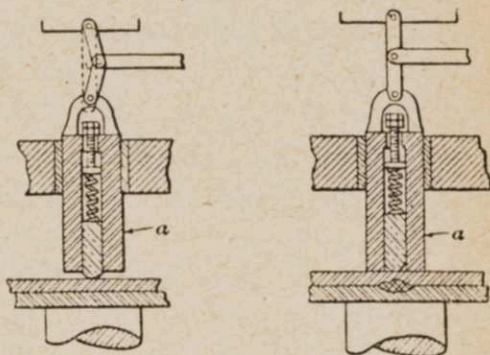
начинает подаваться, тонкий лист вдавливается в толстый, при чем жидкий металл выступает наружу. Благодаря этому толстый лист делается тоньше и сварочная плоскость все более и более приближается к поверхности тонкого листа, до тех пор, пока она не достигнет последней, когда и происходит сварка. Такая сварка имеет очень неопрятный вид. Вытекающий металл оставляет часто

пустоты в сварке, которые влияют неблагоприятно на прочность. Этому недостатку можно в известной степени помочь уменьшением давления между электродами. Если, однако, разница в толщине листов слишком большая, сварка будет неудачной.

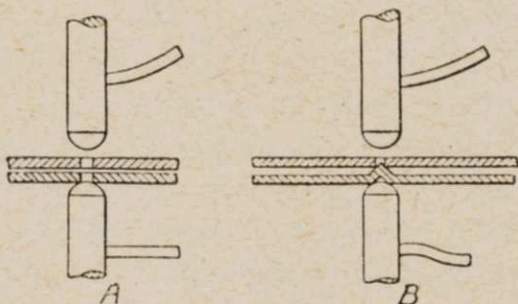
При такой сварке следует тонкий материал располагать, предпочтительно, на заострении нижнего электрода, который необходимо делать насколько возможно более тупым.

Сварка толстого материала. Толщина материала, как уже было упомянуто, ограничена трудностью посредством медных электродов прижимать друг к другу листы так, чтобы они были в тесном соприкосновении между собой в месте сварки. Необходимое давление сварки увеличивается пропорционально квадрату толщины листа и, соответственно, его жесткости, и электроды должны поэтому хорошо охлаждаться, чтобы при сварке толстых листов не осаживаться.

На фиг. 66 показано устройство, которое может применяться для сжатия толстых листов. Каленая гильза *a*, охватывающая верхний электрод, соединена с коленчатой рычажной передачей, на которую действует поршень гидравлического или воздушного цилиндра. Нижний электрод должен иметь сравнительно большой диаметр. После того как листы сжаты, включается ток. Верхний электрод все время прижат к листу спиральной пружиной, укрепленной в гильзе *a*.



Фиг. 66. Устройство для сжимания листов.



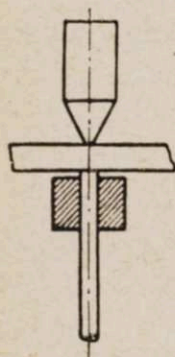
Фиг. 67. Сварка толстого материала.

на специальном аппарате. Движение верхнему электроду сообщается устройством того же рода, как и в прессе с коленчатой передачей. Коленчатый механизм приводится в движение гидравлически и развивает полное давление в 50 тонн.

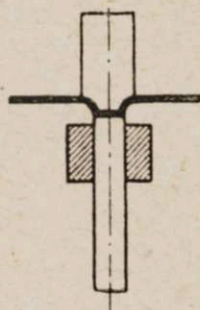
На фиг. 67 на двух примерах показаны способы облегчения сварки больших предметов. Согласно *A*, в предметах высверливаются по небольшому отверстию по середине места сварки. Благодаря им теплота концентрируется вокруг кромок отверстий, вследствие чего работа требует меньше усилия и, кроме того, протекает быстрее. В *B* показано изме-

нение этого способа, при котором отверстие в нижнем предмете заменено выступом. Этот способ требует, однако, большой затраты силы. Можно изменить этот способ также и таким образом, что отверстием снабжается лишь толстый предмет, в то время как в тонком не делается никакой подготовки.

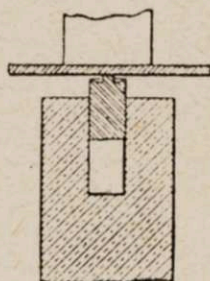
Приварка проволоки к листу. В случае приваривания, например, железной проволоки диаметром 2 мм



Фиг. 68. Приварка проволоки к листу.



Фиг. 69. Приварка проволоки к листу.



Фиг. 70.

к листу толщиной 3 мм, согласно фиг. 68, проволока зажимается между двумя зажимами, как при сварке в стык, и таким образом, что из зажимов выступает лишь небольшой кусок проволоки, в то время как другой электрод выполняется в виде обыкновенного точечного электрода. Таким же способом поступают в случае приваривания толстой проволоки к тонкому листу. Если проволока имеет слишком большую толщину по сравнению с толщиной листа, приварка произойдет не по всей поверхности торца, а лишь на небольшой ее части. Чтобы сварка распространилась по всей торцевой поверхности проволоки, можно в листе выпрессовать плоский выступ, имеющий тот же диаметр, как и проволока (см. фиг. 69). Электрод выполняется тогда таким об-

разом, чтобы он заполнял углубление с другой стороны листа. Такое полное приваривание может быть достигнуто также и тем, что заточка электрода делается точно по диаметру проволоки, при чем торцевая поверхность ее должна плотно прилегать к листу.

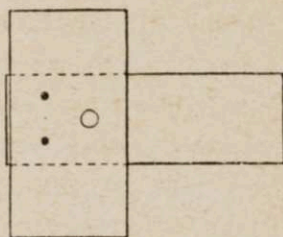
Несколько другой способ показан на фиг. 70. Для концентрирования тока в проволоке сделан расположенный по ее оси выступ. Торец проволоки в остальной части чашеобразный. При сваривании выступ сжимается книзу, так что кромка торца проволоки коснется листа, при чем сопротивление здесь будет иметь большую величину, в результате чего она также приварится. Этот способ имеет то преимущество, что при сварке вокруг торца проволоки не образуется никакого грата.

Если латунную проволоку (или проволоку из другого материала с лучшей электропроводностью) необходимо приварить к железу, то проволока снабжается потайной головкой. Нижний электрод снабжается отверстием, в которое вставляется проволока и которое сверху имеет раззенковку, так что головка проволоки выступает над электродом лишь незначительно. Верхний электрод имеет заточку, как при обыкновенной точечной сварке.

Сварка алюминиевых сплавов. При точечной сварке алюминиевых сплавов работа облегчается тем, что предметы помещаются между двумя стальными пластинами. Благодаря им увеличивается сопротивление и наибольшее нагревание имеет место в лежащих поверх пластинах. Вследствие меньшей теплопроводности стали теплота концентрируется в них и передается предметам.

Толщина накладываемых пластин подбирается по предметам. Если толщина их 1,25 мм, то стальные пластины должны иметь толщину около 0,5 мм. Пластины после сварки легко удаляются. По имеющимся данным, этим способом можно сваривать и не сплавленный алюминий.

Приспособления для точечной сварки. Во многих случаях безусловно необходимо или удобно иметь особые держатели или закрепления для свариваемых предметов, отчасти для того, чтобы они располагались точно относительно друг друга, отчасти для того, чтобы работа происходила быстрее. В нижеследующем приводится лишь один пример таких приспособлений.

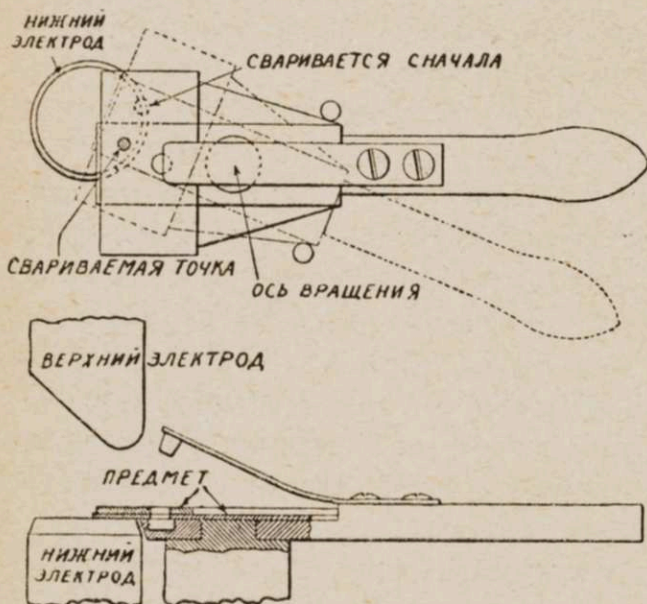


Фиг. 71.

Предмет, показанный на фиг. 71, представляет деталь электрического оборудования автомобиля и состоит из поперечины из нейзильбера и подобного же листа из латуни. Части должны быть

сварены под прямым углом друг к другу и так, чтобы совпали отверстия. Обе точечных сварки в известных случаях не могут по практическим соображениям производиться одновременно (двумя электродами). Приспособление показано на фиг. 72. Щеточный держатель (латунная часть)

кладется сперва



Фиг. 72. Пример приспособления для точечной сварки.

в соответствующий паз в приспособлении так, чтобы задний конец опирался в упор. Поверх кладется часть из нейзильбера

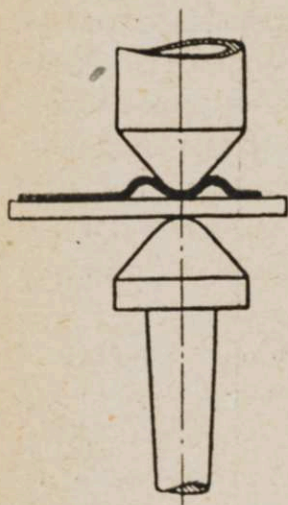
так, чтобы ее длинная сторона упиралась в две кромки, расположенные по обе стороны паза, благодаря чему она становится под прямым углом и отверстия совпадают. Приспособление вращается на цапфе и его оба положения при сварке фиксируются установленным с каждой стороны упором в виде пальца. Во время сварки части удерживаются помещенным на плоской пружине пальцем, который входит в отверстия предметов и опять поднимается, как только рабочий перестает прижимать книзу пружину. Первое и второе положение приспособления показаны соответственно сплошными и пунктирными линиями.

При конструировании приспособлений этого рода необходимо обращать особое внимание на то, чтобы время для их установки и съемки было насколько возможно малое. Время, требующееся для самой сварки, весьма мало по сравнению с временем на установку приспособлений. Никаких накладных частей не следует поэтому применять, поскольку не требуется большой точности.

Способы скрывания мест сварки. При точечной сварке места сварок часто получают очень некрасивый вид, отчасти вследствие накала, отчасти от того, что электроды оставляют на листах следы. Этот недостаток можно, однако, почти всегда устранить обработкой частей после сварки или шпаклевкой тех, которые должны лакироваться, а также тем, что лишь после сварки протравливают или гальванизируют такие части, которые должны быть блестящими.

Такой способ, однако, удорожает работу и обычно не пригоден для массового производства. Вместо этого, листы заранее снабжаются выпрессованными выступами соответствующей формы в тех местах, в которых должна быть произведена сварка (см. фиг. 73). Такие выступы, конечно, не делают сами сварочные места красивее, но отвлекают от них внимание и создают впечатление большой прочности.

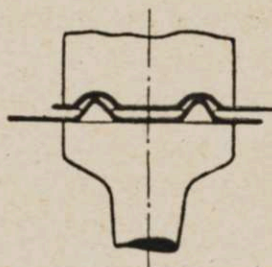
Подобные выступы во многих случаях полезны также и для работы, а именно, они, с одной стороны, указывают то место, где должна быть произведена сварка, с другой—они делают приспособления для держания предметов в правильном положении друг к другу излишними. Для достижения этого выступы делаются в обоих листах, но глубже и острее в одном из них, так чтобы выступы на верхней стороне нижнего листа чуть касались углублений на нижней стороне верхнего листа. Этим путем листы удерживаются в определенном взаимном положении. Нижний электрод плоский, в то время, как верхний снабжен углублениями, соответствующими выступам верхнего листа (см. фиг. 74).



Фиг. 73.

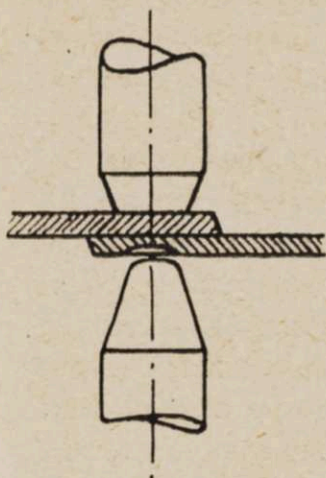
Показанное на фиг. 73 устройство приводит также к тому, что вытекающий между листами металл улавливается пространством, образованным выступом. Такие выемки могут выполняться различными способами во время обработки предмета и не вызывают значительных расходов.

В то же время можно избежать оставления электродных следов на одной стороне предмета, что часто бывает достаточно в отношении внешнего вида. Для этой цели заточка электрода на этой стороне делается значительно большего диаметра, в то время как другой делается нормальным (см. фиг. 75). Благодаря этому, однако, след от более заостренного электрода получается несколько глубже, чем в том случае, когда применяются электроды с одинаковым диаметром заточки.



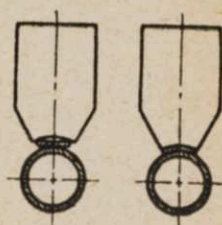
Фиг. 74.

Когда применяются обыкновенные электроды, можно, для того, чтобы они не слишком углублялись в материал, пользоваться устанавливаемыми упорами на аппарате. При этом, однако, необходимо иметь в виду, что могут получиться прожигания материала вследствие того, что материал делается мягким и вытекает из-под заострения электрода, так что он перестает прилегать к электроду и в этом месте проскакивает искра.



Фиг. 75.

Посредством придания электродам соответствующей формы



Фиг. 76.

можно свариваемым местам придавать определенный внешний вид. Здесь могут встречаться, однако, лишь очень простые формы, так как в противном случае возобновление электродов было бы слишком дорогим (см. фиг. 76).

Сварка швом.

Этот способ сварки получил в настоящее время большое распространение при сварке непрерывным швом кромок листов, особенно когда шов должен быть плотным. Сварка швом может применяться как при сварке в нахлестку, так и в торец. Торцевая сварка кромок листов часто применяется при изготовлении небольших листовых труб. Способ изготовления труб посредством загибания листов с последующей сваркой шва получил за последнее время большое распространение вследствие своих экономических выгод.

Сварка швом может производиться также и на аппаратах для точечной сварки, если одну свариваемую точку помещать вплотную к другой, но само собой очевидно, что такой способ отнимает много времени. Чтобы этим путем достигнуть более быстрой работы, сконструировали так назыв. «интегральные» аппараты для точечной сварки, в которых один из точечных электродов приводится в действие от мотора, а предмет имеет шаговое передвижение. При таком способе работы сваренный шов получает, однако, неопрятный вид, так как в течение всего времени применяется один и тот же точечный электрод со своей ограниченной контактной поверхностью. Последняя загрязняется и быстро изменяет свою форму, что приводит к тому, что работа должна время от времени приостанавливаться для приведения в порядок электродов.

Обыкновенная сварка швом с беспрерывным движением электродных роликов пригодна лишь для листов толщиной

не более 0,8—1 мм (самая максимальная толщина 2 мм). Мягкая сталь, олово, жестяные листы и латунные не представляют каких-либо больших трудностей для сварки. Цинк, алюминий и медь, напротив, не допускают успешной сварки.

В отношении свариваемости при сварке с прерывистым движением ролика действительно, примерно, то же, что было приведено для точечной сварки (см. стр. 80—83).

При сварке металлов с большей электропроводностью давление на электродные ролики не должно превышать 30 кг. Для достижения хорошего результата они должны иметь хорошее направление в подшичниках, чтобы они легко вращались с перемещением предмета.

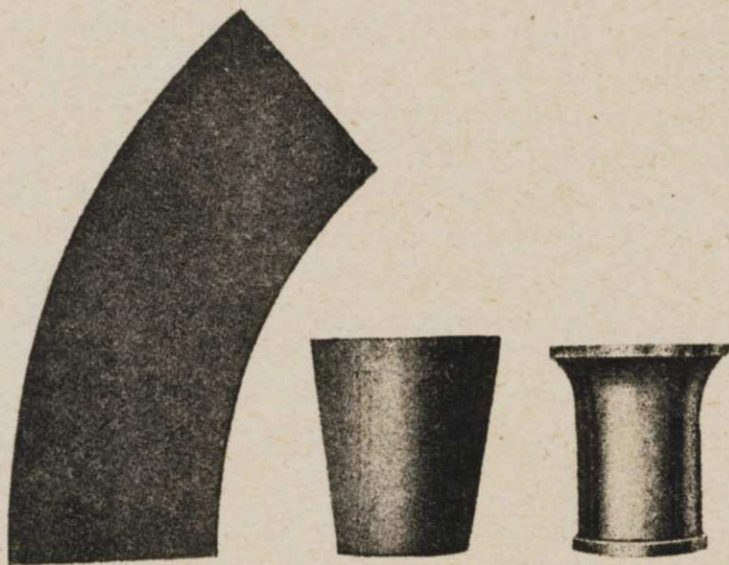
Более толстые листы можно сваривать швом обычным способом, заставляя шов проходить несколько раз между роликами и скашивая кромки листов перед сваркой. При сварке с прерывистым движением ролика толщина листов может быть до 5 мм иногда и больше.

Кромки листов обычно кладутся друг на друга так, что они перекрывают друг друга на величину, соответствующую толщине листов. Когда медные электроды проходят вдоль кромок листов, последние размягчаются и осаживаются, так что шов получает примерно ту же толщину, как и остальной лист.

Для предупреждения коробления или выгибания листов, листы более значительных размеров во время сварки необходимо закреплять. Несмотря на это, в некоторых случаях трудно полностью избежать выгибания листов, в особенности, если их длина больше 350 мм или их толщина больше 0,8 мм.

При обычной сварке швом весьма важно, чтобы материал был совершенно чист (протравлен или очищен пескоструйным аппаратом и т. п.). Само собой понятно, что также и электродные ролики должны быть свободны от окиси и загрязнений, а равным образом и их держатели.

При обычной сварке швом лучшие результаты получаются в том случае, когда нижний роликовый электрод соединен с верхним и от него получает свое движение. Когда нижний ролик вращается лишь от передвижения предмета, то нижняя сторона шва не получается достаточно ровной, вследствие нерасположенности роликового электрода следовать за предметом.



Фиг. 77. Изготовление цилиндров для дуговой лампы.

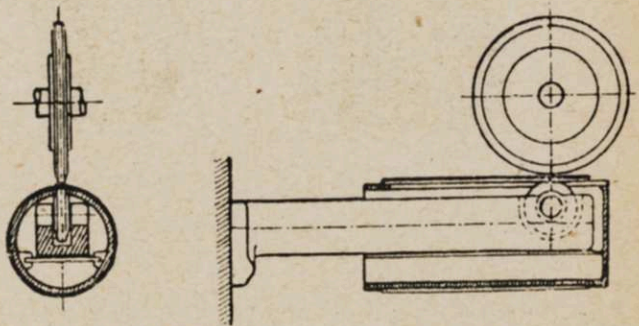
Сварку с прерывистым движением ролика всегда нужно предпочитать для более ответственных работ и для более толстого материала.

Как обыкновенная сварка швом, так и сварка с прерывистым движением ролика, за последнее время стала применяться также и для замены выдавливания и вытяжки при изготовлении чашеобразных предметов. На фиг. 77 показан ход работы при изготовлении цилиндра для дуговой лампы.

Листовая заготовка вырезается в виде сегмента, закатывается, сваривается и после этого придается желаемая форма на давальном станке. Ясно, что лист при этом далеко не

подвергается тем большим напряжениям, которые имели бы место, если бы предмет изготовлялся вытяжкой из круглого листа.

Сварка с прерывистым движением ролика очень удобна для вспомогательных работ, отчасти потому, что этот способ является более подходящим для толстых листов, и отчасти потому, что швы получаются более надежными. Сварка сосудов, как замена вытяжки, особенно удобна в тех случаях, когда последняя вызывает сильные напряжения в листе и дает большой процент брака. Благодаря сварке бережется также значительное количество материала, вследствие уменьшения количества обрезков, при чем повторные нагревания, которым подвергается предмет при выполнении работы на прессе, совершенно отпадают. Сваренный шов может быть сделан совершенно ровным, так что сосуд без дополнительной обработки швов может эмалироваться, лудиться или гальванизироваться и т. д. Луженные железные листы могут посредством этой сварки свариваться без удаления окалины, при том условии, что свариваемое место охлаждается, прежде чем ролик его оставляют.



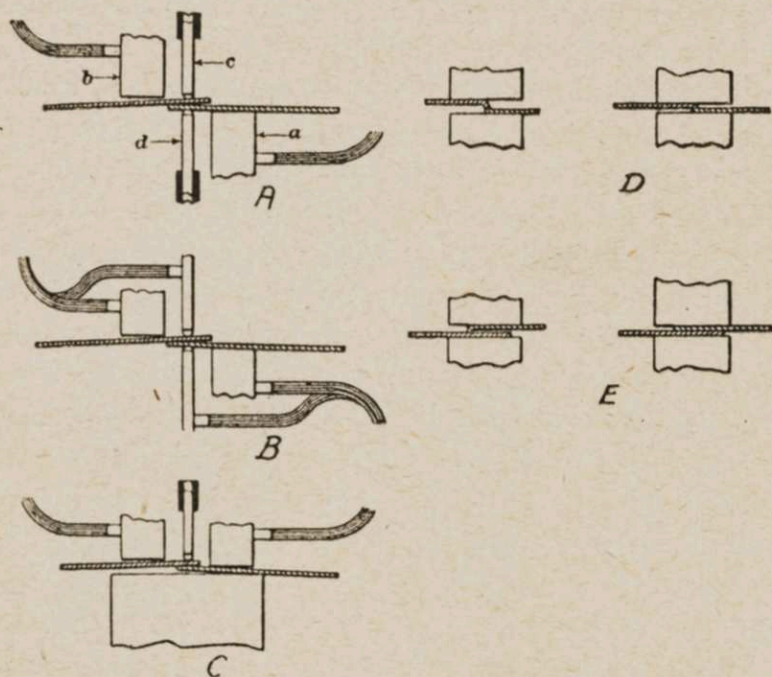
Фиг. 78. Приспособление для массовой сварки труб одинакового диаметра.

Для сварки большого количества труб одного

и того же диаметра пользуются с успехом приспособлением, показанным на фиг. 78, чтобы всегда получать точный размер предмета. На нижнем электродном рукаве установлен съемный цилиндр, наружный диаметр которого соответствует внутреннему диаметру оправы. Сварщику поэтому необходимо лишь прижимать заготовку к этому цилиндру так, чтобы кромки листа

перекрывали друг друга и получался точный диаметр цилиндра. Это приспособление запатентовано, поскольку патент еще имеет силу.

При сварке швом на аппаратах для точечной сварки листы накладываются друг на друга на



Фиг. 79. Различные способы воспрепятствования коробления листов.

ширину, соответствующую толщине листа, после чего сварка производится точка за точкой настолько плотно, чтобы они частично перекрывали друг друга. Этим способом первоначальная толщина листа сохраняется также и в шве, так что он имеет такой же вид, как при сварке в стык (имитированная сварка в стык). Шов, если он правильно произведен, получается также водонепроницаемым. Работа не требует никакой особой очистки листов, но чистка улучшает качество сварки. Этот способ лучше всего пригоден для коротких швов.

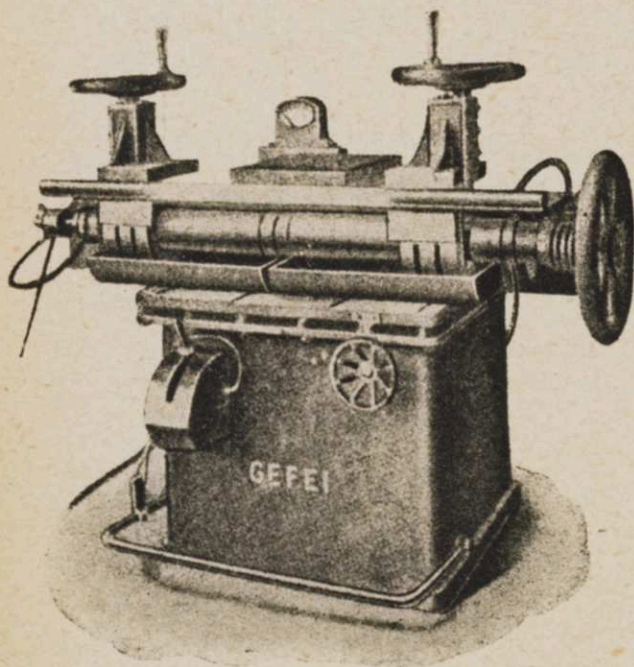
При такой сварке в нахлестку точки сварки получаются такой величины, что лист на кромках легко коробится. Для избежания этого можно пользоваться одним из показанных на фиг. 79 способов. Согласно *A*—*a* и *b* электроды, к которым прилегают листы, *c* и *d*—два пуансона, изолированные в местах закрепления. Посредством этих пуансонов листы сжимаются в том месте, где пуансоны встречаются, вследствие чего сопротивление концентрируется в этом месте (ток, как обычно, соединен с электродами *a* и *b*). Когда будет достигнута достаточно высокая температура, пуансоны сжимаются и происходит сварка. Согласно *B* ток пропускается также через пуансоны. Этот способ более пригоден для сравнительно толстых листов. В *C* нижний пуансон заменен наковальней, служащей опорой при нажимании расположенного сверху пуансона. Пуансон не проводит тока.

Другой способ показан в *D* и *E*. Согласно *D* кромка листа загнута для концентрирования сопротивления. *E* показывает подобный же способ.

Другие области применения сварочных аппаратов.

Сварочные аппараты во многих случаях могут с успехом применяться для нагревания (вместо горна или печи),

производится ли оно для отпуска, калки или обработки. Предмет зажимается между зажимами аппарата, после чего включается ток. Так как за предметом можно все время наблюдать, легко контролировать температуру. Ясно, что сварочные аппараты весьма пригодны также для спайки таких предметов, кото-



Фиг. 80. Электрический нагревательный аппарат.

рые можно установить в аппарате. Как было упомянуто ранее, они могут применяться также и для клепки (см. Том VII, стр. 230).

Достоинства сварочных аппаратов в отношении использования их для целей нагревания дали повод к созданию особого нагревательного аппарата или «электрического горна», о котором в связи с изложенным необходимо упомянуть, хотя

он и не имеет ничего общего со сваркой, за исключением принципа конструкции аппарата и того, что он может применяться также для сварки в стык. На фиг. 80 показан такой электрический нагревательный аппарат.

Он устроен таким образом, что может применяться для нагревания поковок различной формы и так, что их можно нагревать в любом месте и на любой длине. Этот способ нагревания имеет много преимуществ, например—отсутствие дыма, копоти и шлака. Аппарат притом всегда готов к действию, в то время как печь или горн необходимо разжигать и для них, кроме того, требуется особая работа по очистке от шлаков и т. п. Помимо того, нагревание в электрическом нагревательном аппарате происходит значительно быстрее (согласно данным фирм, в течение одной десятой того времени, которое требуется для нагревания в горне) и обходится значительно дешевле. Благодаря особому способу нагревания, оно происходит совершенно равномерно и, кроме того, дает меньший угар материала. Последнее обстоятельство способствует также тому, что штампы меньше изнашиваются (при ковке в штампах).

Когда в аппарате требуется нагревать материал различной формы, зажимы выполняются таким образом, что они не охватывают предмет, а лишь прилегают к его концам. Вследствие этого нагревание происходит медленнее, но зато аппарат может применяться для изменяющихся сечений материала. При ковке в несколько нагревов применение аппарата ограничивается тем, что более малые или тонкие части предмета нагреваются сильнее или быстрее остальных частей, вследствие их большего сопротивления. Для избежания этого, предмет нужно зажимать таким образом, чтобы эти части располагались вне зажимов.

Причиной того, что эти аппараты еще не получили большого распространения, является их сравнительно высокая первоначальная стоимость.

Термитная сварка.

(Способ алюмино-термитной сварки).

При этом способе, изобретенном Х. Гольдшмидтом, для нагревания предметов применяется смесь, состоящая из, приблизительно, 1 весовой части pulverизированного алюминия и 3 частей окиси железа. Эта смесь получила название «термит». Процесс основан на выделении большого количества теплоты при окислении алюминия (7140 калорий на 1 грамм алюминия).

Алюминий, как известно, имеет большое сродство к кислороду, и когда смесь зажигается, она продолжает гореть, при чем алюминий соединяется с кислородом окиси железа и образует расплавленный глинозем (корунд), в то время как железо освобождается ($F_2O_3 + 2 Al = 2 Fe + Al_2O_3$). При горении развивается температура до $3000^{\circ}C$, т.-е. температура, значительно превосходящая точку плавления железа.

Высокая температура у получающейся при горении расплавленной массы дает возможность соответствующим количеством смеси довести до сварочной температуры также большие предметы. Один килограмм термита образует приблизительно 0,5 кг железа и такое же количество корунда. Получающееся свободное термитное железо имеет обычно тот же состав, как и ковкое железо средней мягкости. Посредством присадки марганца или ферро-марганца его можно сделать более похожим на сталь, а посредством присадки чугуна получается настоящая сталь, которую можно так же хорошо ковать, как и чистое термитное железо. Вследствие

высокой температуры, можно также вмешать до 50% железных стружек для увеличения количества железа. Присадки расплавляются в термитном железе и смешиваются с ним.

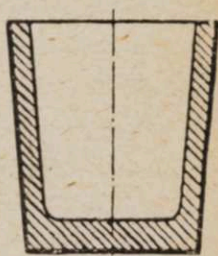
Температура воспламенения термита настолько высока, что требуется применение особой зажигательной смеси. Она готовится из окиси бария и алюминия или окиси бария и мелкой стружки магнeзии и, в свою очередь, зажигается с помощью специальных спичек или раскаленным железным стержнем.

За последнее время термитная сварка в значительной степени вытеснена электрической дуговой и кислородно-ацетиленовой сваркой и в настоящее время применяется главным образом при сварке стыков трамвайных и железнодорожных рельс на месте. Алуминотермия применяется также при сварке или изготовлении литья там, где для этого не имеется в распоряжении других средств, как, например, на борту судна и т. п.

При применении термита термитное железо, а часто также и шлак (расплавленный глинозем) требуется помещать в то место, которое должно быть нагрето. Это производится двумя способами.

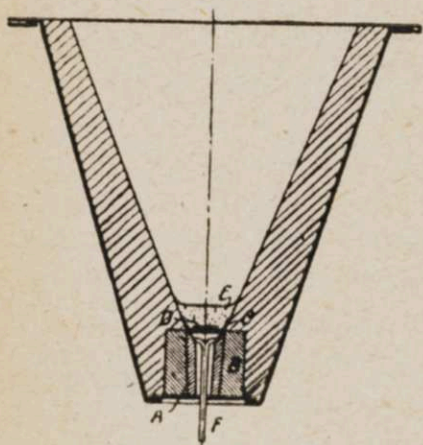
При первом,—применяется так назыв. специальный тигель, согласно фиг. 81, в который сначала кладется небольшое количество термита и зажигается посредством зажигательной смеси, взятой на кончик ножа, которая распределяется поверх термита. Когда он загорается, подсыпают постепенно остальное количество так, чтобы огонь был все время покрыт. Если смесь при этом обнаруживает тенденцию давать брызги, нужно некоторое время обождать с введением нового термита.

Немедленно после того, как сгорит последний остаток термита,—что будет иметь место, когда на светящейся по-



Фиг. 81. Специальный тигель.

верхности не будет никаких черных частиц,—должен быть слит шлак, что требует осторожности и некоторого опыта. Тигель переносится обыкновенными вилками, например, указанными в Томе II. При сливании шлака тигель наклоняется сначала быстро, а затем медленнее, чтобы железо не следо-



Фиг. 82. Остроконечный тигель.

вало за шлаком. Последний остаток шлака удаляется подручным посредством сухого железного стержня. Помощью темных очков железо легко отличить от шлака на блестящей поверхности. Тщательное и быстрое удаление шлака имеет большое значение для получения хорошего результата.

Более обычным, однако, является остроконечный тигель, показанный на фиг. 82, в который высыпается сразу все количество термита и зажигается. В дне

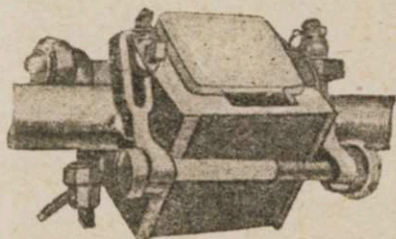
тигля имеется сменная пробка *A* из магнезии, пригнанная к постоянной футеровке из магнезии *B* и имеющая очень небольшое отверстие, через которое может быть выпущен металл. На отверстие кладется асбестовый кружок *C* и кусок железного листа *D*, и сверху набивается слой мелкого сухого песка или магнезии *E*.

После того как вся смесь—через 10—30 секунд—расплавится, при чем весь шлак всплывет, выколачивают стержень *F*, так что сначала железо, а затем—если это требуется—и шлак, вытекает из тигля. Тигель устанавливается на треножнике над предметом, а стержень *F* выжимается кверху посредством рычага.

Тигли должны быть футерованы магнезией (или магнетитом и смолой) и хорошо просушиваться перед употреблением.

В качестве примера сильного действия термита можно указать, что с 2,5—3 кг термита можно проплавить железный лист толщиной 20—25 мм, если термитное железо выливать на лист из остроконечного тигля.

В практике различают несколько способов работы при термитной сварке, а именно: обыкновенная торцевая сварка, при ливании, заливание промежутков, обливание и приварки на отливках.



Фиг. 83. Зажим.

Торцевая сварка. Она применяется для сваривания концов труб, пруткового и профильного железа, когда шов не может быть большего сечения, чем целый материал. Предметы зажимаются, как и при электрической сварке сопротивлением, в подвижных зажимах (см. фиг. 83) и металлически-чистые концы предметов окружаются формой из чугуна или огнеупорной глины, которая охватывает их на расстоянии нескольких сантиметров от их концов. Помощью зажимов свариваемые поверхности предметов приводятся в стык между собой, после чего из специального тигля наливают в форму сначала немного шлака, а затем термитное железо. Шлак и железо в данном случае имеют назначение лишь нагреть предметы до сварочной температуры, а чтобы термитное железо не приварилось, предметы окружаются сначала шлаком, который препятствует этому.

Спустя 20—30 минут, концы достаточно нагреты и свариваются при сжатии друг с другом стыковых поверхностей посредством зажимов. После сварки шлак и железо, окружающие предмет, легко сбиваются. Этот способ имеет довольно небольшое применение и лучше всего подходит для материала с не слишком большим сечением. Расход термита и время для нагревания до правильной сварочной температуры приведены в нижеследующей таблице.

Сечение до см ²	10	20	30	40	50	60	70
Количество термита . . . кг	0,20	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
Время для нагревания . мин.	2	4	7	10	12	14	16

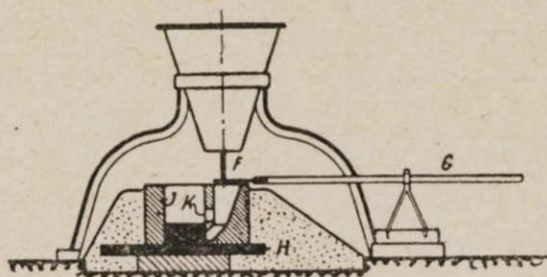
Сечение до см ²	80	90	100	110	120	130
Количество термита . . . кг	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36
Время для нагревания . . . мин.	18	19	20	21	23	25

При приливании, которое вследствие своей простоты и дешевизны получило большее применение, термит служит не только средством для нагревания, но и связывающим средством между стыками. Когда, таким образом, термитное железо должно привариваться к предметам, шлак ни при каких условиях не должен попадать в форму раньше железа.

Приливание применяется, например, в тех случаях, когда необходимо штуцер или выступ приварить к трубе, или пластину к листу и т. п. На фиг. 84 показан способ работы при этом. Предмет окружается огнеупорной формой, которая должна быть снабжена воздушными каналами и приготовлена из достаточно пористого материала, т.-е. должна быть выполнена согласно общим требованиям техники литья. Все щели должны быть, кроме того, уплотнены глиной; так как термитное железо очень жидкоплавко и протекает через мельчайшие углубления и трещины.

После того как форма тщательно высушена, производится наливание железа, что удобнее всего делать, пользуясь остроконечным тиглем. Через отверстие *К* в форме (см. фиг. 84) входит шлак (после того, как налито все железо) и покрывает налитую пластину, и этим удерживает теплоту в течение более продолжительного времени. При наливании

из специального тигля это, конечно, невозможно, так как в этом случае шлак должен быть сперва удален.



Фиг. 84. Приливание пластины к листу.

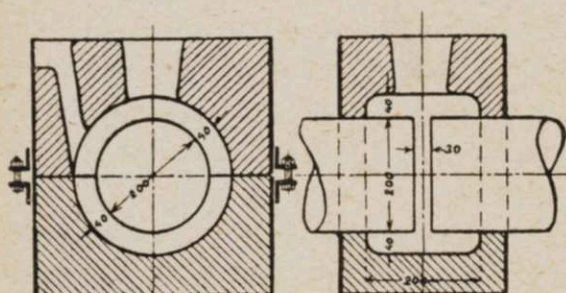
Промежуточное наливание и наращивание можно применять при сварке, например, железнодорожных рельс, концов осей, сломанных колесных спиц, рычагов, шатунов и т. п. При этом стыковые поверхности не должны касаться друг друга, а находиться на расстоянии нескольких миллиметров друг от друга, так чтобы термитное железо могло протекать между ними. Если никакого промежутка нет, то место трещины должно быть вырублено зубилом. Для соединения обеих частей термитное железо наливается между стыками, а во многих случаях также вокруг концевых частей предметов. Термитное железо приваривается при этом к поверхностям стыков и при наращивании образует на предмете выступ, который сообщает предмету дополнительную прочность.

Подсчет необходимого количества термита производится по требуемому количеству железа, к которому должно быть присчитано железо на литник и прибыль, а также должно быть принято в расчет то количество железных стружек, которое должно быть добавлено к смеси. Это количество стружки пропорционально тем больше, чем больше количество требующегося термита (см. нижепомещенную таблицу).

Для получения нижеследующих количеств жидкого железа для сварки:

Чугуна.	Стального литья.	Ковкого железа.	Термит необходимо смешивать с желез- ными стружками в %.
0,5— 1,5	0,5— 1,5	0,5— 2,0	0
1,5— 2,0	1,5— 2,5	2,0— 2,5	5
2,0— 4,0	2,5— 5,0	2,5— 5,0	10
4,0— 5,0	5,0— 10,0	5,0—10,0	15
5,0— 8,0	10,0— 50,0	10,0—75,0	20
8,0— 20,0	50 —300	свыше 75	25
20 — 35	свыше 300		30
35 — 50			35
50 — 75			40
75 —100			45
свыше 150			50

При сварке стального литья, стали и ковкого железа количеством термита до 15 кг необходимо после окончания



Фиг. 85. Сваривание двух осей.

химической реакции добавлять в тигель 3—4% стали. При больших количествах термита к нему примешивается 1% кремнистого железа и 2% свободного от углерода марганца.

На фиг. 85 показан способ работы при сварке оси. Форма из двух половин, выполненная из формовочного песка, формовочной массы, глины или шамота, помещается вокруг концов осей и свинчивается, после чего стык хорошо уплотняется глиной. Заливку лучше всего производить

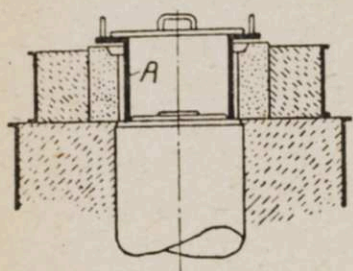
из остrokонечного тигля. Литник и прибыль удаляются после полного остывания.

Приварка приливанием. При небольших недостатках в литье крупных предметов, а также при ремонте поломанных, при которых требуется приварить какие-нибудь небольшие выступающие части, применяют так назыв. приливание. Оно производится таким образом, что на основной части делается форма, соответствующая отсутствующей части, после чего на поверхность излома льют горячее железо до тех пор, пока материал основной части не будет достаточно нагрет, а затем отливают отсутствующую часть, которая при этом, так сказать, приваривается или, правильнее, приливается.

В таких случаях часто требуется, чтобы привариваемая часть была в точности того же материала, как и основная часть, и поэтому не всегда возможно приливать новую часть из термитного железа. В этих случаях, однако, термит приносит большую пользу для нагревания свариваемого места на основной части. Этот способ удобнее и быстрее, чем приливание только что описанным способом и, кроме того, надежнее вследствие высокой температуры термитного железа.

При приливании, например, отломанной цапфы вала помешают заранее приготовленную форму для цапфы на свое место и наблюдают, чтобы она плотно прилегала кругом. На поверхность излома наливают из остrokонечного тигля небольшое количество термитного железа, которого достаточно, чтобы в течение нескольких минут размягчить железо (или сталь) на глубину в несколько сантиметров. После этого форму для цапфы заполняют железом или сталью обычным способом, которые смешиваются с сравнительно небольшим количеством термитного железа. Посредством выбора чугуна с соответственно большим содержанием углерода можно получить смесь приблизительно того же состава, как и основная часть.

Шлак, вытекающий из остроконечного тигля вместе с термитным железом, нужно сбивать со стенок формы, прежде чем она наполнится. Этой работы можно избежать,



Фиг. 86. Приваривание цапфы.

вставляя в форму временно железное кольцо А (см. фиг. 86), пока наливается термитное железо. Шлак тогда оседает в виде горизонтальной крышкообразной лепешки, которая прилипает к цилиндрической стенке кольца и удаляется вместе с кольцом при его вынимании.

Можно зажигать термит также на самом свариваемом месте без применения какого-либо тигля. При этом, однако, необходимо сперва налить некоторое количество жидкого железа, чтобы получающийся шлак не пристал к свариваемому месту. Перед заливкой шлак необходимо, конечно, удалять.

При подобных работах для сварки чугуна требуется 2 кг, для стали 2—3 кг термита на квадратный сантиметр свариваемой поверхности.

АЦЕТИЛЕНОВАЯ СВАРКА

Ацетилен и кислород.

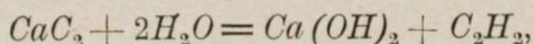
Как горючий газ, при сваривании помощью горелок, ацетилен занимал за последнее время первенствующее положение, но в то же время делались попытки найти другое подходящее для этой цели горючее вещество. Так, например, в самое последнее время опять были произведены опыты с бензолом и другим жидким топливом и, насколько известно, с лучшим результатом, чем ранее.

При ацетиленовой сварке теплота развивается за счет сгорания ацетилена в чистом кислороде, которые подводятся к сконструированной для этой цели горелке. Благодаря этому получается, даже по отношению к точке плавления железа, очень высокая температура (около 3500°C), заставляющая те части предметов, которые подвергаются действию пламени горелки, быстро плавиться и, таким образом, соединяться друг с другом. Первая сварочная горелка для ацетиленокислородного пламени была сконструирована Фуше и появилась в продаже в 1905 году.

Ацетилен при обыкновенной температуре представляет собою газообразный углеводород, который, как известно, получается действием воды на карбид кальция (например, в обыкновенных цилиндрических закрытых сосудах). Карбид кальция, CaC_2 , получается из извести и угля в электрических печах в виде больших кусков, которые пропускаются через дробильную машину и после нее сортируются по следующим размерам: $\frac{50}{80}$, $\frac{25}{50}$, $\frac{25}{35}$, $\frac{12}{25}$, $\frac{8}{15}$, $\frac{4}{8}$, $\frac{2}{4}$ и

2 мм. Карбид кальция разлагается водой согласно следующей формуле:

карбид + вода = гашеная известь + ацетилен, т.-е.



при чем выход ацетилена получается около 300 литров на 1 кг. карбида. Производство ацетилена происходит в особых ацетиленовых генераторах (ацетиленовых газовых заводах), которые при выработке ацетилена для сварочных целей работают по системе «карбид в воду», т.-е. определенное количество карбида одновременно (сразу) опускается в водяной резервуар сравнительно большого объема.

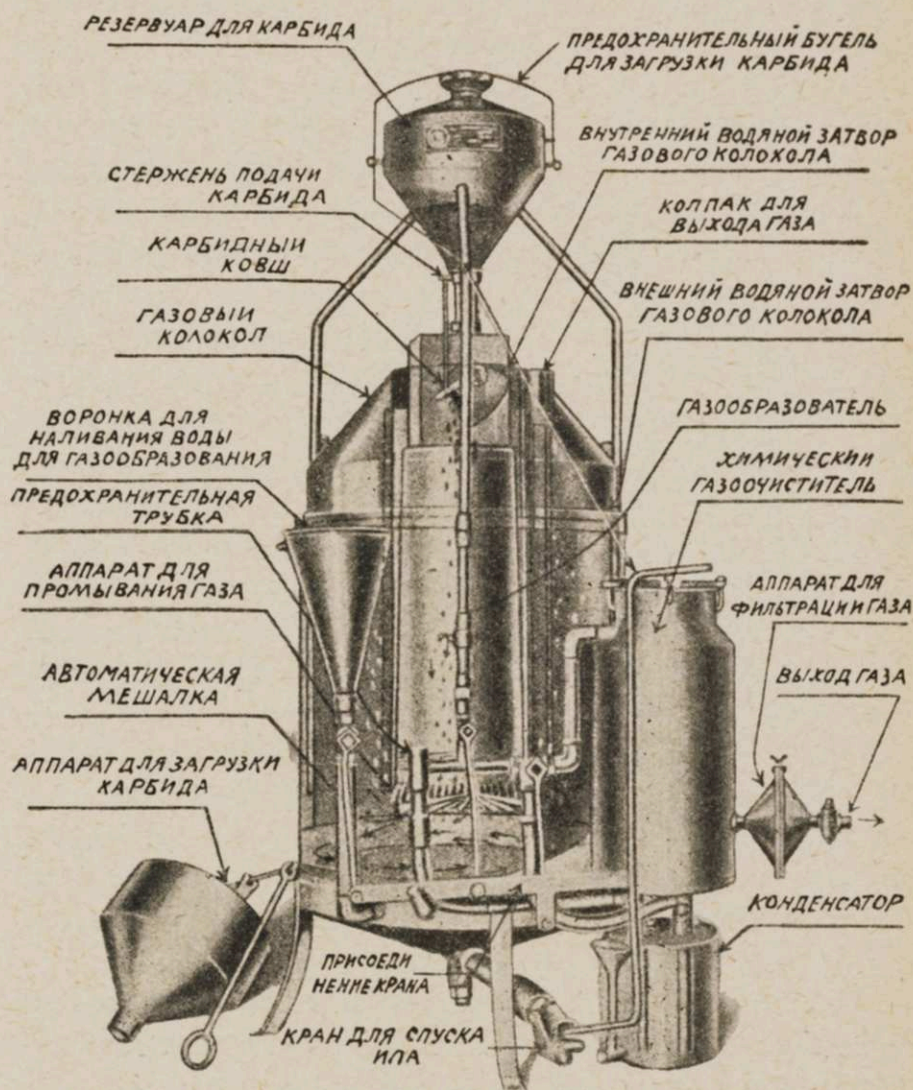
Нижеследующее описание ацетиленового генератора относится к «авто-сварочному» генератору, сконструированному инженером Е. Бергендалем и введенному на рынок Акц. О-вом Шведского карбида в Гетеборге.

Ацетиленовый генератор состоит из четырех главных частей: резервуара для карбида, газообразователя, газового колокола и очистительного аппарата. Резервуар для карбида и газообразователь в генераторах наиболее распространенных величин поддерживаются установленными на наружном кожухе колокола съемными опорными трубами. Газовый колокол здесь двойной, с двумя водяными затворами.

Подача карбида производится посредством двойного ковша, замененного в генераторах меньшей величины двойным ковшом, который приводится в движение газовым колоколом, когда он при своем движении вниз приближается к своему нижшему положению.

Вследствие особой конструкции устройства для подачи карбида, никогда не может произойти подачи больше определенного, точно взвешенного количества карбида, и вели-

чина каждой подачи находится в точном соответствии с объемом газового колокола и величиной расхода газа.



Фиг. 87. Ацетиленовый генератор «Авто-сварка».

Из устройства для подачи карбид через газообразователь падает в воду и превращается в газ. Газообразователь (см. фиг. 87), имеющий цилиндрическую форму, заканчива-

ется внизу очистителем, снабженным вырезанными стенками. Образующийся газ выталкивается (выжимается) через вырезы очистителя и газообразующую воду в газовый колокол. Вырезы имеют целью разбивать пузырьки газа и этим сделать промывание газа более интенсивным. Промывкой ацетилен освобождается от большей части сероводорода и аммиака, которые вместе с фосфорным водородом и известковой мукой составляют те загрязняющие примеси, которые имеют наиболее неблагоприятное влияние на сварочный шов.

Для предупреждения попадания непревратившегося в газ карбида в известковый ил на дне генератора, газообразователь снабжен колосниковой решеткой, состоящей из листовых крыльев, типа пропеллерных. Этот пропеллер служит для сообщения генераторной воде еще более сильного вращения, чем то, которое достигается выжиманием воды давлением газа из внутренних частей газообразователя к наружным. Этим облегчается полное превращение карбида в газ и равномерное распределение выделяющейся при газообразовании теплоты по всей массе воды.

Подача карбида производится посредством наполнительного аппарата, вмещающего такое же количество карбида, как и карбидный резервуар генератора. На больших ацетиленовых станциях для загрузки имеются особые устройства сдвигающимися по рельсам транспортерами с прикрепленными к ним ковшами для карбида.

Для достижения хороших результатов и надежности в эксплуатации весьма важно, чтобы карбид имел величину зерен, предписанную для данного оборудования.

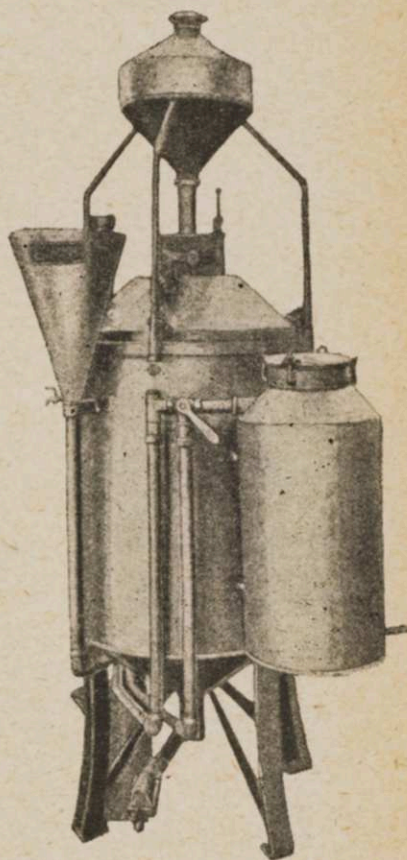
Для удаления фосфорного водорода из ацетилена, последний заставляют проходить через один или несколько химических очистительных аппаратов, заполненных очищающей массой. На меньших генераторах очистительный аппарат устанавливается на самом генераторе (см. фиг. 88). При

генераторах больших размеров для совершенной очистки газа требуется также осушительный аппарат и аппарат для фильтрации газа. Последний осаждает известковую муку, которая легко увлекается газом в горелки и забивает их узкие каналы. Рабочее давление в ацетиленовых генераторах составляет 200 мм водяного столба.

Ацетиленовые генераторы изготовляются самых разнообразных величин. Они подразделяются на переносные и стационарные, из которых первые, типа А : 2 + 2 — А : 25, имеют наименьший возможный объем и вес, с газовым колоколом в самом генераторе, а последние, — типа А : 24 с отдельным колоколом — А : 500 Дуплекс, предназначены для постоянной установки в особом помещении, почему газообразователь, газовый колокол и различные очистительные аппараты монтируются в последовательном порядке отдельно от генератора.

Аппараты Дуплекс имеют два газообразователя, приключенных к одному газовому колоколу, благодаря чему они могут работать непрерывно: в то время как один из газообразователей заполняется карбидом, другой подает в газовый колокол потребное количество ацетилена.

Основные требования, предъявляемые к хорошему ацетиленовому генератору для сварочных целей, следующие:



Фиг. 88. Ацетиленовый генератор «Авто-сварка» для 15 кг карбида.

1. Выделение газа должно происходить автоматически и производительность должна быть настолько большой по отношению к расходу, чтобы загрузку не требовалось производить чаще одного раза в сутки.

2. Аппарат должен подавать ацетилен под постоянным (и ровным) давлением.

3. Избыток воды должен быть настолько большим, чтобы газообразование происходило при наименьшей возможной температуре, максимально $+45^{\circ}\text{C}$.

4. Ацетилен, посредством промывки в известковой воде генератора во время газообразования, должен по возможности полностью освободиться от имеющихся в сыром газе посторонних веществ, а остальные загрязняющие газ вещества должны удаляться приключенными к месту выхода газа из газового колокола химическими и механическими очистительными аппаратами.

5. Вода для газообразования должна во время работы генератора автоматически приводиться в движение, чтобы получалось эффективное и быстрое газообразование и избегалось вкрапление зерен карбида в известковый ил.

6. При обслуживании генератора воздух не должен входить в него в сколько-нибудь значительном количестве и загрузка (заправка) генератора должна происходить без значительной потери газа.

7. Стационарные генераторы должны быть снабжены предохранительными клапанами, из которых газ должен иметь удобный выход в атмосферу. Опасность взрыва, даже в случае грубой небрежности, должна быть полностью исключена.

Для расчета подходящей величины генератора можно пользоваться следующей формулой:

$$\frac{\text{число горелок} \times \text{расход ими газа в час} \times \text{число рабочих часов в день}}{300}$$

которая дает минимальное количество карбида, выраженное в кг, требующееся для загрузки генератора. Получаемый по

этой формуле результат часто умножают на 2, чем предусматривается возможное увеличение потребления газа.

Простой качественный способ определения на практике чистоты ацетилена состоит в том, что на пути прохождения газа помещают на несколько секунд пропитанную 10% раствором азотно-кислого серебра фильтровальную бумагу. В зависимости от большего или меньшего содержания в ацетилене фосфорного водорода бумага получает черно-коричневую окраску большей или меньшей интенсивности.

К и с л о р о д. Применяющийся при сварке кислород продается в стальных баллонах в сжатом состоянии до 125—150 атмосфер. Баллоны имеют емкость около 40 литров и вес около 80 кг. При давлении в 150 атмосфер баллон (см. фиг. 89) вмещает, таким образом, около 6000 литров кислорода, отнесенного к атмосферному давлению.

Несмотря на чрезвычайную прочность стальных баллонов и на то, что они испытываются давлением, превосходящим наивысшее допустимое рабочее давление в баллоне не менее, чем на 50%, с ними необходимо обращаться с осторожностью и не подвергать ударам или влиянию высокой температуры.

На верхней части баллона выбит его номер и цифра, показывающая его действительный объем в незаряженном состоянии (т.е. то количество литров воды, которое он вмещает). Перемножением объема и давления получается объем содержащегося в баллоне газа. Давление на заводе измеряется при температуре $+15^{\circ}\text{C}$. Изменение температуры имеет большое влияние на давление кислорода, так как давление повышается или понижается на $\frac{1}{273}$ или около $0,4\%$ на



Фиг. 89.
Кислородный
баллон.

каждый градус повышения или понижения температуры. Если кислородный баллон при 15°C показывает 150 атмосфер давления, то изменившиеся давления при изменившейся температуре будут:

Если темп. повысится до	20°	то манометр внутр. давл. показ.	152,8	атм.
"	"	"	25°	"
"	"	"	"	155,5
"	"	"	30°	"
"	"	"	"	158,4
"	"	"	35°	"
"	"	"	"	161,2
"	"	понижится до	10°	"
"	"	"	"	147,2
"	"	"	5°	"
"	"	"	"	144,4
"	"	"	0°	"
"	"	"	"	141,6
"	"	"	-5°	"
"	"	"	"	138,8
"	"	"	-10°	"
"	"	"	"	136,0

Отсюда видно, насколько значительно повышается давление с повышением температуры. Ясно, что кислородные баллоны нельзя подвергать действию теплоты печей, котлов и т. п., или оставлять на продолжительное время на солнце. Кислородный баллон закрывается металлическим вентилем, который, для предупреждения повреждений во время транспортировки, защищен навинченным защитным колпачком. Кислородные баллоны отпускаются заводами на определенный срок бесплатно, почему их не требуется приобретать.

Степень чистоты применяемого для сварки кислорода никогда не должна быть ниже 96%.

Обычный способ определения чистоты кислорода состоит в применении градуированной на 100 делений бюретки и достаточно глубокой чашки (см. фиг. 90). Сперва через бюретку пропускается при открытых кранах кислород под небольшим давлением (чтобы бюретка не лопнула), присоединяя кислородный шланг к нижнему мундштуку, благодаря чему бюретка основательно счищается от воздуха. После этого закрывается сначала верхний, а затем нижний кран, и резиновый шланг снимается.

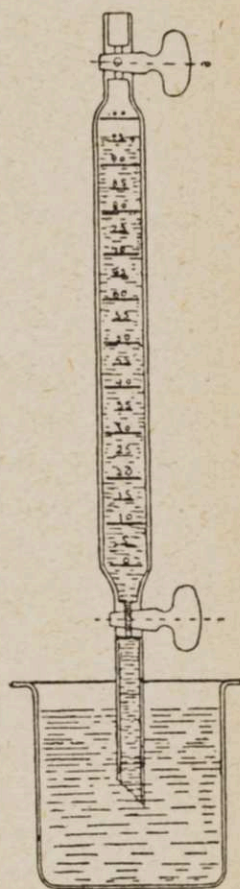
После этого чашка наполняется приблизительно на $\frac{3}{4}$ подходящей, поглощающей кислород, жидкостью, в которую погружается нижний конец бюретки. Так как, однако, поглощающая жидкость подвергается действию атмосферного воздуха, содержащего на $\frac{1}{5}$ часть кислород, то воздух отдает часть своего кислорода, благодаря чему жидкость скоро делается негодной или насыщенной кислородом, в виду чего получается неправильный результат. Поэтому необходимо, после погружения нижнего конца бюретки в жидкость, наполнить чашку некоторым количеством чистого масла, образующего на поверхности жидкости изолирующий от воздуха слой.

Когда после этого открывается нижний кран, поглощающая жидкость поднимается в бюретке до тех пор, пока находящийся в ней кислород не будет полностью поглощен, при чем все содержащиеся в кислороде загрязняющие вещества останутся в бюретке. Степень чистоты кислорода может быть тогда отсчитана непосредственно по шкале бюретки.

Подходящие поглощающие жидкости для кислорода следующие:

а) Растворяют 150 грамм водной сернокислой соли натрия ($Na_2S_2O_4$) в литре воды. При поглощении кислорода первоначально бесцветная жидкость принимает желтоватую окраску.

б) 100 грамм хлористого хрома ($CrCl_2$) растворяют в литре воды или соляной кислоты. Раствор, имеющий первоначально светло-голубой цвет, при поглощении кислорода переходит в зеленый.



Фиг. 90. Прибор для определения чистоты кислорода.

Системы низкого и высокого давления.

Различают две системы установок для ацетиленовой сварки, а именно: систему низкого давления и систему высокого давления, из которых первая появилась раньше.

Существенная разница между этими системами заключается в том, что при системе низкого давления требующийся ацетилен производится на месте, в то время как при системе высокого давления он получается в готовом виде, в сжатом состоянии в стальном баллоне (газо-аккумуляторы) так же, как кислород.

В системе низкого давления ацетилен находится под значительно меньшим давлением (200 мм водяного столба), чем кислород (125—150 атмосфер), вследствие чего сварочные горелки сконструированы по принципу инжектора, в котором кислород увлекает за собой ацетилен.

Если во время работы будет иметь место частичное закупоривание мундштука горелки, что легко может произойти от загрязнения частицами окиси или брызгами металла, то произойдет обратный удар в ацетиленовый канал находящегося под более высоким давлением кислорода, при чем может произойти взрыв. Для предупреждения его распространения в трубопровод, или, возможно, к месту производства газа, необходимо в установках низкого давления включать водяные затворы на всех тех местах, к которым присоединены горелки для сварки или резки (или паяльник) и от которых берется газ.

Водяной затвор состоит из водяного запорного устройства, дающего свободный проход для ацетилена в нормаль-

ном направлении газа от газового колокола к горелке. Как только произойдет обратный удар и, вследствие этого, возникнет давление в направлении противоположном нормальному, водяной затвор закроет проход для распространения взрыва в газовый колокол.

Необходимо наблюдать за тем, чтобы уровень воды в затворе имел всегда предписанную высоту.

В системе высокого давления применяется ацетиленовый газ, произведенный в другом месте и доставляемый в сжатом состоянии в стальных баллонах, так же, как кислород. Ацетилен, однако, при давлении выше 2 кг в обычных случаях легко взрывается, в виду чего необходимы особые меры для магазинирования его в стальных баллонах. Для этой цели стальные баллоны (газо-аккумуляторы) заполняются пористой массой твердости камня, состоящей из древесного угля и асбеста, с цементом в качестве связывающего вещества. Эта масса насыщается ацетоном, который обладает свойством растворять в себе (приблизительно так же, как вода растворяет уголекислоту) объем ацетилена в 25 раз больше своего объема при обыкновенном атмосферном давлении и в 375 раз больше своего объема при давлении в 15 атмосфер.

Количество ацетона посчитано так, что аккумулятор принимает ацетилен в 10 раз больше своего объема на каждую атмосферу давления. Если ацетилен накачивается до давления в 15 атмосфер, то, следовательно, аккумулятор содержит ацетилена в 150 раз больше своего объема.

Газ, аккумулярованный таким способом, называется растворенным газом (газ диссу) и не представляет совершенно никакой опасности, почему его применение не связано какими-либо специальными предписаниями о мерах пожарной безопасности. Газ производится на газовых станциях, где он подвергается тщательной очистке и осушиванию, что имеет большое значение для качества сварки.

Неочищенный газ содержит, как было указано выше, фосфорный водород, сернистый водород, аммиак, известковую пыль и другие загрязняющие вещества, а также воду, оказывающие вредное влияние на сварку.

Количество ацетилена в газовом аккумуляторе зависит, однако, не только от давления, но и от температуры. Нижепомещенная таблица показывает содержание ацетилена в газовом аккумуляторе А-50, наиболее часто применяемом для сварки:

Количество газа в газо-аккумуляторе А-50 при определенной температуре и определенном давлении.

Давление в кг на кв. сантим.	Температура в градусах Цельсия							
	+ 20°	+ 15°	+ 10°	+ 5°	+ 0°	- 5°	- 10°	- 15°
1	450	500	550	610	680	750	820	900
2	900	1000	1100	1220	1360	1500	1640	1800
3	1350	1500	1650	1830	2040	2250	2460	2700
4	1800	2000	2200	2440	2720	3000	3280	3600
5	2250	2500	2750	3050	3400	3750	4100	4500
6	2700	3000	3300	3660	4080	4500	4920	5400
7	3150	3500	3850	4270	4760	5520	5740	6300
8	3600	4000	4400	4880	5440	6000	6560	7200
9	4050	4500	4950	5490	6120	6750	7380	8100
10	4500	5000	5500	6100	6800	7500	8200	—
11	4950	5500	6050	6710	7480	8250	—	—
12	5400	6000	6600	7320	5160	—	—	—
13	5850	6500	7150	7930	—	—	—	—
14	6300	7000	7700	—	—	—	—	—
15	6750	7500	—	—	—	—	—	—
16	7200	—	—	—	—	—	—	—

Аккумулятор закрывается вентилем и снабжен штуцером для редукционного клапана.

Система высокого давления, вследствие определенных своих выгод, получила очень большое распространение в особенности для малых и переносных установок или для случайных работ. Для отдаленных мест с плохим сообщением следует предпочитать небольшие ацетиленовые генераторы, если трудно держать в резерве достаточно большое количество газо-аккумуляторов. В таких местах необходимо рекомендовать переносные газовые генераторы, если потребность не очень велика. Кислород же во всяком случае должен держаться в резерве на складе.

Преимущества системы высокого давления выступают особенно в малых установках, так как при этой системе не связаны с уходом за генератором для обеспечения себя чистым газом. Для работ вне мастерской применяется почти исключительно эта система, независимо от наличия переносных генераторов. Для удобного транспортирования аппаратуры высокого давления имеются специальные тележки с местами для всех необходимых принадлежностей.

С другой стороны, система низкого давления имеет большое преимущество в значительно более низкой стоимости газа, которая полностью уравнивает недостатки, заключающиеся в более высокой стоимости установки, в большей потребной площади и в необходимости особого ухода.

Растворенный газ стоит на месте потребления обычно почти в 3 раза дороже ацетилена низкого давления. В предположении применения первоклассного генератора, снабженного необходимыми очистительными аппаратами, качество газа и его теплотворная способность приблизительно одинаковы в обоих случаях. При стационарной сварке система низкого давления поэтому значительно более экономична, чем система высокого давления.

Сварочные приборы и уход за ними.

Комплектная установка для сварки и резки, помимо генератора с водяным затвором в системе низкого давления или газо-аккумулятора с редукционным клапаном в системе высокого давления, состоит из следующих частей: кислородного баллона с редукционным клапаном, горелок для сварки и резки, резиновых шлангов и предохранительных очков.



Фиг. 91.
Газоаккумулятор.

Редукционный клапан. Чтобы сжатый в баллоне кислород выходил из него под соответствующим рабочим давлением, обычно $\frac{1}{10}$ —15 атмосфер, применяется редукционный клапан, конструкция которого видна на фиг. 91. Поворачиванием регулирующего винта действуют на систему рычажков, находящихся под действием двух пружин, благодаря чему отверстие для выхода газа из баллона открывается и рабочее давление увеличивается. Клапан снабжен двумя манометрами, из которых расположенный ближе к баллону показывает давление в баллоне, а другой — рабочее давление.

При установке в рабочее положение редукционного клапана для кислорода поступают следующим образом: отвинчивают сначала предохранительный колпачек и глухую муфту, которая закрывает выходное отверстие клапана баллона.

После этого на один момент быстро открывают клапан для очистки продувкой случайной грязи, застрявшей в выходном сечении, и быстро закрывают редукционный клапан посредством дифференциальной гайки. После этого открывается клапан, пропускающий кислород в шланг, регулирующий винт немного заворачивается и баллонный клапан медленно открывается, после чего редукционный клапан устанавливается на требуемое рабочее давление, при чем необходимо наблюдать за тем, чтобы клапан горелки был открыт. Заворачивание регулирующего винта должно производиться так, чтобы чувствовалось равномерное сопротивление пружины, этим предупреждается возможная порча редукционного клапана, когда кислород пускается под большим давлением.

Части редукционного и баллонного клапанов никогда не должны смазываться салом или маслом, так как кислород в соприкосновении с ними может вызвать опасные взрывы.

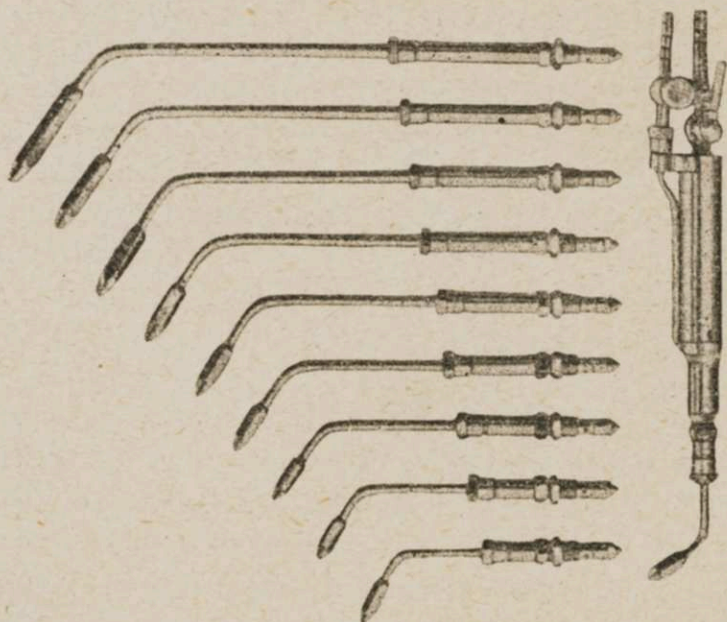
Редукционные клапана для сжатого ацетилена (система высокого давления) сконструированы в принципе так же, как и клапаны для кислорода.

Сварочные горелки. В зависимости от конструкции горелок, различают два типа их: горелки низкого давления и горелки высокого давления, из которых первые могут применяться как при системе низкого, так и высокого давления, а вторые—лишь для высокого давления.

Горелка низкого давления (см. фиг. 92) сконструирована по принципу инжектора, при чем кислород под сравнительно высоким давлением захватывает находящийся под меньшим давлением ацетилен. Соотношение в смеси ацетилена и кислорода в хороших сварочных горелках составляет 1:1,15. Сварочная горелка состоит обычно из рукоятки со штуцерами и кранами для ацетилена и кислорода

и сменных мундштуков различной величины для сварки предметов различной толщины.

В горелках высокого давления ацетилен и кислород подводятся под приблизительно одинаковым давлением,

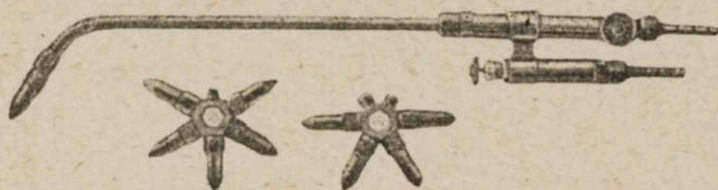


Фиг. 92. Горелка низкого давления со сменными мундштуками.

почему эти горелки сконструированы, в основном, как смешивающие каналы. Преимущество их заключается в том, что газовая смесь проводится надежно и расход кислорода понижается до наименьшей возможной величины. Горелки высокого давления обычно имеют в рукоятке пространство, заполненное пористой массой или ей подобной, которая легко пропускает через себя газ и препятствует обратному удару.

На фиг. 93 показана сварочная горелка «Ага» типа VP 30 с 10 сменными мундштуками для расхода растворенного газа соответственно 50, 75, 100, 150, 225, 350, 500, 750, 1000 и 1500 литров в час и сварки предметов толщиной от 1 мм до 25 мм.

Сварочная горелка представляет собой весьма точно сконструированный и изготовленный прецизионный инструмент, с которым нужно обращаться с крайней осторожностью, чтобы не вывести его из действия. Если выходное отверстие мундштука требует прочистки, то лучше всего производить это посредством спирального сверла, точно подходящего по



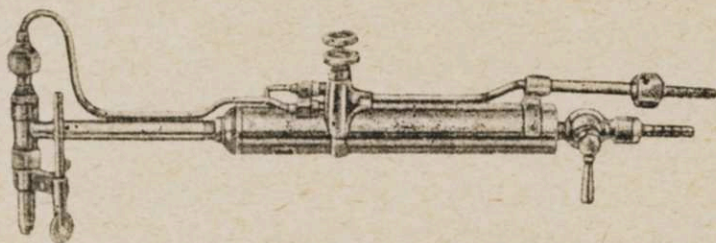
Фиг. 93. Сварочная горелка «Ага»

отверстию. Гвозди и другие предметы, могущие оставить в мундштуке царапины, ни в коем случае не должны применяться, так как этим понемногу увеличивается отверстие, в результате чего теряется правильное соотношение между инжектором и мундштуком, который вследствие этого становится негодным.

Горелки для резки сконструированы примерно так же, как и сварочные горелки низкого давления, с той разницей, что имеется особый кислородный канал для того кислорода, который производит разрезание после того как нагревательное пламя сперва нагреет определенное место в разрезаемом материале до белого каления.

Различают два рода горелок для резки, а именно, горелки с отдельными мундштуками для: а) нагревательного пламени и б) кислорода, производящего разрезание, и горелки с кольцевыми мундштуками, в которых нагревательное пламя располагается в кольцеобразной щели вокруг расположенного центрально выходного отверстия для кислорода, производящего резку. Имеются хорошие горелки той и другой конструкции. Наиболее часто применяемыми в Швеции горелками

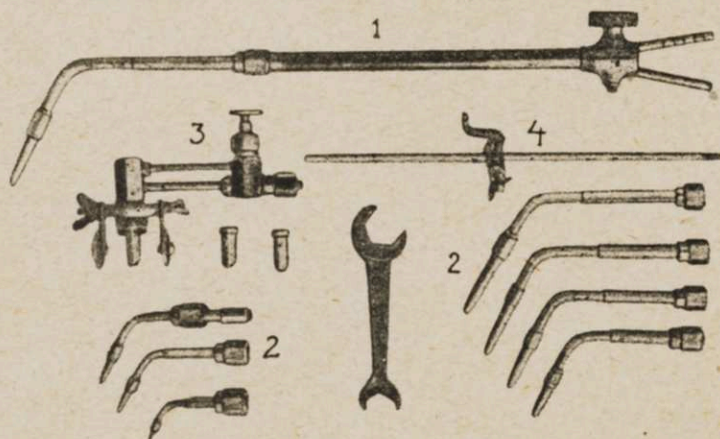
для резки, сконструированными по второму принципу, являются, например, горелки «Пирокопт» (фиг. 94). Показанная на рисунке 94 горелка имеет приспособление для направления.



Фиг. 94. Горелка для резки «Пирокопт».

Кроме того, имеются специально сконструированные горелки для вырезания отверстий и для срезывания заклепочных головок.

Комбинированные горелки для сварки и резки. На фиг. 95 показана комбинированная горелка для



Фиг. 95. Комбинированная горелка для сварки и резки.

сварки и резки, которая снабжена соответствующим соединительным устройством для присоединения как сварочных мундштуков, так и режущего аппарата. Последний просто ввинчивается, так же, как и обыкновенный сварочный мундштук.

Как видно из рисунка, горелка состоит из следующих частей:

- 1) рукоятки горелки с навинченным на нее сварочным мундштуком № 7;
- 2) остальных семи номеров сменных сварочных мундштуков;
- 3) аппарата для резки с устанавливающейся направляющей кареткой и тремя сменными мундштуками;
- 4) кругового направляющего приспособления для режущей горелки, применяющегося для вырезания круглых отверстий и т. п.

Сварочные мундштуки применяются для следующих давлений кислорода и толщины материала:

Мундштук №	0	1	2	3	4	5	6	7
Толщина материала в мм	$1\frac{1}{2}$ —1	1—2	2—4	4—6	6—9	9—14	14—20	20—90
Расход ацетилена в литр. в мин. . . .	65	140	285	475	710	1140	1615	2375
Расход кислорода в литр. в мин. . . .	75	150	300	500	750	1200	1700	2500
Давление кислорода в атмосферах. . .	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2
Скорость работы в метр. в час . . .	7—6	6—5	5—3	3—2	2—1,5	1,5—1	1—0,8	0,8—0,5

Для резки различной толщины материала применяются следующие мундштуки:

№	Давление кислорода в атмосферах	Толщина материала в мм	Расход ацетилена в литр. на 1 метр	Расход кислорода в литр. на 1 метр	Скорость работы в минутах на 1 метр
1	2—3	3—20	20	50—200	3—4
2	3—5	20—50	40	200—500	4—5
3	5—6	50—100	100	500—1200	5—8

Из такого полного набора можно составлять любые комбинации, смотря по потребности.

Помимо низкой стоимости, преимущество такой горелки состоит в том, что не требуется сменять шланги и всю горелку, когда от сварки нужно перейти к резке или наоборот.

Трубопровод в системе низкого давления. Трубопровод должен иметь достаточно большой диаметр, так как может произойти пережигание сварочного шва, если подача к горелке ацетилена будет слишком малой.

Резиновые шланги. Весьма важно, чтобы применялись первосортные резиновые шланги с прослойками из ткани. Обычные шланги для сварки имеют внутренний диаметр 8—9 мм при толщине 3 мм и снабжены прослойками и крышкой из ткани. Хороший шланг выдерживает давление в 7—8 атмосфер. Для отличия друг от друга обоих шлангов, для ацетилена применяют обычно серый шланг, а для кислорода — красный.

При крупных работах по резке, при которых давление может достигать до 15 атмосфер, применяют шланги толщиной 5 мм, выдерживающие давление в 20—25 атмосфер.

Для придания большей прочности кислородные шланги покрываются шланговыми петлями из железной проволоки.

Предохранительные очки. Яркое, белое пламя, выходящее из горелки, ослепляет глаза и при продолжительном действии на невооруженные глаза оказывает на них вредное действие. Поэтому применяют очки с цветными стеклами, которые нейтрализуют вредные ультрафиолетовые лучи. Специальные исследования констатировали, что наиболее благоприятное действие дают стекла, окрашенные в серо-зеленый цвет.

Предохранительные очки имеются самых разнообразных конструкций, например, обыкновенные очки с ушками, очки

с шнурками для завязывания вокруг головы и снабженные поднимающимися и опускающимися стеклами, и—специально при крупных работах, при которых частицы углерода и окиси легко могут попасть в глаза сварщика—очки с защитными стенками вокруг стекол, или очки, вставленные в маску из асбеста.

К остальным принадлежностям для сварщика необходимо отнести горелку Ауэра для зажигания смеси, асбестовые перчатки, применяющиеся при больших работах, и иглы для чистки горелок.

Сварка ацетиленом.

Пуск сварочного агрегата.

При пуске сварочного агрегата с газо-аккумулятором (система высокого давления) поступают следующим образом:

1. Продувают места присоединений в баллонах, медленно, на один момент, открывая и быстро закрывая клапана.

2. Навинчивают красный редукционный клапан на газо-аккумулятор и черный клапан на кислородный баллон, предварительно убедившись в хорошем состоянии набивки.

3. Присоединяют резиновые шланги к штуцерам трубки сварочной горелки, наблюдая, чтобы растворенный газ вводился в боковой штуцер, а кислород—в центральный.

4. Проверяют, чтобы маховички редукционных клапанов были вывинчены, т.-е., чтобы они ходили свободно в своих штуцерах, что соответствует закрытому положению клапанов. После этого открывают клапан газо-аккумулятора—при чем необходимо иметь в виду, что предохранительный штифт (прикрепленный к цепочке) нужно сперва вывинтить, чтобы освободить квадрат винта клапана—и клапан кислородного баллона, медленно поворачивая маховички. Давление газа в баллонах показывают баллонные манометры. Вентили на редукционных клапанах предназначаются для прекращения выхода газа при непродолжительных перерывах в работе.

5. Ввинчивают маховичок редукционного клапана на газо-аккумуляторе до тех пор, пока рабочий манометр не покажет около $\frac{1}{4}$ кг давления, зажигают после этого пламя и медленно завинчивают маховичок редукционного клапана

на кислородном баллоне, пока у выходного сечения мундштука не образуется острый белый конус.

Один растворенный газ нельзя оставлять гореть более продолжительное время, чем это требуется при зажигании, так как в противном случае трубка горелки легко покрывается сажей и забивается.

Обычно рабочее давление, показываемое рабочими манометрами, составляет около $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ кг для меньших мундштуков и до $1\frac{1}{2}$ —2 кг для больших. Установку, однако, нужно производить, внимательно наблюдая за тем, чтобы пламя горело спокойно и надежно, и соответственно этому регулировать рабочее давление.

Чтобы загасить пламя, сначала закрывается доступ растворенного газа, и вслед за этим немедленно—кислорода.

Если горение происходит неравномерно и пламя легко гасится, то причина этого заключается в слишком малом рабочем давлении. Для устранения этого, маховички необходимо медленно завинчивать, пока не будет достигнуто соответствующее давление.

Если пламя отрегулировано неправильно, или если трубка горелки нагревается, то пламя начинает давать обратные удары и гаснуть. Тогда клапана закрывают на некоторое время, в течение которого трубка горелки охлаждается в воде, для каковой цели всегда должен быть под руками соответствующий сосуд. Если мундштук забивается железом или шлаком, он осторожно прочищается деревянной спичкой.

Необходимо внимательно наблюдать за тем, чтобы все соединительные части и сальники клапанов и т. п. были плотными; в случае надобности вкладывается новая набивка.

Сварочное пламя и его регулирование.

Сгорание в ацетиленовой горелке происходит в две фазы, а именно:

1. $C_2H_2 + 2O = 2CO + H_2$,
2. $2CO + H_2 + 3O = 2CO_2 + H_2O$.

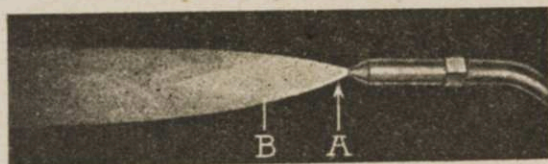
Лишь первая фаза является рабочей при ацетиленовой сварке, при которой выделяется окись углерода и водород. Эти газы образуют наружный покров, защищающий сварочный шов от окисления. Вторая фаза горения имеет место лишь на внешней поверхности пламени за счет кислорода наружного воздуха.

Основным условием хорошей сварочной работы является правильная установка сварочного пламени. В нейтральном сварочном пламени ацетилен сгорает в приблизительно равном количестве кислорода. Пламя установлено правильно для сварки обычно встречающихся металлов, если его вну-



Фиг. 96. Нормальное пламя.

тренняя, стержнеобразная сердцевина на возможно большей длине имеет ослепительно белый цвет и резко отличается от окружающего, прозрачного и почти невидимого восстановительного пламени (см. фиг. 96). Если подача кислорода увеличится или подача ацетилена уменьшится, образуется окислительное пламя, производящее сжигающее действие на сварочный шов, который вследствие этого делается пористым и грибообразным. Внутренняя сердцевина пламени становится меньше, делается остроконечной и переходит из белого в фиолетовый цвет (см. фиг. 97).



Фиг. 97. Окислительное пламя.

Если, наоборот, горелка будет установлена с избытком ацетилена, то получится восстановительное пламя (см. фиг. 98). Сердцевина пламени теряет в этом случае свое острое очертание и окружается светящимся пламенем,

которое передает сварочному шву углерод и делает его хрупким и твердым. Причина этого заключается в том, что не весь ацетилен сгорает в пламени, и в нем остается свободный углерод.



Фиг. 98. Восстановительное пламя.

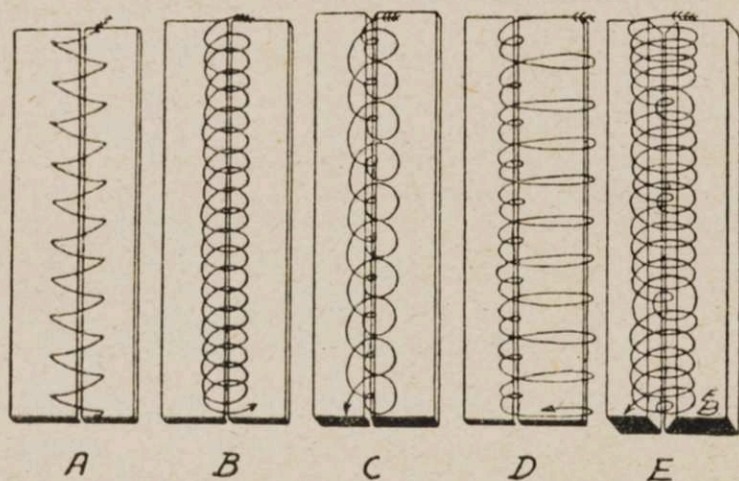
При сварке определенных металлов, например, никкеля, алюминия и латуни, необходимо, однако, чтобы в сварочном пламени был незначительный избыток ацетилена. Этот избыток должен быть такой величины, чтобы в острие сердцевинки пламени по фиг. 96 было бы некоторое горение.

Движение сварочной горелки.

Зона наивысшей температуры в сварочном пламени расположена в острие сердцевинки пламени, где температура имеет величину около 3600°C . При отбортованном материале горелка перемещается вперед, при чем при этом перемещении происходит сплавление бортов. При большей толщине материала, когда он снабжен фасками, необходимо внимательно наблюдать за тем, чтобы было обеспечено сплавление материала с самого низа сварочной щели, так как иначе могут оказаться места, в которых не получилось тесного соприкосновения, что оказывает вредное влияние на прочность сварочного шва. Большинство случаев, в которых сваренные предметы обнаруживали трещины или ломались, показывает, что кромки материала не были полностью соединены между собой вследствие слишком низкой температуры, при которой присадочный материал получил «холодную плавку».

На фиг. 99 показаны различные способы движения сварочной горелки при различных материалах. А и В—пока-

зывают способ соединения тонких листов, когда не применяется присадочный материал, и когда сварочный шов не должен выдерживать больших напряжений. Работа согласно *A* идет, возможно, несколько быстрее, чем согласно *B*, но второй дает, однако, лучший результат. *C*—показывает дви-



Фиг. 99. Движение сварочной горелки при различных материалах.

жение горелки при точных работах, когда присадочный материал необходим. Маленькие кружки показывают места, в которых присадочный материал добавляется и плавится. *D*—показывает способ сварки алюминия, особенно литого, и *E*—сварку толстого материала, снабженного фасками. Большие круги показывают нагревание и сплавление сторон сварочной щели.

Следующая таблица показывает, как нужно регулировать сварочное пламя и на каком расстоянии его нужно держать при разных материалах. Указанные в таблице точки плавления различных металлов соответствуют принятым восьмым интернациональным конгрессом прикладной химии в Базеле.

Таблица точек плавления различных материалов, регулирования сварочного пламени и его движения.

М е т а л л	Точка плавления	Регулирование сварочного пламени	Сердцевина сварочного пламени движется	Примечание
Алюминий . .	658	Небольшой избыток ацетилена.	Около 6—15 мм от сварочной ванны.	Сварочный порошок
Свинец . . .	327	Острое сердцевидное пламя.	В сварочной ванне, сварка должна производиться очень быстро.	
Бронза . . .	900	Т о ж е	Около 5—8 мм от сварочной ванны.	Сварочный порошок
Чугун . . .	1200	Т о ж е	Около 5 мм от сварочной ванны.	То же
Золото . . .	1063	Т о ж е	В сварочной ванне.	—
Медь	1083	Т о ж е	Около 5—8 мм от сварочной ванны.	Сварочный порошок
Латунь . . .	900	Небольшой избыток ацетилена.	Около 10—30 мм от сварочной ванны.	То же
Никкель . .	1452	Т о ж е	То же (очень осторожно).	—
Серебро . .	961	Острое сердцевидное пламя.	В сварочной ванне (осторожное движение).	—
Ковкое и прокатное железное . . .	1430	Т о ж е	В сварочной ванне.	—
Сталь	1300— —1500	Т о ж е	То же (осторожное движение при тонком материале).	

При быстрорежущей и инструментальной стали сердцевина пламени не должна касаться стали, и оплавление ее должно производиться крайне осторожно.

Направление, в котором следует производить сваривание, различно для различных материалов и часто обуславливается формой предмета и положением сварочного шва. Вообще же можно сказать, что сварка тонкого материала до 2 мм толщиной происходит лучше всего в направлении от сварщика, в то время как более толстые листы, например, у которых кромки, вследствие коробления материала, должны держаться на расстоянии друг от друга посредством клиньев или другим способом, лучше всего свариваются в направлении к сварщику.

Продольные швы больших резервуаров и т. п. обычно свариваются со стороны, т.-е. так, что шов располагается перпендикулярно к сварщику.

Выбор мундштуков горелки. Нижеследующая таблица служит руководством при выборе мундштуков для данной работы. Имеющиеся на мундштуках цифры показывают расход растворенного газа; толщина предметов относится к железным листам при сварке в стык (кромка в кромку).

Если теплопроводность свариваемого материала больше, чем железа, то для той же толщины необходимо применять мундштук большей величины, чем указывается в таблице, и наоборот. Медь, например, требует при прочих равных условиях больший мундштук, чем железо.

Толщина листов в мм	Мундштуки, расхо- дующие в час литров		Толщина листов в мм	Мундштуки, расхо- дующие в час литров	
	растворен. газа	кисло- рода		растворен. газа	кисло- рода
1	50	58	6	350	400
1,5	75	87	8	500	575
2	100	115	10	750	865
3	150	173	12	1000	1150
4,5	225	260	18	1500	1730

Если край листа приваривается к стороне другого листа, то необходимо брать мунштук большего размера, чем указывается таблицей для соответствующей толщины листов, по крайней мере в тех случаях, когда толщина листов 5 мм и выше. При этом нужно брать следующий по величине мунштук, против указанного в таблице для соотв. толщины листов, так как в этих случаях теплота отводится от шва также в направлении толщины.

В некоторых горелках происходит изменение сварочного пламени, после того как она час была в работе. Это происходит от того, что стенка горелки расширилась от нагревания. Такие горелки необходимо в этих случаях время от времени охлаждать погружением в холодную воду.

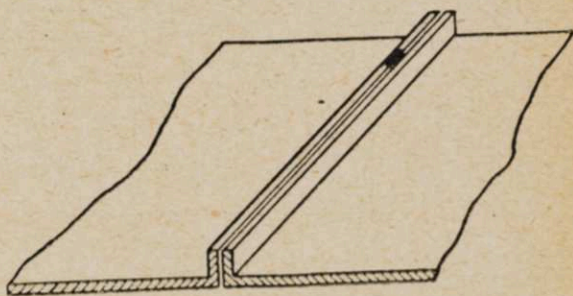
Подготовка материала к сварке и техника сварки.

Для получения возможно лучших механических результатов имеет большое значение правильная подготовка свариваемого материала к сварке.

Наиболее часто встречающиеся типы сварочных швов следующие:

Шов с отогнутыми кромками (фиг. 100).

Толщина материала от $1\frac{1}{2}$ —1 до 2 мм.



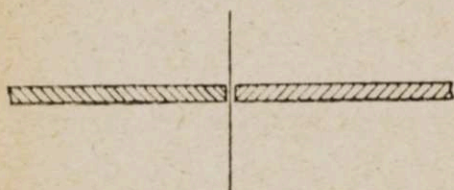
Фиг. 100. Сварочный шов с отогнутыми кромками.

Материал отгибается на высоту несколько более толщины материала и отогнутые части сплавляются без добавочного материала.

Шов кромка в кромку (фиг. 101).

Толщина материала от 1—3 до 5 мм.

Материал ставится кромками в притык, которые сплавляются пламенем горелки. В этом случае сварочный шов по-

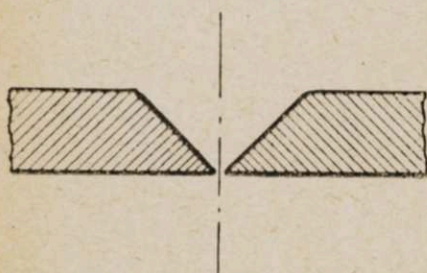


Фиг. 101. Шов кромка в кромку.

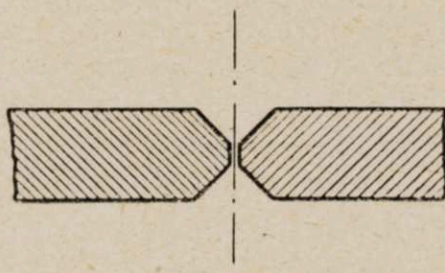
лучается тоньше остального материала. Если требуется получить шов той же толщины, применяется сварочная проволока, которая вплавляется в шов.

Шов с односторонним скосом (фиг. 102).

Толщина материала свыше 3—5 мм. В материале снимаются фаски под углом в 25° — 35° , так что образуется сварочная канавка с углом 50° — 70° . Необходимо внимательно наблюдать за тем, чтобы кромки материала хорошо сплавлялись в нижней



Фиг. 102. Шов с односторонним скосом.



Фиг. 103. Шов с двухсторонним скосом.

части канавки до присадки сварочного материала, и чтобы в течение сварки кромки все время хорошо сплавлялись с присадочным материалом для получения однородного шва.

Шов с двухсторонним скосом (фиг. 103). Толщина материала от 15—20 мм и выше. При сваривании толстых литых предметов или других предметов из толстого материала иногда полезно снимать фаски на кромках материала с обеих сторон, получая так наз. шов с двухсторонним скосом.

При этом, если возможно, необходимо нагреть сваренный шов после сварки для выравнивания возникающих в материале внутренних напряжений. При сваривании листов паровых котлов, если применяется шов с двухсторонним скосом и последующее нагревание произвести нельзя, необходимо производить сварку с обеих сторон одновременно.



Фиг. 104.

На фиг. 104 показано соединение в фальец двух кромок листов, применяющееся в тех случаях, когда требуется сваривать очень тонкие листы (толщиной менее 0,5 мм).

Фальцевание имеет целью предупредить проплавление отверстий в листах.

Сварка ацетиленом ковкого железа и стали.

При сварке железа и стали необходимо, как уже было упомянуто выше, чтобы горелка была отрегулирована на нейтральное пламя, и работа производилась таким образом, чтобы острие сердцевинки пламени касалось металла. Ни в коем случае нельзя допускать избытка кислорода. В применении специального сварочного порошка нет необходимости. Применяемый присадочный материал (сварочная проволока) должен быть высшего качества и по возможности не содержать никаких примесей. Применять для ответственных работ любую находящуюся под руками железную проволоку совершенно недопустимо, так как последнее часто приводит к неудачам, которые потом приписываются неправильному и плохому способу сварки.

Сварщик должен внимательно наблюдать за появлением окиси. Опытный сварщик замечает тогда изменение светового нюанса в расплавленном металле или свободную пленку на нем. Чтобы эту пленку окиси восстановить в металлическое железо, на нее направляется пламя, — описывая горелкой небольшие круги. Другой способ состоит в том, что эти пленки выдуваются пламенем вдоль свариваемого шва.

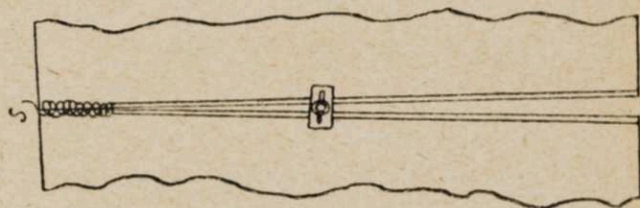
Сварка листов резервуаров и т. п.

При сварке прямых листов или прямоугольных углов необходимо прежде всего наблюдать за движением сварочной горелки, чтобы обе кромки листа нагревались по воз-

возможности равномерно, и избегать отклонений пламени в стороны, так как лист при этом легко коробится.

При сваривании двух листов в одной плоскости необходимо прежде всего установить их насколько возможно горизонтально. Кромки нельзя располагать параллельно так, что-

бы они плотно касались друг к другу, а необходимо, чтобы они несколько расходились к одному из концов листов



Фиг. 105. Сварка двух листов в одной плоскости.

(фиг. 105), так как иначе кромки на этом конце будут натягиваться одна на другую, вследствие усадки материала при охлаждении шва.

Расхождение кромок зависит от толщины листов и должно составлять около четырехкратной толщины листов на каждые $1\frac{1}{2}$ метра длины. Практика, впрочем, является лучшим учителем, так как требуемое расхождение кромок в сильной степени зависит от быстроты работы и ловкости сварщика.

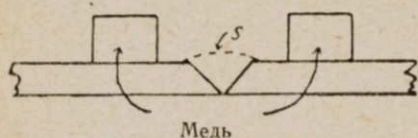
Листы удерживаются в своем положении посредством трубцин или болтов, которые переставляются по мере продвижения сварки. Весьма практичное винтовое приспособление, которое легко устанавливается, состоит из обыкновенного болта с гайкой и пластинки. К головке приваривается пластина из листового железа, а к гайке два крыла, так что ее можно легко завертывать от руки. Болты помещаются так, чтобы с каждой стороны листа было по пластине. Этим листы направляются и удерживаются от коробления.

Во время сварки пламя водят небольшими кругами и внимательно наблюдают за тем, чтобы прежде всего сплавлялись кромки в нижней части шва до того, как будет добавлен и проплавлен в шве присадочный материал. Тща-

тельное сплавление кромок листов и присадочного материала имеет очень большое значение, так как иначе не получится прочного соединения.

Горелку ведут по линии сварочного шва и с таким уклоном, который требуется для равномерного нагревания пламенем кромок листов.

Чтобы совершенно избежать нежелательного нагревания тех частей материала, которые расположены вблизи места



Фиг. 106. Медные стержни, отводящие теплоту.

плавления, можно применять два медных стержня, располагаемых параллельно по одному с каждой стороны шва и на таком расстоянии от него, чтобы они не мешали свободному обращению с горелкой

(фиг. 106). Медные стержни должны быть совершенно прямыми и плотно прилегать к листам. Так как медь имеет значительно бoльшую теплопроводность по сравнению с железом, то она принимает в себя бoльшую часть теплоты от свариваемого шва.

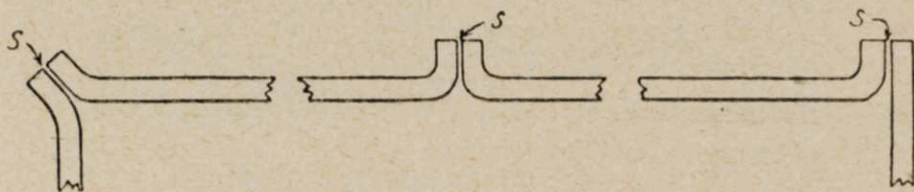
Этот способ применяется с успехом, например, при изготовлении кассовых шкафов, так как здесь требуется полное устранение коробления материала. При сварке же очень толстых листов эта мера менее необходима.

При расположении, в процессе сварки, листов параллельно так, чтобы кромки со срезанными на них фасками плотно прилегали друг к другу, получается, как уже было указано выше, недоброкачественный шов, в результате явлений усадки. Если кромки двух листов располагаются параллельно друг к другу, то они начинают сходиться уже в самом начале сварки, так как они стягиваются,—на некоторое время остаются параллельными, а когда материал остынет, образуются складки.

Если попробовать после этого выправить лист ручным способом или в вальцах, то шов всегда лопнет по месту сварки.

Если имеется в распоряжении станок для отгибания бортов, то способ, применяемый с успехом, состоит в том, что кромки листов отгибаются на величину, равную приблизительно двойной толщине листов. Листы после этого складываются отбортованными частями друг к другу с небольшим промежутком между ними, сваривают их местами на расстоянии 10—12 дюймов и выполняют после этого сварку, сплавляя помощью горелки обе прилегающие друг к другу кромки листов.

При сваривании углов прямоугольного резервуара можно или располагать листы в притык, в каковом случае не требуется снимать фаски на кромках, или же делать фаску на одном листе так, чтобы другой ее перекрывал. Также и здесь



Фиг. 107. Полностью и частично отбортованные сварочные швы.

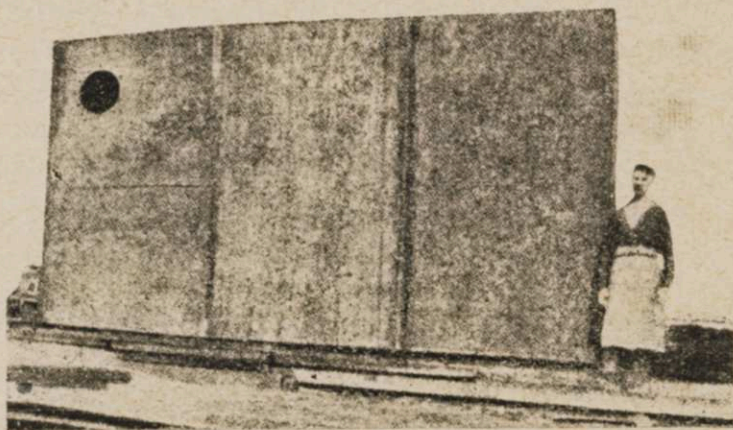
нужно очень осторожно вести горелку. Если горелка ведется слишком отесно, то пламя разделяется и происходит бесполезное нагревание сторон листов, что может вызвать большое коробление.

На фиг. 107 показано, как можно выполнять углы с полностью или частично отбортованными листами. Сварка происходит здесь очень быстро и коробления материала не получается, так как появляющиеся напряжения выравниваются в закругленных частях фланцев.

Сковструированный таким способом резервуар—поскольку он не очень большой,—не требуется снабжать скрепляющими кольцами или внутренними креплениями для придания жесткости, что часто необходимо делать в обыкновенных резер-

вуарах, так как сваренные фланцы сами по себе придают резервуару значительную прочность и жесткость.

На фиг. 108 показана большая сварная водяная цистерна, имеющая следующие размеры: длина—5 метров, высота—2,5 метра и ширина—4 метра. Объем составляет,



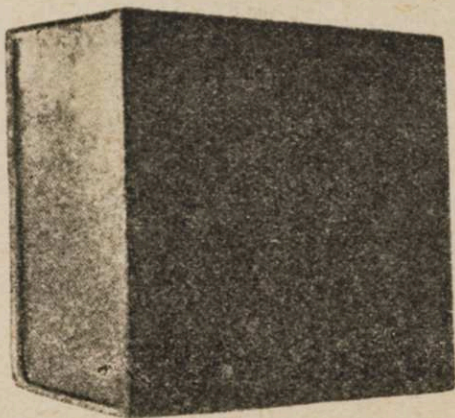
Фиг. 108. Сварная водяная цистерна.

таким образом, 50000 литров. Толщина листов— $\frac{1}{2}$ ". Стенкам цистерны жесткость сообщается круглым железом, скрепленным с приваренными с внутренней стороны скобами. Показанная на рисунке цистерна является одной из заказанных двенадцати цистерн. В первой изготовленной цистерне сделали ту ошибку, что сперва сварили угловые части, в результате чего, когда нужно было сварить между собой прямые листы, их свобода перемещения была ограничена, что привело к образованию волн и неровностей при остывании швов. При изготовлении следующих цистерн применяли обратный способ, с благоприятным результатом, т.-е. сначала сваривали листы в плоскость, после чего собирались и сваривались угловые части.

Если требуется особое усиление таких очень больших резервуаров, то это можно удобно производить таким обра-

зом, что в щель между отбортованными кромками листов помещается кольцо из полосового железа, которое сваривается вместе с кромками листов.

На фиг. 109 показана небольшая цистерна пресной воды для судов, емкостью 2500 литров. Они изготовляются в большом количестве и большой разновидности, при чем форма их обычно согласуется с формой судна, чтобы насколько возможно сэкономить место на судне.



Фиг. 109. Сварная цистерна для пресной воды.

Переходной формой между прямоугольными и круглыми резервуарами являются резервуары с закругленными углами.

Как было указано выше, эти последние в общем легче сваривать, чем прямоугольные, так как напряжения, возникающие в шве и близко расположенных к нему частях, обычно, вследствие закругленной формы, легко нейтрализуются. Напряжения концентрируются здесь не только в сваренном шве, но распределяются и в близлежащих частях материала. Отсюда следует, что резервуары, сконструированные с закругленными углами, лучше выдерживают внутреннее давление.

Кромки листов снабжаются фасками так, как было указано ранее. Загибание листов лучше производить на вальцах или загибочной машине, но для небольших предметов может производиться также вручную. Оба конца листов загибаются на одинаковую величину, так что свариваемая щель располагается, таким образом, по середине угла.

Продольные швы выполняются согласно приведенному выше, и листы располагаются так, чтобы кромки их расхо-

дились к дальнему концу. Так как здесь нет риска коробления материала, если только горелка ведется правильно, то не требуется и накладывания какого-либо отводящего тепло материала, как, например, медных стержней и т. п.

Резервуары с закругленными углами изготавливаются часто для подогревания воды, масла и т. п. В электрической промышленности этот способ пользуется большим распространением для изготовления масляных резервуаров для охлаждаемых маслом трансформаторов и т. п.

Когда занимаемая площадь не имеет значения, складские резервуары выполняются обычно цилиндрическими. После разметки листов, они обрезаются на ножницах или—в случае отсутствия их—кислородной горелкой. Если толщина материала большая, то можно, направляя муфту горелки под соответствующим углом, заодно снять на материале требующуюся для сварки фаску. После этого лист пропускают через загибочные вальцы, и продольный шов выполняется тем же способом, как и при ранее описанных конструкциях.

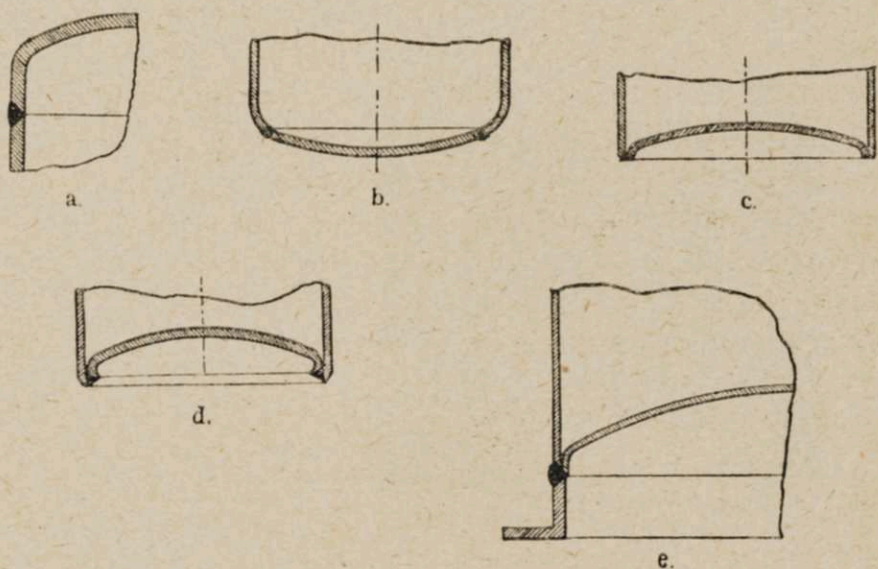
Для удерживания на расстоянии кромок свариваемой щели вполне применимо зажимное приспособление. При толстых листах можно с успехом пользоваться также двумя зажимными приспособлениями, которые ставятся в распор относительно друг друга и управляются подручным сварщиком.

По мере продвижения сварки, это приспособление постепенно перемещается и своим распором удерживает листы в правильном положении.

Когда цилиндр готов, полезно пропустить его еще раз через загибочные вальцы, поскольку необходимо, чтобы он получил вполне правильную цилиндрическую форму.

В случае больших резервуаров, необходимо часто два или более готовых сваренных барабана соединять между собой для получения требуемой длины. При этом поступают

таким образом, что барабаны помещаются один на другой в требуемое правильное положение с расположенными друг против друга скошенными кромками листов. После этого барабаны привариваются друг к другу в определенных местах на расстоянии 300—500 мм, в зависимости от диаметра, при чем наблюдают, чтобы кромки не прилегали совершенно плотно друг к другу, а расходились на величину 3—5 мм для усадки сваренного шва. Можно пользоваться также зажимным приспособлением для удерживания кромок



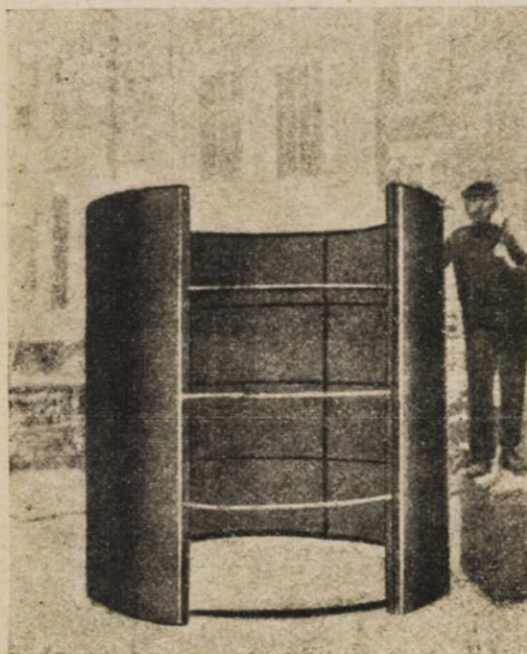
Фиг. 110. Приварка крышек, днищ и т. п.

листов в правильном положении. Наконец, производится сварка поперечных швов между предварительно сваренными местами или свинченными частями. Если применяются болты, таковые вынимаются и отверстия для них завариваются.

При сварке этих поперечных швов полезно, из соображений экономии места, располагать резервуар на стелюгах, снабженных роликами, позволяющими по мере продвижения сварки поворачивать резервуар. Благодаря этому несколько сварщиков могут работать одновременно. Если такой резер-

вуар поместить просто на полу мастерской, то для его перекачивания при работе потребовалась бы значительно бо́льшая площадь.

На фиг. 110 *a—e* показано несколько конструктивных деталей при приваривании крышек и днищ, которые не требуют дальнейших пояснений. В случае небольших ци-



Фиг. 111. Находящаяся в периоде изготовления водяная цистерна с внутренней конструкцией жесткости.

стерн днища и крышки могут быть, конечно, срезаны на плоскость, без скашивания или осаживания, и свариваться просто кромка в кромку с крышкой или днищем.

На фиг. 111 показана находящаяся в периоде изготовления водяная цистерна из 2 мм листового железа, снабженная внутренней арматурой. Эта арматура состоит из сети стержней и колец из круглого железа, сваренных между собой и с вертикальными швами цилиндра. Для

газовых колоколов, охлаждающих башен и т. п. это простое и вместе с тем прочное устройство следует рекомендовать.

До отправки сварные резервуары для складов нужно всегда подвергать испытанию. Если резервуар имеет плотно закрывающуюся крышку, то его можно испытать давлением воды до 3—5 атмосфер, при чем нельзя ограничиваться наполнением резервуара водой, оставляя его стоять

с ней ночь и исследуя после этого сварочные швы. Один из способов определения плотности резервуара состоит в том, что швы густо покрываются фотогеном. Если шов пористый, то он впитывает в себя фотоген, который проходит сквозь шов, при этом неплотности шва легко распознаются.

Резервуары под давление. Эта работа требует большой опытности и сноровки сварщика. Особенно имеет значение знание явлений расширения и усадки при нагревании и остывании железа. Далее, необходимо знать и уметь составить себе представление о тех напряжениях, которым подвергаются различные части резервуара под давлением и без него. Не будет преувеличением сказать, что сварщик, который должен выполнять такие серьезные работы, как сварка котлов и т. п., должен быть знаком также с металлургией железа, т.-е. с изготовлением материала и теми химическими реакциями, которые при этом происходят, благодаря чему он сможет составить себе лучшее представление о действии пламени на расплавленный материал.

При сварке резервуаров, подвергающихся попеременно высокому и низкому давлению, прямоугольные углы не следует применять, так как напряжения в таких швах получаются очень большие. Если угол закругляется, то влияние внутреннего давления на шов уменьшается. Лучше всего шов несколько смещать с середины угла, загибая один лист несколько дальше от кромки, а другой—соответственно ближе. Формой резервуара, которая лучше всего противостоит напряжениям от внутреннего давления, является, как известно, цилиндрическая с выпуклыми днищами.

При сварке паровых котлов полезно иногда предварительно нагревать предметы газовыми горелками, но для этого требуются вообще горелки больших размеров, расходующие до 4000—5000 литров газа в час.

Сварка стали.

Если содержание углерода в стали не превышает 0,6%, то в качестве приплавляемого материала лучше всего применять проволоку из ланкаширского железа. При более высоком содержании углерода в качестве приплавляемого материала нужно применять материал того же состава, как и свариваемые предметы.

Во многих случаях можно рекомендовать предварительное нагревание предметов, в особенности при предметах большой толщины, как, например, валы, шатуны и т. п. Предварительное нагревание может производиться на древесном угле или газовой горелкой. В предметах, подвергающихся большим напряжениям, сваренный шов необходимо проковывать. Посредством нагревания после охлаждения сваренный шов улучшается и возникшие, возможно, напряжения выравниваются. После такого нагревания предмет должен медленно остыть.

Кислородно-ацетиленовая сварка никкелевой стали, если содержание никкеля высокое, представляет те же затруднения, как и сварка никкеля. В качестве приплавляемого материала применяется сварочный стержень того же состава, как и никкелевая сталь или близко подходящего состава.

Сварка сломанных валов.

Перед сваркой, если дело идет о ремонте обыкновенного сломанного вала, сломанные концы скашиваются так, чтобы образовалась сварочная щель с углом около 70°. Если центровка обеих частей затруднительна, то ставят обе части на токарный станок, высверливают и нарезают в них отверстия по оси и соединяют их посредством нарезанного с обеих сторон стержня. Вал устанавливается прочно, например, на огнеупорных кирпичах, так чтобы не могло про-

изойти никаких смещений во время проковки, вокруг вала выкладывается также из огнеупорных кирпичей печь (горн), и части, ближайшие к месту излома, нагреваются до красного каления древесноугольным пламенем. Вал, однако, должен быть положен так, чтобы его можно было удобно поворачивать в различные положения во время работы.

Сварка начинается снизу сварочной щели таким образом, чтобы приплавляемый материал, который должен быть высшего качества, сплавился с кромками концов вала и поднялся от низа щели на высоту 5—6 мм. После этого шов проковывается согласно описанию на стр. 164—165. Когда работа по сварке закончена, вал нагревается до красного каления и покрывается асбестом или засыпается золою для медленного остывания. Если потребуется, вал выверяется после этого на токарном станке, но если работа произведена с достаточной тщательностью, эта проверка,—когда дело идет об обыкновенных прямых валах,—является излишней.

Приведенный здесь способ работы дает понятие о том, как нужно поступать вообще при таких сварочных работах, хотя собственно подготовительная работа может сильно меняться, в зависимости от формы предметов.

Посредством подогревания на древесном угле сберегается дорого стоящая теплота сварочной горелки и предмет быстро доводится до сварочной температуры.

Кислородно-ацетиленовая сварка труб.

Кислородно-ацетиленовая сварка получила также применение в производстве труб, и особенно велосипедных рам. Те большие надежды, которые возлагались на этот способ, оправдались, однако, не во всех отношениях. Способ этот предполагает автоматическую подачу трубы, и опыт показал, что этим путем—какого бы рода ни была автоматическая подача предмета—очень трудно достигнуть удовлетворительных результатов. По этой причине станки для кислородно-ацети-

леновой сварки получили в общем весьма небольшое применение.

При изготовлении этим способом велосипедных труб работа производится в следующем порядке. Материал представляет собою длинные полосы соответствующей толщины, пропускаемые в холодном состоянии через станок с серией профилированных роликовых пар, которые благодаря соответствующему профилю сначала загибают полосу в U-образную форму и после этого, следующей роликовой парой, загибаются кромками друг к другу, так что образуется труба. После этого кромки свариваются в трубосварочном станке, который состоит из двух пар вальцов для подачи трубы и расположенной между ними сварочной горелки, установленной по отношению к длине трубы под углом в 45° . Подача производится с определенной скоростью, соответственно толщине листа (например, 700 мм в минуту для трубы толщиной 1 мм).

Чтобы кромки листа плотно прилегали друг к другу, применяют особо прокатанные штрипсы. Форма такова, что получается некоторый излишек материала для сплавления. Без него шов получается тоньше, чем остальной материал.

В этой области ацетиленовая сварка, повидимому, вытесняется сваркой электрическим сопротивлением.

Проковка сваренных швов.

Если в предметах из ковкого железа, стали или в стальном литье требуется сделать сварной шов, который должен выдерживать большие напряжения, то шов во время сварки нужно в тестообразном состоянии проковывать небольшим молотком, имеющим на одной стороне закругленную ударную поверхность, а на другой выкованный боек. Благодаря этому шов освобождается от части загрязняющих примесей, шлаковых включений и т. д., и происходит его сжатие и перекристаллизация, которые в значительной степени увеличивают его прочность.

Сразу сплавляется лишь небольшая часть металла и немедленно обрабатывается молотком. Полезно пользоваться меньшим молотком в нижней части шва и сначала делать лишь легкие удары. По мере заполнения сварочной щели металлом увеличивается величина молотка и сила удара.

Проковка не должна производиться при температуре ниже красного каления (около 700°C), так как в противном случае легко появляются трещины и материал ухудшается.

Проковка сварных швов имеет большое применение в некоторых областях сварки, например, при сварке паровых котлов, резервуаров для большого давления, валов, медных предметов и т. д. *).

Сварка чугуна и стальных отливок.

Сварка чугуновых предметов и стальных отливок имеет большое значение при ремонте сломанных машинных частей и т. п., и этим путем можно сделать значительные сбережения средств. Также и дефекты в литье, как, например, раковины и т. п., можно устранить помощью сварки, в особенности если они вскрываются лишь во время обработки предметов,

Чугун, как известно, содержит сравнительно много кремния. Если содержание его достаточно велико, то при остывании чугуна получается серый, в противном случае—белый (ср. Том I, стр. 49—50). Так как кремний имеет низкую температуру газообразования и, таким образом, легко превращается в газ под действием сварочного пламени, то содержание кремния в чугуне, благодаря этому, уменьшается и шов поэтому становится твердым и хрупким, т.-е. чугун отбеливается.

Для противодействия этому пользуются приплавочным материалом в виде стержня из богатого углеродом чугуна,

*) Проковка сварных швов при кислородно-ацетиленовой сварке должна применяться, как непеременимое правило, для получения доброкачественной сварки.

который, кроме того, имеет соответствующий избыток кремния, благодаря чему получается мягкий и поддающийся обработке шов. Для получения хорошего сплавления и смешения применяют также специальный флюс (сварочный порошок), который в небольших количествах вводится в расплавленную ванну шва, время от времени погружая сварочный стержень в порошок и водя им в расплавленном металле. Весьма важно, чтобы приплавочный материал и сварочный порошок применялись лишь высшего качества.

Сварочная горелка устанавливается на нейтральное пламя (или с некоторым избытком ацетилена) и ее ведут таким образом, чтобы самое горячее место сердцевины пламени не касалось сварочной ванны, а находилось от нее на расстоянии около 5 мм. Иначе бесполезно превращается в газ большое количество кремния и шов делается пористым. После того как металл в свариваемом месте расплавился, нагревают сварочный стержень и погружают его в сварочный порошок. После этого стержнем водят в расплавленном металле и продолжают этим путем работу до тех пор, пока шов не будет совершенно закончен. Неудобство при сварке чугуна, которое нужно устранять для получения хороших результатов, состоит в большой склонности его к образованию трещин, в виду того, что его усадка и расширение значительно больше, чем у ковкого железа.

Коэффициент расширения чугуна составляет 0,0014. Так как каждые 100°С повышения температуры вызывают расширение на 1,4 мм на погонный метр материала, а точка плавления чугуна находится около 1200°С, то, таким образом, разницу в материале холодном и расплавленном нужно считать теоретически равной $1,4 \times 12 = 16,8$ мм на погонный метр.

На практике эта теоретическая цифра, однако, не получается, так как теплопроводность чугуна сравнительно невелика, в виду чего теплота распространяется лишь в той

части материала, которая расположена в непосредственной близости к области нагревания. Практика показала, что если вышеуказанную цифру разделить на 2, получается цифра, близкая к истине, и в таком случае для свободно лежащего материала расширение составит около 8 мм на погонный метр и около 6,5 мм—для больших предметов, в которых свариваемые части жестко связаны с расположенными вне зоны нагревания более прочными частями.

Благодаря этому расширению материал оттесняется в стороны и осаживается в месте сварки. Когда затем происходит охлаждение, то естественно не хватает соответствующего количества материала, и вследствие хрупкого характера чугуна появляются при его усадке трещины.

Так как при расширении чугунных предметов при нагревании может иметь место как поверхностное, так и объемное расширение, то легко понять, с какими трудностями приходится, благодаря этому, встречаться сварщику. Предметы, которые могут свободно расширяться вокруг свариваемого шва, представляют меньше затруднений, но совершенно иначе обстоит дело, когда нужно производить сварку сложных предметов с внутренними, соединенными между собою, стенками разной толщины, например, цилиндров двигателей внутреннего сгорания и т. п. Наиболее действительным способом нейтрализации вредных напряжений в них является предварительное подогревание и возможно медленное охлаждение предметов.

Многие литые изделия имеют уже вследствие неосторожного охлаждения после отливки внутренние напряжения, которые рано или поздно проявляются в образовании трещин в материале.

Поэтому необходимо после подготовки обычным способом сварочной щели и снятия фасок нагревать предмет полностью или частично по крайней мере до красного каления, после чего сварку следует производить насколько возможно быстро,

поддерживая нагрев тех частей, которые не находятся под действием горелки. После этого предмет покрывается горячей золой, песком и т. п., для предупреждения слишком быстрого охлаждения.

Это нагревание, если предмет не велик, может производиться в горне или на обыкновенном сварочном столе, на котором помощью нескольких огнеупорных кирпичей устраивают небольшой древесноугольный очаг вокруг той части, которая подлежит сварке. Для больших предметов устраивают большую плоскую плиту из огнеупорного кирпича, над которой устанавливают колпак для отведения дыма и газов. Эта плита может быть выполнена размерами $1,3 \times 1,8$ метра и высотой 0,4 метра. Для придания большей прочности, края обшиваются 2 мм листовым железом, свариваемым в углах. На этой плите выкладывается затем из огнеупорных кирпичей без раствора печь вокруг предметов, смотря по их форме и величине.

Такой сварочный стол нужно располагать по возможности на свободном месте, чтобы можно было обслуживать предмет с разных сторон. Поворотный кран с талью, устроенный так, что его можно поворачивать вдоль плиты, в значительной степени облегчает транспортировку и установку более тяжелых машинных частей. Предмет для нагревания полностью окружается углем, лучше всего древесным.

Для нагревания сложных и трудных работ, например, цилиндров двигателей внутреннего сгорания, весьма полезной является сварочная печь, показанная на фиг. 112. Предмет ставится в нее поврежденной частью кверху, так что сварщик, после того, как предмет нагрелся до красного каления, может приступить к сварке через крышку, закрывающую верхнюю часть печи. Такая печь расходует меньше древесного угля, производит более равномерное нагревание предмета и медленное охлаждение его. Для этой цели можно с успехом применять также и обычные в настоящее время в мастерских

нефтяные или газовые печи, снабженные термометрами. Можно тогда регулировать температуру по желанию и по окончании сварки снова поставить предмет в печь для отжига, после чего температура постепенно будет падать и предмет медленно охлаждаться (оставляя его в печи, например, на ночь при закрытых дверцах). Этот способ охлаждения можно особенно рекомендовать.

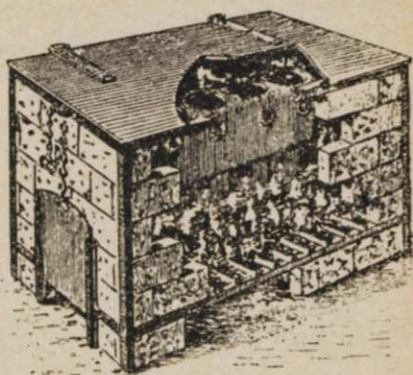
В случае предметов с очень неравномерной и переменной толщиной иногда бывает полезно — если трещина имеет сравнительно большую длину —

сначала сварить лишь часть ее и дать предмету медленно остыть, чтобы затем снова его нагреть и продолжать операцию.

При охлаждении предметов необходимо в этих случаях поступать таким же образом, как литейщик, когда он открывает форму для устранения напряжений в материале. Этот вопрос был подробно рассмотрен в Томе I настоящего издания.

В качестве примера здесь будет приведена лишь сварка треснувшей спицы махового колеса. Такая трещина получается от того, что спицам была дана возможность застыть слишком быстро, в то время, как обод и втулка, вследствие своей большей массы, находились еще в жидком состоянии. После того, как и эти части застывают и сжимаются, спицы уже охладились настолько, что они не могут следовать натяжению материала, в результате чего возникают напряжения, которые впоследствии или сейчас же дают повод к образованию поперечной трещины на одной (или нескольких) из спиц.

Для устранения этого весь маховик должен остывать равномерно, и это может быть достигнуто, например, тем, что



Фиг. 112. Печь для нагревания чугунных предметов.

более толстые части предмета открываются для доступа воздуха, в то время как более тонкие части (спицы) продолжают оставаться закрытыми. Обычно сначала осторожно охлаждают втулку и несколько медленнее обод.

В качестве защиты от высокой температуры рабочий пользуется асбестовыми рукавицами и асбестовой маской для лица. При очень больших и продолжительных сварочных работах полезно одевать поверх платья асбестовую рубашку.

Сварка ковкого чугуна.

При сварке ковкого чугуна необходимо различать, изготовлен ли он по американскому способу, при котором происходит лишь изменение характера углерода (из связанного углерода в свободный углерод), или же он изготовлен по европейскому способу, при котором происходит также обезуглероживание предметов. В первом случае, при сплавлении ковкого чугуна он опять переходит в свою первоначальную форму, т.-е. белый чугун, так как углерод снова переходит в связанное состояние, и такие предметы после ремонтной сварки необходимо снова подвергать операции томления для сообщения сваренному месту той же прочности, как предмет в целом.

Сварка действительно ковких предметов представляет известные затруднения, так как насыщенный кислородом углерод легко сжигается вследствие высокой температуры сварочного пламени, благодаря чему сваренный шов становится пористым. Сварку поэтому необходимо вести очень осторожно, так, чтобы сразу сплавлялась лишь небольшая часть, после чего нужно быстро отвести пламя. Так как ковкий чугун по своему составу и свойствам ближе всего подходит к ковкому железу, то в качестве приплавляемого материала применяются сварочные стержни из ковкого чугуна с соответствующей присадкой других веществ. Такие специальные стержни можно всегда получить у соответствующих фирм.

При сварке применяется небольшой мундштук и горелку ведут так, чтобы сердцевина пламени не касалась непосредственно предмета. Нельзя, таким образом, двигать пламенем в сварочной ванне, а достаточно лишь нагреть предмет для получения сплавления. Сварочное пламя необходимо отрегулировать на некоторый избыток ацетилена. Сварочный порошок обычно не требуется применять для предметов хорошего качества. Для предметов более плохих качеств применяется тот же порошок, как и для сварки чугуна.

Кислородно-ацетиленовая сварка цветных металлов.

Сварка меди.

Сварка меди практикуется за границей в большом масштабе при изготовлении как цистерн, котлов и трубопроводов, так и разного рода аппаратуры. За последнее время этот способ начинает вытеснять клепку и твердую пайку и пробивает себе дорогу уверенно и сознательно. Он требует, однако, исполнителя, который хорошо знаком с данным материалом и, кроме того, может согласовывать свою работу с теми специальными требованиями, которые в данном случае предъявляются.

Медь делается хрупкой при температуре около 900°C и сохраняет это свойство до плавления. Эта хрупкость, вместе с большой склонностью металла окисляться при нагревании является, конечно, отрицательным фактором при сварке.

Если металл был сильно нагрет и окислен, он при проковке распадается, даже если он был охлажден в воде. Поэтому весьма важно устранять окисление при сварке. Это достигается отчасти тем, что горелка устанавливается на нейтральное пламя, отчасти же применением соответствующего присадочного материала и сварочного порошка.

Фосфор, как известно, имеет большое сродство к кислороду, и если он содержится в приплавляемом материале, он соединяется с кислородом воздуха, благодаря чему свариваемый шов нейтрализуется. Приплавляемый материал состоит поэтому из чистой меди с небольшой присадкой фосфора

и серебра. Содержание фосфора не должно быть выше 0,25%, так как он предназначен лишь для использования при плавлении. Если содержание фосфора слишком велико, сварочная ванна становится менее легкоплавкой. Если фосфор в более или менее значительном количестве имеется в сваренном шве, то шов делается твердым и хрупким и в значительной мере теряет свою упругость.

Также и сварочный порошок составляется таким образом, чтобы он получил противокисляющие свойства. Такой сварочный порошок составляется из буры, фосфорного натрия и желтой кровяной соли. Имеющаяся в продаже бура не годится для этой цели и должна быть сначала подвергнута действию высокой температуры и после этого pulverизирована. Такой сварочный порошок покрывает предмет тонкой пленкой, предохраняющей его от действия воздуха.

Во время работы достаточно время от времени погружать нагретый присадочный материал в сварочный порошок. Вследствие большой теплопроводности меди, металл нагревается на определенное расстояние от шва во все стороны. Для защиты также и этих частей от окисления и вызываемой им хрупкости, обычно обсыпают кромки листов сварочным порошком на расстоянии около 40 мм с каждой стороны шва. Этот порошок при сварке расплавляется. Чтобы при сварке он не обсыпался или не сдувался, можно вместо порошка применять пасту того же состава.

При сварке меди, вследствие ее большой теплопроводности, применяются в два раза большие горелки, чем при сварке железа. Кромки предметов скашиваются и очищаются, как при сварке железа. Далее, необходимо иметь в виду следующее:

Горелка устанавливается на нейтральное пламя. Белая сердцевина пламени не должна приходить в соприкосновение ни с приплавляемым материалом, ни с сварочной ванной,

а ее следует вести так же, как при сварке чугуна, на расстоянии 5—8 мм от поверхности, чтобы другая зона горения пламени, состоящая из водяных паров, не могла оказывать своего вредного влияния.

Чтобы насколько возможно избежать бесполезного нагревания прилегающих к сварочной ванне частей и концентрировать теплоту пламени в шве, мундштук горелки необходимо вести по возможности под прямым углом к материалу.

Как и при всякой сварке, необходимо тщательно наблюдать за тем, чтобы скошенные кромки предметов начали оплавляться, прежде чем вводить приплавляемый материал. В процессе работы этот материал и металл должны одновременно и равномерно сплавляться друг с другом по всей длине шва. Работа должна производиться насколько возможно быстро—чтобы не сжечь материал—и лучше за одну операцию, так как при происходящем частичном охлаждении предметов, в последних легко возникают внутренние напряжения, которые могут вызвать образование трещин.

Если материал предмета имеет большую толщину, то часто бывает полезно предварительно нагреть близлежащие к шву части, если это предмет позволяет. Этим сберегается газ и сварка происходит быстрее.

Для получения однородного шва в толстом материале многие сварщики по меди пользуются с успехом способом, состоящим в том, что во время производства сварки шов проковывается небольшими легкими молотками по мере добавления приплавочного материала в сварочную ванну. Проковка шва и близлежащих к нему частей, выполненная в холодном состоянии после сварки, увеличивает, как показал опыт, упругость и прочность шва. Те предметы, в которых можно предполагать появление напряжений, полезно вторично нагревать до температуры около 600°C и после этого дать им медленно остыть.

Сварка алюминия.

Некоторые свойства алюминия затрудняют выполнение сварки. К ним относится, с одной стороны, сравнительно низкая точка плавления металла (657°C), с другой—большое расширение при нагревании и большое сжатие при остывании (приблизительно в два раза больше, чем у стали). Сюда присоединяется еще то, что металл очень легко окисляется в нагретом состоянии и что точка плавления окиси в 5—6 раз выше точки плавления металла, что приводит к тому, что металл под пленкой окиси плавится скорее, чем окись. Это является наибольшей помехой. Теплопроводность металла также большая, в виду чего трудно ограничить нагреваемую область. Наконец, сопротивление металла растяжению сравнительно небольшое, что также влияет неблагоприятно.

В качестве приплавляемого материала применяется только чистый алюминий. Сварочный порошок имеет назначение понижать точку плавления окиси и одновременно защищать металл от действия воздуха. Применяются следующие вещества в различных пропорциях: хлористый алюминий, хлористый литий, хлористый калий, хлористый кальций и хлористый натрий. Также применяются: фтористый калий, фтористый алюминий и фтористый кальций. Применяемая смесь состоит из: 30% хлористого натрия (обыкновенная поваренная соль), 45% хлористого калия, 15% хлористого лития, 7% фтористого калия и 3% бисульфата натрия (выработана А. У. Шопом, шведский патент).

Расплавленный алюминий под действием сварочного пламени легко образует комки. Эти алюминиевые ядра окружаются пленкой окиси, которая обладает большой стойкостью против действия пламени. Хороший сварочный порошок препятствует этому и содействует общему сплавлению металла.

Еще большее значение, чем при другой сварке, имеет то, чтобы кислород в газовой смеси был насколько возможно

чист от посторонних примесей. Особенно вредным является водород, так как металл легко принимает этот газ, который делает шов хрупким и ненадежным. Свариваемые поверхности должны быть, конечно, тщательно очищены.

Сварочное пламя должно быть установлено таким образом, чтобы оно имело несколько восстановительный характер, т. е. чтобы оно содержало некоторый избыток ацетилена; расстояние между пламенем и предметом должно быть 6 — 15 мм, смотря по величине горелки. Так как алюминий более легкоплавкий, чем железо, пламя не должно действовать на него так же долго, как при сварке железа.

Если шов необходимо заполнять новым металлом от сварочного стержня, последний нужно держать погруженным в расплавленный металл в сварочном шве. Для алюминия этот шов должен быть больше, чем для железа.

Вследствие большой усадки металла весьма важно противодействовать ее неравномерности, вызывающей в металле напряжения. При алюминиевых предметах это производится посредством крайне осторожного нагревания непосредственно перед сваркой. Это предварительное нагревание может производиться, помещая предмет на нескольких кирпичах, доведенных до раскаленного состояния посредством пламени угля, благодаря чему предмет нагревается приблизительно до 350° лучистой теплотой кирпичей. Лучше же всего применять для этой цели нагревательную печь с пирометром. После сварки предмет отжигается для выравнивания напряжений или покрывается песком или асбестом, чтобы он мог медленно остывать. Листы подогреваются обводом их пламенем сварочной горелки.

Отжиг алюминиевых предметов, вследствие низкой точки плавления металла, представляет известную опасность в том отношении, что легко перейти допустимую температуру. Поэтому при отжиге температуру (наивысшую) можно допускать не выше 450°. Отжиг имеет также целью восстановить структуру металла в шве.

Работа ставит большие требования в отношении ловкости и сообразительности рабочего, особенно в отношении принятия мер к предупреждению изменения формы предмета при сварке, что достигается тем, что горелка ведется так, чтобы получить возможно равномерное нагревание. Это имеет значение особенно при сварке небольших предметов из алюминиевых листов, так как температурные изменения влияют очень быстро на тонкий материал. Если работа не производится с надлежащей тщательностью и вниманием, можно легко прожечь лист.

Когда два алюминиевых листа требуется сварить кромка в кромку, полезно до сварки загнуть кромки кверху, чтобы они давали достаточно материала для сплавления.

При сварке алюминия полезно соблюдать следующие правила:

1. Свариваемые поверхности должны быть хорошо очищены.
2. Предварительное нагревание и отжиг должны производиться с расчетом и при правильной температуре.
3. Сварочная горелка должна быть соответствующей величины.
4. Сварочное пламя должно быть несколько восстановительным.
5. Поверхность, которая должна быть сварена при каждом движении руки, должна быть хорошо рассчитана.
6. Горелку нужно держать на правильном расстоянии от предмета.
7. Горелку нужно быстро отводить от предмета, когда металл расплавился настолько, что обеспечена хорошая сварка.
8. Наконец, нужно принимать меры, чтобы предметы во время сварки не меняли своей формы, и вести горелку быстро и легко, чтобы металл не перегревался.

Как и при всякой сварке, шов будет тем лучше, чем меньше перегрет расплавленный металл. С другой стороны, необходимо наблюдать, чтобы сварка действительно имела место.

Согласно новейшим исследованиям, точка плавления окиси алюминия не так высока, как она указана выше на основании американских источников, а именно, согласно самому последнему (и, повидимому, надежному) источнику, для нее дается значение 2020°C . Тонкие пленки окиси алюминия, появляющиеся при сварке, — как ясно также из сказанного выше — очень жестки и образуют, если они вмешиваются в расплавленный металл, сетку из связанных между собою пленок. Это влияет, конечно, неблагоприятно на прочность шва.

Из наиболее часто встречающихся в алюминии посторонних примесей кремний и железо являются самыми вредными. Кремнекислота, образуемая кремнием, появляется, подобно окиси алюминия, в виде тонких пленок с вкраплениями. Эти пленки можно, конечно, вварить, но лучше пробивать их сварочным стержнем так, чтобы они не оставались в шве.

Нижеприводимая таблица составлена на основании недавно произведенных опытов и показывает, какое большое влияние оказывает на материал отжиг и проковка. Перед испытанием на прочность алюминиевые листы толщиной 10 мм ровно отфрезеровывались, благодаря чему шов получался той же толщины, как и остальной материал.

Результаты испытаний сваренных алюминиевых листов

толщиной 10 мм.

(98% Al).

Обработка	Предел упругости кг/мм ²	Разрывное усилие кг/мм ²	Удлинение %	Сжатие %
Несваренный алюм. лист . . .	8,0	11,9	15,8	47,3
Сваренный чистым ацетиленом	4,0	7,1	12,2	19,2
То же отожжен. и прокован.	8,2	11,5	14,2	34,2
Сваренный не чистым ацетиленом	3,6	5,9	6,8	19,0
То же отожжен. и прокован.	7,1	10,5	12,6	22,7
Сваренный водородом	4,7	6,3	5,3	11,2
То же оттожен. и прокован.	8,6	11,9	10,2	19,6

Наилучший результат при отжиге получается, когда нагревание до требуемой температуры происходит быстро. Остающийся на поверхности, после сварки, сварочный порошок удаляется помощью щетки и горячей воды.

Сварка никкеля.

Сварка никкеля требует от сварщика опытности и осторожности. Для тонкого материала сварочный порошок обычно не требуется, для толстого же может применяться такой же порошок, как и для меди. В качестве приплавляемого материала применяется проволока из чистого никкеля.

Так как никкель легко поглощает кислород, то сварочное пламя совершенно не должно содержать избытка кислорода, и лучше, если оно имеет незначительный избыток ацетилена. Никкель, кроме того, имеет свойство в расплавленном состоянии растворять в себе газы, которые остаются в нем после его застывания и образуют пустоты. Поэтому весьма важно не касаться предмета или приплавляемого материала сердцевинной пламени, а вести его на расстоянии 10—30 мм. Никкель нельзя нагревать до точки плавления, а лишь до температуры возможно близкой к ней, в виду чего сваривание производится собственно проковыванием. Чистый ацетилен в газовой смеси имеет большое значение, так как никкель особенно восприимчив к сере.

Свариваемые кромки должны быть до сварки тщательно очищены и, в случае сварки толстого материала, они должны быть снабжены фасками обычным способом, так чтобы образовалась сварочная канавка с углом около 70°. При тонких листах кромки их в свариваемом месте полезно несколько накладывать друг на друга, и сварка происходит посредством проковывания под ударами небольшого молотка. В некоторых случаях полезно располагать свариваемый шов на подогретой подкладке, например, на железной плите или огнеупорных

кирпичах, теплота которых поддерживается горелкой Бунзена или углем.

Сварка латуни и нейзильбера.

При кислородно-ацетиленовой сварке латуни необходимо применять почти вдвое большие сварочные горелки, чем для сварки железа. Кромки предметов снабжаются фасками и очищаются, как при сварке железа. Далее необходимо иметь в виду следующее.

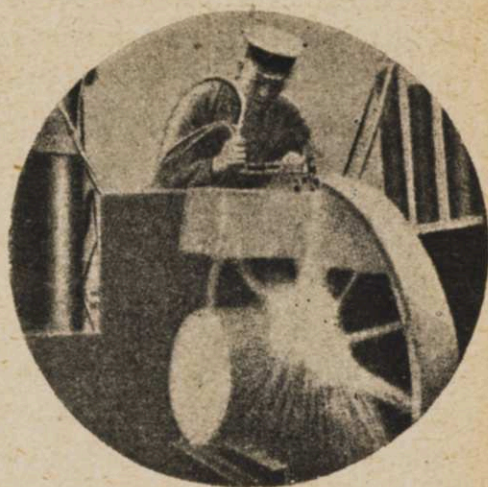
Сварочное пламя устанавливается с некоторым избытком ацетилена, так чтобы в сердцевине пламени образовалось слегка еще горящее острое. Горелка ведется осторожно на расстоянии между сердцевиной пламени и сварочной ванной в 10—30 мм, в зависимости от толщины предметов. Мундштук горелки ведется по возможности под прямым углом к материалу для предупреждения распространения теплоты.

В качестве приплавляемого материала применяется предпочтительно чистая латунь с небольшим содержанием алюминия, который служит как противоокисляющее средство. Применяется сварочный порошок, который вводится погружением в него приплавляемого материала. Сварка должна производиться быстро и без остановок.

Резка кислородом.

Газовая резка основана на свойстве ковкого железа и стали сгорать в кислороде.

Резка происходит таким образом, что какое-нибудь место предмета нагревается до белого каления кислородно-ацетиленовым пламенем горелки, после чего на это место направляется струя кислорода под давлением. При этом железо на этом месте сгорает, а сгорание развивает дополнительную теплоту (1890 единиц теплоты на 1 кг сгоревшего железа), за счет которой происходит дальнейшее сгорание сквозь толщу материала. Причина того, что этим путем достигается быстрое разрезание, заключается в том, что теплота, выделяющаяся при сгорании железа, значительно превышает теплоту плавления железа, которая, включая теплоту для нагревания до точки плавления, составляет лишь максимум 250 единиц теплоты на 1 кг железа.



Фиг. 113. Отрезка прибыли на стальной отливке.

По мере продвижения горелки вдоль материала, струя кислорода производит, таким образом, шероховатый разрез в материале. Ширина этого разреза колеблется от 3 до 10 мм,

смотря по толщине материала. Процесс резки происходит очень быстро, например, в железном листе толщиной в 1" разрез, длиной в 1 метр производится в течение 5 минут. Этим путем можно разрезать как тонкий материал, так и материал толщиной до 600 мм, при чем сталь разрезается так же легко, как и железо. Если сталь закалена, то материал вблизи разреза не получает отпуска, так как теплота подводится очень быстро и концентрируется в ограниченном пространстве.

Горелка ведется обычно от руки, при чем к мундштуку прикрепляется упор для выдерживания правильного расстояния от листа. Можно пользоваться также шаблоном, по которому горелка передвигается от руки. Для некоторых целей применяется, тем не менее, механическое передвижение посредством винтового шпинделя.

Этот способ на практике получил применение, например, на судостроительных верфях — для самых разнообразных работ, в котельных мастерских — для вырезания лазов, отверстий паровых колпаков и т. п., при ремонтных работах — для разрезки листов, выжигания дыр, для срезания заклепочных головок, в строительном деле — для обрезки балок, в сталелитейных — для отрезки прибылей, далее для разборки старых паровых котлов и других больших предметов. Таким образом, горелка для резки имеет весьма многостороннее применение, и этот инструмент во многих отраслях промышленности является неотъемлемой принадлежностью сварочных постов.

Преимущество такого способа разделения материала состоит прежде всего в том, что предмет не требуется устанавливать на каком-нибудь станке. Этим способом, однако, чугун разрезать нельзя. Им можно резать только железо, сталь и стальные отливки.

В нижеследующей таблице приведены приблизительные значения скорости разрезания, расхода газа и рабочего

давления кислорода при разрезании материала различной толщины (ср. таблицу на стр. 139, где приведены несколько отклоняющиеся значения).

Толщина материала в мм	10	20	30	50	80	100	150
Расход ацетилена на метр разрезаемой длины в литрах....	30	40	60	80	100	120	200
Расход кислорода на метр разрезаемой длины в литрах....	140	200	250	450	900	1400	1800
Приблизительное давление кислорода в кг на см ²	2	2	3	5	7	8,5	9
Приблизит. скорость разрезания в метрах в час	17	14	11	7	5	3,5	2

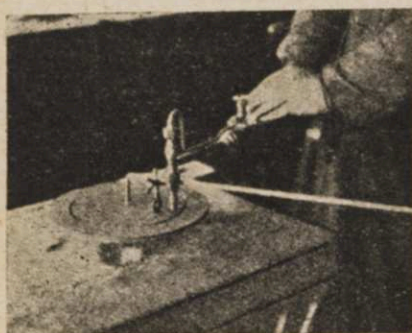
В автоматических режущих аппаратах получают значительно более благоприятные результаты как в отношении скорости резания, так и расхода газа.

О конструкции горелки для резки были уже даны указания на стр. 137 в связи с описанием сварочных горелок. Как видно из рисунка 94, описанная там горелка для резки снабжена роликом, который держит горелку на правильном расстоянии от предмета. Некоторые горелки снабжены двумя такими роликами.

На фиг. 114 показано приспособление для разрезания по кругу, при чем горелка сохраняет свое положение, а вращается предмет.

Режущие аппараты имеются нескольких конструкций, как для подачи от руки и механической, так и автоматической. Когда часто встречаются определенные работы по разрезанию, то последние—как было уже упомянуто—являются

весьма экономичными. По мере того, как большая часть механических производств будет все более приближаться

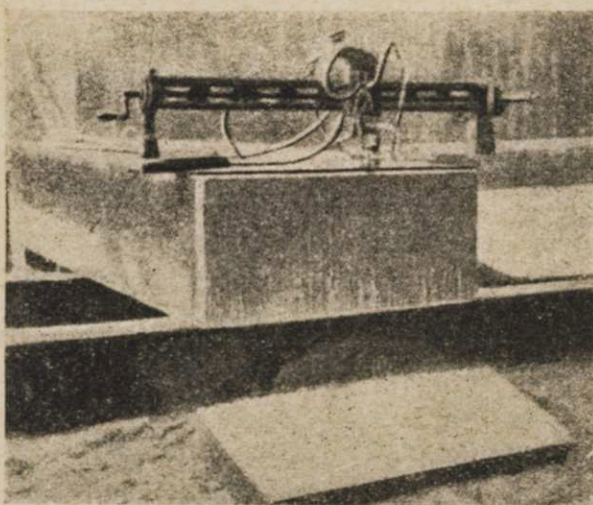


Фиг. 114. Приспособление для разрезания по кругу, при котором горелка остается в своем положении. Акц. О-во «Газоаккумулятор».

к массовому производству, что уже имеет место в особенности в больших промышленных странах, автоматические аппараты

будут все более на своем месте.

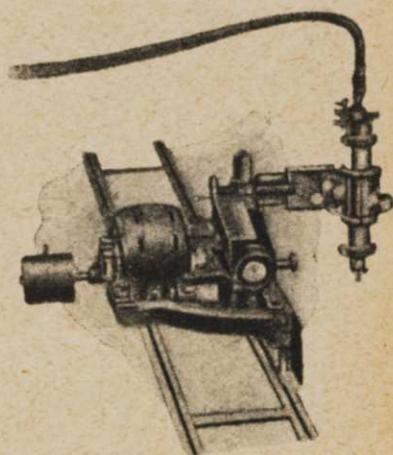
На фиг. 115 показан режущий аппарат для ручной подачи, предназначенный для броневых плит. Он состоит из станины, на которой установлена на салазках горелка, подача которой производится посредством винта.



Фиг. 115. Режущий аппарат для ручной подачи.

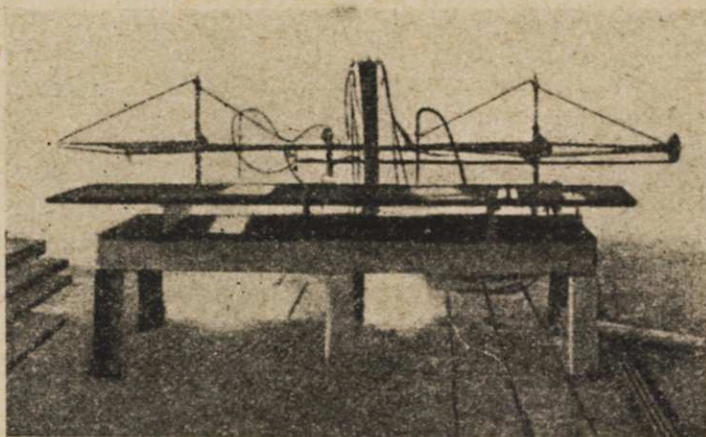
На фиг. 116 показан режущий аппарат с механической подачей. Он имеет вид вагонетки, на которой смонтирована горелка для резки, помощью которой можно производить

прямые и круговые разрезы в материале толщиной от 5 до 600 мм. Для разрезания по прямой линии аппарат помещается на рельс, исполняющий роль линейки, а для круговых разрезов аппарат снабжен радиальным стержнем с устанавливаемым центром. Устройство для подачи состоит из трехколесной тележки, которая приводится в движение небольшим электромотором, посредством шнура, соединяющегося с осветительной сетью.



Фиг. 116. Режущий аппарат с электромотором.

Горелка устанавливается во всех направлениях, так что ее можно установить под углом для резки косых кромок. Скорость резания регулируется от 30 мм до 300 мм в минуту, в зависимости от толщины материала. Отрезка, например,

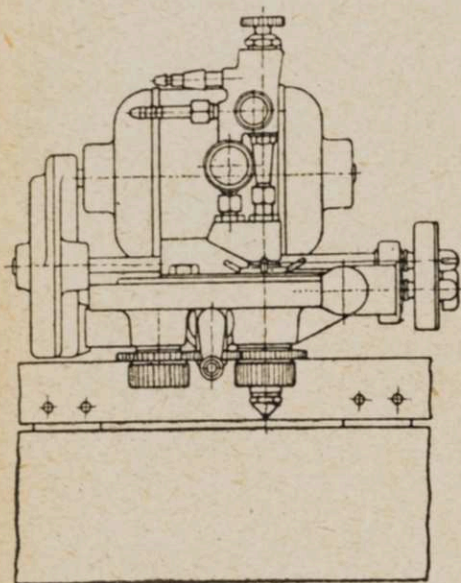


Фиг. 117. Режущий аппарат по принципу пантиграфа.

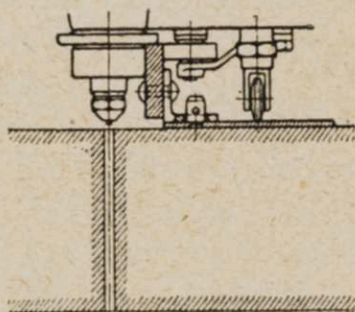
куска материала размерами 150×200 мм при пробной резке заняла 2 минуты времени.

Вследствие небольшой ширины вырезаемой щели, расход кислорода сравнительно невелик. Аппарат может работать с 18 различными скоростями резания и дает очень ровный разрез. Поверхность разреза не делается более твердой, чем остальной материал.

Режущий аппарат, показанный на фиг. 117, сконструирован по принципу пантографа с направляющим



Фиг. 118. Режущий аппарат для криволинейных разрезов.



Фиг. 119. Нижняя часть аппарата с горелкой и шаблоном.

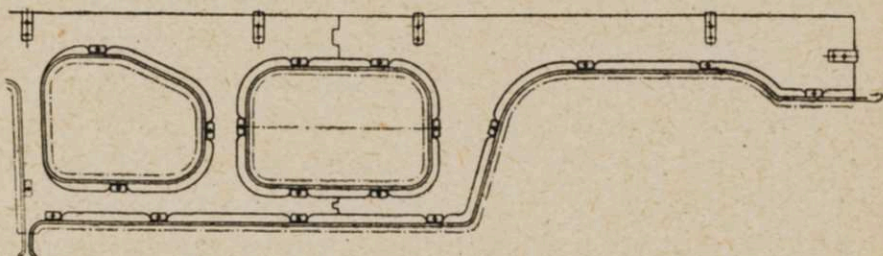
механизмом, действующим от мотора, при помощи которого горелка в точности воспроизводит линии непосредственно с чертежа. Аппарат может резать под прямым углом, по эллипсу, по крутым кривым и т. д., и разрез получается ровным и чистым.

Небольшой электромотор, универсального типа, для напряжения 110—120 вольт переменного или постоянного тока, приключается к осветительной сети.

Аппарат режет со скоростью до $\frac{1}{2}$ метра в минуту, смотря по толщине материала.

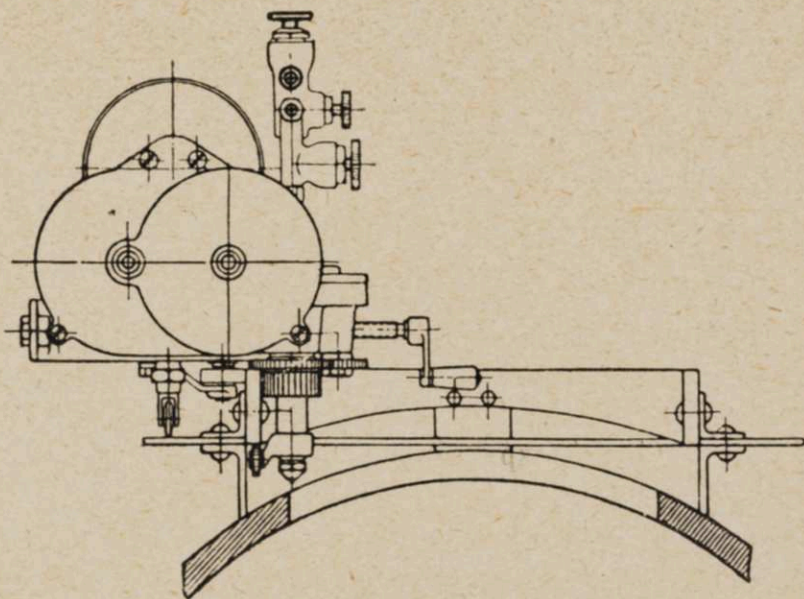
Наконец, на фиг. 118 показан аппарат для резки по кривым линиям. Аппарат устроен таким образом, что горелка

принудительно направляется прямым или любой кривизны шаблоном. При пуске в ход мотора ходовые ролики приводятся в движение и посредством контр-ролика прижимаются



Фиг. 120. Шаблон передней части паровозной рамы.

к шаблону. Горелка помещается в одном из ходовых роликов, благодаря чему скорость резания остается практически



Фиг. 121. Вырезание отверстия в готовом барабане.

одной и той же, независимо от того, ведется ли горелка по прямой линии или по кривой. На фиг. 119 показана нижняя часть аппарата и устройство шаблона.

Шаблоны изготавливаются из обыкновенного полосового железа 40×10 мм, которому легко придать желаемую форму. На фиг. 120 показан шаблон передней части паровой рамы. Отдельные части шаблона укрепляются на более тонком листе, так что никакого изменения всего шаблона произойти не может. Части эти съемные и пронумерованы. Согласно имеющимся данным, рабочее время и расход газа при резке таких рам по шаблону составляет лишь одну пятую часть того, что раньше требовалось при работе вручную. На фиг. 121 показано применение аппарата для вырезания отверстий в готовых барабанах.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ
ДУГОВАЯ СВАРКА

Общие указания.

Если концы двух угольных стержней, которые посредством проводников соединены с соответственными полюсами источника электрического тока (например, динамомашины или аккумуляторной батареи), привести в соприкосновение друг с другом, то в месте соприкосновения они нагреваются и при достаточном напряжении и силе тока накаливаются. Если их на некоторое расстояние (1—6 мм) отдалить друг от друга, то между ними появляется ярко светящаяся дуга, имеющая очень высокую температуру (около 3700°C). Вместо угля можно пользоваться другими проводящими ток материалами. Те части, между которыми появляется дуга, называются электродами, и в зависимости от материала, из которого они изготовлены, различают три различных метода дуговой сварки.

А. Один электрод изготавливается из угля, другой — представляет собою металлический предмет (метод Бенардоса).

В. Оба электрода металлические (метод инженера Славянова).

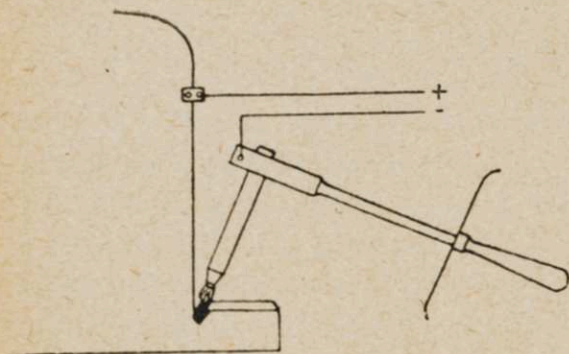
С. Оба электрода угольные (метод Церенера).

Старейшим из этих трех методов является метод Бенардоса, изобретенный в 1885 г. Один из полюсов источника тока соединяется с предметом, другой — с твердым угольным стержнем. Если этим стержнем коснуться свариваемого места и затем его приподнять, то появится вольтова дуга, которая быстро расплавляет находящийся под ее действием

металл (см. фиг. 122). Приплавляемый металл вводится при сварке помощью металлического стержня, который держат в руке и конец которого постепенно плавится под действием вольтовой дуги до тех пор, пока свариваемое место не будет

полностью заполнено металлом. Угольные электроды имеют разный диаметр, обычно от 15 до 35 мм, в зависимости от величины силы тока.

Этот способ имеет определенные недостатки, главным из которых является тот, что—когда сваривается железо и сталь—материал в швах полу-



Фиг. 122. Система Бенардоса.

чается с значительно большим содержанием углерода, благодаря чему швы дедаются твердыми и хрупкими. Другой недостаток состоит в том, что теплота не концентрируется в такой степени, как при применении металлических электродов, в результате чего предмет нагревается на большем пространстве и при охлаждении подвергается поэтому большему напряжению, и, кроме того, при некоторых работах трудно получить металлическую ванну достаточной глубины.

Угольные электроды применяются поэтому только в определенных случаях, например, когда нужно удалить металл с свариваемого места, а также, когда требуется расплавить металл. Первое производится, например, на перегоревших, поврежденных или изношенных местах, при расширении трещин, а также при резке, второе—при заполнении больших отверстий в крупных отливках. Угольные электроды применяются также и при сварке меди и латуни.

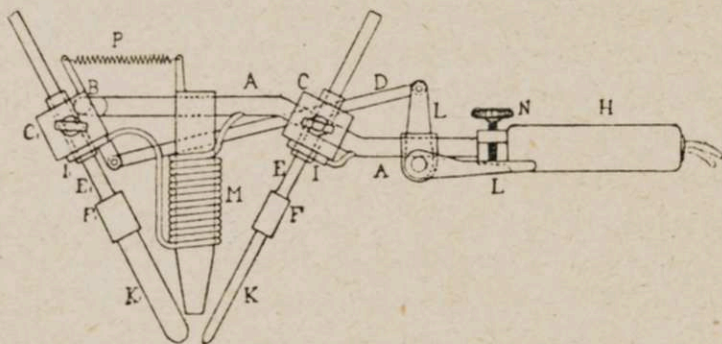
В настоящее время для обычных сварок наиболее часто применяется метод инж. Славянова, изобретенный несколько лет позже. Существенная разница между этим методом и методом Бенардоса заключается в том, что в методе Славянова угольный электрод заменен металлическим стержнем из того же материала, как и свариваемый предмет. Во время сварки этот стержень постепенно расплавляется и получаемый таким путем добавочный металл сплавляется с металлом предмета в месте сварки.

В отличие от этих двух методов, предмет, при методе Церенера, не соединяется с источником тока. Вольтова дуга, образующаяся здесь между двумя угольными электродами, таким образом, совершенно не зависит от предмета. Этот метод возник с целью избежать общего недостатка систем Бенардоса и Славянова, заключающегося в том, что иногда трудно получить вольтову дугу точно в требуемом месте предмета, так как, если это место покрыто шлаком или другим плохо проводящим ток веществом, дуга перемещается в другое место.

В сварочном аппарате Церенера подача угольных электродов, расположенных друг к другу под острым углом, производится автоматически. Для придания вольтовой дуге надлежащей формы, она отклоняется электромагнитом и принимает вид пламени газовой горелки. Электромагнит, помещенный между электродами, производит на дугу, так сказать, выдувающее действие, благодаря чему дуга под влиянием магнитного поля электромагнита получает вытянутую, а при достаточной силе его—остроконечную форму. Если электромагнит достаточно сильный, он может совсем выдуть дугу. По включении тока горение вольтовой дуги в аппарате происходит непрерывно, как в лампе. Сопротивление дуги не зависит от того, происходит ли сварка или нет. При сварке этим методом крупных предметов сообщение предмету необходимого для его расплавления количества теплоты пред-

ставляет большие затруднения и поэтому этот метод для сварки крупных предметов не применим. Для небольших же предметов этот способ дает вполне удовлетворительные результаты.

Конструкция аппарата Церенера показана на фиг. 123. Трубка *A* снабжена деревянной рукояткой *H* и приближи-



Фиг. 123. Схематический вид аппарата Церенера.

тельно по середине своей длины загнута. В месте загиба трубка охватывается призматической формы колодкой, изготовленной из изоляционного материала. Другая такая же колодка прикреплена к трубе посредством колена *B*. Колодки снабжены отверстиями, в которые вставлены латунные втулки *I* и *I*₁. В них вставлены латунные стержни *E* и *E*₁, в зажимах которых *F* и *F*₁ закрепляются уголки *K* и *K*₁. Провода входят в аппарат через рукоятку и проходят через трубку, при чем один провод идет к латунной втулке *I* и далее через стержень к уголку *K*, а другой — к электромагниту *M* и от него к втулке *I*₁ и через стержень *E*₁ к уголку *K*₁. Возле рукоятки имеется угловой рычаг *L*, одно плечо которого может подниматься и опускаться посредством установочного винта *N*. Другое плечо соединено с тягой *D*, которая в свою очередь соединена с колодкой *C*₁. При включении тока нажимают на плечо у винта, благодаря чему

концы электродов приходят в соприкосновение друг с другом. По прекращении нажима на это плечо, пружина P разъединяет электроды и образуется вольтова дуга. При помощи упомянутого установочного винта рабочий может во время работы регулировать длину дуги.

В дальнейшем речь будет идти о сварке методом Славянова.

Преимущества дуговой сварки по сравнению, например, с кислородно-ацетиленовой сваркой заключаются в высокой температуре, развиваемой вольтовой дугой, и в дешевизне этого способа.

Как и при кислородно-ацетиленовой сварке, работа происходит с добавлением нового металла к свариваемым поверхностям. Теплота вольтовой дуги более концентрирована, чем теплота кислородно-ацетиленового пламени, что, конечно, является большим преимуществом, так как материал подвергается меньшему расширению и сжатию вокруг свариваемого места. При сварке листового материала помощью вольтовой дуги выпучины появляются поэтому не так легко, как при кислородно-ацетиленовой сварке.

Дуговая сварка применима также в трудно доступных местах, как, например, в паровых котлах, топках, резервуарах и т. п. Она допускает также сварку вертикальных швов, что имеет большое значение в особенности в судостроении и при котло-ремонте. Применяемое при работе напряжение тока ниже напряжения обычного осветительного тока и является поэтому вполне безопасным.

Причиной все большего распространения дуговой сварки является развитие техники последней. Вначале применяли слишком большие напряжение и силу тока. Следующим шагом вперед явилось введение покрытых электродов, которые, между прочим, способствуют повышению устойчивости дуги. Если покрытие электрода делается только из асбеста, то оно имеет целью лишь концентрировать дугу. Электроды

Челльберга покрываются массой такого состава, которая переводит в сварочный шов определенные присадочные вещества.

В настоящее время сварка помощью вольтовой дуги применяется с успехом для листов любой толщины, однако, не тоньше 0,5 мм. Обычно же стараются не применять ее для листов толщиной меньше 1 мм.

Дуговая сварка применяется, главным образом, для сварки железа и стали. Для других металлов следует предпочитать сварку кислородно-ацетиленовую. В особенности это относится к алюминию. Чугунные изделия тоньше 2 мм свариваются с трудом. Результат работы в сильной степени зависит от опытности сварщика. При сварке тонких листов при постоянном токе, электрод присоединяют к положительному полюсу, чтобы вольтова дуга не так легко прожигала лист.

Постоянный или переменный ток.

Не так давно считали, что переменный ток нельзя успешно применять для дуговой сварки. В настоящее время по этому вопросу идет весьма интересный спор.

Соображения, которыми в этом вопросе руководствовались раньше, приблизительно следующие. Так как при постоянном токе количество теплоты, выделяемое положительным полюсом, примерно на 12—15% больше теплоты, выделяемой отрицательным полюсом, то этот ток более предпочтителен, так как положительный полюс может быть соединен с предметом, который обычно требует больше теплоты. В том случае, когда предмет тонкий и требует меньше теплоты, можно переключить полюса.

При переменном токе, при котором полярность непрерывно меняется, на обоих полюсах выделяется одинаковое количество теплоты, и для того, чтобы в более толстых предметах получить то же количество теплоты, как и при сварке отрицательным полюсом при постоянном токе, необходимо затратить соответственно большее количество энергии.

К этому добавляется еще то, что дугу переменного тока труднее поддерживать. В момент, когда меняется направление тока, сила тока делается равной нулю, в результате чего в каждый такой момент дуга охлаждается.

С другой стороны, указывают, что переменным током можно получить одинаково удовлетворительные результаты, если электроды покрыты соответствующим материалом, обладающим хорошими ионизирующими свойствами.

Один из сторонников переменного тока (F. Würtmann, „Werkstattstechnik“ № 22, 1925 года) приводит, между прочим, следующие соображения в пользу переменного тока.

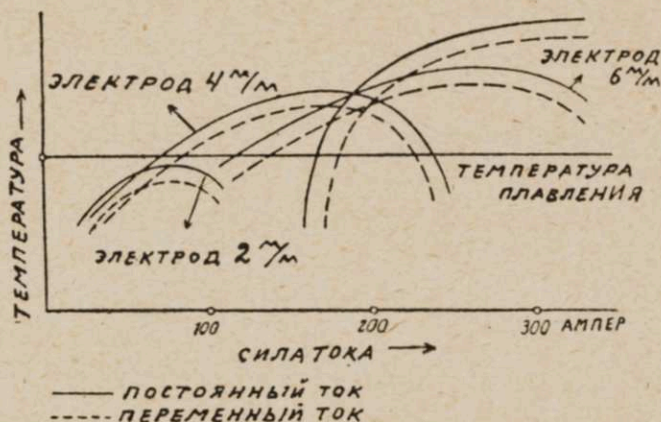
«Если исследовать физические основания сварки, то оказывается, что вольтова дуга имеет лишь целью создавать источник теплоты, и что нельзя говорить об идеальной вольтовой дуге, т.-е. такой, которая вообще или всегда дает лучшие результаты. Если, например, для сварки толстых предметов применять электроды малого диаметра, то глубина расплавления предмета будет недостаточна, и сварки не получается даже при предварительном подогреве предмета».

Если сваривать, например, листы толщиной 10 мм электродом диаметром 2 мм, то окажется, что материал на 1 мм ниже поверхности не имеет такой высокой температуры, которая обеспечила бы сварку, т.-е. материал в этом месте не достигает температуры плавления. Если применить электрод диаметром 4 мм, то током силой в 70 ампер не достигается никакой сварки, в то время как при 150 — 180 амперах получается хорошая сварка. С другой стороны, при силе тока в 220 ампер электрод плавится слишком быстро и сварка получается неудовлетворительная, вследствие пережога материала.

На фиг. 124 представлена зависимость температуры от силы тока при материале различной толщины и различных диаметрах электродов. Сплошные линии относятся к сварке постоянным током, а пунктирные — к сварке переменным током. При электроде того же диаметра, как и толщина листа (верхняя кривая), электрод и предмет должны плавиться одновременно. Для взятого случая это возможно при силе тока около 200 ампер.

Из диаграммы видно, что сварка переменным током одинаково возможна, как и сварка постоянным током. Необходимо лишь приноровиться к особенностям вольтовой дуги при переменном токе.

К этому необходимо заметить, что диаграмма не дает ничего для суждения о качестве получаемого сваренного шва, что собственно и является предметом выяснения.



Фиг. 124. Зависимость температуры от силы тока при материале различной толщины.

Результат сварки переменным током в очень сильной степени зависит, конечно, от конструкции сварочного агрегата, что имеет место также и при постоянном токе. Также и здесь успех в немалой степени зависит от удачной конструкции. В этом вопросе Швеция является одной из передовых стран.

Вследствие неоспоримых преимуществ, связанных с применением переменного тока, а именно, получение более простых и легких, а вместе с тем и более дешевых и более легко транспортируемых агрегатов, нужно считать вполне целесообразным стремление широко применять этот ток для дуговой сварки. В то время как агрегат постоянного тока имеет вес от 650 до 900 кг, агрегат переменного тока весит лишь около 180 кг.

Сила тока, напряжение, расход энергии, скорость сварки и т. п.

Нижеследующая таблица, предоставленная Акц. О-вом Электросварки, в Гётеборге, дает средние значения силы тока, напряжения, расхода электродов и т. п. при применении сварочных аппаратов этой фирмы и электродов, покрытых по способу Челльберга.

Диаметр электродов, в мм (длина = 360 мм)	2	3	4	5	6
Соответств. толщина листов, мм . .	1—2	2—4	3—6	5	—
Вес 100 электродов, кг	1,0	2,1	3,9	6,1	8,4
Число электродов, в 1 кг	100	48	26	16,5	12
Полезн. сплавляемый объем на электрод, см ³	0,85	1,90	3,40	5,30	7,60
Время сплавления на электрод, мин.	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
Число электродов, сплавляемых в час	30	27	24	22	20
Полезный сплавляемый свариваемый объем в час, см ³	26	51	82	116	152
Полезный сплавляемый вес в час, кг	0,20	0,40	0,64	0,90	1,20
Напряжение холостого хода генератора, вольт	50	60	60/70	70	80
Напряжение вольтовой дуги для стальных электродов, вольт . .	16/19	17/20	18/22 ¹⁾	20/23 ²⁾	20/24
Сила тока для стальных электродов, амп.	40/50	75/85	100/120	150/170	200/220
Макс. расход энергии приводн. мотора, в кВт	2,7	3,4	4,7	6,1	7,5
Макс. расход энергии приводн. мотора, в HP	3,8	4,6	6,4	8,3	10,2

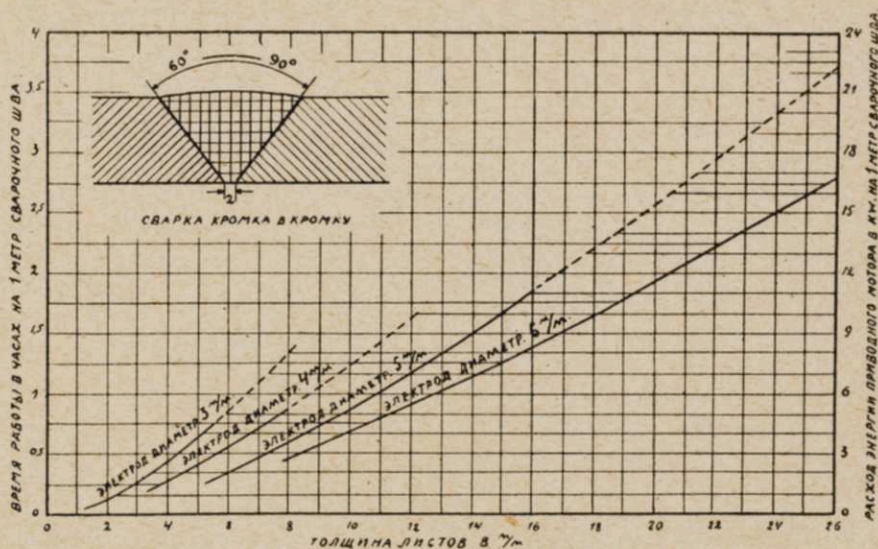
¹⁾ Для чугунных электродов = 30—35.

²⁾ Для бронзовых электродов = 35—40.

Помещаемая ниже таблица даст значения силы тока и напряжения для аппаратов, изготовляемых фирмой AEG.

Выполняемая работа	Сила тока в амперах	Регулируемое напряжение вольт около
Тонкие листы до средней толщины (до ∞ 15 мм)	150	20—35
Более толстые листы и небольшие сварки литых предметов	200	30—65
Толстые листы и более крупные сварки литых предметов	460	65
Очень большие сварки литых предметов . .	800	65

Диаграмма фиг. 125 показывает скорость работы и расход энергии при применении описываемого на стр. 205



Фиг. 125. Скорость работы и расход энергии при сварке в стык.

сварочного агрегата и патентованных Челльбергом покрытых электродов при сварке «в стык».

Акц. О-во «Векс», Стокгольм, для своих сварочных аппаратов дает следующие значения для силы тока и диаметров электродов:

Диаметр электрода в мм	2	3	4	5
Сила тока (во вторичной части) в амп.	40—60	75—95	130—150	180—210
Для толщины листов в мм	1,5—3	3—5	5—8	около 8

Та же фирма приводит следующие данные о расходе энергии и скорости работы, полученные при пробной сварке:

Диаметр электрода	2	3	4	5	мм
Среднее значение силы вторичного тока	50	90	135	173	амперы
Первичная нагрузка	5,6	8,2	10,6	12,2	киловольт-амперы
» мощность	1,5	2,6	2,6	3,3	киловатты
Расход энергии на 1 кг расплавленного электродного железа	1,68	1,51	1,45	1,57	киловатт-часы
Расход энергии на 1 кг расплавленного железа в свариваемом шве	1,84	1,79	1,67	1,85	„
Время брутто на 1 кг расплавленного в шве железа	164	68,5	48,5	42,5	минуты
Эффективное время действия дуги на 1 кг расплавл. в шве железа	72,5	41,8	38,8	33,8	„
Потеря железа в % от веса электродов	17	22	20	23	%

Первичная мощность взята здесь при $\cos \varphi$, изменяющемся от 0,245 до 0,27, при чем безваттный ток, который вместе с приведенной первичной мощностью составляет первичную нагрузку, не принят в расчет при вычислении расхода энергии на 1 кг расплавленного железа.

Подсчет времени, требующегося для выполнения определенной сварочной работы, нельзя сделать с достаточной точностью. Сварка является и остается ручной работой, и, как таковая, связана с индивидуальными различиями этих работ. Время работы зависит, таким образом, кроме рода работы—отчасти от местных условий, доступности и т. п., отчасти, конечно, в очень значительной степени, от опытности сварщика. Приведенные на стр. 202 данные для скорости работы нужно, поэтому, рассматривать, как примерные нормы.

При прочих равных условиях можно сказать, что для каждого предмета, с подобранным для него соответствующим диаметром электрода, лишь одна скорость работы является правильной для данного диаметра электрода, поскольку сваренный шов должен получиться хорошего качества. Скорость работы никогда нельзя доводить до такой величины, когда она совпадает с наивысшей возможной скоростью расплавления металла.

На практике всегда стараются производить сварку при помощи электродов возможно больших диаметров. Причина этого заключается в том, что сварка происходит значительно быстрее, чем с малыми электродами, и что стоимость эксплуатации получается меньшей. Расход энергии при применении электродов большего диаметра увеличивается лишь незначительно, но работа происходит значительно быстрее. В настоящее время верхним пределом при пользовании стальным электродом считается 7 мм.

Для определения расхода электродов можно пользоваться нижепомещенной таблицей, в которой D означает

диаметр электродов в *мм*, *V*—полный объем железа в электроде в куб. *см*, *v*—объем расплавленного металла, получаемого от одного электрода и *n*—количество электродов в 1 кг. Длина электродов = 360 *мм*.

<i>D</i>	<i>V</i>	<i>v</i>	<i>n</i>
2	1,13	0,85	100
3	2,54	1,90	48
4	4,52	3,40	26
5	7,07	5,30	16,5
6	9,34	7,60	12

Сварочный агрегат.

При дуговой сварке получается короткое замыкание в тот момент, когда оба полюса приходят в соприкосновение друг с другом. В качестве источника тока должен быть поэтому выбран такой, который выдерживал бы появляющиеся при этом изменения нагрузки или «удары тока».

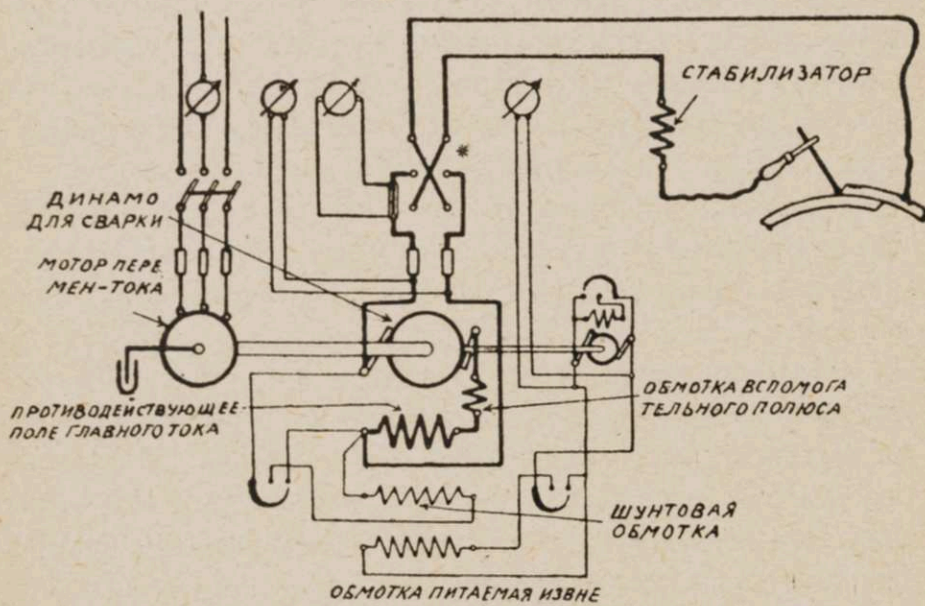
Сварочные агрегаты для постоянного тока бывают трех разных систем, а именно: агрегаты постоянного напряжения, постоянной силы тока и постоянной мощности.

При применении постоянного напряжения ток короткого замыкания ограничивается сопротивлением, включенным последовательно с дугой перед свариваемым местом. Уменьшение силы тока, вследствие увеличения длины дуги, вызывает уменьшение падения напряжения в сопротивлении с последующим повышением напряжения между полюсами дуги (электрода и предмета). Требуемая для существования дуги мощность, представляемая произведением из напряжения и силы тока, стремится, таким образом, остаться постоянной, вследствие чего выделение теплоты дугой также остается постоянным. Конечно, теплота выделяется как самой дугой, так и точками ее соприкосновения на предмете и электроде, однако, объем дуги настолько мал, что вся теплота концентрируется в одной точке. Это имеет место в действительности при сварке короткой дугой.

При применении этой системы значительная часть тока расходуется бесполезно (так как она теряется в сопротивле-

нии), и такие агрегаты поэтому неэкономичны, в особенности при непрерывной работе.

При сварке током постоянной силы и переменного напряжения необходимо иметь такое устройство агрегата, которое гарантировало бы получение постоянной силы тока также и тогда, когда меняется длина дуги; чем длиннее дуга, тем выше должно быть напряжение и тем больше, следовательно, мощность.



Фиг. 126. Соединение Кремера.

Наиболее часто применяющиеся в настоящее время генераторы для сварки по этой системе снабжены так назыв. соединением Кремера, дающим точную регулировку. Схема этого соединения показана на фиг. 126.

Эти машины своим внешним видом, а также устройством полюсов и якорей совершенно схожи с генераторами постоянного тока. В отношении электрического соединения они отличаются от последних тем, что имеют три различных

обмотки, а именно, одна — для независимого возбуждения, вторая — шунтовая обмотка самовозбуждения и третья — противокомпаундная последовательная обмотка, при чем обе последних получают ток от генератора.

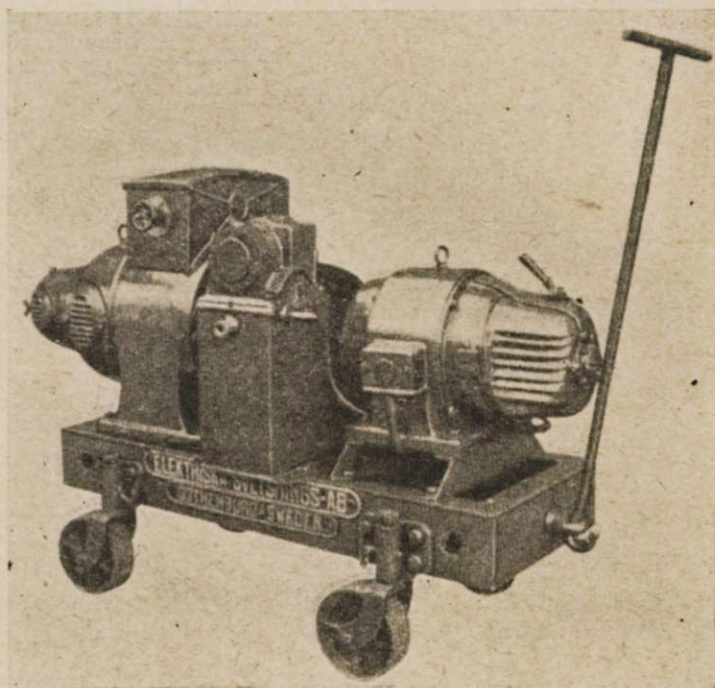
Способ работы машины удобнее всего понять, если рассмотреть три различных случая, а именно, если каждая обмотка действует лишь одна. Предположим сначала, что та обмотка, которая получает ток от самого генератора, выключена, и что включены, следовательно, обмотка, независимого возбуждения и противокомпаундная последовательная обмотка. Машина будет тогда иметь те же свойства, как и машина-компаунд с противокомпаундной последовательной обмоткой. Если якорь замкнуть на короткое через сопротивление, то ток якоря будет пропорционален току, подводимому извне. При увеличении его при помощи регулирующего приспособления ток якоря увеличивается, при ослаблении же он опять уменьшается. Таким образом, ток может устанавливаться по желанию при помощи регулирующего сопротивления. Включая ток медленно через сопротивление, сила его уменьшается, в то время как напряжение повышается.

Предположим теперь, что в такой машине противокомпаундная последовательная обмотка и питаемая генератором обмотка включены, в то время как обмотка независимого возбуждения полностью выключена. Машина может теперь питаться лишь при открытой цепи якоря, так как ток, идущий в противокомпаундную последовательную обмотку, понижал бы ток, идущий от генератора.

Положим, что машина имеет все три обмотки. В этом случае ток при короткозамкнутом якоре, когда противокомпаундная последовательная обмотка и обмотка независимого возбуждения включены, будет определяться лишь током, подводимым извне. Если же пустить ток через сопротивление, то сила тока до известного напряжения будет оставаться более

или менее постоянной, а после этого будет быстро понижаться, в то время как напряжение—повышаться.

Сварочный агрегат «Кремера» состоит из собственно сварочного умформера, распределительного щита, сварочных кабелей, стабилизатора, контактов для присоединения кабелей и держателя для электродов.



Фиг. 127. Сварочный аппарат с приводом от электромотора Акц. О-ва «Электросварка», Гётеборг.

На фиг. 127 показан внешний вид переносного сварочного агрегата с приводом от электромотора, конструкции Акц. О-ва «Электросварка», в Гётеборге. Эти генераторы дают постоянную мощность, т.-е. произведение силы тока и напряжения практически сохраняет постоянную величину при любой установке регулируемых величин. После того, как процесс сварки получил установившийся характер,

отрегулированные для работы рабочее напряжение и сила тока остаются постоянными.

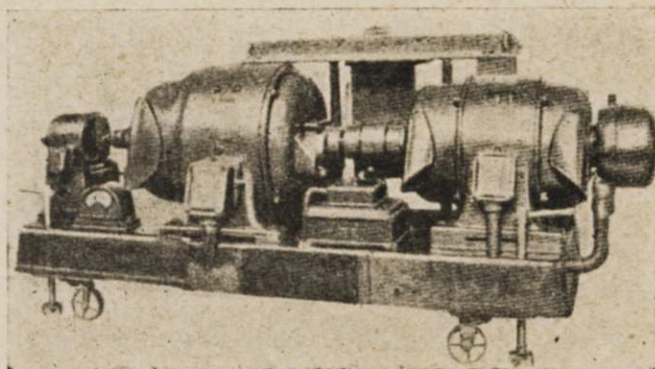
Агрегат состоит из сварочного генератора, непосредственно соединенного с вентилируемым закрытого типа электромотором для имеющегося в распоряжении рода тока и напряжения, снабженным пусковым сопротивлением в закрытом масляном ящике, контактными кольцами, выключателем тока и предохранительными устройствами, смонтированными все вместе на общей раме. Сварочные генераторы также выполняются закрытого типа с вентиляцией, с смонтированным на том же валу и в том же кожухе возбудителем, при чем все необходимые регулирующие приборы также расположены при самом генераторе в защитных кожухах. Все подшипники—роликовые или шариковые. Посредством лишь одной рукоятки генератор устанавливается по градуированной шкале на соответствующие силу тока и напряжение вольтовой дуги, благодаря чему сложная регулировка совершенно отпадает.

Эти генераторы работают без всякого искрообразования и выдерживают любое короткое замыкание. Они поэтому не имеют каких-либо предохранительных устройств или плавких предохранителей.

Генераторы изготовляются трех величин, из которых меньшие регулируются в пределах от 25 до 200 ампер при соответствующих напряжениях вольтовой дуги для сварки помощью электродов диаметром от 1½ мм до 5 мм. Генераторы другой величины регулируются в пределах от 40 до 300 ампер при соответствующих напряжениях вольтовой дуги для сварки помощью электродов диаметром от 2 мм до 6 мм, при чем для временной работы они допускают применение электродов диаметром и до 7 мм. Генераторы третьей величины строятся для специальных целей, сварки чугуна, и дают ток нормально 400 ампер и для непродолжительной работы 550 ампер. Они допускают регулирова-

ние напряжения от 15 до 45 вольт, чтобы удовлетворить всем требованиям, которые могут быть предъявлены при таких работах.

Генераторы монтируются в один агрегат с электромоторами постоянного или переменного тока для всех встречающихся напряжений, до 600 вольт для постоянного тока и до 700 вольт для переменного тока, и для всех встречающихся чисел периодов переменного тока. Эти



Фиг. 128. Аппарат с приводом от электромотора изготовления «Asea».

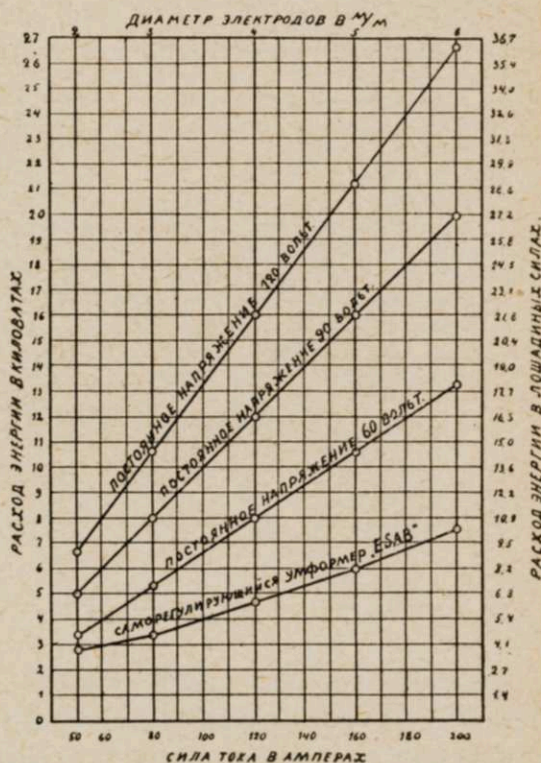
моторы могут быть выполнены с переключением на несколько напряжений. В особых случаях генераторы монтируются с бензиновыми или нефтяными моторами, а также с паровыми турбинами в качестве приводного мотора.

На фиг. 128 показан переносный агрегат с приводом от электромотора для постоянного тока, изготовления фирмы «Asea». Агрегат состоит из трехфазного мотора, непосредственно соединенного с генератором постоянного тока с возбудителем, регулирующим сопротивлением и вольтметром, смонтированных на общей раме, снабженной колесами и опорными винтами. Мотор может быть выполнен для переменного или постоянного тока, при чем в последнем случае особого возбудителя для генератора не требуется.

Генератор имеет отдельное возбуждение и противодействующую последовательную обмотку. При открытой цепи напряжение генератора составляет около 55 вольт, при полной нагрузке 40 вольт и 200 ампер, и при коротком замыкании 500 ампер. Установка меньшей силы тока производится посредством регулирующего сопротивления генератора, наблюдая за показаниями вольтметра.

Генератор легко поддерживает ток короткого замыкания, появляющийся в момент соприкосновения между собой электродов при зажигании вольтовой дуги. Машины и аппараты закрытые, с вентиляцией, и благодаря этому защищены от брызг воды и расплавленного металла. Диаграмма фиг. 129 показывает расход энергии при сварке саморегулирующимся умформером Акц. О-ва «Электросварка» по сравнению с различными машинами для постоянного напряжения. На фиг. 130 представлена диаграмма примерной нагрузки при применении электродов различных диаметров.

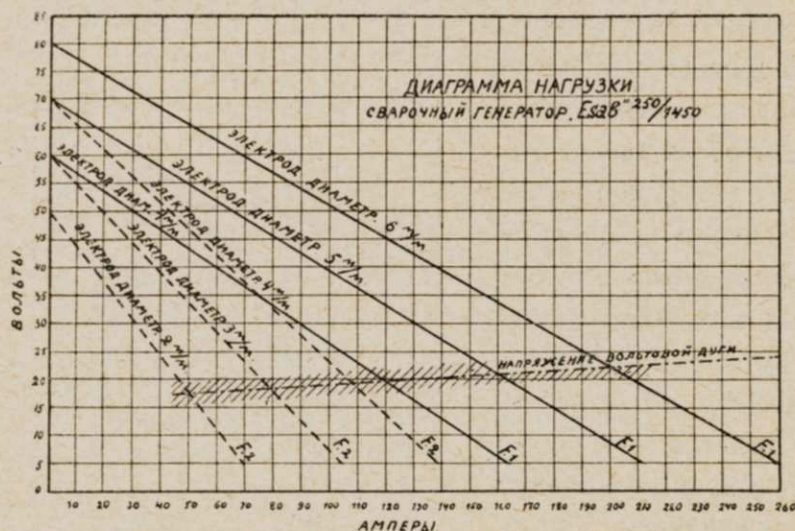
Как указывалось выше, сварочные агрегаты для переменного тока весьма просты, так как они состоят лишь из трансформатора с регулятором. В нижеследующем дается



Фиг. 129 Расход энергии при дуговой сварке с умформерами различных систем.

описание сварочного агрегата для переменного тока фирмы «Векс» в Стокгольме.

В трансформаторе, индуктивность которого связана с самой его конструкцией, эту индуктивность нельзя регулировать.



Фиг. 130. Нагрузка для электродов разных диаметров.

Такой аппарат дает поэтому правильное напряжение дуги лишь при одной, определяемой его индуктивностью, силе тока и имеет, таким образом, очень ограниченную область применения.

Аппараты «Векс» состоят из трансформатора, обладающего нормальной индуктивностью и дающего соответствующее вторичное напряжение. Во вторичную цепь введен особый регулятор с регулирующимся воздушным промежутком. Благодаря этому имеется возможность постоянно менять индуктивность агрегата, так что можно получить при одном и том же напряжении любую силу тока от 30 до 250 ампер. Аппарат, таким образом, одинаково применим как для большой, так и для малой силы тока, и следовательно может применяться при сварке электродами различного диаметра.

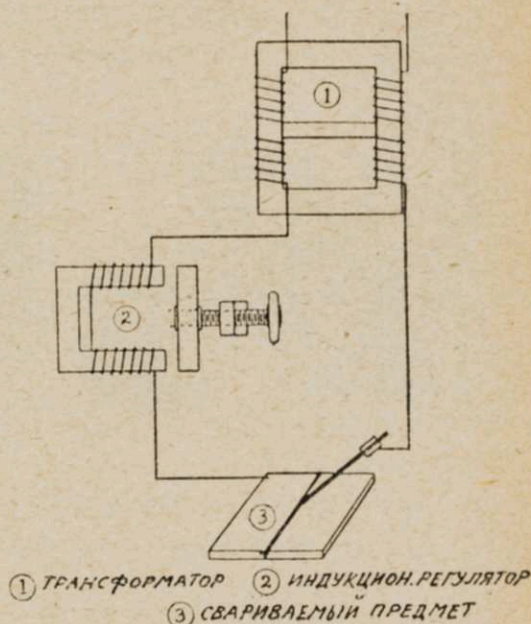
Это устройство обладает еще и тем свойством, что оно исключает возможность бросков тока, так как сила тока даже при коротком замыкании не может получить значения большего, чем то, которое соответствует данному индуктивному сопротивлению регулятора. Если регулятор установлен, например, на нормальное напряжение дуги при 150 амперах, то ток короткого замыкания составит максимум 165 ампер.

Конструкция регулятора такова, что сила тока может устанавливаться непрерывно в пределах, соответствующих данному аппарату. Отдельный регулятор имеет то преимущество, что его можно устанавливать

возле свариваемого предмета, благодаря чему регулировку можно производить без потери времени. На фиг. 131 показана схема такого аппарата, а на фиг. 132—внешний вид его.

Аппараты могут включаться как в однофазную, так и в трехфазную сеть, и выполняются для различных напряжений и различной силы тока. Они допускают переключение на 110, 220, 380, 440 и 500 вольт.

Однофазный сварочный трансформатор Акц. О-ва «Электросварка» (фиг. 133), переносного типа, имеет воздушное охлаждение и весит около 200 кг. Конструктивно он выполняется так, что требующееся индуктивное сопротивление устанавливается одновременно с установкой вольтажа и ампеража для того электрода, который выбирается для работы.



Фиг. 131. Схема сварочного аппарата для переменного тока фирмы «Векс».

Он регулируется поэтому очень просто, посредством маховичка, находящегося на верхней части аппарата, и те цифры, которые соответствуют данному сорту электрода и его диаметру, появляются под стеклом,



Фиг. 132. Сварочный трансформатор
Акц. О-ва «Векс», Стокгольм.

расположенным рядом с упомянутым маховичком. Трансформатор выполняется для любого первичного напряжения между 110 и 500 вольтами трехфазного

тока и дает вторичный ток до 200 ампер, регулируемый до 80 ампер и, в то же время, любое требуемое напряжение в пределах от 15 до 25 вольт. Electroды диаметром от 3 до 5 мм могут в этих аппаратах применяться для продолжительной работы, а диаметром 6 мм для непродолжительной работы.



Фиг. 133. Сварочный трансформатор
Акц. О-ва «Электросварка», Гетеборг.

Эти трансформаторы выполняются, кроме того, таким образом, что вторичное напряжение не превышает 80 вольт.

Дуговая сварка.

Общие соображения.

При сварке вольтовой дугой, как и при всякой сварке требуется очистка свариваемых поверхностей, и это является основным условием для получения хорошей работы. Предметы, которые не требуют предварительной обработки, должны быть очищены от всяких следов ржавчины, масла и т. п.

Также и при этом способе сварки необходимо, конечно, чтобы материал в сварочном шве был по возможности того же состава, как и остальной предмет.

Для получения хороших результатов весьма важно, кроме того, поддерживать короткую вольтовую дугу (около 3 мм). Необходимо поэтому подмечать разницу в звуках, которые издает дуга различной длины. Более длинная дуга трещит и имеет ясный шумящий звук. Такой дугой невозможно производить сварку. Короткая дуга имеет форсированный, металлический осекающийся звук, который легко распознать.

Треск и шумящий звук в дуге могут, однако, зависеть и от других причин, кроме длины дуги. Часто причиной бывает неправильно выбранный режим для данного электрода. Неправильно установленная дуга вызывает разбрызгивание электродного металла, вместо спокойного плавления. Четвертое правило состоит в том, чтобы не применять слишком большой силы тока, а держать его на низком уровне. Точное значение силы тока для разного рода работ указать нельзя, и дело сварщика точнее его регулировать при производстве тех или иных работ. Другими словами, сварщик должен уметь оценивать правильность установки дуги и иметь способности к выполнению таких работ,

Чтобы быть уверенным в получении хороших результатов, необходимо, кроме того, пользоваться подходящим и испытанным сварочным агрегатом, а также надлежащими электродами. Преимущества покрытых электродов вытекают, между прочим, из нижеследующего.

Азот и кислород воздуха при температуре вольтовой дуги соединяются с металлом, при чем азот делает металл твердым, с пониженной вязкостью, а кислород сжигает металл и еще более понижает его механические качества. Идеальным случаем был бы поэтому тот, когда сварку можно было бы производить с дугой, заключенной в безвоздушном пространстве. Согласно исследованиям, сталь и железо вообще содержат от 0,003 до 0,004% азота. Если голый железный электрод плавить в открытой вольтовой дуге, то содержание азота в осажденном материале, при силе тока в 3 ампера на кв. мм площади поперечного сечения электрода, повысится до 0,1%, а при силе тока в 20 ампер на кв. мм — до 0,15%. Так как сила тока при дуговой сварке составляет около 8 ампер на кв. мм площади поперечного сечения, то в результате сваренный шов будет содержать приблизительно в 30 раз большее количество азота, как вредную примесь, по сравнению с катанным или кованым материалом. При применении покрытых электродов доступ воздуха затрудняется в наибольшей возможной степени.

Сила тока выбирается, далее, по диаметру электрода, а электрод по подлежащей исполнению работе (см. таблицу, на стр. 200). Для получения хорошего результата работы опытность сварщика играет, конечно, очень большую роль.

Неблагоприятное влияние на сварку окиси заключается не только в том, что она загрязняет металл и затрудняет его сваривание, но и в том, что она является плохим проводником электричества. Поэтому трудно вызвать вольтову дугу на покрытой окисью поверхности.

На месте действия дуги появляется кратер, в который должен стекать расплавленный материал электрода. Электроду

во время сварки сообщается медленное колебательное движение, при чем необходимо тщательно наблюдать за тем, чтобы на поверхности свариваемого предмета всегда образовывался кратер.

Чтобы сварка могла вообще произойти, необходимо, конечно, чтобы капли с электродов падали на расплавленный металл. Если капли падают на нерасплавленный металл, то хотя они и схватываются с ним, но не свариваются.

Так как начальная часть сварочного шва получается всегда наихудшей, полезно, если это возможно, вызвать дугу на железной подкладке, которая подкладывается под предметы, подлежащие сварке (например, при сварке коротких кусков листов и т. п.).

В начале сварки дуга должна достигать дна свариваемой щели и работа должна вестись таким образом, чтобы металл сначала расплавлялся на дне щели. По этой причине щель должна иметь большой угол, чтобы можно было дугой достичь ее дна.

Сварка железа помощью металлического электрода дает более надежный сварочный шов, а также более мелкую и плотную структуру металла в шве, по сравнению с тем случаем, когда применяется угольный электрод, но работа идет, однако, медленнее, чем с угольным электродом. При наличии надлежащих контролирующих устройств возможно комбинировать оба способа, т.-е. сначала нагреть предмет помощью угольного электрода, а затем производить сварку посредством металлического электрода. При сварке металлическим электродом металл в сварочном шве получает, конечно, больше характер литого металла, поскольку он в горячем состоянии не сбрабатывается посредством ударов или давления.

Как уже было упомянуто, на положительном полюсе дуги выделяется теплоты приблизительно на 12—15% больше, чем на отрицательном (при угольных электродах на 25%). Поэтому при более толстом материале присоединяют положительный полюс (выделяющий большее количество теплоты) к предмету, а отрицательный — к электроду. Ток идет тогда

от предмета к электроду, т.-е. от положительного полюса к отрицательному. Температура, развиваемая дугой, настолько высока, что металл электрода при прохождении через дугу частично превращается в газ.

На фиг. 134—136 представлены микрофотографии хорошо выполненной сварки в листе толщиной $\frac{1}{2}$ ", а на фиг. 137—139—в листе толщиной 1". Фиг. 134 и 137 показывают первоначальную структуру материала, фиг. 135 и 138—структуру осажденного при сварке металла и фиг. 136 и 139—структуру самого шва. Как видно, осажденный металл имеет очень равномерную структуру. Проба показала, что влияние температуры дуги на структуру металла распространялось в толщу металла на глубину 3—5 мм. Нагрев не оказал совершенно никакого вредного действия на материал листов и в самом шве осажденный металл хорошо сплавился с металлом листа.

В более тонком листе материал сварочного шва имеет сорбитный характер, а в более толстом, напротив, перлитный. Структура осажденного металла мелкозернистая и почти одинакова в обоих швах. Имеющаяся небольшая разница может быть приписана различной глубине сварки при обеих пробах. Сама линия шва настолько хорошо сплавилась, что ее довольно трудно различить. Материал листа в непосредственной близости с осажденным металлом не обнаруживает никаких признаков Видманштетовой структуры, которая обычно придает хрупкость.

Описанные выше электросварочные швы выполнены покрытыми электродами Чельберга. Описание заимствовано из отчета о серии опытов со сваренными листами, произведенных профессором В. Р. Haigh. Образцы были сварены Англо-Шведской Электросварочной К°, Wood Wharf, Greenwich. Испытания на разрыв показали, что сваренные швы имели в среднем большее разрывное усилие, чем несваренный листовой материал. Удлинение же оказалось меньше, а именно ст 16,3 до 21,3% в сваренном образце, против 22,4—31,5% в несваренном образце.



Фиг. 134.



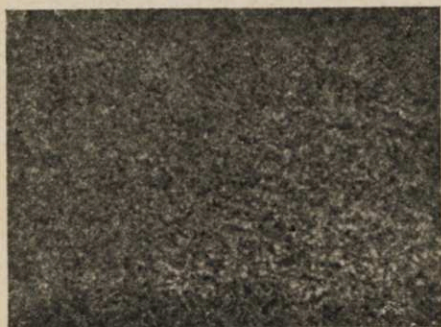
Фиг. 137.



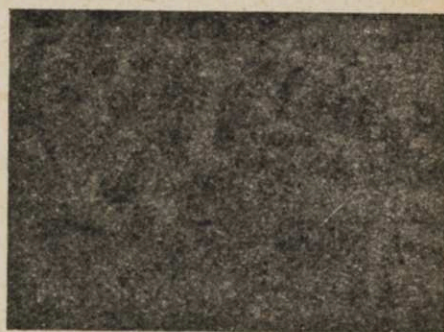
Фиг. 135.



Фиг. 138.



Фиг. 136.



Фиг. 139.

Средством улучшить структуру сваренного шва или, вернее, избежать неравномерной и крупнозернистой структуры является повторное нагревание и механическая

обработка металла шва, когда он имеет температуру от 700° до 1000°C .

Повторное нагревание — имеющее целью замедлить охлаждение — может быть теоретически достигнуто накладыванием металла в несколько слоев или нагреванием угольным электродом без добавления нового металла; механическая обработка производится посредством проковывания. Чтобы иметь возможность выполнить ее в нужный момент, необходимо снабдить сварщика соответствующей лицевой маской, при наличии которой одна рука сварщика остается свободной для производства проковки.

Такую термическую обработку, которая указана выше, можно применить лишь в очень редких случаях. Шов, выполненный таким способом, обычно также дороже по рабочей плате. Проковку же шва нужно производить всегда, когда ее можно выполнить и когда к работе предъявляются большие требования *).

Если иногда не получаются желаемые результаты, несмотря на то, что металл накладывается в несколько слоев друг на друга для заполнения свариваемого шва, и несмотря на то, что шов время от времени проковывается, — то это в значительной мере имеет свое основание в том, что зависящее от устройства полюсов (сварка отрицательным и положительным полюсом) действие в глубину неизвестно, и что проковка производится при случайном прерыве сварки при температуре ниже 700°C . Когда сварку прерывают для проковки металла, может случиться, что при возобновлении сварки металл снова расплавится, в результате чего действие проковки будет уничтожено.

Если сварка выполнена правильно, то повторное нагревание не должно улучшить ее качества.

*) Проковка ручником наплавляемых швов при электрической сварке металлическими электродами короткой дугой не допускается, а производится лишь легкое проколачивание, с целью облегчения удаления шлаков и окалины для последующей их очистки металлической щеткой. — *Ред.*

Металлические электроды (стержни) плавятся сравнительно быстро и поэтому сконструированы приспособления для автоматической подачи электродов в направлении к предмету по мере их укорачивания. Эти приспособления не получили, однако, сколько-нибудь значительного распространения и совершенно не применяются при обычных сварочных работах *).

При сварке обыкновенного шва вольтову дугу вызывают в самом отдаленном от сварщика месте и ведут ее по направлению к сварщику. Необходимо тщательно наблюдать за тем, чтобы материал хорошо «сливался» как на дне шва, так и на кромках. Электрод нужно держать под таким углом, чтобы шлак постоянно держался на поверхности и не мог располагаться перед электродом в направлении его движения. Шлак легко отличить от металла по его светло-красному цвету на фоне темно-красного цвета металла. Когда первый слой готов, шлак удаляется, насколько это представляется возможным, посредством стальной щетки или зубила. Когда это сделано, накладывается второй слой тем же путем, как и первый.

Вертикальная сварка широко применяется на практике. Сварка выполняется таким образом, что сначала накладывается один слой в горизонтальном направлении, после чего сварка продолжается обычным способом, слоями, расположенными горизонтально.

Сварка снизу вверх является сварочной работой, которую часто приходится производить в паровых котлах, цистернах и других стационарных объектах сварки. Работа

*) Для применения дуговой электрической сварки при массовом изготовлении и ремонте однообразных деталей, например, в наплавке гребней бандажей паровозных и вагонных колес, сварки длинных швов при изготовлении резервуаров и массовых наплавочных работах, в целях удешевления и повышения производительности, в настоящее время широко вводится в практику машинизированный процесс вольтовой дуги посредством специальных станков и автоматических приборов для держания дуги.

производится насколько возможно короткой дугой. Движение в направлении сварки производится быстро, т.-е. слой выполняется тонким, так что происходит быстрое охлаждение. Эта работа требует, конечно, большой опытности от сварщика.

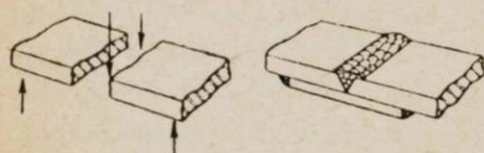
Сварка листов.

При сварке листов, которые будут подвержены напряжениям в том или ином направлении, часто бывает важно придавать им при сваривании такую конструкцию, которая способствовала бы

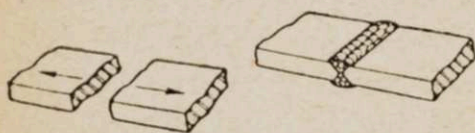
более легкому выдерживанию этих напряжений. На фиг. 140—146 показано несколько примеров таких сварных швов.

Сварной шов, показанный на фиг. 140, предположен подверженным изгибу, и, принимая во внимание всякие возможные случайности, он усилен с нижней стороны особым листом. Если сварной шов выполнен хорошо, то обычно такое добавочное усиление его является излишним.

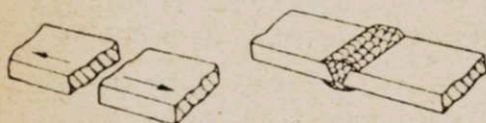
На фиг. 141 и 142 показаны два сварочных шва, подверженных растяжению, из которых первый имеет двойные скошенные кромки. Если сварочный шов усиливается так, как показано



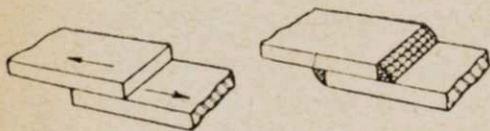
Фиг. 140.



Фиг. 141.



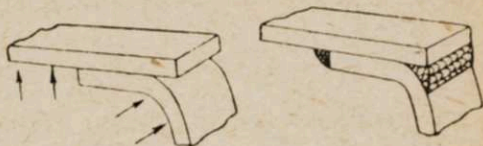
Фиг. 142.



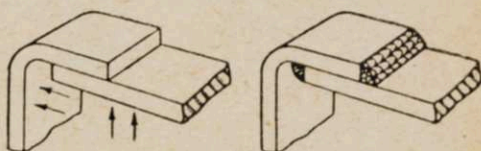
Фиг. 143.

на рисунках, то усиливающие части должны быть одинаковыми с обеих сторон.

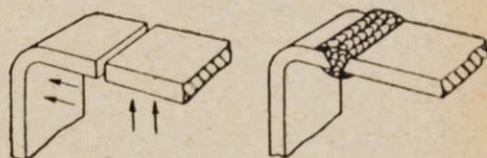
На фиг. 143 показан обыкновенный шов, такой, который применяется при клепке. Для листов, подверженных растяжениям, этот способ является менее подходящим, чем два предыдущие. Напряжения, вызываемые растяжением, заставляют внешние части листов стремиться загнуться внутрь относительно той плоскости, которая составляет продолжение расположенных друг против друга поверхностей сварки. Поэтому сваренные места подвергаются более значительным и более сложным напряжениям.



Фиг. 144.

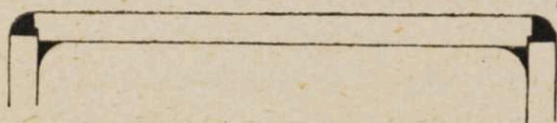


Фиг. 145.



Фиг. 146.

На фиг. 144—146 показаны три различных способа приварки днищ к цилиндрическим резервуарам. Давление в резервуаре стремится выдавить днище из резервуара. Для небольших давлений можно ограничиться лишь наружной сваркой (фиг. 144), но для более высоких давлений



Фиг. 147.

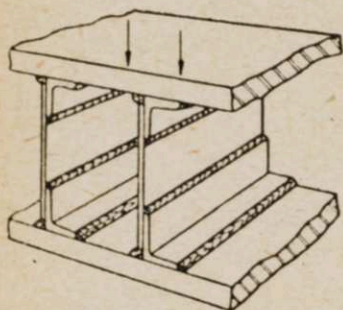
дополнительная внутренняя сварка придает соответственно большую надежность.

Способы согласно фиг. 145 и 146 сле-

дует предпочитать перед способом согласно фиг. 144, при чем наилучшим является способ, показанный на фиг. 146.

На фиг. 147 показана четвертая конструкция этого рода, которая была применена для точечной коробки судового котла.

Наконец, на фиг. 148 показана конструкция из листов и углового железа, применяемая на судах. Чтобы можно было приварить к уголкам вертикальные листы, они, как видно на рисунке, не доходят вплотную к горизонтальным листам.



Фиг. 148.

При сварке почти всяких листов их кромки, подлежащие сварке, снабжаются фасками с таким расчетом, чтобы они образовывали между собой угол в $60-90^\circ$. При выполнении сварки необходимо помнить, что дугу

нужно держать по отношению обрабатываемого предмета под углом, возможно близким к 90° , а также, что хорошая сварка может быть достигнута лишь помощью короткой дуги.

Когда требуется сварить короткие листы, их кладут скошенными кромками кверху так, чтобы между ними оставалось расстояние в 1—3 мм (в зависимости от толщины листов). Под листы—на расстоянии 10—15 мм от соответствующей кромки—подкладывается надлежащей толщины железная проволока (до 3 мм для более толстых листов), так что скошенные кромки располагаются несколько выше остальной части листов. Благодаря этому электродный металл более надежно проникает в щель между листами. После этого производится сварка от одного конца шва к другому. Дополнительная проварка такого короткого шва, или наложение металла в несколько слоев, не приносит никакой пользы, если сварщик знает свое дело.

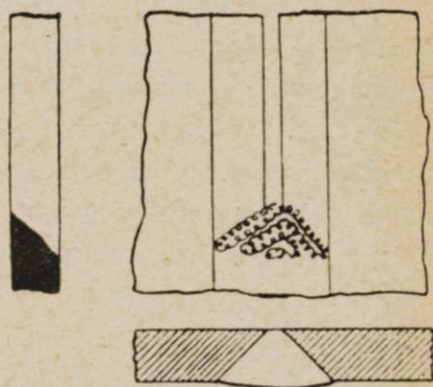
Другой способ, рекомендованный одним немецким журналом, состоит в том, что листы устанавливаются вертикально (или с некоторым наклоном от сварщика) и на том же расстоянии друг от друга, как указано выше.

Сварка производится в этом случае снизу вверх, причем дугу ведут так, как показано схематически на фиг. 149.

При сварке по фиг. 149 поверхность должна лежать под углом около 45° к горизонтальной плоскости.

При сварке вертикальных швов некоторые сварщики применяют иной способ, чем тот, который показан на фиг. 149.

Начинают при этом с правого листа, на расстоянии приблизительно 5 мм (смотря по толщине листа) вправо от скошенной поверхности и ведут дугу через нее и далее через левую скошенную кромку на расстоянии приблизительно 5 мм влево от нее и затем назад в первоначальное положение.



Фиг. 149. Вертикальная сварка коротких листов.

Весьма важно, чтобы кромки в дне канавки были наверняка проварены. Для обеспечения этого требуется оплачивать между кромками значительное количество металла.

При сварке длинных листов пользуются двумя способами для предупреждения стягивания листов во время их сваривания. Часть сварщиков предпочитает располагать листы таким образом, чтобы кромки в направлении длины образовывали между собой некоторый угол, так же, как и при кислородно-ацетиленовой сварке (см. стр. 153). Так как сварка начинается с того конца шва, у которого кромки почти сходятся друг с другом, листы постепенно стягиваются между собой по всей длине вследствие усадки металла при охлаждении. Величина расхождения кромок листов обычно берется от 9 до 18 мм на погонный метр шва.

Другие сварщики располагают кромки листов параллельно и сваривают их предварительно через каждые 300—450 мм. Сварка и в этом случае начинается с одного конца шва.

Когда приближаются к первому месту предварительной сварки, она вырубается и вновь заполняется металлом и т. д. При применении этого способа полезно сначала сварить шов с обоих концов на длине 150—200 мм.

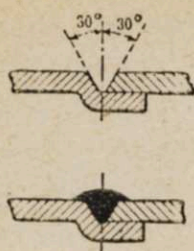
Если по каким-либо соображениям нежелательно делать фаски на кромках листов для сваривания, можно поступать следующим образом. Листы ставятся на ребро, свариваемыми кромками кверху и посередине всей длины поверхности кромки наваривается сначала один слой металла. После удаления обычным путем окиси, на первый слой наваривается второй. После этого листы могут быть положены и сварены обычным способом, при чем наваренные слои заменяют двухстороннее скашивание кромок. Сварка должна производиться, конечно, с обеих сторон. Вообще же, однако, этот способ менее удобный, чем обычный со скашиванием кромок.

На фиг. 150—159 показано несколько примеров предварительной обработки листов и конструкции швов для различных случаев.

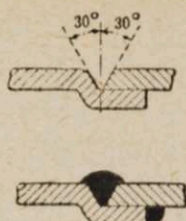
При исправлении разъединенных мест на листах электродный материал накладывается приблизительно на 5 мм выше первоначальной толщины предмета, после чего поверхность чисто обрубается и обрабатывается напильником.

При заварке отверстий вокруг винтов и болтов поступают таким образом, что сначала в отверстие вставляется медный болт, после чего и производится заварка вокруг него. Когда работа закончена, болт вынимают. Благодаря этому способу отверстие получается с острыми кромками, и не требуется поэтому дополнительной его обработки.

Заварка трещин является одной из самых трудных задач для сварщика. Прежде всего необходимо тщательно исследовать, насколько далеко трещина распространяется. После этого на расстоянии не менее 50 мм от концов трещины высверливают с каждой стороны по дыре. Дыры де-



Фиг. 150.



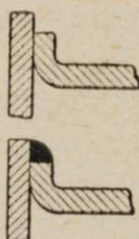
Фиг. 151.



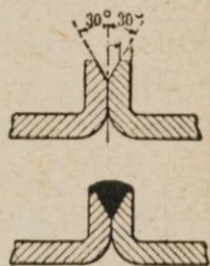
Фиг. 152.



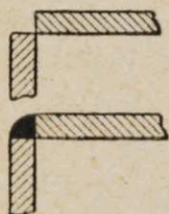
Фиг. 153.



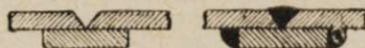
Фиг. 154.



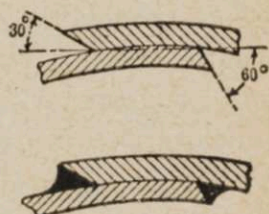
Фиг. 155.



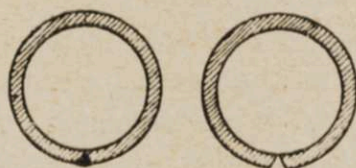
Фиг. 156.



Фиг. 157.



Фиг. 158.



Фиг. 159.

лаются на таком расстоянии от концов для того, чтобы быть уверенным в том, что вышли за пределы трещины. После этого стыковые кромки трещины вырубаются зубилом так, чтобы вольтовой дугой можно было достать до ее дна. Если трещина расположена горизонтально, то на нижней кромке нет надобности делать фаски, а достаточно ее подрубить так, чтобы она образовывала прямой угол с поверхностью предмета. Верхней кромке дается тогда угол не менее 45° . Чем меньше металла необходимо удалять, тем лучше, так как сварку нужно выполнять с наименьшим возможным количеством дополняемого металла.

При вертикальных трещинах, а также, впрочем, и обычно, предпочитают делать фаски на обеих кромках листов. Кромка без фаски представляет меньшую поверхность для сварки и не получается поэтому такой же прочной.

Если трещина длинная, то заполнение металлом производится сначала лишь на небольшой длине в 50—150 мм, при чем начинают с середины трещины. Основанием для этого является то, что лист в этом месте несколько легче поддается стягиванию, когда шов остывает. Это пружинение, конечно, незначительно, но оно уменьшает риск появления в сварке трещин. После этого продолжают сварку на участках такой же длины с обеих сторон, по направлению к только что сваренной части. Она держит кромки листов стянутыми друг к другу, и новые части получают уже, таким образом, определенную помощь, когда они остывают и стремятся стянуть кромки. Это, напротив, не имело бы места, если бы какая-нибудь часть шва, отдаленная от середины, сваривалась непосредственно после средней части. Этим путем продолжают вести сварку до конечных точек трещины. Каждая такая часть целого шва сваривается в направлении к только что сваренному участку. Объясняется это тем, что дальние части листов холоднее, почему в самом листе можно считаться с меньшей усадкой.

При листах толщиной более 10—15 мм металл накладывается в несколько последовательных слоев, которые каждый раз очищаются от окиси посредством зубила и металлической щетки. Еще лучше производить очистку пескоструйным аппаратом, если таковой имеется в распоряжении. При более толстых листах первый слой должен иметь толщину 12—15 мм, чтобы лучше выдерживать напряжения при охлаждении. Если слой слишком тонкий, он легко дает трещины. Если удобно, можно шов усилить так, чтобы толщина его посередине была несколько больше толщины листа.

С такими трещинами нужно поступать различно, смотря по обстоятельствам. Если трещина вся расположена внутри листа и занимает положение (не слишком близко к заклепочному стыку и т. п.), допускающее нагревание, необходимо сначала нагреть лист возле концов трещин. Вследствие нагревания лист в этом месте расширяется, благодаря чему кромки трещины расходятся. Когда нагретые места охлаждаются, трещина снова несколько стягивается, и если за это время произведена сварка, то ее усадка действует в том же направлении. Успешность сварки в значительной степени зависит от предпринимаемых мер предосторожности и от ясности представления того, как усадка действует при охлаждении.

Постановка заплат на плоском листе в резервуаре или т. п. может производиться следующим способом. Заплате и подготовленному для нее отверстию придается неправильная форма для увеличения длины сварочного шва, чтобы напряжения на единицу его длины были соответственно меньше, когда резервуар будет под давлением. Форма заплаты должна, однако, по возможности приближаться к кругу или эллипсу, благодаря чему натяжения и усадка будут приблизительно одинаковыми по всем направлениям.

Кромки скашиваются так, чтобы угол канавки был не менее 60°. Заплата должна быть в поперечнике несколько меньше отверстия, чтобы приплавляемый материал мог про-

никать между ними. Она должна, кроме того, иметь небольшую кривизну в обоих направлениях, допускающую некоторое растягивание ее при охлаждении и усадке шва. Сама сварка производится тем же способом, как и заварка трещин. Сперва до конца сваривается одна половина окружности, и после нее—другая.

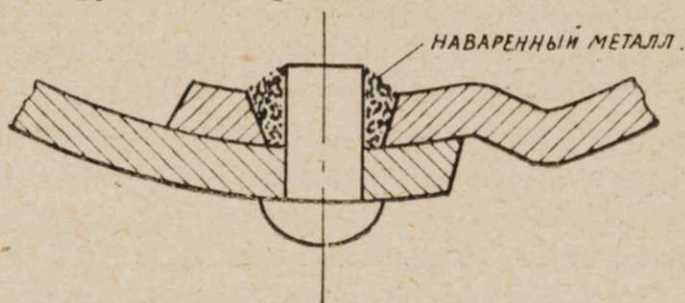
Эта работа весьма капризная и необходимо тщательно взвесить влияние усадки. При сваривании одной части шва другая несколько оттягивается (при охлаждении) от неподвижного листа. Когда сваривается вторая часть шва, заплата должна иметь возможность несколько подаваться, что легко достигается за счет слабой кривизны ее.

Если форма заплаты имеет вид прямоугольника, то углы должны иметь насколько возможно больший радиус закругления (не менее 100 мм). В углах действие усадки более сложное, и тем сложнее, чем меньше радиус. Необходимо иметь в виду, что усадка происходит не только в поперечном направлении, но и в продольном. Поэтому при переходе к сварке закругления угла не следует идти дальше половины его. Само собой ясно, что в таких местах полезно производить сварку короткими участками, чтобы насколько возможно избежать слишком сложных влияний усадки.

Постановка заплаты на барабане производится тем же путем. В том и другом случае шов проковывается обычным способом. В котлах и т. п. сварка производится изнутри. При этих работах нужно пользоваться подручным, который держит с наружной стороны поддержку, молоток или т. п. Этим достигается не только более легкое и лучшее выполнение проковки, но и избегаются вредные вибрации.

Сварка тонких листов. Эта работа не представляет больших затруднений. Необходимо все же соблюдать осторожность в том отношении, чтобы дугой, вследствие ее высокой температуры, не прожечь в листе дыры. В действительности все тонкие листы покрыты тол-

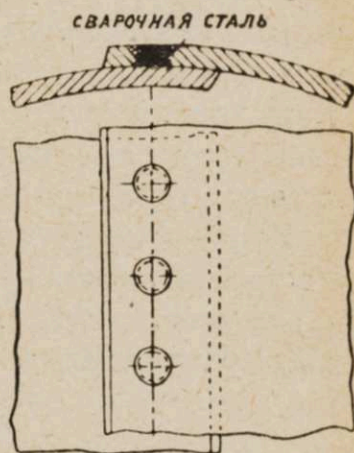
стым слоем окиси, которую по необходимости нужно удалять для получения хорошей сварки. Это лучше всего производить пескоструйным аппаратом.



Фиг. 160. Вварка заклепок.

Наварка заклепочных головок. Лучшим способом для образования «заклепочных головок» посредством сварки является способ, показанный на фиг. 160.

Отверстие для заклепки делается больше диаметра заклепки и расширяющимся кверху. Стержень заклепки должен иметь такую длину, чтобы его конец несколько выдавался над листом. Приплавляемый металл заполняет пространство вокруг стержня и несколько выше поверхности листа, чтобы получилась приподнятая форма утопленной головки, как показано на рисунке.



Фиг. 161. Замена клепки сваркой.

На фиг. 161 показан способ замены клепки сваркой без проварки всего шва. При этом отверстия делаются только в одном из листов, благодаря чему половина этой работы отпадает. Несомненно, что этот способ не может применяться для предметов, подвергающихся высокому давлению, или в тех случаях, когда неплотность может вызвать опасность.

Вварка дымогарных труб.

Места закрепления дымогарных труб в паровозных котлах, как известно, подвергаются большим напряжениям и требуют поэтому частых осмотров. По этой причине считают весьма целесообразным и экономичным проваривать концы труб в трубных досках, если применяются стальные топочные коробки.

После обычного развальцовывания труб, трубные доски помощью жесткой стальной щетки или пескоструйного аппарата очищаются возможно тщательнее от окалины, как на самих досках, так и на концах труб.

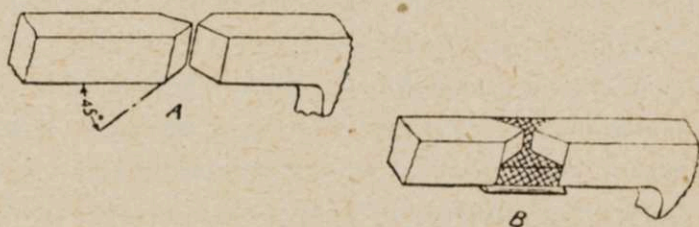
Дугу вызывают в верхней правой части конца трубы (на линии, проведенной под углом в 45° к горизонтальной или вертикальной линии), и производят сварку слева направо на пол-окружности. После этого сваривается вторая половина окружности, начиная с той же точки и двигая дугу книзу, влево. При другом способе начинают в нижней части конца трубы и сваривают сначала одну, а затем вторую сторону с одной исходной точки.

Вварка жаровой трубы диаметром, например, 120 мм и толщиной стенки 5 мм требует ток силой около 120 ампер и напряжение дуги 20—22 вольт и занимает времени 10 минут. Электрод должен быть диаметром 4 мм.

Сварка сломанных частей стальных отливок.

При сварке стальных отливок пользуются с успехом электродами из железа. Вследствие низкого содержания углерода в стальном литье, шов получается не таким твердым, как при заварке железом обыкновенного чугуна. Если необходимо производить местные предварительные нагревания, то напряжения делаются более опасными. Холодная сварка

стальных отливок обычно хорошо удается, так как благодаря особым приемам при этой сварке легче избежать возникающих напряжений. Пример такой работы показан на фиг. 162. Обе части сломанной рамы в местах излома скашиваются по форме буквы *V* посредством режущей горелки и после этого чисто обрубаются при помощи пневматического молотка (см. *A* на фиг. 162) или только последним. С нижней стороны прикрепляется медный или железный лист, ширина которого несколько больше толщины рамы. С этого листа сварщик, при помощи металлического электрода, начинает вести сварку скошенных углов излома,



Фиг. 162. Сварка рамы.

сначала с одной стороны, затем с другой (см. *B* на фиг. 162), с таким расчетом, чтобы избежать коробления свариваемой части.

Если такой предмет имеет значительную толщину, сварку необходимо производить с обеих сторон одновременно для предупреждения коробления предмета. Если это практически произвести невозможно, необходимо сначала наложить металл до определенной высоты с одной стороны (например, 20—30 мм) и после этого перейти на другую сторону, где материал наваривается на двойную высоту. После этого переходят опять на первую сторону, где наваривается следующий слой и т. д., при чем каждый раз разница между высотой наваренного металла с обеих сторон должна со-

ставлять примерно 20—30 мм. Этот способ применяется, однако, лишь при том условии, что в распоряжении имеется только один сварщик, и что толщина предмета не позволяет производить сварку только с одной стороны. При толстых предметах вести сварку с одной стороны нельзя, потому что при усадке осажженного электродного материала предмет будет коробиться в ту сторону, на которой производится сварка.

Если имеется опасение, что свариваемое место само по себе слабо (на что указывает излом в этом месте), можно, конечно, усилить шов наплавкою дополнительного металла. Если не предъявляется никаких особых требований к внешнему виду шва, то такая работа может быть выполнена следующим способом.

После заполнения металлом обеих V-образных выемок, кругом привариваются куски круглого железа, скошенные на концах и имеющие длину приблизительно на 50 мм больше длины наплавленного металла, при чем сварку начинают от дна и продолжают кверху, пока весь шов не будет покрыт. Круглая форма усиливающего материала облегчает работу, так как эта форма дает доступ к материалу почти по всей окружности.

В большинстве случаев части предмета до сварки необходимо точно установить и скрепить между собою или с третьим предметом. Если предмет сваривается лишь с одной стороны, необходимо учитывать стягивание частей при усадке. Это требует осторожности и опытности от сварщика.

Если наплавку нового металла желательно производить помощью угольного электрода, необходимо для удержания расплавленного металла установить форму из огнеупорной глины или угля, так же, как при исправлении изделий из чугуна. Сварку нужно производить по возможности без каких-либо перерывов.

Исправление „прорывов“ в стальных отливках помощью угольных электродов.

Прорывы получаются, как известно, вследствие ослабления части формы, и поэтому необходимо сначала выжечь угольной дугой песок, при чем отливке придается такое положение, чтобы песок и посторонние вещества легко устранились. Если песок не доступен непосредственно, можно нагреть до плавления площадку диаметром около 40 мм и, быстро прекратив действие угольной дуги, сообщить расплавленному металлу сильный удар скругленным молотком. Та часть песка, которая не обезврежена высокой температурой, под действием сильного удара выжимается наружу.

Заполнение металлом должно производиться насколько возможно быстро, чтобы как добавляемый металл (от сварочного стержня), так и металл свариваемого места не уничтожался высокой температурой вольтовой дуги. Угольной дугой пользуются таким образом, что небольшие куски сварочного добавляемого стержня расплавляются и сливаются с дефектным местом в отливке. Если дуга прервется во время работы, ее нужно снова вызвать на нерасплавленном металле и насколько возможно быстро перемещать к расплавленному месту. Если дугу вызвать непосредственно на расплавленном месте, касаясь его угольным электродом, то имеются все основания к тому, чтобы металл в этом месте сделался твердым, вследствие перехода в него углерода с угольного электрода.

Угольная дуга должна прерываться немедленно после расплавления введенного металла. Малоопытные сварщики могут слишком долго продержат дугу на готовом сваренном месте, с целью выровнять его поверхность, и в результате получится пережог металла.

При сварке всяких стальных отливок помощью угольных электродов необходимо соблюдать следующие три правила:

1. Предмет должен быть хорошо подогрет, чтобы сваренное место не слишком быстро охлаждалось после сварки.
2. Угольный электрод не должен приходить в соприкосновение с расплавленным металлом.
3. После сварки предмет должен охлаждаться медленно. Прежде всего присадочный металл не должен быстро охлаждаться.

Сварка чугунных отливок.

Чугун, как известно, представляет собой сплав, состоящий в среднем из 3,5% углерода, 1—3% кремния, до 1% марганца, до 1% фосфора и максимально 0,15% серы. При сварке чугуна — металлургический процесс следующий. Если расплавленный чугун быстро охлаждается, то углерод не выделяется в виде графита и чугун становится белым и зеркально-твердым, т. е. неподдающимся обработке режущим инструментом. Если, наоборот, охлаждение происходит медленно, выделяется графит и шов получается соответственно мягче.

По этой причине источник теплоты при сварке играет немаловажную роль. Чем больше количество теплоты, которое продолжительно подводится к шву при сварке, тем медленнее происходит охлаждение осажденного металла. Если теплота подводится быстро, то окружающий шов металл не успевает ее воспринять и остается поэтому сравнительно умеренно нагретым, вследствие чего осажденный металл быстро охлаждается. Это быстрое охлаждение представляет гораздо большую опасность, чем возможное выжигание в чугуне углерода и кремния.

Для предупреждения закала и отбеливания чугуна соседних с швом участков предмет нагревают во время и после сварки посредством горелки или вольтовой дуги. Чугунные отливки больших размеров, сварка которых тре-

бует более продолжительного времени, необходимо целиком подогреть, чтобы материал не дал трещины в свариваемом месте или возле него. Если большая чугунная отливка заваривается без подогревания ее, наплавленный металл охлаждается уже во время производства работы.

При сварке помощью чугунных электродов, дающих всегда наилучшие результаты, необходимо всегда применять горячую сварку, т.-е. сварку при подогреве до темно-красного цвета. В хорошо оборудованных электросварочных мастерских для сварки чугунных отливок должны поэтому быть соответствующие печи для надлежащего подогревания предметов. Рациональным типом печи для крупных мастерских следует считать ту, которая применяется в прокатных мастерских (подогревательные печи), и в которой предмет закладывается с одного конца, постепенно передвигается по направлению против пламени и вынимается с другого конца.

При охлаждении предмета, тем не менее, появляются вредные напряжения, всегда представляющие опасность, и одной из самых трудных задач сварщика является насколько возможно избежать их. Подогревание предмета требует к тому же, как и при кислородно-ацетиленовой сварке, тщательного отжига. При холодной сварке, которая производится помощью железного электрода, напряжения усадки могут быть в значительной мере избегнуты тем, что сварка ведется таким темпом, при котором предмет в течение всей сварки сохраняет температуру, немного превышающую ту, которую терпит рука.

Оба способа необходимо, однако, применять с большим разбором. Горячую сварку нужно всегда применять для деталей, имеющих такую форму, при которой свариваемая часть не имеет возможности подаваться при усадке сваренного места. Такими частями являются, например, внутренние промежуточные стенки в насосах, где окружающие части препятствуют какому бы то ни было «пружинению», секции

котлов для отопления, охлаждающие рубашки в крышках двигателей и т. п. Далее, горячая сварка должна применяться в тех случаях, когда сваренное место впоследствии должно обрабатываться режущим инструментом. Холодная сварка применяется главным образом тогда, когда требуется исправить какую-нибудь часть, которая не будет обрабатываться и которая не может быть немедленно исправлена каким-либо другим способом.

Сварка чугуновых отливок помощью железных электродов возможна благодаря тому веществу, которым покрыты электроды. Оно должно, с одной стороны, содержать сильное плавящее средство, с другой—быть такого состава, чтобы сварка не получилась слишком твердой при охлаждении. В этой области Швеция занимает видное место, в особенности благодаря электродам Челльберга. Холодная сварка получила в Швеции сравнительно большое распространение и выполненные этим способом сварки признаются соответствующими официальными учреждениями.

При сварке помощью железных электродов шов получается с нормальной сердцевинной, но местами с зеркально-твердой поверхностью. Железо, соединяясь с небольшой частью чугуна, переходит в белый чугун с большим содержанием углерода, каковое, однако, посредством хорошего подогревания и последующей обработки может быть уменьшено.

При холодной сварке можно поступать двумя различными способами. Наплавляют в заранее подготовленный V-образный шов обыкновенное электродное железо (*A*) и поверх него особый материал (*B*), не образующий стального слоя (см. фиг. 163), или канавке сварочного шва придается вид, показанный на фиг. 164. Стальной слой, толщина которого в этом случае составляет лишь дробную часть миллиметра, может быть легко снят режущим инструментом. При этом, однако, нужно избегать наплавления электродного материала за кромку, как показано в *D* на фиг. 164.

В Америке, где сварка чугуна чаще всего производится помощью угольных электродов, питают мало доверия к сварке помощью железных или стальных электродов и применяют почти всегда чугун. При применении железа, в расплавленный чугун вводят небольшие куски чугуна для получения большей прочности шва. Преимущество при сварке чугуна угольным электродом заключается в том, что работа происходит значительно быстрее, так как им нагревается большая поверхность.



Фиг. 163.



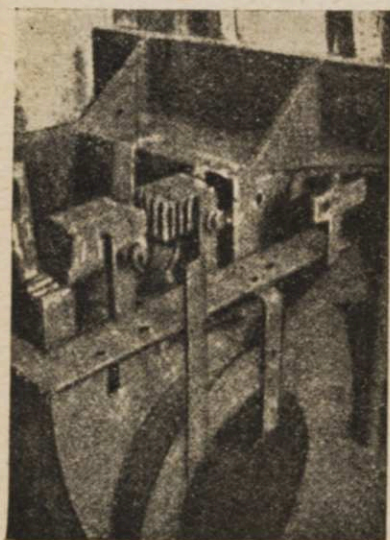
Фиг. 164.

При горячей сварке помощью угольного электрода поверхности излома срезаются под уклон угольным электродом. Это срезание поверхностей должно быть произведено на такую глубину, чтобы они встретили друг друга. После этого обломанные части помещаются в угольную форму (для стальных отливок—в форму из кварцевого песка для избежания обуглероживания), чтобы расплавленный металл не мог вытекать из сварочного шва.

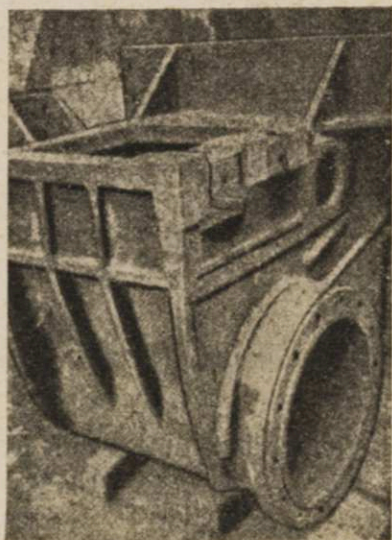
На фиг. 165 и 166 показан цилиндр паровой машины до и после сварки. Свариваемые места, как видно, расширены посредством сверловки, благодаря чему свариваемые поверхности делаются больше и также чисто механически держат наплавленный материал.

Если одна из частей потеряна, помещают весь предмет или само свариваемое место в опоку, которая заполняется формовочным песком. После этого в ней готовится приблизительная форма недостающей части, и свариваемое место окружается плитами из ретортного кокса.

Эти плиты изготавливаются с шпунтом и впадиной, и им очень легко посредством опиловки придать желаемую форму. Так как при таких сварочных работах расплавляются сравнительно большие количества чугуна, можно свариваемое место разбить на меньшие камеры, устанавливая поперечные стенки из коксовых плит. После этого нагревают предмет для последующей электрической отливки вольтовой дугой.



Фиг. 165. Цилиндр паровой машины, готовый для заварки.

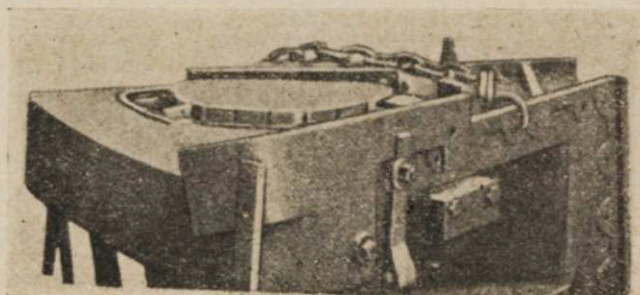


Фиг. 166. Цилиндр после заварки.

Нагревание, которое не требуется доводить до красного цвета, в случае небольших предметов может производиться помощью угольного электрода, или помещая предмет на древесноугольный горн. Большие предметы устанавливаются в яме и целиком окружаются топливом.

При производстве самой сварочной работы с заформованным предметом, открытой остается лишь такая часть, которая безусловно необходима для работы. Заварка должна производиться насколько возможно быстро, заполняя электродным металлом одну ванну за другой.

После того как вся заформованная часть заполнена металлом и последний застыл, снова нагревают предмет, как и раньше. Нагревание постепенно ослабляют, чтобы отливка медленно охлаждалась. Небольшие предметы можно заворачивать плотно в асбестовый картон, в котором они охлаждаются в течение 6—8 часов. Большие предметы требуют для охлаждения от 18—24 часов и более. Другой способ получения медленного охлаждения состоит в помещении предмета, например, в заранее подогретую гашеную известь или другой изолирующий теплоту материал.



Фиг. 167.

Если в отливке имеется трещина, доходящая лишь до определенной глубины, ее высверливают или вырубают до тех пор, пока не дойдут до целого материала. Эту подготовительную работу можно с успехом производить и посредством вольтовой дуги, после чего материал необходимо, конечно, подрубить для получения чистых поверхностей. Если угольных электродов в распоряжении не имеется, можно для этой цели пользоваться металлическим электродом, но с ним работа идет медленно (так назыв. выжигание). Соответствующие напряжение и сила тока для выжигания при 5 мм электроде составляют 40—60 вольт и 250—300 ампер. Подготовленная таким образом трещина заполняется металлом обычным способом.

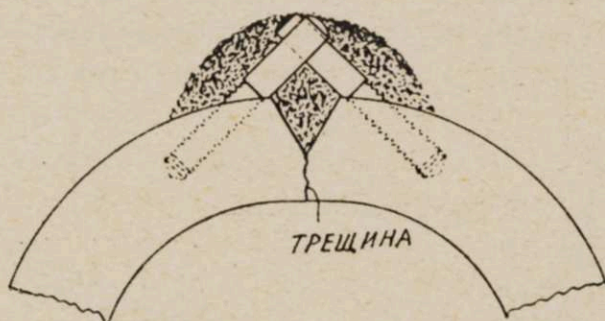
При заполнении трещины в толстых предметах холодным способом наплавляют металл сначала лишь на определенную глубину. При этом поступают так же, как показано на фиг. 149, т. е. из вершины V-образной канавки вверх по одной ее стороне, после этого вниз по той же стороне, вверх по противоположной стороне, вниз по этой стороне, вверх по первой стороне и т. д., завершая сварку в середине. После этого металл накладывается по сторонам расположенной выше более широкой части *V*, но все время так, чтобы сварка завершалась в середине канавки. При длинных трещинах свариваются лишь короткие участки, приблизительно так же, как при сварке трещин в листах (см. стр. 226). Этим путем заканчивается сначала вся часть у дна канавки, а после этого остальная часть.

Если качества отливки затрудняют сварку указанным способом и внешний вид не имеет значения, можно в крайности пользоваться способом, показанным на фиг. 168. По длине трещины, с обеих ее сторон, ввертывается по ряду стальных шпилек. Последние выступают над отливкой на высоту, соответствующую толщине слоя металла, который будет наварен. После этого между каждой парой шпилек наплавляются «заплаты», которые охватывают и соединяют расположенные друг против друга шпильки.

При этом способе дугу никогда не следует задерживать больше, чем это необходимо, т. е. не дольше того момента, когда металл полностью слился. Если основной металл сильно нагревается, нужно прекратить действие дуги и дать металлу время медленно остыть.

Если чугунная отливка при горячей сварке подогрета правильно, быстро сварена и медленно охлаждена, сваренное место обрабатывается режущим инструментом так же хорошо, как и остальная часть отливки. Когда применяется угольный электрод, в качестве флюса пользуются бурой.

Разные сорта чугуна относятся к сварке весьма различно, а именно, часть из них легко сваривается, в то время как другие почти невозможно сваривать. С этой точки зрения различные сорта чугуна можно разделить на три группы. К первой группе относятся наиболее удобные для сварки чугуны, которые легко плавятся, и свариваются почти так же легко, как железо. Вторая группа представляет чугуны весьма трудно сваривающиеся, при которых прочный сварочный шов может быть получен лишь помощью особых усиления. Этот сорт чугуна—если работа не слишком велика—легче



Фиг. 168.

сваривается кислородно-ацетиленовым пламенем при богатом применении буры в качестве флюса. Чугуны третьей группы не могут быть сварены ни вольтовой дугой, ни кислородно-ацетиленовым пламенем.

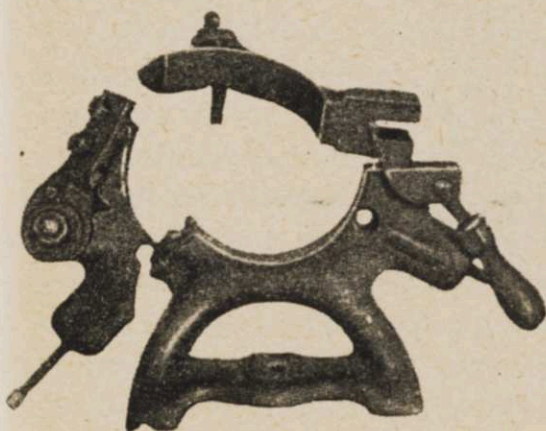
Причина различной свариваемости заключается, возможно, в различном содержании серы, при чем большее содержание ее, как полагают, уменьшает свариваемость. С другой стороны, можно полагать, что более высокое содержание в чугуне марганца способствует увеличению способности его к свариванию. Каких-либо попыток к выяснению причин такого различного отношения к сварке, насколько известно, не было предпринято, но они, без сомнения, принесли бы большую пользу.

Весьма большое значение при сварке чугуна имеют местные подогревания. Они могут, конечно, сами вызывать в предмете напряжения, которые потом нужно устранять посредством отжига при медленном остывании, но во многих случаях они необходимы вследствие той или иной формы предмета. Примеры этого приведены в главе «Примеры сварочных работ».

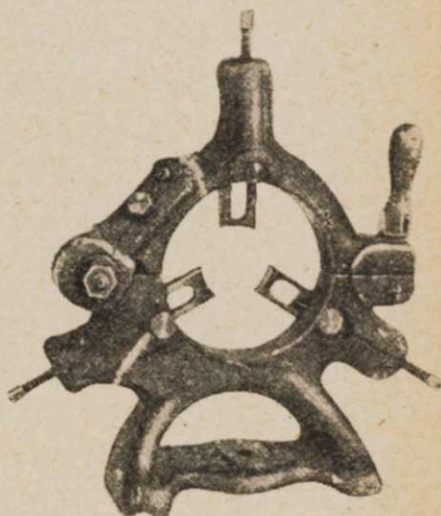
Сварка отливок помощью угольных электродов требует силы тока в 200—1000 ампер при напряжении дуги 45—55 вольт. При сварке помощью металлического электрода достаточно напряжение дуги в 25—35 вольт. Требуемая сила тока зависит от диаметра электрода (см. таблицы на стр. 202).

Примеры сварочных работ.

Многие работы предъявляют большие требования в отношении сообразительности и опытности сварщика, так как часто одна и та же работа может быть выполнена несколькими разными способами, из которых предстоит выбрать как лучший по технике производства сварки, так и наиболее дешевый. Чем опытнее сварщик, тем лучшие пути он в состоянии избрать.



Фиг. 169.



Фиг. 170.

Сварка люнета, согласно фиг. 169 и 170, не представляет больших трудностей. Основная задача здесь состоит в том, чтобы при сварке придать люнету точную форму и размеры, которые он имел до поломки. Эта задача, конечно, еще более затрудняется в отношении частей, имеющих обработанные поверхности, которые должны точно подходить к другим де-

талям. При охлаждении сваренный металл стремится, как было указано ранее, сместить различные части из их начального положения.

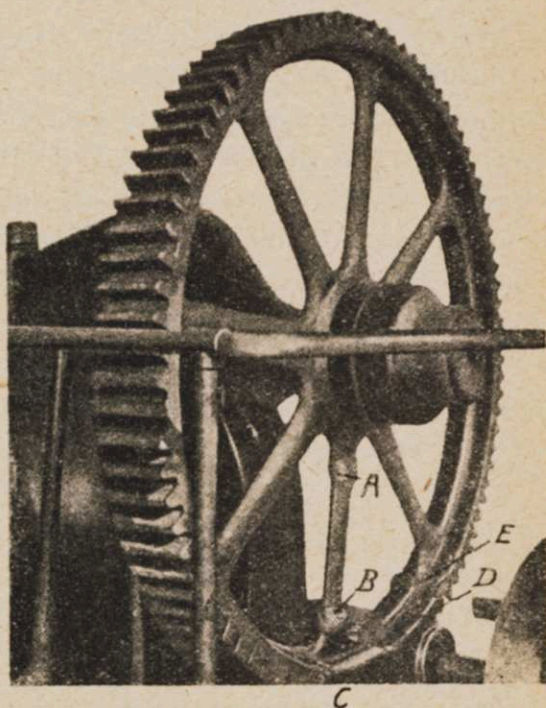
После съемки всех свободных частей, как направляющие шпигфы, болты и т. п., поверхности излома намечаются мелом, а именно, мелом проводят линию приблизительно по середине каждой поверхности излома. При этом мел держат таким образом, чтобы обе линии в соответствующих поверхностях излома приходились посередине друг против друга. После этого части скашиваются с обеих сторон под определенным углом (в данном случае, конечно, с боковых сторон люнета). Это скашивание может производиться посредством обрубки, выжигания вольтовой дугой или — в случае более тонких деталей — посредством шлифовки.

Если скашивание производится посредством выжигания, то части не требуется намечать, так как выжигание лучше всего производить, когда части между собой стянуты в правильном положении относительно друг друга. Скашивание нужно производить лишь на такую глубину, чтобы на обеих частях оставались ребра шириной 1—2 мм, которые, опираясь друг в друга, достаточно надежно определяют правильное взаимное расположение частей. Поэтому и наметку нужно производить таким образом, чтобы ребра приходились посередине друг против друга. Если скашивание кромок производится посредством выжигания, то до того, как начать сварку, необходимо окись срубить зубилом и зачистить поверхности стальной щеткой. Если в поврежденном месте имеется обработанное отверстие и т. п., то скашивание не должно доходить до обработанной поверхности, т.-е. в этом случае небольшая часть кромки оставляется целой, без скоса, чтобы сварочный металл не выступал на обработанной поверхности. Сначала сварка производится лишь в нескольких местах, чтобы части образовали одно целое, после чего весь предмет нагревается до требуемой температуры. При самой

сварке, которая производится изнутри, стыковым кромкам придается наклонное положение, чтобы окись и посторонние вещества легко могли быть счищаемы.

При охлаждении швов все три части, вследствие усадки швов, стягиваются, благодаря чему вся верхняя часть получает некоторый перекося в левую сторону. Для предупреждения этого необходимо до сварки смещать части несколько вправо. Если дело касается точной работы, то определение величины этого смещения требует большой опытности.

Показанное на фиг. 171 зубчатое колесо представляет пример наиболее типичной сварочной работы. Если сломана лишь спица в одном месте, а обод колеса, таким образом, цел, то концы спицы в месте излома



Фиг. 171. Заварка сломанного зубчатого колеса.

скашиваются, при чем оставляется нетронутым ребро толщиной 1—2 мм. После того, как стык таким путем подготовлен, производят нагревание этой спицы и двух смежных с ней, а также прилегающей части обода колеса. Последний с каждой стороны этих спиц нагревается на несколько большем протяжении, чем сами спицы по направлению внутрь (к центру). Благодаря нагреванию спицы удлиняются, и так как обод в этом месте также нагрет, он способствует облегчению этого удли-

нения. В результате получается то, что трещина в спице расширяется. Когда, после выполнения сварки, шов дает усадку, обе прилегающие спицы охлаждаются одновременно с швом и стягивают при этом трещину.

Нагревание должно производиться с таким расчетом, чтобы стягивание, или сжатие, было одинаково с усадкой сваренного места, т.-е., чтобы в отремонтированной спице не появились особые напряжения. Если нагревание указанным способом не производится, то или шов даст трещину, или спица разорвется в новом месте. Усадку металла в месте сварки можно подсчитать довольно точно, если известен коэффициент расширения материала, т.-е. насколько материал расширяется на единицу длины при повышении температуры на один градус. Усадка при охлаждении получается, конечно, такой же. На каждые 100°C изменения температуры коэффициент расширения составляет для чугуна 0,00107 или, округленно, 0,0011, и для железа и стали 0,0012. Для подсчета величины усадки шва необходимо поэтому умножить его наибольшую ширину (измеренную вдоль спицы, т.-е. ширину V-образной выемки) на 0,0011 и произведение умножить на среднюю температуру, которая обычно составляет $500\text{--}700^{\circ}\text{C}$. Так как коэффициент расширения 0,0011 относится к 100° , необходимо при перемножении пользоваться множителями 5—7.

Если ширину V-образной выемки принять в данном случае равной 30 мм, то получим

$$\text{удлинение} = 30 \cdot 0,0011 \cdot 6.$$

Коэффициент расширения можно всегда считать постоянным, т.-е. 0,0011 и 0,0012, а также и среднюю температуру, при чем среднее значение температуры может быть принято равным 600°C . Если ширина шва дается в миллиметрах, то и удлинение получается в миллиметрах.

Таким образом, спицы и обод нужно нагреть настолько, чтобы трещина разошлась, после чего можно производить сварку. Расхождение трещины на требующуюся величину проверяется помощью соответствующей толщины измерительной пластины или посредством щупа. Чтобы трещина не сжалась преждевременно, нагрев предмета нужно поддерживать в течение всего времени производства сварки.

Если зубчатое колесо имеет вид, показанный на фиг. 171, работа оказывается более сложной. Прежде всего скашиваются все швы обычным способом. Чтобы легче было оперировать с колесом, его следует, конечно, снять с оси, если это представляется возможным. Спицы скашиваются с необходимым углом скоса, а обод—лишь с внутренней стороны. Так же, как и в рассмотренном случае, остаются кромки толщиной 1—2 мм.

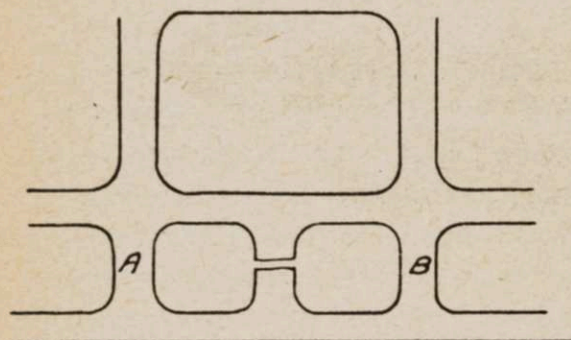
Какой-нибудь из швов *A* или *B* сваривается первым без подогрева. Обычно, предпочтительнее сначала сварить шов *A*. Прежде, чем приступать к сварке остальных швов, колесо стягивается хомутом, чтобы все части приняли правильное положение. После этого производится частичная проварка швов *B*, *C*, *D* и *E* настолько, чтобы они удерживались в своем правильном положении. После этого шов *B* сваривается при подогревании, как было описано выше. Шов *E* можно сварить также и до сварки других швов. В этом случае отделившуюся часть нужно ставить в свое положение с таким расчетом, чтобы при охлаждении получилось правильное стягивание ее. После сварки *B* производится сварка остальных швов.

При сварке спицы колесо ставится так, чтобы спица занимала горизонтальное положение. В таком положении сначала завариваются обе V-образные выемки на одной стороне и, после поворота колеса на 180°, заканчивается заварка их на другой стороне. Заварку в ободе лучше всего производить горизонтально, т.-е. ставить колесо на обод, с швом, расположенным внизу.

Если дело идет о паровозном колесе, то прежде, чем начать работу, необходимо снять бандаж. Так как колесо при этом должно обязательно сохранить точно свою круглую форму с правильным размером, подсчет величины усадки и сама работа должны быть произведены с особой тщательностью. Если с первого раза не удастся сообщить смежным

спицам правильной температуры, необходимо снова повторить ту же процедуру, чтобы колесо получило совершенно правильную круглую форму. Измерение производится штихмассом от оси вала до окружности колеса.

Другой пример, однородный с предыду-



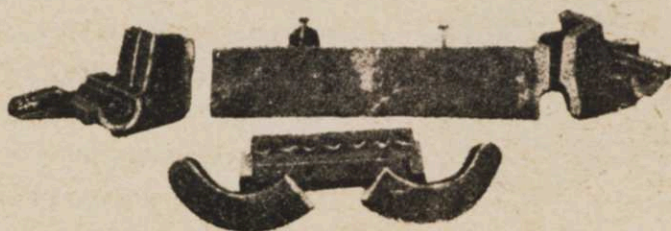
Фиг. 172. Сварка рамы.

щим, представляет сломанное ребро в раме (см. фиг. 172). Для того, чтобы трещина расширилась, здесь, конечно, необходимо нагреть оба смежных ребра *A* и *B*, а кроме того также и нижнее ребро.

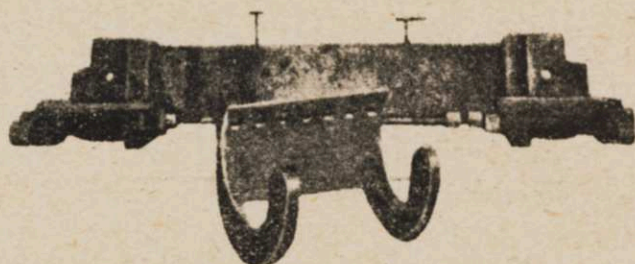
Причиной того, что подобные работы иногда не удаются, является недооценивание влияния усадки. Необходимо всегда помнить, что действие усадки одинаково сильное, независимо от того, что оперируют с малыми размерами. В особенно сильной степени это проявляется в чугуне, обладающем очень небольшой эластичностью; однако, это относится также и к железу, так как сам шов после охлаждения тоже не обладает этим свойством.

Показанная на фиг. 173—174 сварочная работа представляет интерес в том отношении, что подшипники должны получить правильное и точное положение. Для достижения этого, отломанные части после скашивания стягиваются

в положение, которое они занимали раньше, после чего в подшипники кладут специальный вал и привинчивают к своему месту накладку. Сварку в данном случае нужно, конечно, производить с обеих сторон, чтобы получались возможно меньшие смещения. В течение сварки вал необхо-



Фиг. 173.

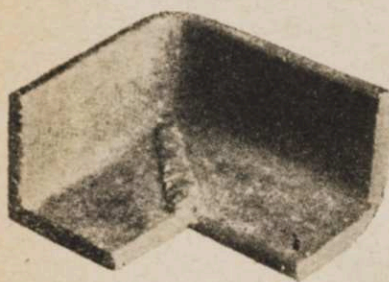


Фиг. 174.

димо время от времени поворачивать, чтобы убедиться в том, что отломанные части под влиянием усадки не изменили своего положения. Если произошло смещение, нужно наплавить металл с другой стороны, чтобы усадкой вернуть подшипник в правильное положение.

Наварка изношенных валов является довольно трудной работой. Чтобы металл не давал трещины при охлаждении, вал нужно сначала нагреть до красного цвета, чтобы он осаживался одновременно с наваренным металлом. Эта те-

плота нагрева должна поддерживаться во время производства сварки. Металл наваривается не сразу по всей длине изношенного места, а так сказать кольцами, при чем всегда начинают приблизительно с одного места окружности. Так

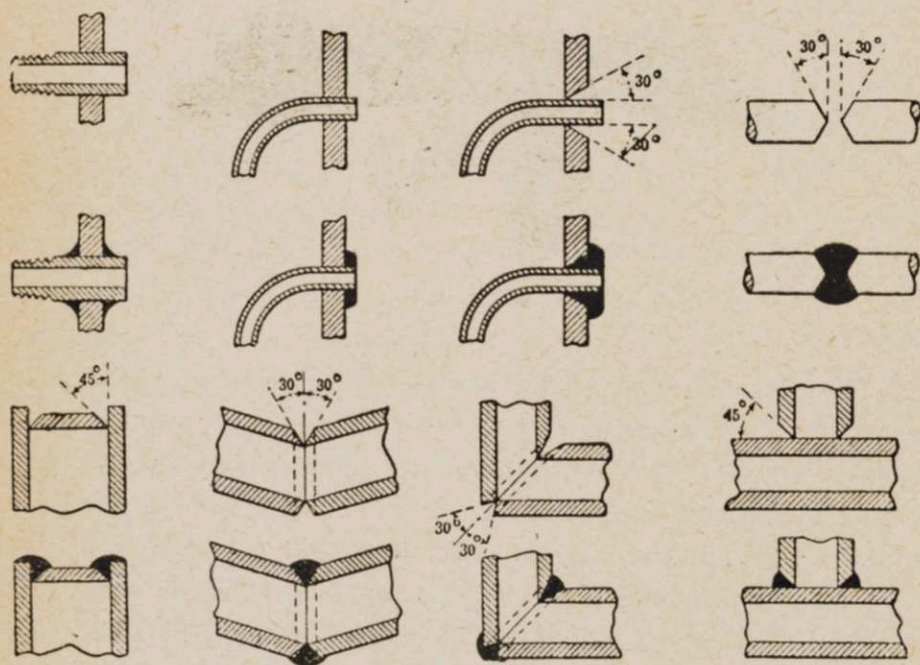


Фиг. 175.

поступают для того, чтобы в возможной мере избежать в валу напряжений, которые могут вызвать его разрыв. Каждое «кольцо» наваривается в один прием, при чем вал по мере продвижения работы поворачивается вокруг своей оси.

На фиг. 175 показана довольно обычная работа. Предмет выполняется из углового железа, в одной

полке которого делается треугольный вырез посредством ножовки, после чего угольник загибается под прямым углом.



Фиг. 176—183. Примеры сварочных работ.

Вырез делается такой ширины (кромки разреза не должны сходиться в одной точке), чтобы после загибания железа кромки не сходились вплотную, а чтобы между ними оставался зазор, равный приблизительно толщине полки.

После того как угольник загнут, производится сварка кромок с одной стороны полки, при чем между кромками должно протекать по возможности меньше металла.

Наконец, на фиг. 176—183 показано несколько примеров работ, для которых может быть применена электрическая дуговая сварка.

Практические работы для начинающих сварщиков.

Обученный по определенной программе сварщик, конечно, не имеет той опытности и умения ориентироваться, как тот, который обучился сварочному делу на практике. Программой обучения сварщика преследуется поэтому лишь цель дать подготовку к данному ремеслу.

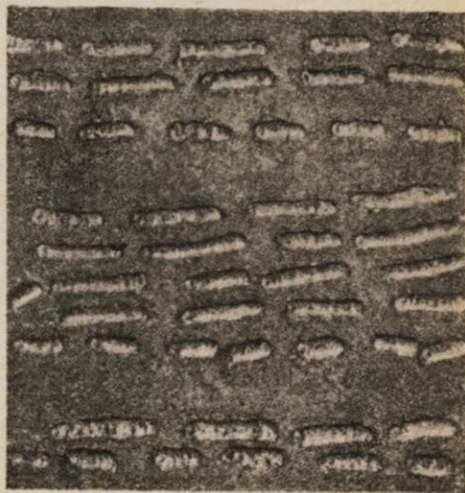
Совершенно неопытному сварщику трудно видеть, как он ведет дугу, так как он только ее и видит сквозь защитные рамки. Поэтому ему следует сначала упражняться в поддержании вольтовой дуги и водить электродный держатель на куске толстого листа. При этом лучше всего начертить на листе прямую линию и затем пробовать наваривать полоску металла параллельно этой линии и на расстоянии от нее в 10—15 мм. Это упражнение нужно повторять до тех пор, пока наваренные полоски не будут достаточно прямыми и параллельными начерченной линии.

После этого полезно написать на листе несколько букв и пробовать следовать дугой их контуру. После того, как это удастся делать, пробуют электродом образовывать те же буквы той же величины без предварительного их вырисовывания, при чем это упражнение продолжают повторять до тех пор, пока не будут получаться удовлетворительные результаты.

Если исследовать выполненную таким способом работу, то окажется, что металл в начале полоски недостаточно прочно приварился к листу, что объясняется тем, что при начале работы дуга имела слишком большую длину, или сила тока была слишком мала. Поэтому необходимо упражняться

в получении, в момент пуска, дуги правильной длины в данной точке, чтобы получить хорошую сварку также и здесь. Далее, нужно производить опыты с подбором силы тока разной величины для соответствующих электродов. Начинаящий будет всегда пользоваться слишком большой силой тока и поэтому весьма важно, чтобы он с самого начала научился находить правильную его величину.

В том месте, где вольтову дугу прерывают, всегда получается небольшое воронкообразное углубление или кратер. Недостаток этого явления заключается, между прочим, в том, что трудно продолжать сварку с этого места, если бы это потребовалось. Кратер поэтому необходимо заполнять до прекращения действия дуги. Это производится посредством укорачивания длины дуги, а именно, приближением электрода ближе к кратеру, пока он не будет заполнен, после чего электрод быстро отводится в сторону. Это упражнение нужно повторять до тех пор, пока кратер не будет получаться очень небольшой величины.

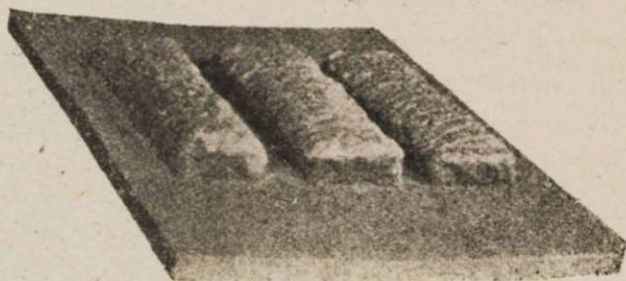


Фиг. 184.

Для проверки умения сварщика правильно поддерживать вольтову дугу можно рекомендовать производить показанную на фиг. 184 (примерно) работу, которая может быть выполнена на листе размерами около $300 \times 300 \times 10$ мм.

Короткие швы металла наплавляются без предварительной наметки. Каждая полоска делается длиной около 25 мм с расстоянием между рядами около 20 мм. Полоски должны

быть прямыми и параллельными, хорошо сваренными в начальных точках и лишь с небольшими кратерами в конечных точках. Первые три ряда навариваются электродом диаметром 5 мм, следующие пять — электродом диаметром 4 мм и последние два — электродом диаметром 3 мм. Лишь после удовлетворительного выполнения этой работы можно перейти к следующему упранению.



Фиг. 185.

Оно заключается в наварке нескольких слоев на куске листа размерами около $250 \times 300 \times 10$ мм. Для выполнения этой работы можно пользоваться электродом диаметром 4 мм. Полоски, общим числом три, должны иметь длину, ширину и высоту, соответственно, $150 \times 50 \times 25$ мм. Первая полоска наваривается с левой стороны листа без применения шаблона и без разметки, а также без удаления окиси с каждого слоя металла (см. фиг. 185).

Вторая полоска выполняется более тщательно. Прежде всего поверхность листа в том месте, где будет наварена полоска, тщательно очищается жесткой стальной щеткой. После этого накладывается первый слой, для образования которого на листе наваривается по ширине ряд полосок, пока не будет заполнена вся ширина, при чем каждую полосу начинают всегда с одного и того же конца. После наварки первого слоя он основательно очищается от окиси стальной щеткой. Каждый слой очищается этим способом.

Следующий слой нужно наваривать так, чтобы он приходился как раз над предыдущим, т.-е. так, чтобы кромки полосы были ровными и вертикальными.

Третья полоса наваривается совершенно таким же способом, за исключением того, что пленка окиси удаляется с каждого слоя посредством зубила при легких ударах ручника, т.-е. так, чтобы снималась лишь окись, а самый металл не проковывался. После обрубки металл каждый раз очищается стальной щеткой.

Первая из этих трех полос представляет пример того, как сварка не должна производиться, вторая—как она может производиться и третья,—как ее лучше всего производить. Если лист разрезать по диагоналям через полосы, зашлифовать и заполировать поверхности разрезов на шлифовальном станке и покрыть их раствором серной кислоты или пода, можно отчетливо заметить разницу между сварками. Особенно необходимо обращать внимание на сплавление между собой различных слоев. Это сплавление должно быть полным, так как в противном случае качество сварки значительно понижается.

Чтобы напрактиковаться в сваривании между собой листов, нужно производить упражнения в сварке кусков котельного железа шириной, длиной и толщиной соответственно $250 \times 300 \times 12$ мм со снятыми по длинной стороне фасками под углом в 45° . Весьма хорошее упражнение получается при установке этих листов вертикально и сваривать их в этом положении. До сварки куски предварительно соединяются между собой свариванием по середине шва и по обоим его концам. После этого сварка производится в направлении снизу вверх при вертикально расположенном предмете. При этом сварщик должен проявить собственную сообразительность в нахождении наилучшего для себя способа для получения хороших результатов. Он должен поэтому испытать различные способы и наблюдать при этом за следующим:

1. Сварка должна проникать в обе кромки листов.
2. Температура ни в каком месте не должна быть такой высокой, чтобы вызываемое ею расширение листа с последующей усадкой влияло на качество шва.
3. Расширение не должно быть настолько большим, чтобы лист коробился или выгибался.

Вертикальная сварка применяется по большей части в таких случаях, когда предмет имеет вертикальное положение и не может быть расположен иначе, но она с успехом применяется также и в других случаях.

После исполнения нескольких подобных сварок пробуют производить сварку с нижней стороны двух таких же листов с фасками под углом в 45° . Листы располагаются горизонтально, со скошенными кромками книзу, и сварка производится с нижней стороны. Между внутренними кромками оставляется зазор в 1,5—2 мм.

Сварку снизу выполнить довольно трудно. Также и в этом случае производится предварительная сварка листов, при расстоянии между кромками около 6 мм. Для облегчения работы из листового железа вырезают несколько прямоугольных кусков, размером $150 \times 30 \times 3$ мм, к одному концу которых приваривается 4 мм железная проволока, которая служит в качестве ручки, расположенной под прямым углом к поверхности листов. Такой кусок вставляется в щель между листами, подлежащими сварке, и помещается таким образом, чтобы он образовывал ребро для сварки. После установки листа производят его приварку.

Сварка начинается по середине шва и продолжается к обоим его концам. Вольтову дугу все время ведут определенным способом, начиная на нижней кромке правой скошенной поверхности, на расстоянии приблизительно 5 мм вправо от этой кромки, ведут дугу по скошенной кромке вплоть до вставленного ребра, далее поперек через видимую

поверхность его и вниз по скошенной поверхности левого листа на расстоянии от кромки также приблизительно в 5 мм (влево). Таким способом образуется первый слой. После этого наваривается второй слой на правой стороне, но теперь на верхней (вернее нижней) кромке только что наложенного слоя. Электродный держатель ведется так же, как и раньше; после второго слоя накладывается третий, так, чтобы канавка между листами была в этом месте целиком заполнена металлом.

Для сварки имеются теперь две поверхности, а именно, поверхность, образованная наложенным железом, которая должна быть приблизительно вертикальной, и поверхность, которая образуется скошенными кромками листов. Продолжая сварку, поступают тем же способом, как и раньше, причем металл наваривается на упомянутую вертикальную поверхность и одновременно на фаски листов. Благодаря этому получается, до известной степени, вертикальная сварка и этим облегчается работа.

После того, как одна половина шва сварена, продолжают тем же способом сварку другой половины. Вставленное ребро легко коробится при выполнении работы и при этом ведет за собой свариваемые листы. Это, однако, мало влияет на работу и в то же время содействует усилению шва на верхней стороне, что может оказаться желательным. Полезно при начале сварки применять несколько большую силу тока, а затем уменьшить его.

Необходимо также упражняться в производстве плотной сварки кромок заклепочных швов, а также вокруг заклепочных головок. Для этой цели кладут два листа друг на друга так, чтобы кромки их взаимно перекрывались, как при клепке в накрой, и сваривают их предварительно в двух или трех местах. После этого ставят листы вертикально (со швом в горизонтальном направлении) и на нижней стороне направленной книзу кромки ближнего листа наваривается

галтель. Это упражнение повторяется до тех пор, пока не будет получаться хороший и ровный шов. Галтель должна выполняться в один слой. Проба разрезается и производится исследование шва.

Лист ставится вертикально и на нем наваривается от 10 до 12 колец диаметром 30—35 мм. После этого удаляется окись и на каждое кольцо наваривается новый слой. Эти упражнения вырабатывают определенный опыт в отношении сварки на плотность заклепочных головок, например, на паровом котле. Эту работу нужно уметь хорошо выполнять, прежде чем браться за нее. Одно из колец нужно разрезать и исследовать, чтобы видеть, насколько хорошо металл приварился к листу и насколько отдельные слои сварились между собою.

Необходимо также упражняться работать с угольным электродом. В этом случае обе руки сварщика заняты и, отчасти по этой причине, отчасти вследствие более интенсивной дуги (света), он должен быть защищен шлемом, спускающимся до плеч. Защитные стекла в шлеме могут быть такими же, как и при сварке металлическим электродом. Электродный держатель держат в правой руке, добавляемый металлический стержень—в левой. Сварка угольным электродом считается вообще более легкой, чем сварка металлическим электродом, но маневрирование дугой требует, однако, известной сноровки.

Резка вольтовой дугой.

Для резки вольтовой дугой обычно применяют угольный электрод, который держат на одном месте до тех пор, пока металл в этом месте не расплавится, после чего электрод передвигают на небольшую величину вперед так, чтобы металл плавился по мере передвижения вперед электрода. Расплавленному металлу должна быть, конечно, предоставлена возможность свободно вытекать из разреза. Ширина щели, образующейся при резке, зависит от диаметра применяемого угольного электрода, а также от умения рабочего вести дугу по возможно прямой линии. Щель получается несколько шире диаметра угольного электрода и тем шире по сравнению с диаметром электрода, чем больше электрод. Для более толстых листов применяются электроды больших размеров, чем для тонких листов. Кромки разреза не получаются ровными, так как, с одной стороны, расплавленный металл вытекает неравномерно, а с другой,—дуга с угольным электродом во время горения имеет склонность отклоняться от первоначального направления, что собственно и придает кромкам разрезаемых деталей неровность.

Если требуется более чистый разрез, следует безусловно предпочитать газовую резку. Угольные же электроды можно с успехом применять для резки чугуна, больших выпоров, прибылей, лома и т. п. Резка может производиться также и металлическими электродами, но это крайне не рентабельно по сравнению с другими способами резки.

Сначала упражняются в разрезании куска котельного железа на несколько частей, при чем пользуются угольным электродом диаметром 12 мм при силе тока около 300 ампер. Длина дуги при этом должна быть около 6 мм. После того, как удается получать сравнительно чистый разрез вдоль определенных линий, пробуют сварить два листа помощью 5-миллиметрового угольного электрода. Вести угольный электрод в требуемом направлении и контролировать дугу является делом не легким.

После этого можно упражняться в разрезании листов толщиной 1,5—2 мм помощью угольного электрода диаметром 5 мм, при чем для этой работы обычно достаточна сила тока в 150 ампер. Это упражнение нужно повторять до тех пор, пока не будут удаваться прямые, чистые разрезы.

Для следующего упражнения берут два листа, склепанных между собою одним рядом заклепок, и вырезают из них помощью угольного электрода полосу так, чтобы разрез приходился между заклепками. После этого вырезанная часть снова приваривается в одну плоскость с остальной частью помощью металлического электрода. Прежде, чем приступить к сварке, необходимо, однако, помощью зубила удалить окись с свариваемых поверхностей. При работе угольным электродом всегда получается слой окиси большой толщины.

Защитные приспособления для сварщика.

Защита рук, лица и глаз при всех сварочных работах имеет громадное значение. Приводимые ниже предписания о мерах безопасности разработаны, в своей большей части, Акц. О-вом «Векс», в Стокгольме.

Для предупреждения от действия лучей, исходящих от вольтовой дуги, необходимо защищать, как лицо, в особенности глаза и руки сварщика, так и другие обнаженные части кожи. Вредными являются не только прямые лучи, но и отраженные от блестящих предметов, хотя и в меньшей степени. По этой причине защитные приспособления для глаз должны быть снабжены боковыми стенками, и сварщик должен держать это приспособление настолько близко к лицу, чтобы также и отраженные лучи не поражали глаз.

Руки должны быть защищены рукавицами, предпочтительно из толстой кожи.

При работе сварщика в помещении, в котором кроме него работают также и другие рабочие, необходимо изолировать сварщика посредством окружающих его ширм, например, из парусины.

От вольтовой дуги, как известно, исходят троякого рода лучи, а именно: 1) световые лучи, 2) горячие или ультра-красные и 3) химические или ультра-фиолетовые лучи. Стекла, применяемые для защиты глаз, должны ослаблять световые лучи до минимума и полностью поглощать ультра-красные и ультра-фиолетовые лучи. Наилучшей защитой для

глаз и лица сварщика являются защитные рамки или маски, снабженные двумя красными и одним зеленым стеклом.

Сварщик должен определить и подобрать по своим глазам указанные стекла так, чтобы иметь возможность наблюдать дугу с достаточной отчетливостью через защитную рамку. Если этой отчетливости или ясности нет, можно вынуть одно из красных стекол, что может быть сделано без ущерба для зрения. Стекла, таким образом, должны быть разъемными. Сварщик должен убедиться в том, что стекла не имеют недостатков, и что световые лучи не проникают между стеклами и оправой.

У начинающих сварщиков часто бывает воспаление глаз, так как они непосредственно наблюдают вольтову дугу в тот момент, когда она зажигается. Этого нужно абсолютно избегать, и сварщик быстро научается зажигать дугу, одновременно защищая свои глаза.

Если, тем не менее, получится воспаление глаз, проявляющееся в боли в глазных яблоках и сильном слезотечении, рекомендуется промывание соленой водой (чайная ложка соли на $\frac{1}{4}$ литра воды) и холодные примочки на веки. Обычно, через несколько часов боли прекращаются.

По американским источникам рекомендуются два красных и одно синее стекло, или два красных и одно зеленое. Можно пользоваться также одним зеленым стеклом среднего цвета, одним темно-красным и одним бесцветным. Последнее помещается с наружной стороны для защиты расположенных с внутренней стороны цветных стекол. Простое стекло дешевле заменить новым, если оно будет попорчено брызгами расплавленного электродного металла.

ДРУГИЕ МЕТОДЫ СВАРКИ.

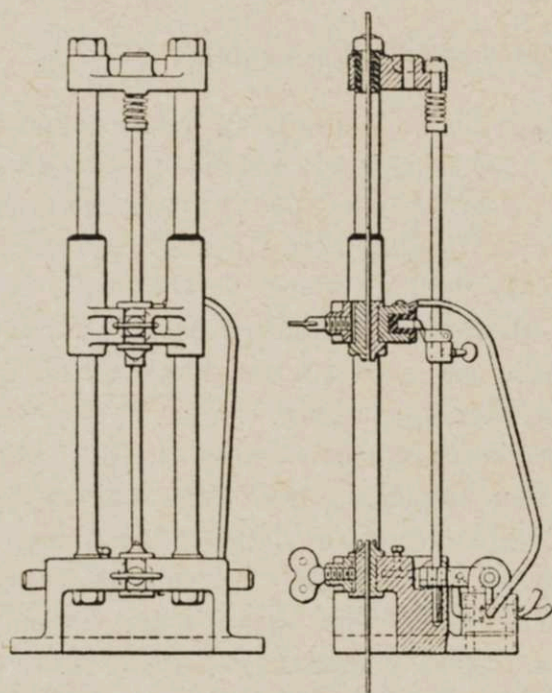
Электрическая ударная сварка.

Сварка может быть произведена также помощью искры электрического конденсатора, когда он разряжается. Для этого способа сварки, который получил применение почти исключительно для сварки металлической проволоки, применяются конденсаторы с большей способностью разряжаться, чем обычные. Название ударная сварка происходит от того, что сварка получается в тот момент, когда предметы с ударом встречаются друг друга.

От сварки методом сопротивления этот способ отличается, главным образом, тем, что применяется постоянный ток. Ударная сварка применяется прежде всего для сварки алюминия, вследствие трудностей, связанных со сваркой этого металла при применении других способов. Этим способом, однако, можно сваривать также почти все другие металлы. Область его применения все же весьма ограничена.

Результат сварки зависит от емкости конденсатора, скорости и силы удара между собой свариваемых предметов, а также сопротивления и индукции тока. Конденсатор питается от генератора или другого источника постоянного тока. Свариваемые концы проволок укрепляются в расположенных друг против друга зажимах (см. фиг. 186). Верхний зажим помещается в головке, расположенной между двумя стойками таким образом, что посредством нажима на педаль

она освобождается и падает под влиянием собственного веса. Высота падения устанавливается соответственно различным диаметрам проволок. В тот момент, когда направленные друг против друга концы проволок встречаются, конденсатор разряжается, при чем та энергия, которая концентри-



Фиг. 186. Устройство для направления проволоки при ударной сварке.

руется в месте контакта, достаточна для производства сварки. Для усиления действия теплоты концам проволок придается форма клина (что может быть сделано просто обрубкой) и обе кромки поворачиваются так, чтобы они стояли под прямым углом друг к другу. Время, в течение которого происходит сваривание, настолько незначительно, что прак-

тически невозможно наблюдать ход сварки простым глазом. Развитие теплоты происходит настолько быстро и энергично, что бoльшая или меньшая точка плавления проволок едва ли играет какую-нибудь роль. Все комбинации металлов, которые были испробованы, сваривались этим способом, за исключением таких соединений, как алюминий с оловом, свинец с железом и т. д. Даже медь с алюминием, как утверждают, дают хорошую сварку. Имеются указания, что этот способ дает очень прочную сварку даже в тех случаях, когда ее невозможно произвести другими способами.

Сварка без окисления.

Этот метод, являющийся совершенно новым и не получившим еще какого-либо названия, кратко описывается здесь лишь ради полноты, так как еще рано судить о том, какое он получит применение в будущем. Многое, тем не менее, говорит за то, что этот способ может получить большое применение.

Этот метод, разработанный в лаборатории Всеобщей Компании Электричества в Скенектеди, в Америке, основывается на том, что водород, в нормальных условиях двухатомный, при более высоких температурах становится одноатомным. Из 10000 молекул расщепляются при 2000 градусах 33, при 2500 градусах 310, при 3100 градусах 1700 и при 3500 градусах 3400 молекул на свои атомы. Для этого расщепления требуется сообщение энергии в виде теплоты, которая снова освобождается, когда два атома водорода соединяются в молекулу. Водород в одноатомном состоянии, таким образом, значительно активнее, чем в двухатомном. Теплота, выделяющаяся при образовании двухатомного водорода из одноатомного, составляет по Langmuir'у для одной

грамм-молекулы (2 грамма) водорода при постоянном давлении 90 калорий, а при постоянном объеме 84 калории. В первом случае один грамм водорода выделяет таким образом, количество теплоты, нагревающее один килограмм воды от 0° до 45 градусов.

Для практического использования этого явления, одноатомный водород получают тем, что струю водорода под давлением пропускают через вольтовую дугу, получающуюся при 20 амперах между двумя вольфрамовыми электродами диаметром 6 мм. Дуга имеет длину около 2 мм и требует напряжение от 300 до 800 вольт. При затрате соответствующей энергии при прохождении через дугу, образуется одноатомный водород, который сразу же направляется на предмет. При преобразовании его в двухатомные молекулы, что имеет место у предмета, то количество теплоты, которое было затрачено при распадении, снова освобождается. Достигаемая при этом температура превышает температуру гремучего газа приблизительно на 50%. Этот способ имеет то преимущество, что процесс сварки и плавки, вследствие пользования одним лишь водородом, протекает без окисления или с восстановлением случайно имеющейся окиси.

Для образования вольтовой дуги может применяться как постоянный, так и переменный ток. Давление газа при толщине предмета в 12 мм составляет около 0,07 атмосферы. Для обычных сварочных работ расход газа составляет от 0,57 до 0,85 куб. метра в час.

Согласно имеющимся данным, этот способ получил применение при отливках молибдена, вольфрама, сплавов хрома, алюминия, кремния и марганца, а также при сварке или литье железа в тех случаях, когда желательно предупредить всякое попадание кислорода, азота или углерода, чему не вполне можно воспрепятствовать при любом другом способе.

Сварка по способу Гайда.

Этот способ, который с большим основанием следовало бы назвать пайкой, существенно отличается от всех других методов сварки. Этот способ довольно новый, но он, как указывают, получил довольно большое применение в Англии. Сварка производится посредством меди, которая расплавляется под действием на металл водорода. В отличие от того, что имеет место при твердой пайке, медь внедряется в мельчайшие поры соединяемых между собою предметов и в известных случаях сплавляется с ними.

Если поместить небольшой кусок меди на железный лист и нагревать его в атмосфере водорода до точки плавления меди, то медь сразу распространится по листу в виде тонкой пленки, без предварительного перехода в пластичное состояние. Расплавленная медь становится настолько жидкой, что она разливается по листу, как керосин или вода, проникая в мельчайшие поры. Это не может быть приписано восстановительным свойствам водорода, так как другие восстановительные газы не дают такого результата. На самом же деле водород, повидимому, действует, как плавень. Если заставить медь разлиться между двумя поверхностями железа или стали, они прочно пристают друг к другу и их невозможно отделить посредством нагревания до точки плавления меди. При длительном нагревании при этой температуре образуется сплав железа и меди, что обнаруживают микрофотографии.

Этот способ применяется таким образом, что небольшой кусок медной проволоки помещается у стыка, но не между свариваемыми кромками, после чего весь предмет нагревается в атмосфере водорода до точки плавления меди. Это не представляет никаких затруднений, если только сварив-

ваемые части не очень велики; они просто помещаются в муфельную печь, через которую пропускают водород. Поверхности совершенно не требуется очищать, не требуется также и плавней. Водород действует восстановительно на ту окись, которая имеется на поверхности, благодаря чему поверхность становится пористой, что способствует внедрению в нее меди.

ПАЙКА

Общие указания.

Соединение между собой двух или нескольких частей металла посредством пайки отличается от сварки, с одной стороны, тем, что соединение производится почти исключительно другим металлом или сплавом, чем тот, из которого состоят соединяемые части, а с другой стороны, тем, что их не требуется нагревать до тестообразного или расплавленного состояния. При пайке нагревается до плавления лишь паяльный металл или припой, и поэтому температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления спаиваемых металлов. Припой в расплавленном состоянии сплавляется с внешними частями предметов, благодаря чему получается между ними тесное соединение. Если спаянный шов исследовать под микроскопом, то окажется, что припой в середине шва имеет другой состав, чем у поверхностей предметов.

Для получения плотного соединения необходимо, однако, чтобы спаиваемые поверхности были совершенно чистыми и свободными от окиси. Ничтожнейшее загрязнение поверхности жиром и т. п. оказывает весьма вредное влияние на результат работы. Основным условием для получения хорошей пайки является, кроме того, то, чтобы при самой пайке совершенно не образовывалось окиси.

Благодаря тому, что припой по сравнению с основным металлом соединяемых между собою частей более легкоплавкий и менее прочный, это должно быть учтено при выполнении пайки. Поэтому весь слой пайки должен быть

сделан таким толстым, чтобы сплавление получилось сплошь, и шов будет более прочным. Основное правило поэтому состоит в том, что чем тоньше шов, тем прочнее пайка. Это справедливо, конечно, в том предположении, что металл может растекаться по всей поверхности стыка. Если припой жидкоплавкий, то соединяемые поверхности ставятся плотно друг к другу, и тонкий шов получается благодаря тому, что припой распространяется между поверхностями вследствие явлений волосности (капиллярности). Чем более легкоплавок припой, тем легче производить с ним работу. Однако, как уже было упомянуто выше, более легкоплавкие сплавы и металлы имеют также и меньшую прочность, а так как шов при всяких условиях получается менее прочным, чем сам предмет, то почти во всех случаях желательно делать его насколько возможно более прочным.

Другими свойствами припоя, имеющими значение, являются точка плавления—так как предмет должен выдерживать определенную температуру—и его химическая сопротивляемость. Последнее является обязательным условием в аппаратах для химических заводов, если швы подвергаются действию разъедающих жидкостей, а также при пайке посуды и аппаратов для предметов питания. В последнем случае нельзя, например, применять припои, содержащие свинец, так как они делают пищу опасной для здоровья. Наконец, известное значение имеет и цвет припоя, в особенности в мелких работах, в отношении которых, конечно, нужно стремиться к тому, чтобы шов имел тот же цвет, как и остальной предмет.

Чтобы припой мог хорошо соединиться с предметом, он нагревается несколько выше точки плавления, благодаря чему он не охлаждается ниже своей точки плавления, когда он соединяется с поверхностями предметов. Это охлаждение, однако, нужно уменьшать нагреванием самого предмета в тех случаях, когда это можно сделать беспрепятственно.

Приспособления и инструмент для пайки.

Нагревание и плавление припоя можно производить различными способами:

- 1) В горне или печи.
- 2) Помощью предварительно или во время работы нагретого куска металла, например, помощью паяльников.
- 3) Непосредственным действием на металл пламени, с дутьем или без него.
- 4) Посредством электрического тока.

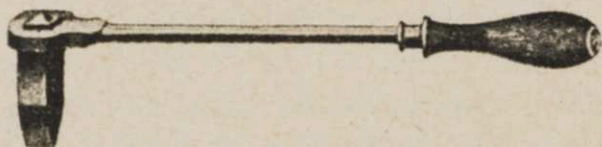
При так назыв. пайке погружением спаиваемое место погружается в ранее расплавленный металл.

Для пайки имеются также и специальные паяльные горна, предназначенные для работы на каменном угле, коксе и древесном угле, снабженные нижним дутьем. Конструкция горна представляет штатив в виде колонок, на котором помещается открытый тарелкообразный очаг для топлива. Такие конструкции без паяльной трубки в настоящее время встречаются, однако, редко.

Горна или печи применяются лишь при больших работах по твердой пайке, а также в тех случаях, когда других устройств в распоряжении не имеется.

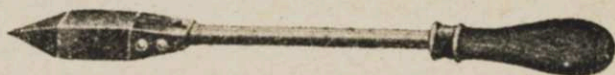
Паяльники являются до сих пор самым обычным паяльным инструментом для пайки легкоплавким припоем, для так назыв. быстрой пайки. В своей простейшей форме они состоят из клинообразного куска меди, в котором один конец заострен в форму зубила, а другой конец укреплен под прямым углом или по прямой линии в железном стержне с деревянной рукояткой. В первом случае паяльник назы-

вается молоточный (фиг. 187), во втором остроконечный (фиг. 188). Встречаются также паяльники с устанавливающимися головками. Обыкновенные паяльники имеют, однако, тот недостаток, что их требуется непрерывно нагревать, на что затрачивается много времени. Для нагревания таких паяльников имеются простые печи разных конструкций и для различного рода топлива. Эти печи дают возможность



Фиг. 187. Молотковый паяльник.

нагревать одновременно большее или меньшее количество паяльников, благодаря чему неудобство повторных нагреваний в известной мере устраняется. Для той же цели применяют также паяльные лампы, снабженные подставками для двух



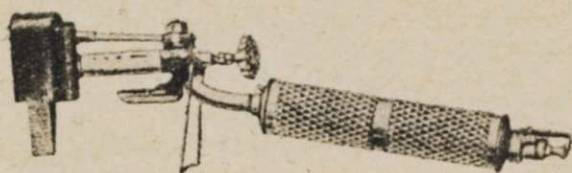
Фиг. 188. Остроконечный паяльник.

паяльников. Здесь, однако, нет необходимости более подробно останавливаться на этих простых устройствах.

Так назыв. самонагревающиеся паяльники выполняются с устроенным в рукоятке резервуаром для бензина. Аппарат, как в обыкновенной керосинке, снабжен горелкой, направленной к головке паяльника. Горелка нагревается предварительно, так что жидкое топливо, после того, как в резервуар накачен воздух помощью небольшого насоса, превращается в газ, когда оно проходит горелку. Как только газ будет зажжен, пламя будет поддерживать требуемую

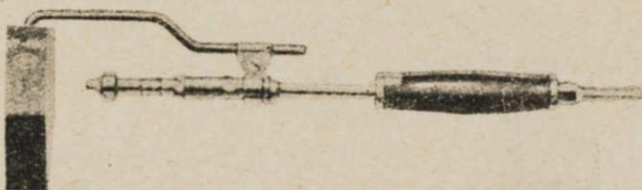
температуру горелки, и газ будет выходить непрерывно. Пламя может регулироваться, благодаря чему в течение всей работы можно поддерживать правильную температуру паяльника.

Паяльники для ацетилена. Паяльники для ацетилена оказались весьма целесообразными, как для мягкой,



Фиг. 189. Самонагревающийся паяльник для бензина.

так и для твердой пайки. Для более легкоплавких припоев применяются аппараты, снабженные паяльной головкой, в то время как для твердых паяк головка отвинчивается и



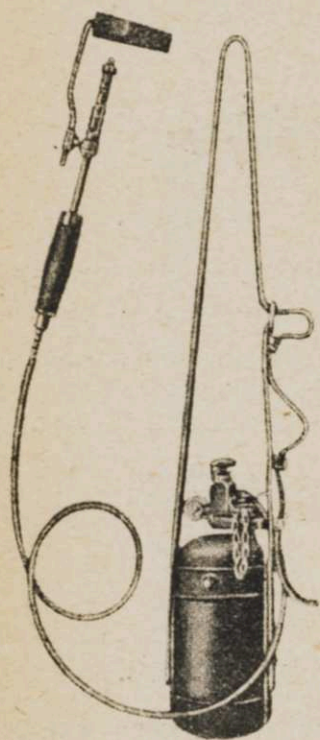
Фиг. 190. Паяльная горелка для растворенного газа.

пламя действует непосредственно. При этом нужно пользоваться также и более сильным пламенем. При больших работах по твердой пайке к ацетиленовому газу требуется добавлять кислород и в таких случаях применяются обычные сварочные горелки. Горелки с головкой во многих случаях предпочитают обыкновенным самонагревающимся паяльникам, вследствие развиваемой ими более высокой температуры.

На фиг. 190 показана паяльная горелка для растворенного газа с укрепленной на ней паяльной головкой. Газ вводится в расположенную в рукоятке аппарата трубку и

Бунзеновскую горелку, направленную против паяльной головки. Горелка, с головкой весом в 300 грамм, расходует при давлении газа в 100 мм вод. столба 25 литров растворенного газа в час; головка весом 400 грамм требует газа в два раза больше. Величину пламени и, соответственно, расход

газа можно уменьшать или увеличивать посредством редукционного клапана или винтового регулятора. Головки бывают весом от 150 до 600 грамм. При применении растворенного газа он доставляется в обыкновенных газоаккумуляторах. Для пайки телеграфных линий и т. п. имеются также и небольшие газоаккумуляторы, которые можно носить через плечо (см. фиг. 191). Паяльная горелка соединяется с аккумулятором посредством резинового шланга.



Фиг. 191. Паяльный прибор для телеграфных линий.

При пайке ацетиленовой головкой при системе низкого давления (т.-е. одним лишь ацетиленом) водяного затвора не требуется и шланг можно присоединять непосредственно к крану ацетиленового трубопровода.

Для небольших и тонких паяк, в особенности при твердой пайке, очень часто применяют до сих пор обыкновенные дутьевые трубки в соединении с газовым или фитильным пламенем (горелки Бунзена и т. п.), в которые через кончик трубки вдувается воздух, благодаря чему получается, направленное в сторону, острое пламя очень высокой температуры. Воздух подводится вдуванием ртом или соединением трубки посредством шланга с кузнечными

мехами или эластичным воздушным резервуаром и т. п. Чтобы иметь обе руки свободными, можно дутьевую трубку укрепить на подставке так, чтобы ее можно было поворачивать.

При пайке помощью дутьевой трубки предмет держат клещами или его кладут на древесный уголь (сосновый или, лучше, ольховый), хорошо обугленный, чтобы он не горел пламенем и не трещал. После этого кончик пламени направляется на предмет и удерживается в таком положении, чтобы его внутренняя часть встречала предмет. Наружная часть имеет избыток кислорода и может поэтому уничтожить пайку. Вместо древесного угля в качестве подкладки можно применять также кусок асбеста.

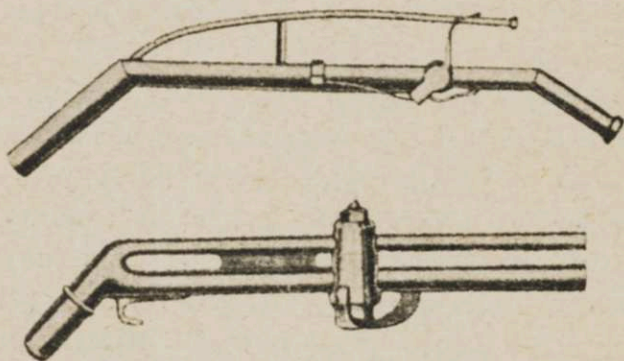
Паяльные лампы в настоящее время настолько обычны и известны, что какое-либо подробное описание их излишне. Как известно, они работают по тому же принципу, как обыкновенные керосиновые кухни, но снабжены пламенной трубкой, придающей пламени ту или иную форму, в зависимости от потребности. Пламя можно регулировать либо посредством винта, уменьшающего или увеличивающего приток газа, либо посредством передвижной гильзы на пламенной трубке, регулирующей доступ воздуха.

В качестве горючего применяется керосин или бензин. Последний является идеальным горючим, так как он осаждает очень мало остатков в каналах, служащих для газообразования. Вследствие большей огнеопасности бензина, применение бензиновых паяльных ламп, однако, до известной степени ограничено, в то время как керосиновые лампы допускаются всюду и являются вполне безопасными.

Паяльные лампы применяются для твердой пайки, но в то же время они не пригодны для наиболее трудноплавких припоев. Для последних применяют паяльные трубки для газа с дутьем, или в крайнем случае—горн.

Горелки для керосина или нефти представляют развитие паяльных ламп, а именно, горелка посредством

шланга соединена с резервуаром с горючим и ею, таким образом, можно в известной степени маневрировать независимо от него. Горючим является керосин или нефть. Эта система, которая кроме твердой пайки применяется также для самых разнообразных нагревательных целей в мастерских и т. п., встречается или с ручными насосами для сообщения горючему требуемого давления, или с применением заранее подготовленного сжатого воздуха. В аппаратах для пайки резервуар имеет емкость обычно от 10 до 35 литров.



Фиг. 192—193. Паяльные трубки.

Паяльные пистолеты или паяльные трубки представляют собою простейшие горелки для газа и воздуха под давлением. На фиг. 192 и 193 показаны два различных типа паяльных трубок. Так же, как и при дутьевых трубках, пламя действует на предмет непосредственно. Как видно, паяльный пистолет имеет одну трубку для газа, другую для воздуха, соединенные посредством шлангов соответственно с источниками газа и воздуха. Требуемое давление воздуха—в зависимости от величины установки—получается помощью кузнечных мехов или лентильатора. Паяльная трубка по фиг. 192 снабжена пружинным, самозапирающимся клапаном, который пропускает воздух и газ, пока он прижат книзу, и закрывает выход их, когда он отпущен, при чем

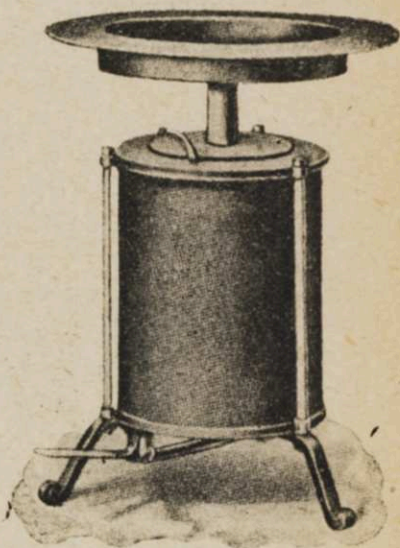
остается гореть лишь небольшое пламя. Паяльная трубка по фиг. 193 имеет кран, выключающий как воздушный, так и газовый трубопровод.

Паяльные трубки, применяющиеся для наиболее трудных твердых паяк, работают на светильном газе или ацетилене.

Паяльные аппараты. Это название относится к паяльным горнам в соединении с паяльной трубкой (см. фиг. 194). В нижней части имеется цилиндрический мех с педалью для получения требуемого давления воздуха, а в верхней части — поворотная паяльная чашка. Иногда этот аппарат снабжается специальным газогенератором, устанавливаемым или отдельно или устроенным также в нижней части штатива.

Электрические аппараты для сварки методом сопротивления (см. стр. 41) можно применять также и для пайки. Однако, приобретение таких аппаратов специально для этой цели — нерентабельно.

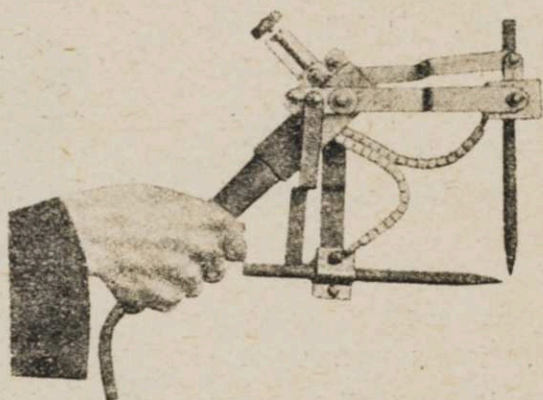
Спаиваемые части, после смачивания их поверхностей паяльной жидкостью, помещаются, как обычно, между электродами. Как и при обыкновенной пайке, припой можно держать у спаиваемого места и, таким образом, подводить его и паяльную жидкость смотря по потребности. Когда припой совершенно расплавится, прекращают на мгновение давление электродов, чтобы дать возможность припою проникнуть между спаиваемыми поверхностями, и после этого на короткое время дают давление при одновременном пропускании



Фиг. 194. Паяльный горн.

тока. Затем ток выключается, но электроды оставляют в своем положении до тех пор, пока припой не застынет. Для ускорения застывания припоя его можно охлаждать водой, но делать это едва ли необходимо, если электроды имеют достаточно большие размеры и устроены так, что они быстро отводят теплоту.

Если к цилиндру требуется припаять плоский предмет, то припой кладется вокруг цилиндра в виде проволоки. Этот способ облегчает работу. Предметы, спаянные в аппаратах для сварки электрическим сопротивлением, отличаются тем, что они не так чернеют, как при обыкновенной пайке.

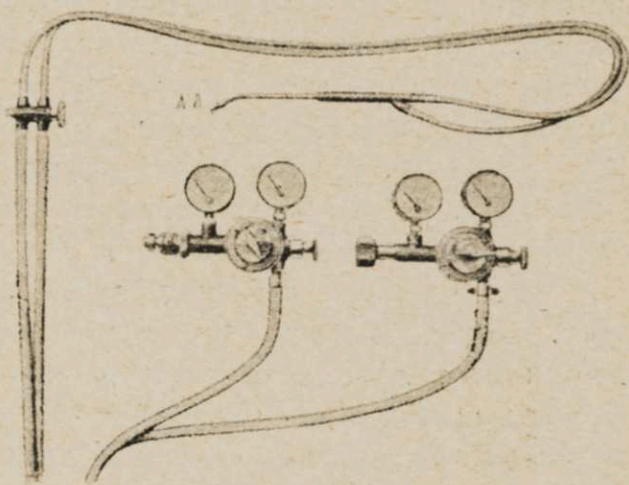


Фиг. 195. Аппарат для пайки вольтовой дугой.

Припой нельзя помещать в нерасплавленном состоянии между спаиваемыми частями. При расплавлении он тогда быстро сдает, при чем электроды не могут следовать за ним. Этим легко вызывается короткое замыкание, при чем припой с треском разбрасывается в стороны.

Вольтова дуга также получила применение при пайке твердым припоем. Аппарат состоит из державки, в которой укреплены пропитанные специальным составом угольные электроды, расположенные под соответствующим углом друг к другу. Регулировка электродов производится

посредством находящегося посередине винта (см. фиг. 195). Зажигание вольтовой дуги производится сдвигом электродов вплотную друг к другу помощью регулирующего винта с последующим раздвиганием их на необходимую величину. Выключение дуги производится раздвиганием электродов настолько, пока дуга не разорвется. При применении электрода диаметром 12 мм сила тока должна быть от 60 до 75 ампер, при чем она регулируется посредством регулятора обычным



Фиг. 196. Аппарат для свинцовой пайки растворенным газом.

способом. Работа производится так же, как и паяльной лампой или газовым пламенем, при чем рабочий должен быть защищен особой предохранительной маской, чтобы иметь обе руки свободными.

Более специальным родом пайки является свинцовая пайка, так как она производится сплавлением кромок так же, как при сварке. На фиг. 196 показан аппарат для свинцовой пайки растворенным газом. Он состоит из легкой горелки с сменными мундштуками, соединительной части, редукционных клапанов для кислорода и растворенного газа и необходимых шлангов.

Припой.

Припой бывают двух родов, а именно: легкоплавкие, так назыв. быстроплавяющиеся или мягкие припой, и более трудноплавкие, так назыв. крепкие или твердые припой. Первые применяются, например, для пайки жести, цинка и латуни, железа и т. п., когда не предъявляется больших требований в отношении прочности, а вторые — когда требуется более высокая прочность.

Мягкий припой. Мягкий припой почти всегда состоит из сплавов олова и свинца. Точки плавления этих металлов и другие их свойства указаны на стр. 203—213 I Тома. В нижеследующих таблицах приведены данные о целом ряде мягких припоев. Висмутовые и кадмиевые припой применяются лишь в специальных случаях, когда желательно иметь припой с особо низкой точкой плавления. Они также дороже, чем обычные оловянные припой.

Оловянные припой.

№	Олово	Свинец	Точка плавления	Свойства и применение.
1	100%	—	232°C	• Для пайки оловянных предметов и посуды для пищи.
2	50 %	50 %	240°C	Сильный мягкий припой. Обычный состав для пайки жести и цинка.
3	10 частей	15 частей	223°C	Сильный мягкий припой.
4	10 "	20 "	200°C	" " " Густой.
5	10 "	4 "	190°C	Слабый " " "
6	22 "	10 "	ок. 185 C	" " " Хороший припой для меди и латуни.
7	10 "	5 "	" 185°C	" " " Оч. жидкий
8	17 "	10 "	—	" " " " "
9	10 "	6 "	181°C	" " " " "

Висмутовые и кадмиевые припои.

№	Олово	Свинец	Висмут	Кадмий	Точка плавления	Свойства
1	4 части	4 части	1 часть	—	160°C	} Легкоплавкие и жидкие
2	3 "	3 "	1 "	—	155°C	
3	2 "	2 "	1 "	—	145°C	
4	1 "	1 "	1 "	—	124°C	
5	14%	28%	45%	15%	60—72°C	Особо низкая точка плавления

Мягкие припои других составов.

№	Олово	Свинец	Другие металлы	Свойства и применение
1	68%	30%	2% меди	Большая прочность, чем обыкновенного припоя.
2	33%	60%	7% сурьмы	Вязкий и твердый, большей прочности.
3	85—90%	—	10—15% меди	Для металлических изделий, подвергающихся затем серебрению.

При изготовлении обыкновенного мягкого припоя сначала расплавляется свинец, после чего добавляется олово. При этом нужно тщательно наблюдать за тем, чтобы металл не был перегрет. Для удаления образующейся окиси добавляется какое-нибудь восстанавливающее вещество. Получающийся шлак затем счерпывается. Металл после этого отливаеся в виде полосы или ленты.

При изготовлении мягкого припоя с медью, сначала расплавляются равные части меди и олова, при чем медь, как всегда, расплавляется раньше. После присадки восстанавливающего вещества сплав разливается в железные формы, в виде сплошных, тонких, узких плиток. После этого расплавляется требуемое количество олова, к которому при-

саживается заготовленный медно-оловянный сплав, благодаря чему получается сплав с требуемым содержанием меди. При этом также нужно применять восстанавливающее вещество. Медно-оловянный сплав, до его присадки к олову, расплавляется отдельно.

Изготовление оловянно-свинцово-сурьмяного припоя производится легче всего, если пользоваться имеющимся в продаже 10—16-процентным твердым свинцом. Он в соответствующем количестве сплавляется с требуемым количеством чистого свинца, после чего присаживается олово и готовый сплав восстанавливается.

Мягкий припой не вполне пригоден для пайки нелуженого железа.

Твердый припой, в качестве своей основной составной части, содержит в большинстве случаев медь и большее или меньшее количество цинка. В обычных случаях такой твердый припой изготавливается из латунной стружки или отходов (лучше всего листовой латуни) и цинка, и поэтому в нижеследующем в качестве основных материалов принимаются эти, вместо меди и цинка. При применении латуни изготовление припоя происходит значительно легче, чем при применении трудноплавкой меди.

Обыкновенные твердые припои.

№	Латунь	Цинк	Другие металлы	Свойства и применение.
1	7	1	—	Очень густой. Желтый цвет.
2	3—4	1	—	Густой. " "
3	5	2—4		Более жидкий. " "
4	12	4—7	Ч	Довольно жидкий. Почти белый.
5	22	10	;	" " " "
6	11	1	;	Жидкий. Белый.
7	20	1	4	" "
8	1	1	—	" "

При увеличении содержания цинка припой делается более жидким, в то время как точка плавления его понижается. Чем больше в нем содержание меди, тем больше его прочность и эластичность, но в то же время он делается более густым. Цинк придает припою хрупкость, и поэтому при таких пайках, где требуется большая прочность спаянного шва, не следует применять припой с высоким содержанием цинка. Олово добавляется для увеличения жидкоплавкости припоя, однако, при значительной его присадке он увеличивает хрупкость припоя в еще большей степени, чем цинк. Чем больше присаживается олова, тем более блеклым делается припой.

Все указанные в вышеприведенной таблице припои пригодны для пайки железа, стали, меди, латуни, бронзы и т. д., но первые два можно особенно рекомендовать для железа, стали и меди, а третий—для латуни. Эти три припоя в отношении прочности удовлетворяют тем требованиям, которые могут быть предъявлены к хорошему твердому припою. №№ 4, 5, 6 и 7 — более легкоплавкие.

Для сообщения обыкновенному твердому припою большей прочности и вязкости прибавляют небольшое количество серебра (до 5% от полного веса припоя). Содержание цинка в этом случае в соответствующей мере уменьшается. Примером такого припоя является сплав из 78% латуни, 17% цинка и 5% серебра (или 18 частей латуни, 4 части цинка и 1 часть серебра). Этот припой особенно пригоден для пайки труб, подвергающихся в дальнейшем протяжке, или предметов, которые будут коваться и т. п. Припой, однако, довольно густой. Для пайки тонких стальных предметов применяется также твердый припой следующего состава: 9 частей меди, 13 частей цинка и 3 части никкеля. Никкель придает припою большую прочность, но для расплавления такого припоя требуется очень сильный нагрев.

Твердый припой гранулируется, или изготавливается другим способом в виде небольших круглых или с острыми гранями зерен, которые кладутся на спаиваемое место. Гранулирование производится посредством выливания готового сплава тонкой регулируемой струей на вращающийся в водяном резервуаре рифленый валок, при чем струя разбивается на мелкие капли, которые быстро охлаждаются в воде.

В настоящее время твердый припой изготавливается специальными заводами, но если по той или иной причине его необходимо изготовить самим, то гранулирование или дробление заменяется опиливанием. Случайно попавшее железо, влияющее на припой очень неблагоприятно, может быть извлечено помощью магнита.

Для пайки латуни можно самим приготовить припой с надлежащей точкой плавления, расплавив соответствующее количество латуни того же состава, как и спаиваемые предметы, и добавив от 15 до 20% чистого цинка.

Чистая медь, вследствие своей вязкости и прочности, дает очень прочный шов, и ею можно паять с одинаково хорошим результатом железо, сталь и чугун. При пайке пользуются тонкими медными полосками или медной стружкой, которая кладется на спаиваемое место и там расплавляется. Медь можно паять также медью, но эта работа требует большой опытности и сноровки. Широкому применению меди препятствует ее высокая температура плавления. Пайка значительно облегчается, если медь сплавить с небольшим количеством свинца, понижающим ее точку плавления, но такой припой не дает удовлетворительных результатов.

Припой, который по цвету очень походит на медь, состоит из 13—22 частей меди, 2 частей чистого серебра и 1 части латуни и прокатывается в тонкую жечь. Точка плавления этого припоя, однако, очень близка к точке

плавления меди. Поэтому наиболее часто применяемым припоем для меди является обыкновенный твердый припой.

В нижеследующей таблице приведено несколько образцов нейзильберовых припоев.

Нейзильберовые припои.

№	Нейзильбер	Цинк	Латунь
1	5 частей	4 части	—
2	10 "	2 "	1 часть
3	10 "	2 "	2 части
4	20 "	2 "	3 "

Из них № 2 более тугоплавкий, чем № 3. Все четыре припоя белого цвета и, благодаря своей прочности, пригодны также для пайки стали. Еще более лучшим припоем для этой цели является нейзильберовый припой с содержанием серебра, в котором содержание цинка уменьшается от 2—5 до 10% веса всего сплава и замещается соответствующим количеством серебра. Этот припой дает весьма прочный шов почти того же цвета, как железо или сталь.

Серебряный припой. Для более тонких нейзильберовых работ, как, например, альпаковое серебро и т. п., применяются следующие составы:

Серебряный припой для более тонких нейзильберовых работ.

№	Серебро	Латунь	Медь	Кадмий
1	50%	35%	—	15%
2	50%	40%	—	10%
3	25%	25%	50%	—
4	10%	30%	60%	—

Способ приготовления этих сплавов следующий. Сначала расплавляется серебро вместе с латунию или медью, после чего расплавленный сплав покрывается флюсом из буры, борной кислоты и кальцинированной соды. Через этот предохранительный слой присаживается после этого кадмий, который для предупреждения потери металла заворачивается в бумагу. Готовый сплав выливается в виде круглых стержней или болванок в железные кокили, после чего болванки прокатываются в листы, которые затем разрезаются на полосы. Круглые стержни перерабатываются посредством фрезеровки в мелкую, среднюю и крупную стружку, которая применяется как обыкновенный твердый припой.

Для пайки серебра, подлежащего контролю, применяется серебряный припой весьма различного состава, содержащего серебро, медь и цинк. Легкоплавкий припой, который после пайки хорошо выдерживает ковку, состоит из 135 частей серебра ($^{830}/_{1000}$), 45 частей меди и 20 частей цинка. Другие подходящие припои составляются из 12 частей чистого серебра и от 4 до 7 частей латуни. При наименьшем содержании латуни припой тугоплавкий, при наибольшем — легкоплавкий. В других случаях применяется припой, состоящий из 7—2 частей серебра и 1 части латуни. Для эмалировочных работ, требующих высокого нагрева, рекомендуется припой из 4 частей серебра и 1 части меди.

Припой для золота. Для 18-ти каратного золота ($^{750}/_{1000}$) применяется припой, состоящий из 9 частей 18-ти каратного золота, 2 частей чистого серебра и 1 части меди, или 5 частей 14-ти каратного золота и 4 частей чистого серебра. Для эмалировочных работ пригоден припой из 37 частей 18-ти каратного золота и 9 частей чистого серебра. 20-ти каратное золото паяется 18-ти каратным, а 23-каратное—20-ти каратным золотом.

Платина паяется нейзильбером или нейзильберовым припоем. Хороший припой для платины состоит из 3 частей серебра и 1 части платины.

Алюминиевый припой. Пайка алюминия представляет большие трудности и едва ли можно сказать, что эта задача разрешена удовлетворительно. В брошюре Н. Nylander'a «Припой и флюсы» описывается способ, разработанный А. Nielsen'ом, который указывается как надежный, но он очень сложен.

Согласно этому описанию, поверхности стыков протравляются серной кислотой, промываются водой, обрабатываются после этого 10% натровым щелоком и снова тщательно промываются водой. Спаиваемые места никкелируются гальваническим путем. Состав раствора при этом следующий: 40 частей соли никкеля, 20 частей нашатыря, 2 части лимонной кислоты и 100 частей дистиллированной воды.

На полученный таким образом слой никкеля накладывается гальваническим путем тонкий слой олова из следующего раствора: 2 части хлористого олова, 20 частей пирофосфорно-кислого натра и 1000 частей дистиллированной воды.

После споласкивания и просушки производится спаивание оловянным припоем обычным способом.

Вместо никкелирования можно производить обмеднение с последующей пайкой оловянным припоем, но так как осевшая медь недостаточно прочно пристает к алюминию, ее сперва необходимо вдавить полиром.

Наиболее подходящий состав для медной ванны следующий: 22 части серно-кислой меди (медного купороса) и 78 частей дистиллированной воды.

Серная кислота прибавляется каплями, пока не появится кислая реакция (проверяется синей лакмусовой бумагой).

Согласно тому же источнику, припой из 100 частей цинка, 2 частей висмута и $1\frac{1}{2}$ частей никкеля дает очень хороший результат при пайке небольших предметов. Как предметы, так и припой, нагревают до температуры около 100°C и до пайки покрывают стеариновой кислотой.

Флюсы.

Образующиеся при пайке окислы металлов являются, как и при сварке, наибольшим препятствием к получению хороших результатов. Они затрудняют соединение припоев с поверхностями предметов, даже если последние до пайки были основательно очищены. Необходимо поэтому либо принимать меры к предупреждению образования окисей, либо применять вещества, растворяющие их. Для этой цели применяются разного рода флюсы.

Флюсы можно подразделить на две главные группы: для мягких припоев и для твердых припоев. Для твердой пайки нельзя применять те же флюсы, что и для быстрой пайки, так как они, вследствие более сильного нагрева, слишком быстро бы сгорели или испарились.

В качестве флюсов для легкоплавких припоев применяются хлористый цинк-аммоний, соляная кислота (раствор хлористого цинка), нашатырь (хлористый аммоний), стеариновая кислота, паяльное масло, паяльное сало, хлористый кадмий, смола и пр. Для твердой пайки применяют, главным образом, буру, а также борную кислоту, фосфорную кислоту и фосфорно-кислые соли (фосфат аммония и фосфат натрия), криолит, толченное стекло и пр., а также особо приготовленные препараты под разными названиями.

Флюсы для мягких припоев. Наиболее часто применяемыми флюсами для мягких припоев являются

раствор хлористого цинка-аммония и соляная кислота, из которых первый обычно называют паяльной жидкостью. Соляная кислота, как известно, представляет раствор в воде хлористо-водородного газа, при чем она «гасится» растворением в ней цинка до ее насыщения. Цинк вводится небольшими кусками. После охлаждения раствор фильтруется через ткань. Прибавляя к готовому раствору хлористого цинка равное по весу количество насыщенного раствора нашатыря, получается хлористый цинк-аммоний. Насыщенный раствор нашатыря готовится растворением нашатыря в холодной воде. Смешивание производится в сосуде из глины, фарфора или свинца. Другой способ состоит в растворении одной части хлористого цинка в одной части воды и добавлении к этому раствору одной части насыщенного раствора нашатыря.

Соляная кислота или раствор хлористого цинка не только поддерживает чистоту спаиваемого шва, но и делает припой более легкоплавким и не оставляет никакого остатка. Более эффективным в этом отношении является, однако, хлористый цинк-аммоний.

При пайке электрических проводов, в особенности кабелей, не применяют вышеприведенных флюсов, так как медь покрывается зеленью от остатков хлористого цинка и др., которые проникают между медными проводами. Для таких работ применяется смола, обладающая хорошими восстановительными свойствами.

Так назыв. паяльное сало получается сплавлением и сильным нагревом смолы и сала. Смесь должна быть такова, чтобы она после охлаждения имела консистенцию мази. Большое количество сала придает ей большую мягкость, увеличение же количества смолы производит обратное действие. После получения требуемой консистенции, масса осторожно расплавляется вторично, после чего к ней прибавляется пульверизированный нашатырь; все перемешивается до тех пор, пока масса не сделается равномерной и не остынет.

Паяльная паста для меди, латуни и цинка изготавливается сплавлением 5 частей смолы, 10 частей стеарина и 5 частей стеаринового масла. К расплавленной массе добавляется, при энергичном перемешивании, концентрированный раствор из 3 частей хлористого цинка и 6 частей нашатыря. Масса вываривается до получения требуемой консистенции. Для пайки луженых листов рекомендуется другая паяльная паста, состоящая из 5 частей смолы, 5 частей сала и 1 части pulverизированного нашатыря. Все входящие в состав вещества сплавляются при перемешивании.

Желательно, конечно, иметь паяльную пасту, содержащую также припой. В настоящее время такую пасту можно изготовить благодаря изобретению простого способа распыления легкоплавких металлов и сплавов, которые, таким образом, получают в виде тончайшего порошка. Такой металлический порошок, смешанный с свободным от кислорода флюсом, образует мягкую пасту. Подобной пастой является, например, паяльная мазь «Цито» Акц. О-ва шведского металлического завода, при помощи которой небольшие и тонкие пайки можно производить при температуре, получающейся от обыкновенной спички.

Другой вид соединения припоя с флюсом представляют так назыв. паяльные палочки, в которых припой имеет форму трубки, заполненной соответствующим флюсом довольно твердой консистенции.

Для паяльного масла существует несколько рецептов. По одному из них 10 частей стеаринового масла (олеина) смешивается с 1 частью смолы, после ее расплавления.

Флюсы для твердого припоя. Важнейшим из флюсов для твердого припоя является бура. Обыкновенная бура содержит, однако, большое количество связанной воды, которая при нагревании испаряется, при чем бура разбу-

хает, благодаря чему припой легко сдвигается с спаиваемого места. Более подходящей для этой цели является поэтому октаэдрическая бура, так назыв. ювелирная бура, которая содержит лишь половинное количество кристаллической воды.

Обыкновенную буру можно, однако, легко освободить от большей части кристаллической воды посредством нагревания в железном котле—который для этой цели должен быть тщательно очищен—до тех пор, пока не получится грибовидная белая масса. Полученную таким образом кальцинированную буру необходимо сохранять в плотно закрываемых стеклянных банках, чтобы она снова не впитала влажность. Другой способ состоит в расплавлении буры (точка плавления 741°C) и отливки ее в плитки, которые затем грубо пульверизируются. Бесцветная, так назыв. стеклянная бура, получающаяся при этом, не так легко принимает влажность воздуха.

Так назыв. бура в порошке, которая применяется особенно при пайке латуни и более крупных серебряных изделий, состоит из 8 частей стеклянной буры, 3 частей поваренной соли и 3 частей хорошо просушенного поташа. Вместо поташа можно пользоваться стеклянной накипью (пенной поднимающихся на поверхность солей, которая счерпывается при изготовлении стекла).

Флюс, который можно применять при всякой твердой пайке, получается смешиванием двух частей кальцинированной пульверизированной буры с 1 частью пульверизированной борной кислоты. Этот флюс разбухает весьма незначительно и сохраняет свою силу бесконечное время, если его держать сухим. Хорошая паяльная жидкость, для замены ею буры, получается растворением 2 частей борной кислоты и 1 части буры в наименьшем возможном количестве воды. К смеси добавляется такое количество нашатыря, чтобы паяльная жидкость имела слабый запах его.

Для пайки железа и стали применяется иногда криолит, который смешивается с приблиз. 10% хлористого бария. Для пайки меди pulverизированный криолит размещается в 5%-ом растворе фосфорной кислоты, которую берут в таком количестве, чтобы получилась масса в виде кашицы. Этот флюс, как указывают, является вполне соответствующим своему назначению.

Кроме упомянутых флюсов, на рынке имеется ряд других препаратов под различными названиями.

Выполнение пайки.

Очистка спаиваемых поверхностей может производиться посредством песка, наждачного полотна, опиловкой, протравливанием и т. п. Когда сплавляемые поверхности сравнительно малы, их, если это представляется возможным, увеличивают так, как при сварке. Если, например, спаять концы двух полос в притык друг к другу, то спаиваемый шов получится, конечно, очень слабым. Поэтому пайку выполняют в виде шва внахлестку, с концами, несколько перекрывающими друг друга. Когда такое соединение не представляется возможным произвести, в обоих концах делаются вырезы в виде ласточкина хвоста, благодаря чему получается большая поверхность соединения.

В случае спаивания листа в форму трубы, те кромки, которые должны образовать продольный шов, утоняются, после чего посредством ножниц вырезаются на одной кромке небольшие зубцы, которые поочередно подгибаются кверху и книзу, как при разводке зубьев пилы. После загиба листа в форму трубы, невырезанная кромка вставляется между отогнутыми зубцами другой кромки, и труба туго затягивается железной проволокой, чтобы шов был насколько возможно меньше.

При пайке ленточных пил концы ленты утоняют опилением так, чтобы при наложении друг на друга общая толщина их была не больше толщины ленты. Для закрепления концов ленты имеются различные приспособления. Разливание припоя между соединяемыми поверхностями достигается тем, что место спайки охватывается нагретыми клещами с толстыми параллельными клешнями.

Весьма важно, конечно, чтобы предметы во время нагревания не сдвигались относительно друг друга. Удерживание их на своем месте производится часто руками или посредством клещей, а в тех случаях, когда это невозможно сделать, предметы обматываются железной проволокой. В некоторых случаях можно придать поверхностям такую форму, чтобы они сами держали друг друга, например, при спайке двух концов труб, из которых один расширяется настолько, чтобы другой мог быть в него вставлен. Иногда скрепление удобно производить посредством склепывания или свинчивания.

Весьма важно, особенно при твердой пайке, чтобы припой был нагрет до необходимой температуры, что требует большой осторожности. Также и при пайке посредством паяльника необходимо наблюдать за тем, чтобы он имел надлежащую температуру. Слишком малый нагрев приводит к тому, что припой недостаточно хорошо расплавляется по шву; слишком же сильный нагрев может уничтожить пайку и кроме того (в случае твердой пайки) попортить предмет. Температура паяния зависит от применяемого припоя; при твердой пайке необходимо подобрать припой таким образом, чтобы точка плавления его соответствовала точке плавления металла соединяемых предметов.

Припой может вводиться двумя различными способами, а именно: или он накладывается на шов, так что при нагревании он втекает в него, или же его помещают между спаиваемыми поверхностями. Второй способ применяется, однако, лишь в исключительных случаях, а именно, когда

применяется фольговый припой. Такой припой имеет вид тонкой фольги, из которой вырезают соответствующей величины куски или—для длинных швов—полоски. Фольговый припой, однако, применяется почти исключительно для пайки благородных металлов и нейзильбера и придает более опрятную внешность шву. Подобные работы, при больших поверхностях стыков, не требующих большой прочности, можно выполнить также таким образом, что спаиваемые поверхности облуживаются, накладываются друг на друга и удерживаются в своем положении во время нагревания посредством зажима или другого устройства. Преимущество этого способа заключается в том, что из стыка не вытекает никакого металла, и поэтому он особенно пригоден для более тонких работ.

При твердой пайке помощью буры припой часто смешивается с размоченной до консистенции кашицы бурой и в таком виде накладывается на спаиваемое место. Нагревание, в особенности вначале—пока бора не подсохнет—производится осторожно. Лучший способ состоит в растирании буры на соответствующей прокладке (шифер, матовое стекло, неглазурованный фарфор или железный лист) с небольшим количеством воды или, еще лучше, керосина, до получения молочного вида жидкости, которую поверхности покрываются посредством кисти. На спаиваемое место накладывается припой в виде обыкновенного твердого припоя или фольгового припоя, который удерживается на месте флюсом.

При пайке паяльником последний должен быть совершенно чистым и, кроме того, ребро его должно быть облужено, чтобы припой мог к нему пристать для перенесения на спаиваемое место, где он стекает с паяльника в спаиваемый шов. Облуживание ребра производится таким образом, что его трут о кусок нашатыря или погружают в паяльную жидкость и после этого проводят им по припою.

При пайке паяльной мазью «Цито» ее до употребления следует несколько размешать. При пайке проволоки и т. п. швы лучше нагревать как до, так и после накладывания паяльной мази. Чтобы припой полностью проник в шов, нужно несколько раз производить нагревание и накладывать паяльную мазь. Особенно прочные швы получаются в том случае, если до соединения предметов друг с другом одну сторону стыка покрыть мазью. После их соединения некоторое количество мази наносится на стык до нагревания.

Склейка металлов.

Соединение металлов посредством склейки применяется почти исключительно в тех случаях, когда нельзя произвести его каким-либо другим способом или когда требуется соединить металлические части с неметаллическими. Клей применяется, кроме того, в качестве уплотняющего средства для широких стыков, которые должны быть водо- или воздухонепроницаемыми. Причина такого ограниченного применения клея заключается в том, что швы при склеивании не получают сколько-нибудь большой прочности. При уплотнениях это обычно имеет мало значения, так как соединяемые части удерживаются в своем положении другими средствами.

Сама работа при склейке весьма проста; единственно, за чем нужно смотреть, это, чтобы поверхности (в большинстве случаев) были чистыми. Остальное зависит от свойств клея.

Клей редко состоит из однородной массы. В большинстве случаев он готовится смешением двух или нескольких материалов, из которых один, для придания клею пластичности, должен быть жидким. Исключением являются такие клеи, которым пластичность сообщается нагреванием (ср. лаки). Клей в большинстве случаев имеет такой состав, что затвердевание происходит от химического воздействия друг на друга его составных частей. Иногда же затвердевание происходит в результате одного лишь высыхания.

В настоящее время применяются самые разнообразные клеи, которые в общем можно подразделить на шесть главных групп, а именно, масляные, глицериновые, смоляные, казеиновые (творожистые), железные и клеи из растворимого стекла.

Масляные клеи получают смешиванием вареного льняного масла или политуры с различными пульверизированными веществами. Они непроницаемы для воздуха и воды, весьма тверды, но затвердевают очень медленно. Клей с политурой высыхает быстрее, чем клей с вареным маслом. Глицериновый клей, получающийся смешением глицерина с свинцовым глетом, настолько тверд, что его нужно удалять молотком и зубилом. Он хорошо противостоит действию воды, кислот, щелочи, эфирных или жирных масел и пригоден поэтому для промазки водяных резервуаров и связывания камня с металлом, стекла и т. п. Перед склейкой поверхности покрываются глицерином. Смоляные клеи состоят из растворов смолы или расплавленных смоляных смесей. Они водонепроницаемы, эластичны, но плохо противостоят действию теплоты. Казеиновый клей очень тверд и поэтому его можно применять для различных целей. Он применяется или в свежем виде или высушенный. В последнем случае ему нужно сначала дать разбухнуть в холодной воде. Казеиновое вещество вводится в виде хорошо взбитых сливок или свежего сыра. Клей из растворимого стекла с асбестовым порошком хорошо противостоит действию высокой температуры. Обыкновенный клей из растворимого стекла изготавливается из растворимого стекла и отмученного мела, часто с добавлением сернистой сурьмы или цинковой пыли.

В нижеследующем вышеприведенные клеи сгруппированы соответственно их назначению.

Железный клей — для уплотнения стыков железных предметов и для скрепления железа с камнем:

1) 100 частей железных опилок смешиваются с 1 частью нашатыря и размешиваются с водой и уксусом.

2) 60 частей железных опилок, 2 части нашатыря и 1 часть серного цвета замешивается уксусом или водой, содержащей серную кислоту, в густую кашицу. Эти клеи нужно пускать в дело немедленно. Спустя 12—24 часа смесь довольно тверда, а через 3—4 дня имеет твердость камня. Они выдерживают также высокую температуру.

Масляный клей для той же цели готовится из 50 частей графита, 15 частей отмученного мела и 15 частей свинцового глета, которые смешиваются с вареным маслом до требуемой консистенции.

Для газовых реторт: 75,6% железных опилок, 12,6% цемента, 6,3% гипса, 1,3% нашатыря, 0,95% серы и 3,25% уксуса. Все составные части хорошо перемешиваются и замешиваются горячей водой. Если на поверхности появляются небольшие коричневые пузыри, то это показывает, что клей приготовлен правильно. Этот клей не выносит сырости.

Противостоящий действию воды клей для стекла, камня и металла получается смешиванием серы, нашатыря и железных опилок с таким количеством вареного масла, чтобы получилась кашеобразная масса.

Суриковый клей. Этот клей, обычно применяющийся для трубопроводов, готовится медленным замешиванием сурика в вареном масле, пока не получится густая масса. В нее вмешивается еще сурика до тех пор, пока не получится клей требуемой консистенции. Для придания клею большей однородности, его, если готовится достаточно большое количество, пропускают через пару горизонтальных вальцов, которые могут быть изготовлены из дерева.

Клей для высокой температуры. Такой клей готовится смешиванием растертого асбеста с раствором натрового растворимого стекла. Последующей обработкой помощью раствора хлористого кальция этот клей делается нерастворимым,

так как образуется силикат кальция. Такой же клей, который высыхает в течение нескольких часов, готовится из 2 частей растворимого стекла, 1 части мелкого песка и 1 части асбестового порошка. Если желательно, чтобы он затвердевал немедленно, применяется калиевое растворимое стекло.

Клей для металла. Этот клей состоит из 100 частей пиролюзита, 4 частей свинцовых белил, 3 частей сурика, 3 частей глины, 12 частей графита и 18 частей вареного масла. Очень хороший клей, как указывают, готовится из 9 частей мастики (род смолы), которая сплавляется с 27 частями льняного масла, после чего замешивается 9 частей свинцовых белил и 18 частей свинцового глета. Этот клей применяется в горячем состоянии.

Алмазный клей для металла состоит из 10 частей отмученного мела, 15 частей свинцового глета, 50 частей графита, 5 частей гидрата кальция (гашеной извести) и 20 частей вареного масла. Перед употреблением этот клей необходимо подогреть.

Клей для металла и свинца. Такой клей состоит из 8 частей (тяжелого) шпата, 6 частей графита, 3 частей гашеной извести и 3 частей вареного масла.

Клей для железа со стеклом. 5 частей смолы и 1 часть пчелиного воска сплавляются в водяной ванне, после чего добавляется, при постоянном перемешивании, 1 часть предварительно хорошо высушенного свинцового сурика. Все перемешивается до тех пор, пока масса не остынет. Другой клей для той же цели состоит из 2 частей портландского цемента, 1 части pulverизированного мела, 1 части мелкого песка и такого количества растворимого стекла, чтобы получился полужидкий клейстер.

Клей для железа с деревом или со стеклом. Хороший клей для этой цели состоит из сплавленной смеси равных частей шеллака и pulverизированной пемзы. Этот клей наносится в горячем состоянии.

Клей для железа и мрамора. Для прикрепления железа к мрамору хороший клей готовится следующим образом: 30 частей гипса, 10 частей железных опилок и $\frac{1}{2}$ части нашатыря смешиваются с уксусом в клейстер, который пускается в дело немедленно.

Противокислотный клей для дерева, металла и пр. Две части pulverизированного асбеста и одна часть растертого барита смешиваются с 2 частями раствора натрового растворимого стекла. Следующая смесь противостоит селитренной кислоте: 2 части раствора натрового растворимого стекла, 1 часть песка и 1 часть асбестового порошка, или 2 части асбестового порошка, 2 части (тяжелого) шпата и 2 части растворимого стекла.

Клей для дистилляционных аппаратов готовится из 3 частей распыленного льна и 2 частей ржаной муки, замешанных в воде.

Клей для закрепления ножей и вилок в ручках. 1) 4 части смолы, 1 часть пчелиного воска и 1 часть гипса или толченого кирпича; 2) 4 части канифоли и 1 часть серы сплавляются вместе, после чего вмешиваются железные опилки и мелкий песок. Отверстие в ручке заполняется массой, после чего хвост ножа или вилки вставляется в него в нагретом состоянии.

Клей для камня. 4 части гипса и 1 часть тонко распыленного гумми-арабика тщательно перемешиваются, после чего смеси придают консистенцию известкового раствора посредством холодного раствора буры в воде. Поверхности покрываются клеем, после чего сложенные части прижимаются друг к другу. Клей затвердевает в течение нескольких дней, но получается очень твердым. В течение затвердевания части нельзя трогать.

Клей, затвердевающий моментально, но который нужно применять немедленно по изготовлении, получается расплавлением в железном горшке 5 частей мастики и одной части

пчелиного воска. Этот клей нужно наносить на предмет быстро, при чем поверхности лучше предварительно подогреть.

Противостоящий действию воды клей для камня состоит из 2 частей кизельгура, 1 части свинцового глета и 2 частей гашеной извести, замешанных в вареном масле.

Клей для стекла состоит из 1 части каучука, 16 частей мастики и 64 частей хлороформа.

Казеиновый клей. 80 частей свежего казеина и 200 частей гашеной извести тщательно перемешиваются. Клей применяется немедленно по изготовлении. Условием получения хорошего казеинового клея является возможное полное отсутствие в казеине жиров. По другому рецепту, 4 части свежего отпрессованного творога (сыра) и 1 часть гашеной извести тщательно замешиваются. Также и этот клей затвердевает очень быстро и его необходимо поэтому применять немедленно. Этот клей применяется для различных целей.

Мастиковый клей. Сплавляются вместе равные части мастики и льняного масла. Этот клей не следует смешивать с имеющимся в продаже, так называемым мастиковым клеем.

Асфальтовый клей. Асфальт, песок, толченный камень, сера, жиры, свинцовый глет, отходы резины смешиваются в различных пропорциях. Этот клей пригоден для самых разнообразных целей.

ЛИТЕРАТУРА.

- А. Агарков.* Автогенная сварка и резка металлов ('22).
- И. В. Аммосов.* Электросварка. Изготовление машин, работа и обучение ('26).
- В. И. Войшвилло.* Дуговая электросварка ('27).
- Гранжон, Дегранж и Пиетт.* Автогенная сварка, ее принципы, способы применения, материалы и аппаратура ('27).
- Гранжон, Дегранж и Роземберг.* Выбор и оборудование кислородно-ацетиленовой установки ('27).
- Гранжон, Роземберг и Дегранж.* Как научиться автогенной сварке металлов ('27).
- Hütte-производственный.* Том III, стр. 51—88 ('27).
- М. Евангулов.* Горячая обработка металлов и охрана рабочего. Автогенная сварка, кузнечное дело и прокатка ('26).
- М. Евангулов.* Паяние и лужение ('27).
- Иванов.* Лужение и паяние ('26).
- Тео. Каутни.* Краткое руководство по ацетиленовой сварке ('16).
- А. Ф. Квасков.* Автогенная обработка металлов. Сварка и резка ('25).
- Красовский и Миткевич.* Автогенная сварка. Ч. I. Сварка и наплавка электрической дугой с металлическим электродом ('25).
- С. И. Лавров.* Автогенная обработка металлов ('25).
- Б. П. Скворцов.* Паяние и лужение ('25).
- В. Г. Сосянц.* Термитная сварка рельс на московских городских железных дорогах ('27).
- Шапошников, Кащенко и Юрьев.* Электросварка котельного железа в наших заводских условиях (Труды Инст. Прикл. Минер. и Металлургии, вып. 31, '27).
- Г. Шефер.* Справочник металлиста, стр. 202—216 ('26).
- П. Шимпке и Г. Горн.* Автогенная сварка и резка ('27).
- П. Шимпке и Г. Горн.* Электрическая сварка ('27).
- П. Шимпке, Е. Симон и Борк.* Закалка и сварка. Новейшие способы ('27).

- П. Шимпке.* Современные способы сварки ('27).
- Я. Энслен.* Сварка металлов. Ч. I. Горновая или кузнечная сварка и электросварка ('24).
- F. W. Achenbach und S. Lavroff.* Elektrisches und autogenes Schweißen und Schneiden von Metallen ('25).
- P. Bardtke.* Gemeinschaftliche Darstellung der gesamten Schweiss-technik ('28).
- Adolf Bothe.* Das Kupferschweißverfahren, insbesondere bei Lokomotiv-Feuerbüchsen ('23).
- Walter Burstyn.* Das Löten (Из серии „Werkstattsbücher“, № 28).
- C. Diegel.* Das Schweißen und Hartlöten, mit besonderer Berücksichtigung der Blechschweißung.
- W. Eckermann.* Die Anwendung der autogenen und elektrischen Schweißung beim Bau und bei der Ausbesserung von Dampfkesseln und Dampffässern ('25).
- H. Flatauer und A. I. Neumann.* Elektrische Widerstands-Schweißung und Erwärmung ('27).
- Gasschmelzschweißung.* Herausgegeben vom Ausschuss für wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit, unter Mitarbeit des Verbandes für autogene Metallbearbeitung ('25).
- Karl Goldschmidt.* Aluminothermie ('25).
- K. Heller.* Elektrische Lichtbogenschweißung ('25).
- E. Höhn.* Ueber die Festigkeit elektrisch geschweisster Hohlkörper. Versuche veranst. vom Schweiz. Verein von Dampfkesseln-Besitzern ('24).
- H. A. Horn.* Die Schweißung des Kupfers und seiner Legierungen, Messing und Bronze ('28).
- H. A. Horn.* Die Eisenblech-Schmelzschweißung ('26).
- H. A. Horn.* Die Gusseisen-Schmelzschweißung ('27).
- H. A. Horn.* Das Trennen der Metalle mittels Sauerstoff (Autogenes Schneiden) ('25).
- F. Kagerer.* Das autogene Schweißen und Schneiden mit Sauerstoff ('23).
- Theo. Kautny.* Handbuch der autogenen Metallbearbeitung unter Berücksichtigung der elektrischen Schweißung ('27).
- Theo. Kautny.* Leitfaden für Acetylschweißer (Verschmelzen und Durchbrennen von Metallen) ('27).
- M. Kirchner.* Taschenbuch der gesamten Schweisstechnik ('27).
- A. Ledebur und O. Bauer.* Die Legierungen in ihrer Anwendung für gewerbliche Zwecke ('24).

- Ludwig*. Der Azetylen-Sauerstoff-Schweissbrenner, seine Wirkungsweise und seine Konstruktionbedingungen ('12).
- K. Meller*. Elektrische Lichtbogenschweissung ('25).
- H. Meyer und Rinno*. Das Schmieden, стр. 112—151 ('26).
- H. Niese*. Das autogene Schweiss- und Schneidverfahren ('20).
- E. Preger*. Schweissen, Härten und Tempern ('26).
- P. Schimpke*. Neuere Schweissverfahren ('22).
- P. Schimpke und H. Horn*. Praktisches Handbuch der gesamten Schweissttechnik.
Bd. I. Autogene Schweiss- und Schneidetechnik ('28).
Bd. II. Elektrische Schweissttechnik ('26).
- Schweiss-Technik*. Beiträge von P. Bardtke, O. Mies, E. Kleditz u. a. ('26).
- P. Seifert*. Autogenes Schweissen ('23).
- P. Seifert*. Die elektrischen Schweissverfahren ('23).
- P. Seifert*. Schweissen und Löten ('22).
- Schlosser*. Das Löten.
- E. de Syo*. Autogenes Schweissen, Löten, Nieten etc.
- J. H. Vogel*. Schweissen, Schneiden und Metallspritzen mittels Acetylen ('27).
- Oskar Wundram*. Die elektrische Lichtbogenschweissung, ihre Hilfsmittel und ihre Anwendung ('25).
- F. Wüst*. Legier- und Lötkunst ('08).
- Paul Zemke*. Autogenes Schweissen und Schneiden (Schmelzschweissen und Brennschneiden) ('27).
- William T. Brann*. Metal Workers Handy-Book of Receipts and Processes, стр. 413—444 ('19).
- Lorn Campbell Jr.* Oxy-Acetylene Welding Manual.
- L. A. Groth*. Welding and Cutting Metals by Aid of Gases or Electricity ('19).
- Richard N. Hart*. Welding. Theory, Practice, Apparatus and Tests, Electric, Thermit and Hot-Flame Processes (2-ое изд.).
- James F. Hobart*. Soft Soldering, Hard Soldering and Brazing ('19).
- C. L. Holslag*. Arc Welding Handbook ('24).
- Ethan Viall*. Gas Torch and Thermit Welding.
- Ethan Viall*. Electric Welding.
- L. B. Wilson*. Electric Welding ('25).
- J. W. Owens*. Fundamentals of Welding, Gas, Arc and Thermit ('23).
- R. Granjon et P. Rosemberg*. Manuel pratique de soudure autogène.
- A. Lefèvre*. Pour le soudeur-braseur ('26).
- Ragno*. La soudure autogène des métaux.

- A. Gallo. Saldatura elettrica e trattamenti elettro-termici dei metalli ('28).
R. Granjon, P. Rosemberg et F. Pandini. Manuale pratico di saldatura autogena.

Специальные периодические издания по сварочному делу.

- Dräger-Hefte* (Lübeck).
Autogene Metallbearbeitung (Halle).
Die Schmelzschweissung (Hamburg).
Welding Journal (London).
Acetylene Journal (New-York).
Journal of the American Welding Society.
Welding Engineer (Chicago).
Revue de la soudure autogène (Paris).

Статьи в журналах:

- Zeitschrift für Metallkunde*.
Werkstattstechnik.
American Machinist.
Machinery.
Heat Treating and Forging (Pittsburgh).
Iron Age.
-

ОГЛАВЛЕНИЕ VIII ТОМА.

Сварка.

	Стр.
Общий обзор	5
Области применения различных способов сварки	9
Сварка вообще	17
Горновая сварка	23
Сварка водяным газом	30
Электрическая сварка по методу сопротивления (Томсона) . .	33
Металлы, свариваемые электрической сваркой по методу со- противления	38
Аппараты для сварки по методу сопротивления	41
Сварка в стык	41
Аппараты для точечной сварки	47
Аппараты для сварки швом	54
Универсальные сварочные аппараты	65
Сварка в стык	67
Электрическая сварка по методу оплавления	77
Точечная сварка	80
Сварка швом	102
Другие области применения сварочных аппаратов	108
Термитная сварка	110

Ацетиленовая сварка.

Ацетилен и кислород	121
Системы низкого и высокого давления	130
Сварочные приборы и уход за ними	134
Сварка ацетиленом	142
Пуск сварочного агрегата	142
Движение сварочной горелки	145

Подготовка материала к сварке и техника сварки	149
Сварка ацетиленом ковкого железа и стали	152
Сварка листов резервуаров и т. п.	152
Сварка стали	162
Сварка сломанных валов	162
Кислородно-ацетиленовая сварка труб	163
Проковка сваренных швов	164
Сварка чугуна и стальных отливок	165
Сварка ковкого чугуна	170

Кислородно-ацетиленовая сварка цветных металлов.

Сварка меди	172
Сварка алюминия	175
Сварка никкеля	179
Сварка латуни и нейзильбера	180
Резка кислородом	181

Электрическая дуговая сварка.

Общие указания	191
Постоянный или переменный ток	197
Сила тока, напряжение, расход энергии, скорость сварки и т. п.	200
Сварочный агрегат	205
Дуговая сварка. Общие соображения	215
Сварка листов	222
Вварка дымогарных труб	232
Сварка сломанных частей стальных отливок	232
Исправление „прорывов“ в стальных отливках помощью угольных электродов	235
Сварка чугунных отливок	236
Примеры сварочных работ	245
Практические работы для начинающих сварщиков	254
Резка вольтовой дугой	261
Защитные приспособления для сварщика	263

Другие методы сварки.

Электрическая ударная сварка	265
Сварка без окисления	267
Способ сварки по способу Гайда	269

Пайка.

Общие указания	273
Приспособления и инструмент для пайки	275
Припой	284
Флюсы	292
Выполнение пайки	296
Склейка металлов	300
Литература	306



