

Доцент ЛЮКЕВИЧ Д. А.

Исследование газовой сварки картерного сплава Al 92%; Cu 8%

Характеристика исходного материала

Исходный материал представляет собою довольно пористое литье, часто встречаются газовые пузыри, имеются шлаковые включения. На рис. 1 приведена кривая, показывающая изменение временного сопротивления в зависимости от % содержания „Cu“ в сплаве.

Качественный и количественный анализы показывают, что содержание „Cu“ в исходном материале колеблется в пределах 6,72%—7,96%.

Подготовка под сварку

Образцы перед сваркой тщательно очищались от следов масла и грязи. Кромкам образцов перед сваркой придавался соответствующий скос. Образцы сваривались газовой ацетилено-кислородной сваркой. Валик сварочного шва после сварки спиливался за подлицо с основным материалом.

В качестве присадочного материала при сварке образцов применялись литые стержни-прутки состава „Al“ 92%; „Cu“ 12%. Химический анализ присадочного материала на содержание меди дал следующие результаты:

содержание меди 11,52%—11,82%.

Часть образцов была сварена без помощи флюсов, т. е. пудлинговым способом. Образцы были подвергнуты испытанию на разрыв.

Результаты механических испытаний образцов сваренных пудлинговым способом приведены в таблице 1.

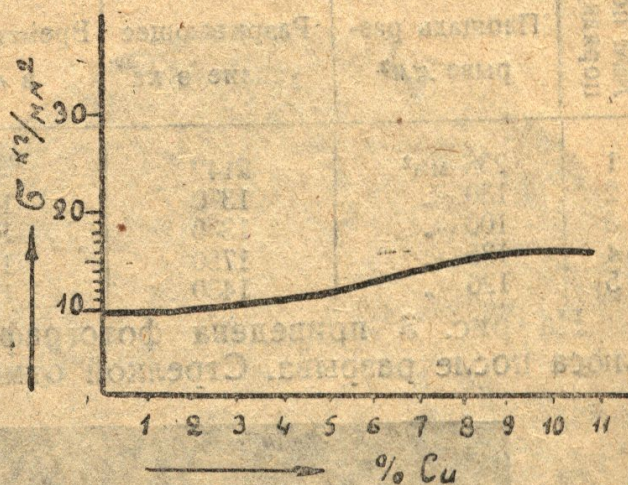


Рис. 1

Таблица 1

№№ по порядку	%-ное содержание Cu	Площадь разрыва $F=мм^2$	Разрывающее усилие в кг $P=кг$	Временное сопро-т. в кг/мм ²	Примечания
1	12	232 мм ²	2390	10,3	По шву разрыв
2	12	116 "	1140	10,0	" основн. материалу
3	8	232 "	2354	10,0	" " "
4	8	116 "	1120	9,7	" " "

Из таблицы 1 видно, что только первый образец разорвался по шву, у остальных разрыв произошел по основному материалу.

Осмотр первого образца показал отсутствие провара в вершине угла.

На рис. 2 приведена фотография образцов после механических испытаний. Стрелкой отмечен сварочный шов.

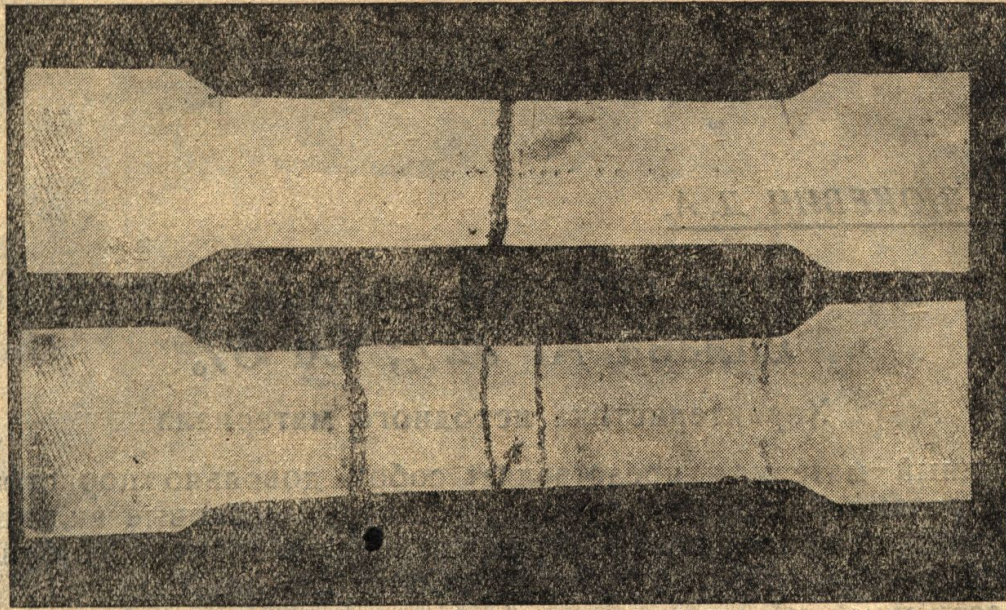


Рис. 2

Результаты механических испытаний образцов, сваренных с флюсом, приведены в таблице 2.

Таблица 2

№№ по порядку	Площадь разрыва мм^2	Разрывающее усилие в кг	Времен. сопрот. в $\text{кг}/\text{мм}^2$	Примечание
1	238 мм^2	2142	9	Разрыв по основному материалу
2	130 "	1370	10,5	" " "
3	100 "	1330	13,3	" " "
4	135 "	1750	13,0	" " "
5	126 "	1430	11,0	" " "

На рис. 3 приведена фотография образцов сваренных с помощью флюса после разрыва. Стрелкой отмечен сварочный шов.

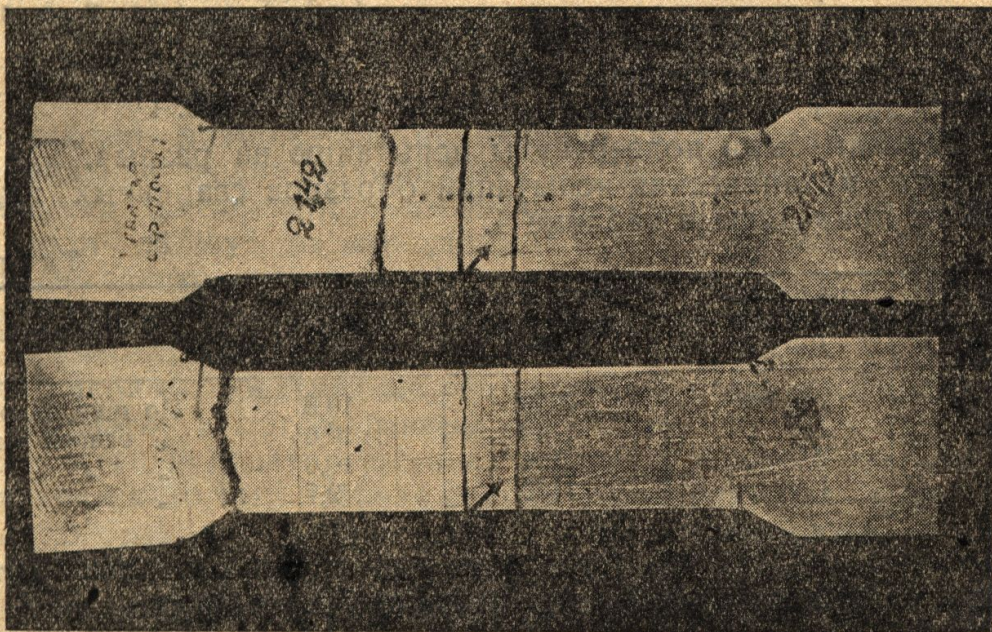


Рис. 3

Как видно из таблицы 2 и рис. 3 у всех образцов разрыв произошел по основному материалу. Первый образец дал наименьшую прочность. Осмотром этого образца установлено, что по месту разрыва образец имел трещину глубиной 3 мм и длиной 4 мм.

Металлографическое исследование

Металлографическому исследованию подверглись образцы, сваренные при помощи флюса. В качестве травителя применялся 10% раствор едкого натра.

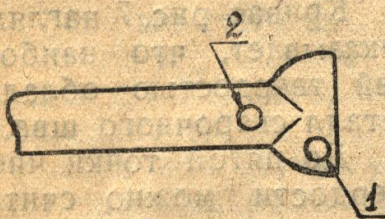


Рис. 4

На рис. 4 отмечены места, с которых изготовлены микрофотографии.

Фотографии шлифов помещены на рис. 5 и 6, причем на рис. 5 изображена микрофотография наплавленного металла (отмечена цифрой 1, см. рис. 4).

Микрофотография рис. 6 представляет основной материал.

Сравнение микрофотографий показывает, что существенной разницы между наплавленным металлом и основным металлом — нет. Как на одной фотографии, так и на другой — светлые поля шлифов представляют твердый раствор „ θ “ (раствор „Cu“ в „Al“). Темная сетка на шлифе — эвтектика; состоящая из твердого раствора „ θ “ и „CuAl₂“.

Твердость. Часть сварных образцов подвергалась испытанию на твердость по Роквеллу. В таблице 4 приведены результаты испытаний, а на рис. 7 приведена кривая изменения числа твердости по длине образца.

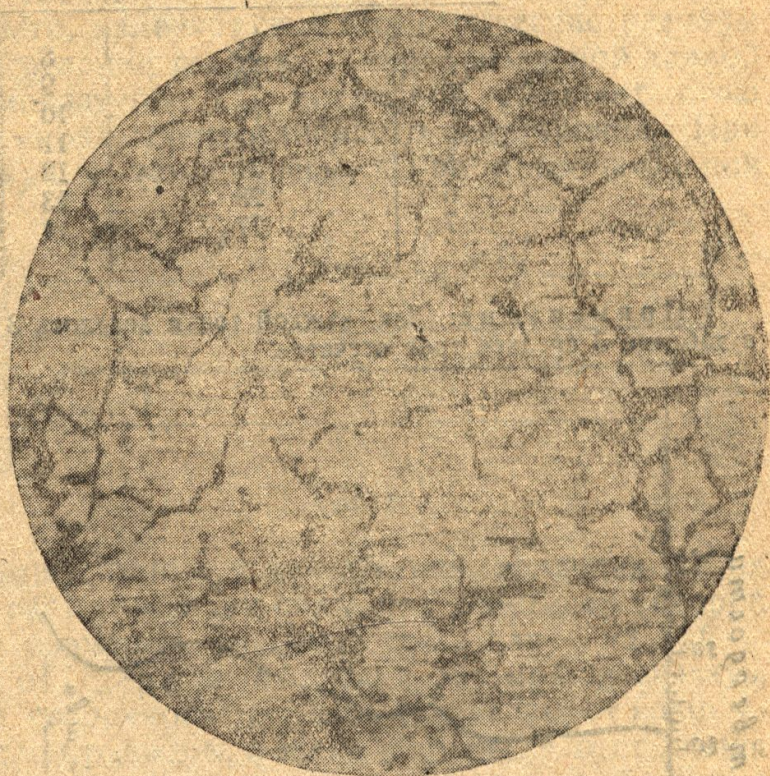


Рис. 5

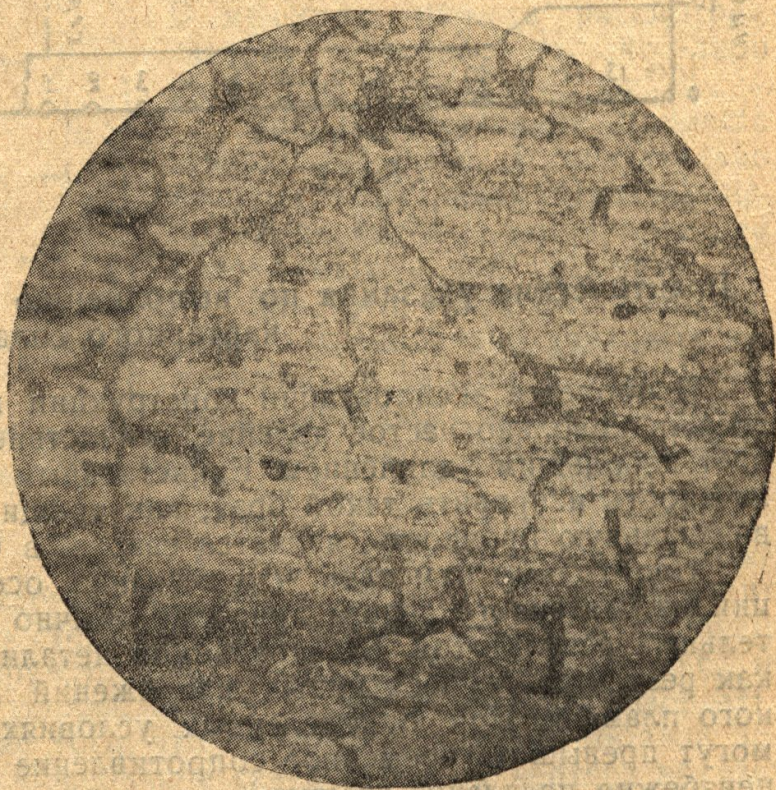


Рис. 6

Таблица 3

№№ точек	Число твердости шкала В	№№ точек	Число твердости шкала В
1	35	8	24
2	30	9	26
3	30	10	22
4	32	11	22
5	31	12	22
6	28	13	23
7	27	14	22

Примечание: Для каждой точки делалось 3 отсчета; число твердости приведенное в таблице 3 среднее трех отсчетов.

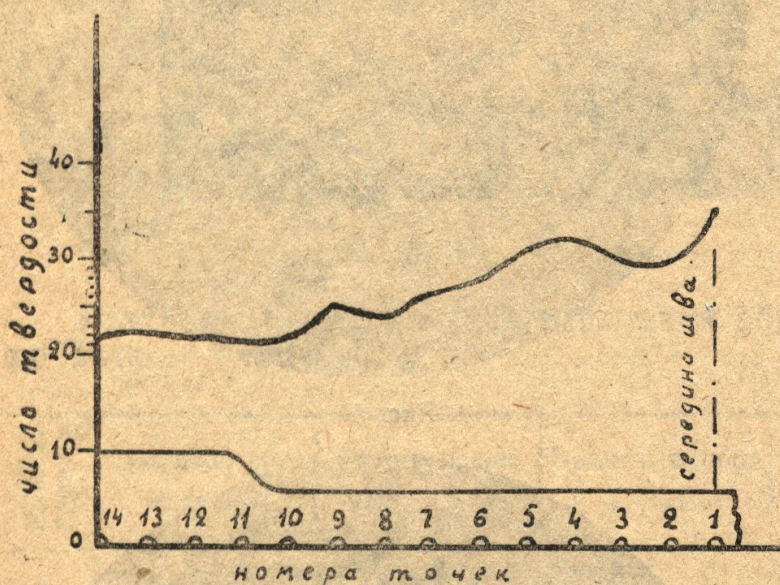


Рис. 7

Кривая рис. 7 наглядно показывает, что наибольшей твердостью обладает металл сварочного шва.

До пятой точки число твердости можно считать одинаковым. Дальнейшее понижение числа твердости объясняется отжигом под влиянием тепла сварочного пламени.

Повышение механических качеств на участке 1—5, т. е. в наплавленном металле и в зонах, расположенных вблизи сварочного шва, объясняется частичной закалкой под действием сварочного пламени.

Практические указания по выполнению сварки в конструкциях из карбурного сплава

В процессе эксплуатации конструкции из сплава „Al-Si“ появление трещин довольно частое явление, вследствие того, что этот сплав обладает небольшим удлинением. Единственным способом, который дает возможность исправить такой брак, как трещина и вернуть детали ее первоначальную прочность, является сварка, в частности газовая.

Необходимо отметить, что незнание особенностей сварки конструкций из указанного сплава приводит обычно к получению неудовлетворительных результатов. В свариваемой детали возникают новые трещины, как результат температурных напряжений под влиянием тепла сварочного пламени. При определенных условиях температурные напряжения могут превышать временное сопротивление основного материала и тогда неизбежно появление трещины.

В некоторых случаях величина температурных напряжений будет меньше временного сопротивления, трещина в процессе остывания детали не появится, но как только на деталь начнут воздействовать внешние силы при работе этой детали, механические напряжения могут суммироваться с температурными напряжениями и тогда суммарное напряжение

превысит временное сопротивление материала и конструкция выйдет из строя. Последний случай наиболее неприятен.

Задача сводится к тому, чтобы найти решение, при котором температурные напряжения в свариваемой конструкции были бы равны 0 в лучшем случае или были бы сведены к минимуму. Известно, что металлическое тело, будучи нагрето, изменяет свои геометрические размеры в сторону увеличения. При нагревании стержня с первоначальной длиной l^0 и температурой t^0 до температуры t^1 , последний увеличит свою длину до: $l = l_0 + l_0 \alpha t$, где α — коэффициент линейного расширения. При охлаждении указанного стержня с температуры t^1 до первоначальной t^0 , стержень уменьшит свою длину на $l_0 \alpha t$ и если стержень находится в свободном состоянии или зажат с одного конца, то в нем не возникнет напряжений. Если же стержень, нагретый до t^1 , жестко закрепить с обеих сторон, а затем охладить его до t^0 ,

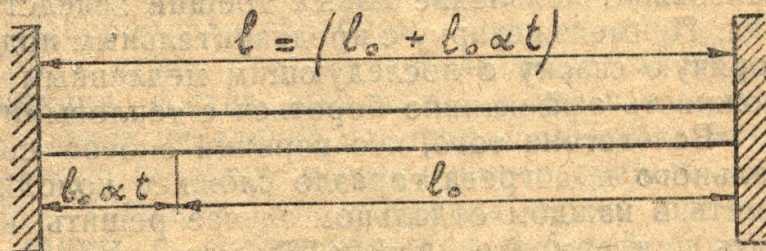


Рис. 8.

то в последнем случае в стержне возникнут напряжения, величина же их будет равна напряжениям от растягивающей силы, под действием которой холодный стержень, таких же размеров, увеличит свою длину на $l^0 \alpha t$.

Таким образом переходя от стержня к детали, мы можем сказать, что если под действием тепла сварочного пламени деталь имеет возможность свободно увеличивать свои размеры, а затем в процессе остывания уменьшать их, т. е. вести себя так, как ведет стержень, зажатый одним своим концом, то в такой детали не возникнут тепловые напряжения.

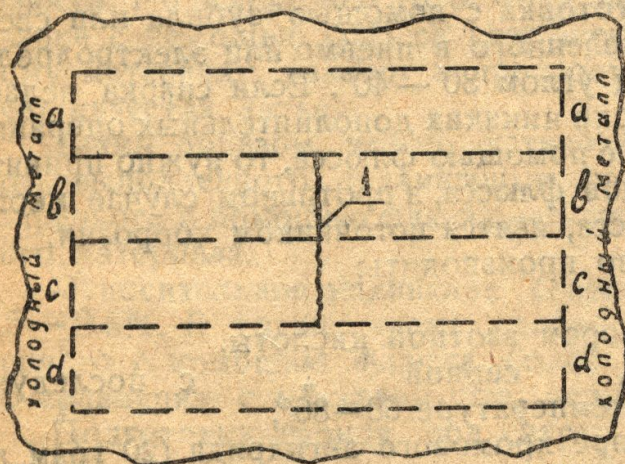


Рис. 9

В качестве примера рассмотрим заварку трещины, — на какой-либо плоскости картера (см. рис. 9)¹.

При осуществлении процесса заварки трещины „I“ обязательно возникнут внутренние тепловые напряжения, которые могут привести к появлению новой трещины.

Для того, чтобы выяснить причины возникновения тепловых напряжений в данном случае, разобьем мысленно плоскость картера на несколько стержней, причем два из них пусть пройдут через трещину „I“. При заварке трещины „I“ происходит нагревание стерж-

ней *в* и *с*, т. к. плоскость картера справа и слева от стержней представляет холодный металл, то стержни будут увеличивать свою длину в сторону трещины. После заварки трещины, материал начнет сжиматься, в результате этого — возникнут усилия, которые будут стремиться разорвать сварочный шов. Но вследствие того, что поперечное сечение металла по сварочному шву больше, чем поперечное сечение стенок картера вблизи шва, разрыв может произойти по новому месту.

Для борьбы с этим явлением необходимо создать условия, при которых указанные выше стержни имели бы возможность расширяться, т. е. концы их не были бы зажаты окружающим холодным металлом.

¹ „Автогенная сварка в применении к ремонту моторов“, Катареу.

Этого можно достигнуть применяя горячую сварку. В данном случае картер равномерно подогревается в специальной печи или яме до температуры 300—350°. В качестве топлива применяется древесный уголь. Когда весь картер достиг указанной температуры, открывается место, подлежащее заварке и начинается процесс сварки.

Сварку необходимо вести по возможности быстрее. После окончания сварки, картер необходимо медленно охладить вместе с печью. Если разогрев картера производился в яме, то последнюю необходимо закрыть асбестовыми листами, засыпав сухим песком.

Процессу охлаждения необходимо уделять особое внимание, иначе неизбежно появление новых трещин вследствие неравномерного охлаждения. Применяя сварку с предварительным подогревом или, так называемую, горячую сварку с последующим медленным охлаждением, мы имеем возможность эффективно бороться с тепловыми напряжениями.

Вследствие того, что горячий способ сварки или способ предварительного подогрева гораздо сложнее холодного способа сварки, нужно уметь в каждом отдельном случае решить, какой способ сварки применять при ремонте картера. Для решения этого вопроса необходимо руководствоваться следующим положением:

„Если участок картера, подвергающийся процессу обработки сварочным пламенем, можно уподобить стержню, заземленному одним концом, причем второй конец имеет возможность свободно расширяться, то в этом случае можно применять холодную сварку. Во всех остальных случаях рекомендуется применять сварку с предварительным подогревом“.

Для того, чтобы в процессе предварительного подогрева картера — трещина на последнем не распространилась дальше, необходимо перед общим нагревом точно определить размеры трещины и концы ее засверлить. Краям трещины дается V подготовка с помощью зубила или сверла соответствующего диаметра, вставленного в пневмо или электродрель. Сверло направляется к трещине под углом 30 — 40°. Если сварка велась пудлиговым способом, то после сварки никаких дополнительных операций не требуется. Если же сварка велась с помощью флюсса, то нужно принять меры к тщательному удалению следов флюсса, в противном случае места, с которых не удалены остатки флюсса, явятся источником коррозии.

Удаление остатков флюсса можно производить:

- 1) струей пара,
- 2) промывкой горячим 2% раствором азотной кислоты,
- 3) " теплым 10% " серной " с последующей промывкой горячей водой при температуре 60—80°,
- 4) промывкой в водном растворе хромового ангидрида (20 грам на 1 литр воды) с последующей промывкой в горячей воде.

Пайка картерного сплава

Опыты, проведенные нами по пайке картерного сплава, дают возможность сделать вывод о том, что некоторые трещины в картерах, небольшие пробитые отверстия, газовые пустоты — могут с успехом запаиваться припоем, состав которого % % весовые приведен ниже:

Таблица 4

Al	6%
Zn	44%
Sn	50%

Изготовление припоя: составные части припоя расплавляются в отдельных тиглях, сливаются в один и размешиваются, затем производится отливка палочки.

Технологический процесс пайки картерного сплава

Место пайки должно быть хорошо очищено от следов масла и различных жиров. Очистка производится промывкой в бензине. После промывки бензином—место пайки медленно подогревается лампой или малым номером сварочной горелки. Образующийся в процессе нагрева темный налет необходимо счистить шабером или скребком. После этого вторично производят нагрев места пайки, конец нагрева детали определяется началом плавления палочки припоя, состав которого приведен в табл. 4. При этой температуре, не извлекая детали из пламени паяльной лампы—производят вторую механическую зачистку и расплавляют припой, который заполняет подготовленную трещину. Эта операция также производится в пламени паяльной лампы и сопровождается работой скребка, с помощью которого мы удаляем пленку окиси алюминия с поверхности паяемой детали. После остывания—место пайки закрасить лаком.

Металлографическое исследование мест пайки говорит об удовлетворительном проникновении припоя в основной материал.

Выводы

Сравнивая результаты механических испытаний, приведенных в табл. 2 и 3, видим, что временное сопротивление образцов, сваренных пудлинговым способом, ниже по сравнению с образцами, сваренными с помощью флюсса. Но вследствие того, что и при пудлинговом способе сварки и при сварке с помощью флюсса разрушение образцов происходило по основному материалу, разницу в прочности нужно отнести исключительно за счет качества литья.

Таким образом можно установить следующее: прочность сварного шва, выполненного пудлинговым способом и прочность сварного шва, сваренного с помощью флюсса,—одинаковы и превышают прочность основного материала.

Относительное удлинение сварных образцов колебалось в пределах 2,5—3,5%. В то же время, необходимо отметить, что металл шва, сваренного с помощью флюсса, более чист (меньше шлаковых включений), по сравнению с металлом шва, полученного пудлинговым способом.

Подготовку кромок под сварку производить так, как показано на рис. 10.

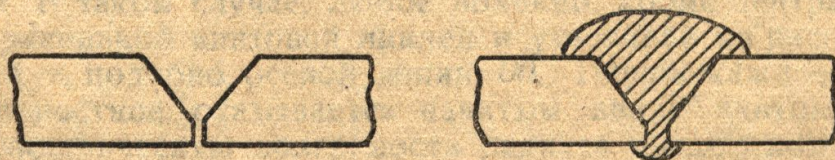


Рис. 10

Снятие валика наплавленного металла с обратной стороны шва не производить, за исключением тех случаев, когда это необходимо по конструктивным соображениям.

Наличие небольшого валика с обратной стороны шва указывает на хороший провар по всей толщине свариваемой детали.

При выборе мощности сварочной горелки необходимо руководство-

ваться следующим: на каждый миллиметр толщины свариваемой детали часовой расход ацетилен должен составлять 100 литров.

В качестве флюса применялся следующий состав (в граммах).

Таблица 5

KCl	NaCl	NaF	MgCl ₂	LiCl	KF.
22	12	8	7	30	10

Приготовления флюса

Составные части флюса тщательно растираются в ступке и отвешиваются.

Каждая часть флюса отдельно разбавляется небольшим количеством дистиллированной воды, затем все части смешиваются вместе в указанном в таблице порядке и вторично растираются в ступке с прибавлением воды до получения сметано-образной массы. Фтористый калий добавляется последним.

Приготовленный указанным образом жидкий флюсс необходимо сохранять в стеклянной бутылке с притертой пробкой.

Нанесение флюсса на свариваемую деталь осуществляют с помощью кисточки.

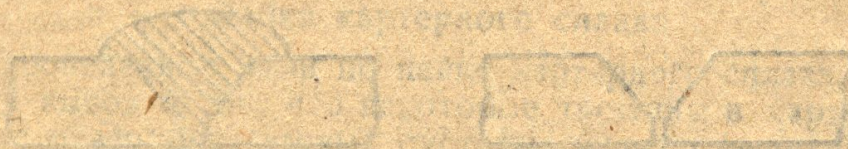


Рис. 10

Служит для сварки деталей из углеродистой стали с содержанием углерода до 0,25%. В процессе сварки флюс наносится на поверхность свариваемых деталей. При этом флюс образует защитную пленку, которая предохраняет металл от окисления и способствует образованию качественного шва.