

Федеральное агентство Российской Федерации по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионально-
го образования

Санкт-Петербургский государственный горный институт
имени Г.В. Плеханова (технический университет)

Кафедра конструирования горных машин
и технологии машиностроения

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ИЗГОТОВЛЕНИЕ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДАМИ СВАРКИ И ПАЙКИ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов машиностроительных и технологических специ-
альностей всех форм обучения*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2006

УДК 621.7/09.612.9(0.75.83)

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.
ИЗГОТОВЛЕНИЕ НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИИ МЕТОДАМИ
ПАЙКИ И СВАРКИ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный институт (технический университет). Сост.: *Ю.П. Бойцов, В.И. Болобов, С.Л. Иванов, Э.А. Кремчев, С.Ю. Кувшинкин*. СПб, 2006, 32 с.

Приведены рекомендации и пояснения по выполнению лабораторных работ. Содержатся сведения, необходимые как для выполнения лабораторных работ, так и для самостоятельных работ по дисциплине.

Методические указания предназначены для студентов машиностроительных и технологических специальностей всех форм обучения.

Ил. 15. Библиогр.: 9 назв.

Научный редактор проф. *И.П. Тимофеев*

© Санкт-Петербургский горный институт им. Г.В. Плеханова, 2006 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«Сварочное производство. Изготовление деталей ручной электродуговой сваркой»

Введение

Сварка — это процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того и другого.

Ручная дуговая сварка применяется главным образом в изделиях, имеющих короткие и прерывистые швы, а также швы сложной конфигурации, т.е. там, где трудно или невыгодно применять автоматические методы сварки. Положительной стороной ручной сварки является возможность производить сварку в любом пространственном положении, что особенно важно для сварки в монтажных условиях. Ручной дуговой сваркой можно сваривать стали, чугуны, алюминий и его сплавы, медь и медные сплавы, с применением для каждого металла соответствующих электродов.

К недостаткам ручной дуговой сварки относят: трудности сварки тонкого материала (менее 1...2 мм), высокие требования к квалификации сварщика, малая производительность.

Цель работы — изучение основ технологии сварочного производства. Разработка технологического процесса неразъемного соединения металлических конструкций с использованием ручной электродуговой сварки плавящимся электродом, как наиболее распространенной в условиях ремонтно-механических цехов горных предприятий.

1.1. Основные типы сварных соединений

К основным типам сварных соединений для ручной дуговой сварки относят: *стыковые, угловые, тавровые и нахлесточные.*

Соединение стыковое без разделки кромок (рис. 1.1, а) рекомендуется для толщин металла $S \leq 3$ мм. Наличие зазора обеспечивает полное проплавление. При $S = 1...2$ мм величина зазора $a \leq 1$ мм, при $2 < S \leq 3$ мм $a \leq 1,5$ мм.

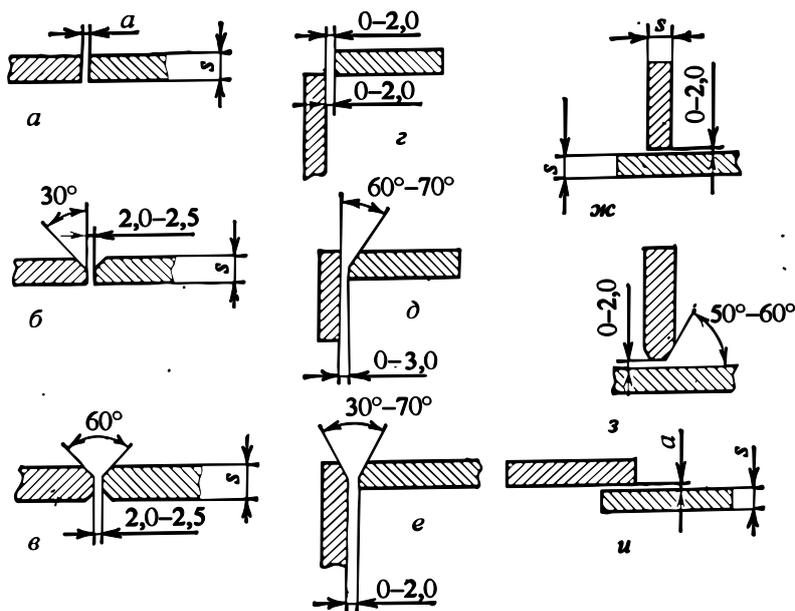


Рис. 1.1. Рекомендуемые типы соединений для ручной дуговой сварки

При стыковом соединении изделий большей толщины ($3 < S \leq 20$ мм) с целью предотвращения непровара рекомендуется производить V-образную разделку кромок с притуплением (рис. 1.1, б), которое необходимо для того, чтобы при сварке кромки не проплавились и расплавленный металл не протекал внутрь конструкции. Величина притупления принимается равной 2...3мм для толщин изделий до 20мм и 4...5 мм для больших значений S .

Стыковое соединение с X-образной разделкой кромок (рис. 1.1, в) применяют при $20 < S \leq 30$ мм. При этом соединение сваривается с двух сторон.

Угловое соединение вида рис. 1.1, г рекомендуется для толщин до 8мм,

- вида рис. 1.1, д — для толщин от 8 до 26 мм,

- вида рис. 1.1, *e* — для толщин более 26 мм.

Тавровое соединение вида рис. 1.1, *ж* рекомендуется для толщин до 6 мм; при больших толщинах свариваемых материалов - соединение вида рис. 1, *з*.

Нахлесточное соединение (рис. 1.1, *и*) применяется при $S = 2...6$ мм при величине зазора a от 0 до 4 мм. При этом величина нахлеста одного листа на другой должна быть $\geq 3S$. В сравнении со стыковым нахлесточное соединение отличается более легкой сборкой сварных узлов, однако из-за несоосности соединяемых деталей в них при работе возникает изгибающий момент, снижающий прочность соединения. При применении нахлесточного соединения, так же как таврового и углового, имеющих повышенную жесткость, больше вероятность образования трещин при сварке

1.2. Подготовка деталей под сварку

Разделку кромок под сварку можно производить различными способами. Самым грубым и малопродуктивным из них является срубание кромок ручным или пневматическим зубилом. При этом способе края кромок получаются неровными. Наиболее ровные и чистые кромки получаются при изготовлении их на специальных кромкострогальных или фрезерных станках. Применение кислородной резки, ручной или механизированной, для скоса кромок является самым экономичным. Шлаки и окалина, остающиеся после кислородной резки, должны быть удалены с помощью зубила и стальной щетки или шлифовальных машин.

Следует уделять большое внимание чистоте кромок, так как загрязненная поверхность кромок металла приводит к плохому провару и образованию в сварном шве неметаллических включений. Поэтому перед сваркой кромки стыка, а также соседние с каждой кромкой участки на ширину 20...30 мм должны очищаться до металлического блеска от окалины, ржавчины, масла, краски и других загрязнений. Очистка от окалины, краски и масла может осуществляться пламенем сварочной горелки. При этом окалина отстает от металла, а масло и краска сгорают. После нагрева пламенем поверхность зачищается стальной щеткой.

При сборке деталей под сварку нужно следить за тем, чтобы кромки правильно располагались одна относительно другой, чтобы выдерживались установленные зазоры, не было перекосов и т. д.

Для того чтобы в процессе сварки установленные зазоры и положение деталей не изменялись, перед сваркой делают предварительную прихватку деталей, т. е. свариваемые детали соединяют друг с другом в нескольких местах короткими швами. Длину прихваток и расстояние между ними выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и длины шва. При сварке тонкого металла и коротких швах длина прихваток - не более 5 мм. При сварке толстого металла и значительных длинах швов длина прихваток 20...30 мм при расстоянии между ними 300...500 мм. В случае сварки деталей значительной толщины прихватка может заполнять разделку примерно на 2 / 3 ее глубины.

Порядок постановки прихваток перед сваркой длинных швов показан на рис. 1.2, *а*, *б*. Прихватки должны располагаться от края изделия на расстоянии не менее 10 мм.

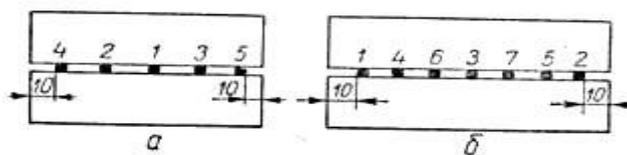


Рис. 1.2. Порядок постановки прихваток: *а* — от центра листа; *б* — от краев листа

Для сварки изделий из листового металла толщиной до 1 мм в месте сварки листов делают их отбортовку, после чего сложенные вместе листы сваривают. Более толстые листы сваривают без отбортовки.

Зазор между листами должен быть одинаковым по всей длине шва и соответствовать свариваемой толщине металла (см. п. 1.1). Для того чтобы при постановке прихваток зазор не уменьшался за счет усадки металла прихваток, в зазор между листами устанавливают прокладки (обрезки листа, проволоку). После прихватки прокладки могут быть удалены.

Для выравнивания кромок листов при прихватке и сварке пользуются клиновыми прокладками, изображенными на рис. 1.3, *а*.

Прокладка 1 представляет собой пластину, вставляемую в зазор между соединяемыми листами. С одной стороны листов в круглые отверстия прокладки закладывают цилиндрический стержень 2, с другой — коническую оправку 3. При вбивании последней кромки листов оказываются зажатыми, чем предупреждается их смещение.

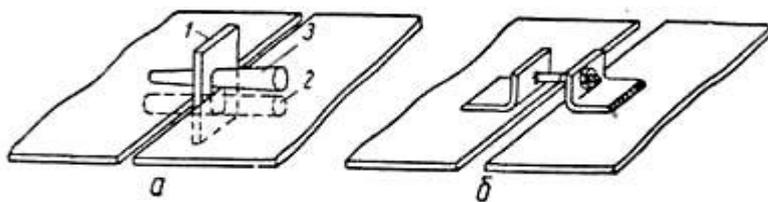


Рис. 1.3. Способ выравнивания (а) и стягивания (б) кромок листовых конструкций

Для стягивания кромок листовых конструкций может применяться болтовое стяжное устройство, показанное на рис. 1.3, б.

Описанные приемы сварки изделий из листового металла могут применяться как при изготовлении плоских конструкций, так и обечаяк цилиндрических сосудов. При соединении днища с обечайкой перед сваркой ставят прихватки в порядке, указанном на рис. 1.4.

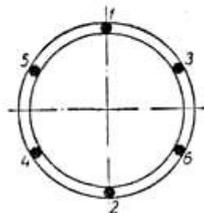


Рис. 1.4. Порядок постановки прихваток при соединении днища с обечайкой

Такой порядок постановки прихваток уменьшает коробление изделия, так как оно нагревается более равномерно. Таким же образом соединяют между собой обечайки. Продольные швы обечаек не должны располагаться на одной линии.

При изготовлении коробчатых изделий (рис. 1.5) вначале сваривают угловые швы 1, 2 и 3 боковых стенок.

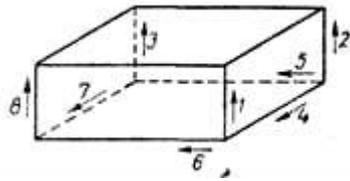


Рис. 1.5. Порядок сварки коробчатого изделия

Затем стенки приваривают к днищу швами 4, 5, 6 и 7. Изготовление ящика заканчивают сваркой вертикального шва 8. При указанном порядке сварки достигается наименьшее коробление изделия.

Трубы соединяют между собой чаще всего в стык (рис. 1.6, *a*), так как стыковое соединение требует простой подготовки кромок и наименьшей затраты времени.

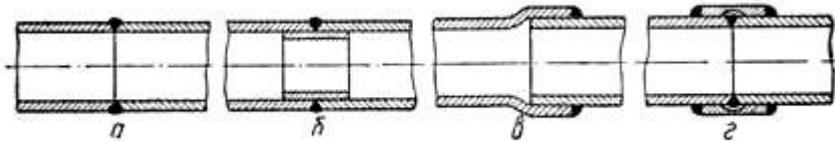


Рис. 1.6. Типы сварных соединений труб: *a* — стыковое; *б* — с вкладышем; *в* — встраструб; *г* — стыковое с вкладками

Иногда для удобства сварки внутрь труб вставляют кольца (рис. 1.6, *б*), облегчающие сборку и сварку труб. Постановка кольца нежелательна из-за того, что оно уменьшает внутреннее сечение трубы в месте соединения труб и тем самым создает излишнее сопротивление движению газа или жидкости. (При сборке магистральных газо- и нефтепроводов постановка колец запрещена и сварка производится только встык). Для того чтобы не уменьшать внутреннего сечения трубы, применяют соединение встраструб (рис. 1.6, *в*), но оно требует специальной подготовки одного конца трубы. Иногда для усиления стыкового шва ставят муфты либо отдельные накладки (рис. 1.6, *г*).

Трубы соединяют с помощью прихваток длиной 30...50 мм. При диаметре труб до 300 мм ставят три-четыре прихватки, при большем диаметре число прихваток увеличивают. Порядок постановки их такой же, как и при сварке днищ. Первая прихватка обычно ставится внизу.

1.3. Задаваемые параметры и дефекты сварного шва

Форму и размеры сварных швов задает проектировщик и указывает на чертеже. Для стыковых швов регламентируют ширину шва B , высоту усиления h_1 , величину проплава h_2 (рис. 1.7).

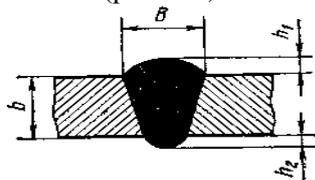


Рис. 1.7. Основные параметры стыкового шва

Для угловых и нахлесточных швов задают катет шва K (рис. 1.8, z). (Обычно считают, что полная прочность шва достигается при катете шва, равном толщине металла, и дальнейшее увеличение сечения шва бесполезно).

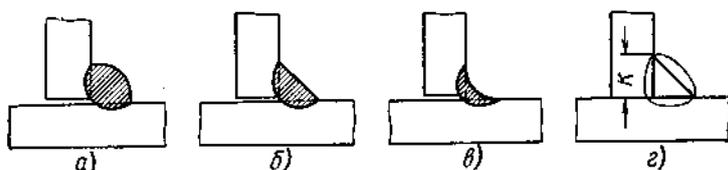


Рис. 1.8. Сечения угловых швов:

a — усиленный шов; $б$ — нормальный шов; $в$ — ослабленный шов; $г$ — размер сечения шва

По очертанию наружной поверхности углового шва различают швы с выпуклой поверхностью, или усиленные (рис. 1.8, a); швы с плоской поверхностью, или нормальные (рис. 1.8, $б$); швы с вогнутой поверхностью, облегченные или ослабленные (рис. 1.8, $в$).

Термины «усиленный» и «ослабленный», относятся лишь к геометрической форме сечения шва и не связаны прямо с его прочностью. Выпуклые швы рекомендуются для изделий, работающих при статической нагрузке, облегченные - при переменной и ударной нагрузке, а также при усталостных испытаниях. Нормальные швы с плоской поверхностью являются наиболее универсальными, поэтому и применяются чаще всего на практике.

Так как глубина проплавления при ручной сварке не превышает 4-5 мм, швы значительного сечения выполняют многослойными с заполнением шва в несколько приемов. Сварка ведется короткими участками. Стыки швов в различных слоях не должны совпадать. При наложении каждого последующего слоя поверхность предыдущего должна быть тщательно очищена от окалины и шлаков металлической щеткой.

Основными дефектами сварных соединений являются:

Подрез — углубление (канавка) на основном металле вдоль линии сплавления сварного шва с основным металлом (рис. 1.9, а).

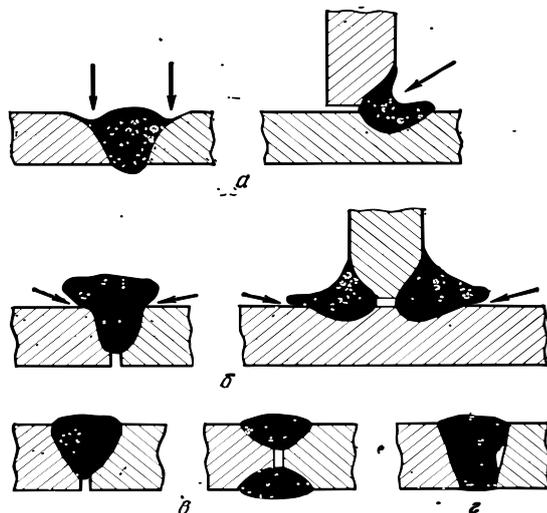


Рис. 1.9. Дефекты при сварке плавлением: а — подрез; б — наплыв; в — непровар по толщине; г - непровар по кромке шва.

Наплыв — натекание металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним (рис. 1.9, б).

Непровар — местное несплавление вследствие неполного расплавления кромок свариваемых деталей или поверхностей ранее выполненных валиков. В зависимости от расположения и характера различают *непровар по сечению металла* (рис. 1.9, в) и *непровар по кромке шва* (рис. 1.9, г). Место непровара в большинстве случаев заполнено шлаком.

Пережог — окисление металла сварного шва.

Трещина — частичное местное разрушение (разрыв) в сварном шве и (или) прилегающих к нему зонах. Трещины могут выходить, а могут и не выходить на поверхность. Они являются наиболее опасным и всегда недопустимым дефектом. Это один из основных видов брака при сварке.

Поры — округлые или вытянутые полости, заполненные газом. Они могут быть микроскопическими и крупными (до 4 - 6 мм). Поры образуются в швах или на границе сплавления с основным металлом вследствие быстрого остывания сварочной ванны, насыщенной газами. При этом газы не успевают выделиться. Иногда образуются сквозные поры, так называемые *свищи*. В аппаратуре, работающей под давлением и вакуумом, поры недопустимы. Однако для других конструкций, в том числе строительных, поры не являются столь серьезным дефектом. Основная причина пор при сварке строительных сталей — плохое раскисление сварочной ванны.

Неметаллические включения — инородные частицы в металле шва. Различают шлаковые, флюсовые, окисные и другие неметаллические включения.

1.4. Источники питания и параметры сварки

Питание дуги при ручной дуговой сварке осуществляется от сварочного трансформатора на переменном токе или от сварочного генератора или выпрямителя при постоянном токе. Наиболее широкое применение получила сварка на постоянном токе, при которой в зависимости от марки электрода (в соответствии с рекомендациями паспорта электродов) может применяться прямая или обратная полярность подключения.

Прямой полярностью называют такую, когда отрицательный полюс источника питания подключают к электроду, положительный — к изделию. Обратная полярность — плюс на электрод, минус на изделие. Для большинства марок качественных электродов рекомендуется обратная полярность.

При сварке регламентируют только два параметра режима — диаметр электрода и сварочный ток. Длина дуги составляет обычно 0,5...1,1 от диаметра электрода и выдерживается сварщиком вручную. Лучшее качество сварки обеспечивает короткая дуга.

Диаметр электрода d_e выбирают исходя из толщины S свариваемых изделий, руководствуясь следующими примерными соотношениями:

S , мм	1-2	3-5	4-10	12-24	30-60
d_s , мм	2-3	3-4	4-5	5-6	6-8

Сварочный ток I указывается в паспорте на марку электрода. Его ориентировочно можно определить по упрощенной формуле

$$I (\text{А}) = (20 + 5 d_s) d_s, \text{ где } d_s \text{ в мм} \quad (1).$$

При зажигании дуги напряжение U_d между электродом и свариваемой деталью составляет примерно 60 В. При замыкании сварочной цепи оно падает до нуля, а после возбуждения дуги поддерживается в пределах 16...30В в зависимости от длины дуги и марки электрода. Так для стальных электродов напряжение дуги может быть вычислено по формуле

$$U_d = a + b l \quad (2),$$

где $a = 8...25$ В, $b = 2,3...4,3$ В/мм, l - длина дуги в мм.

При установившемся процессе сварки плавление электрода под действием дуги происходит равномерно:

$$g_s = \alpha_p I t \quad (3),$$

где g_s — масса расплавленного электродного металла, г; α_p - коэффициент расплавления 8...14 г/(А ч); I - сила тока, А; t - время горения дуги, ч. При этом масса наплавленного металла g_{Me} на изделие составляет 0,7...0,8 g_s .

Эффективная мощность дуги (мощность, расходуемая на нагрев металла)

$$Q_s = h_s Q_0 \quad (4),$$

где h_s эффективный КПД процесса нагрева металла, $h_s = 0,7...0,85$, Q_0 - полная мощность, выделяющаяся в столбе дуги, $Q_0 (\text{Вт}) = I U_d$.

1.5. Электроды для ручной электросварки плавящимся электродом

Металлические электроды для сварки представляют собой пруток из сварочной проволоки, называемый стержнем электрода 1 (рис. 1.10), на который нанесен слой покрытия 2.

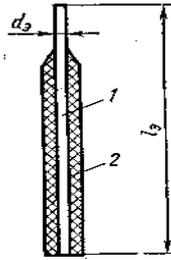


Рис. 1.10. Металлический толстопокрытый электрод:

1 — стержень, 2 — покрытие

Электроды с диаметром стержня $d_s = 4, 5$ и 6 мм имеют стандартную длину $l_s = 450$ мм. Один конец электрода на длине $30...40$ мм оставляют свободным от покрытия (рис. 1.10) для закрепления электрода в держателе и подведения сварочного тока.

В электродах для сварки стали для изготовления стержней применяется стальная сварочная проволока, условное обозначение которой состоит: из цифры, которая соответствует диаметру проволоки в мм; букв Св — сварочная; цифр, стоящих после дефиса, показывающих содержание углерода, и буквенных обозначений элементов, входящих в состав проволоки. Последние обозначаются аналогично обозначениям в марках легированных сталей. При содержании в проволоке менее 1% легирующего элемента ставят только букву этого элемента; если содержание легирующего элемента превышает 1%, то после буквы в целых единицах указывают его содержание. Например, проволоку диаметром 2 мм из низкоуглеродистой кремне-марганцевой стали, содержащую 1,4—1,7 Мп и 0,60—0,85 Si, обозначают: проволока 2Св-08ГСА. Буква А в конце марки свидетельствует о том, что сталь высококачественная и содержит минимальное количество серы и фосфора.

Все марки стальной сварочной проволоки разделяют по составу и назначению на *низкоуглеродистую*, например, Св-08, Св-08ГА и др., *легированную* (Св-08ГС, Св-18ХНМ, Св-13Х2МФТ и др.) и *высоколегированную* (Св-08Х19Н10Г2Б, Св-Х15Н60М15 и др.).

По внешнему виду и количеству покрытия на электродах разделяют на *тонкие (стабилизирующие)* и *толстые (качественные)*.

Тонкие покрытия наносят в виде обмазок толщиной в десятые доли миллиметра и имеют назначение стабилизировать горение дуги и облегчить ее зажигание. Содержат в своем составе щелочные или щелочноземельные металлы, отличающиеся низким потенциалом ионизации. Такие покрытия не устраняют ухудшений химического состава металла, вызванных процессом сварки, и не защищают расплавленный металл от воздействия окружающего атмосферного воздуха. Поэтому качество наплавленного металла получается невысоким и часто не отвечает требованиям, предъявляемым к сварным соединениям ответственных изделий.

Толстые покрытия (рис. 1.10) наносят слоем 0,5...2,5мм, их масса составляет 20...40% от массы электродного стержня.

Назначение качественных покрытий на электродах:

1) создание шлаковой и (или) газовой защиты расплавленного металла сварочной ванны от кислорода воздуха. При этом шлак защищает и капли расплавленного металла электрода в процессе перехода их в шов, обволакивая капли;

2) раскисление наплавленного металла с помощью введения в покрытие таких элементов, как Mn, Si, Ti, Al в виде ферросплавов или чистых элементов;

3) легирование наплавленного металла, что позволяет изменять его химический состав, а также расширяет возможность получения требуемых свойств наплавленного металла. При этом количество легирующих, вводимых через покрытие, может быть довольно большим. Так, электродами марки Т590 со стержнем из нелегированной низкоуглеродистой стали наплавляют чугун, содержащий примерно 3% С, 22% Cr, 2% Si, 1 5% Mn, 1% В. (Легирующие элементы можно вводить в наплавленный металл, воспользовавшись стержнем из легированной проволоки);

4) улучшение стабильности горения дуги посредством включения в покрытие элементов с малым потенциалом ионизации.

В зависимости от вида материалов, используемых для защиты сварочной ванны от воздуха, все качественные покрытия подразделяют на 4-е основные группы: кислые, основные, рутиловые и целлюлозные.

У *кислых* шлакообразующими являются железная и марганцевая руды, а также кремнезем. Electroды с кислым покрытием (марок ЦМ-7, ОММ-5 и др.) до начала 70-х годов были наиболее распространенными.

Они имеют хорошие сварочно-технологические свойства, высокопроизводительны, позволяют сваривать металл с ржавыми кромками и окалиной и получать при этом плотные швы. Металл шва, выполненного электродами с кислым покрытием, представляет собой кипящую сталь с содержанием кислорода до 0,015%. Поэтому в шве можно получать только углеродистую и низколегированную сталь. Ударная вязкость наплавленного металла резко снижается при старении, что сильно ограничивает возможности применения электродов с кислым покрытием. Сейчас производство таких электродов почти прекращено из-за выделения большого количества токсичных аэрозолей при сварке.

Основным называется покрытие, со шлакообразующей основой на базе карбонатов кальция или магния и плавикового шпата. Металл, наплавленный этими электродами — спокойная сталь, содержащая до 0,006% кислорода. Поэтому покрытия пригодны для сварки как углеродистых, так и легированных сталей. Наиболее известные марки электродов этой группы для сварки нелегированных и низколегированных сталей — УОНИ-13/45, АНО-7, АНО-8. Наплавленный ими металл обладает высокой ударной вязкостью при отрицательных температурах и после механического старения. Но работать с такими электродами неудобно. Основные покрытия адсорбируют влагу при хранении и непосредственно перед использованием их необходимо прокалить при 300...350°C. Кромки свариваемого металла необходимо тщательно очищать от ржавчины и загрязнений. При несоблюдении этих требований появляются поры в шве.

У *рутиловых* покрытий шлакообразующая основа - рутил (TiO_2). Они сейчас наиболее распространены. Широко используют электроды марок МР-3, ОЗС-4, АНО-4 и др. Причины этого — высокие механические свойства швов, хорошие сварочно-технологические свойства и благоприятные санитарно-гигиенические характеристики электродов. Металл швов - полуспокойная или спокойная сталь (0,010...0,013% O). Поэтому при сварке строительных сталей склонность швов к охрупчиванию при отрицательных температурах и после механического старения достаточно низка и в ряде случаев их вязкость незначительно уступает вязкости металла, наплавленного основными электродами типа УОНИ-13/45.

Целлюлозные - это покрытия, содержащие значительное количество органических веществ — целлюлозы, древесной муки и др. При плавлении

нии электрода органика разлагается и образующиеся газы оттесняют воздух от сварочной ванны. По этой причине используются при сварке вертикальных или потолочных швов. Недостатком является то, что при сварке до 20% расплавленного металла разбрызгивается. Кроме того, органическое покрытие не допускает перегрева при сушке и сварке: выгорают составляющие покрытия и меняется состав шва. Поэтому применяют такие электроды ограниченно, в основном для сварки магистральных трубопроводов в монтажных условиях. Наиболее распространенные марки ВСЦ-4 и ВСЦ-4А.

1.6. Классификация электродов

Все электроды обозначаются *маркой*, представляющей собой условное наименование, данное разработчиком, например, УОНИ-13/45, АНО-7. Электрод каждой марки характеризуется определенным составом покрытия, составом электродного стержня, технологическими свойствами, свойствами металла шва.

Все электроды разделяют:

по назначению:

У — для конструкционных сталей с пределом прочности σ_b до 600 МПа (60 кгс/мм²);

Л — для легированных конструкционных сталей, имеющих $\sigma_b > 600$ МПа;

Т — для легированных теплоустойчивых сталей;

В — для высоколегированных сталей;

Н — для наплавки,

по толщине покрытия в зависимости от отношения D/d_s , где D - диаметр покрытия (табл. 1):

Таблица 1

Толщина покрытия	Тонкое	Среднее	Толстое	Особо толстое
D/d_s	$\leq 1,2$	1,2...1,45	1,46...1,8	$> 1,8$

Группа	М	С	Д	Г
--------	---	---	---	---

по видам покрытия (табл. 2):

Таблица 2

Покрытие	Кислое	Основное	Целлюлозное	Рутиловое	Прочее
Группа	А	Б	Ц	Р	П

по допустимым пространственным положениям сварки или наплавки:

- 1 — годные для всех положений;
- 2 — для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;
- 3 — для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх;
- 4 — для нижнего.

Все электроды в зависимости от требований к характеристикам сварного шва, выполненного этими электродами, подразделяются на *типы*.

Тип электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей (группы У и Л) определяется механическими характеристиками металла шва, которые должны соответствовать механическим свойствам материала свариваемых деталей. Для электродов каждого типа регламентированы предел прочности σ_b , относительное удлинение и ударная вязкость металла шва при комнатной температуре. Тип электродов обозначается буквой "Э" и цифрой, указывающей нижнее значение σ_b сварного соединения в кгс/мм² (для перевода в МПа следует умножить на 10), буква "А" означает, что наплавленный металл имеет повышенные значения пластичности и вязкости. Каждому типу может соответствовать одна или несколько марок электродов различного состава электродного стержня и покрытия, при использовании которых обеспечиваются механические свойства гарантированные для данного типа электродов. Например, требованиям к сварному шву, выполненному электродами типа Э42, отвечают электроды марок ОММ-5, имеющие рутиловое покрытие, ОМА-2 с целлюлозным покрытием, УОНИ-13/45 с основным.

Так, для конструкционных углеродистых и низколегированных сталей группы У (σ_b до 600 МПа) предназначены электроды типов Э34, Э42, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60; для конструкционных легированных сталей группы Л, отличающихся повышенной прочностью ($\sigma_b > 600$ МПа), — типов Э70, Э85, Э100, Э125, Э145.

В случае электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей (группа Т) определяющим при разделении электродов на типы является соблюдение заданного химического состава наплавленного металла. Буквы, стоящие после буквы Э, показывают гарантийное содержание в нем легирующих элементов. Содержание легирующих элементов, если оно превышает 1%, ставят после соответствующей буквы в целых единицах (процентах); если содержание легирующего элемента менее 1%, то ставится только соответствующая буква. Например, электроды типа Э-Х2МФБ гарантируют в наплавленном металле шва более 2% хрома, до 1% молибдена, ванадия и ниобия.

Электроды для сварки высоколегированных сталей (группа В) подразделяют на типы по фазовому состоянию металла и химическому составу шва. В обозначении типа электрода буква А, стоящая после буквы Э, указывает на аустенитную структуру материала шва при комнатной температуре, а буква Ф - на ферритную. Буквы, стоящие после дефиса, обозначают названия элементов, содержание которых гарантировано в наплавленном металле (Хром и никель входят во все электроды этой группы и в обозначении не указываются). Например, электроды типа ЭА-1М2Ф обеспечивают сварной шов со структурой аустенита при содержании в нем до 1%С, 2%Мо, 1%V, 20%Сг и 10%Ni.

Для сварки чугуна применяются электроды типов ОМЧ-1, ВЧ-3, МНЧ-1, МНЧ-2, ЦЧ-3А, ЦЧ-4; для сварки алюминия — 03А-1, 03А-2, А-2; для сварки меди и ее сплавов — МН-5 и 03Б-1.

Для учета всех перечисленных характеристик в паспорт электрода вносится его условное обозначение, представляющее собой дробь, в числителе которой приведены: тип электрода — марка электрода — диаметр — шифры назначения электрода, толщины покрытия и группы качества (с 1 по 3-ю). В знаменателе: группа индексов, характеризующих механические свойства металла шва — шифры вида покрытия, допустимых положений при сварке и требований к источнику питания.

1.7. Порядок выполнения работы

1. Практически ознакомиться с работой полуавтоматического сварочного поста, а так же оборудованием и рабочим инструментом, используемым для проведения ручной дуговой сварки плавящимся электродом. Изучить конструкцию толстопокрытого электрода, измерить основные геометрические размеры его стержня и покрытия.

3. В соответствии с индивидуальным заданием расшифровать марку электродной проволоки и условное обозначение электрода.

4. Исходя из заданной сварной конструкции разработать основы технологического процесса ее сварки:

а) выбрать тип сварного соединения, форму и основные параметры сварного шва;

б) разработать технологии подготовки конструкции под сварку и процесса сварки;

в) выбрать диаметр, тип, группу и марку электрода;

г) рассчитать силу сварочного тока, основное время сварки, эффективную мощность дуги;

д) рассчитать массу наплавленного металла и количество необходимых для сварки электродов.

1.8. Содержание отчета и требования к его оформлению

Отчет должен содержать цель работы, исходные данные, подробные комментарии к выбору типов сварного соединения, формы и параметров сварного шва, разработке технологий подготовки элементов конструкции под сварку и процесса сварки, расчету массы наплавленного металла и количества необходимых для сварки электродов, установлению силы сварочного тока, основного времени сварки, эффективной мощности дуги.

Графическая часть отчета включает в себя эскизы сварной конструкции, используемых сварных соединений, мест установки прихваток на соединяемых элементах конструкции с указанием порядка установки.

Отчет должен быть оформлен на стандартных листах формата А4 и содержать титульный лист. Текст необходимо набрать на компьютере, либо четко и разборчиво написать от руки. Графическая часть оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД.

1.9. Пример выполнения задания

п.1. Дано: электродная проволока 4 Св-30Х25Н16Г7,
условное обозначение электрода:

Э46А - УОНИИ - 13/45 - 3,0 - УД2 ГОСТ9446 – 75
Е43 2(5) - Б10

п.2. Дано: Сварная конструкция (рис. 1.11). Сталь 09Г2. Непрерывный шов по замкнутому контуру.

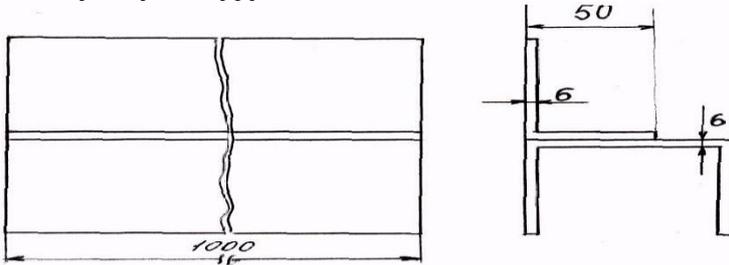


Рис. 1.11. Сварная конструкция из швеллера и уголка

Выполнение задания:

п.1. Стальная сварочная проволока диаметром 4 мм, содержащая в своем составе ~ 0,3%С, 25%Cr, 16%Ni, 7%Mn.

Э46А - тип электрода; УОНИИ-13/45 — марка электрода; 3,0 — диаметр электрода, мм; У — для сварки углеродистых и низколегированных сталей; Д2 - с толстым покрытием второй группы качества; 43 — предел прочности материала сварного шва (430МПа); 2 — относительное удлинение не менее 22 %; 5 — ударная вязкость не менее 34,3 Дж/см²; Б — с основным покрытием; 1 - для сварки во всех пространственных положениях; 0 - на постоянном токе обратной полярности.

п. 2. Разработка технологического процесса изготовления сварной конструкции

2.1. Установление типов сварного соединения, формы и параметров сварного шва.

Для изготовления сварного изделия (рис. 1.11) с толщиной стенки $S = 6$ мм необходимо использовать два типа сварных соединений с зазором между свариваемыми деталями $a = 2$ мм:

- стыковое (рис. 1.12) с V-образной разделкой кромок;

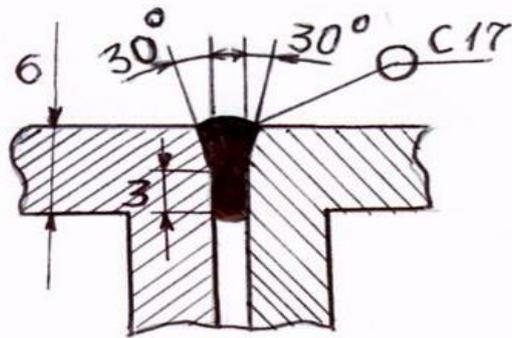


Рис. 1.12. Стыковое соединение элементов детали

- нахлесточное (рис. 1.13) с угловым швом с нормальной поверхностью с катетом, равным сумме толщины металла и величины зазора между деталями ($K = 8\text{мм}$)

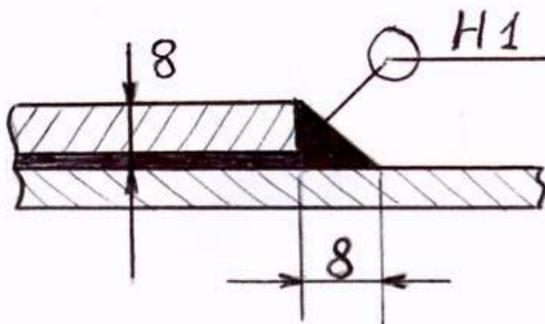


Рис. 1.13. Нахлесточное соединение элементов детали

2.2. Разработка технологий подготовки элементов конструкции под сварку и процесса сварки.

Места сварки очищаются от ржавчины, краски, масла и окалины зачисткой стальной щеткой. Кромки элементов под стыковой шов разделяются под углом 30° на кромкострогальном станке.

Предварительная прихватка деталей выполняется на расстоянии 100 мм от краев, при длине прихваток 5 мм и расстоянием между прихватками 100 мм. Порядок простановки прихваток - от краев листа (рис. 1.14).

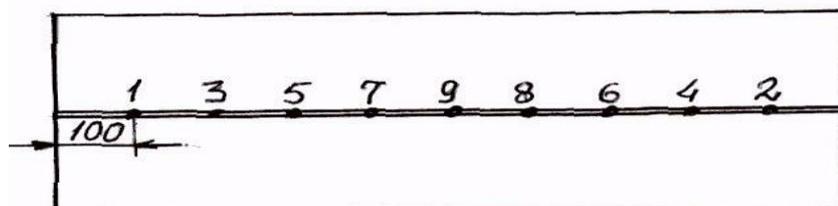


Рис. 1.14. Места и порядок установки прихваток на соединяемых элементах конструкции

Для разработки технологии сварки конструкции рассчитаем ориентировочный показатель свариваемости материала конструкции - стали марки 09Г2, исходя из ее химического состава ($C=0,09\%$, $Mn=1,6\%$, $Si=0,25\%$, $Cr=0,3\%$, $Cu=0,3\%$, $Ni=0,3\%$ [9]):

$$C_s = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 = 0,44\%$$

Сталь относится к удовлетворительно свариваемым материалам ($0,25\% < C_s \leq 0,45\%$) и имеет склонность к образованию горячих и холодных трещин. Для избежания горячих трещин необходимо производить сварку в режимах, обеспечивающих снижение доли основного металла в материале шва, и применить марки электродов данного типа с пониженным содержанием углерода. (Возникающее при этом снижение прочности шва компенсируется повышенным содержанием в электродном материале марганца и кремния или введением этих элементов в шов из материала покрытия).

Для предотвращения образования холодных трещин требуется применить предварительный подогрев свариваемых деталей до $250-300^{\circ}C$, чем достигается снижение скорости охлаждения металла в околошовной зоне и, как следствие, предотвращение образования в ней закалочных структур.

Вследствие значительной толщины сварочного шва он выполняется двухслойным с несовпадением стыков швов в различных слоях и очисткой металлической щеткой поверхности предыдущего слоя от окалины и шлаков.

2.3. Установление диаметра, группы, типа и марки электрода.

Диаметр электрода выбираем, исходя из толщины свариваемых изделий: для толщины свариваемых изделий 6 мм оптимальный диаметр $d_3=4$ мм.

Тип электрода выбираем, исходя из прочностных свойств свариваемого материала (предел прочности материала сварного шва не должен уступать значению аналогичного показателя стали 09Г2 ($\sigma_b=440$ МПа [9])): электрод группы У типа Э46 марки МР-3 (одной из наиболее распространенной) с рутиловым покрытием.

2.4. Расчет массы наплавленного металла и количества необходимых для сварки электродов.

Площадь сечения сварного шва стыкового соединения (рис. 12):

$$F_{ст} = K_{ст} \cdot (F_{2\Delta} + F_{\blacksquare}) = 1,2 (3 \cdot 1,5 + 2 \cdot 6) \approx 20 \text{ мм}^2,$$

где $K_{ст}$ - коэффициент, учитывающий увеличение площади сечения шва за счет высоты усиления h_1 и величины проплава h_2 (рис.7) (Принимаем равным 1,2).

Объем сварного шва стыкового соединения:

$$V_{ст} = F_{ст} \cdot L_{ст} = 20 \cdot (1000 + 2 \cdot 200) = 2,8 \cdot 10^4 \text{ мм}^3 = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3,$$

где $L_{ст}$ - длина сварного шва стыкового соединения.

Площадь сечения углового сварного шва нахлесточного соединения с нормальной поверхностью (рис. 13):

$$F_{нахл} = F_{\Delta} = 0,5 \cdot 8 \cdot 8 = 32 \text{ мм}^2$$

Объем сварного шва нахлесточного соединения:

$$V_{нахл} = F_{нахл} \cdot L_{нахл} = 32 \cdot 1000 = 3,2 \cdot 10^4 \text{ мм}^3 = 3,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3,$$

где $L_{нахл}$ - длина сварного шва нахлесточного соединения.

Суммарный объем сварного шва:

$$V_{\Sigma} = V_{ст} + V_{нахл} = 6 \cdot 10^4 \text{ мм}^3 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Масса наплавленного металла в сварном шве изделия:

$$g_{Me} = V_{\Sigma} \cdot \rho = 6 \cdot 10^{-5} \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 0,47 \text{ кг} = 470 \text{ г},$$

где ρ - плотность материала шва (для стали $7,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$).

Необходимая масса электродного материала:

$$g_{\Sigma} = g_{Me} / 0,8 = 590 \text{ г}.$$

Масса рабочей части электрода ($L_{эл} = 420$ мм) диаметром 4 мм стандартной длины:

$$g_{\Sigma} = F_{эл} \cdot L_{эл} \cdot \rho = (3,14 \cdot 4^2 \cdot 420 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3})/4 = 40 \text{ г.}$$

Количество электродов, необходимое для изготовления изделия:

$$N = g_{\Sigma} / g_{\Sigma} = 590 / 40 \approx 15 \text{ электродов.}$$

2.4 Установление силы сварочного тока, основного времени сварки, эффективной мощности дуги.

Сила сварочного тока определяется по формуле (1) и равна

$$I = (20 + 5 \cdot 4) \cdot 4 = 160 \text{ А.}$$

Напряжение дуги (2):

$$U_d = 15 + 3,3 \cdot 2 = 21,6 \text{ В.}$$

Основное время сварки (3):

$$t = 590 / 10 / 160 = 0,37 \text{ часа} = 22 \text{ мин}$$

Полная мощность, выделяющаяся в столбе дуги (4):

$$Q = 160 \cdot 21,6 = 3456 \text{ Вт.}$$

Эффективная мощность дуги:

$$Q_{\Sigma} = 0,75 \cdot 3456 = 2592 \text{ Вт} = 2,6 \text{ кВт.}$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «Паяльное производство»

Введение

Пайкой называют процесс соединения деталей посредством припоя — более легкоплавкого сплава, который смачивает поверхности деталей и затвердевая, связывает их. Пайка похожа на сварку плавлением, но при сварке кромки деталей обязательно оплавляются, а при пайке плавится только припой и может происходить лишь взаимное растворение паяемого материала и припоя.

Современная пайка — это группа технологических процессов, позволяющая соединять практически любые металлические сплавы и во многих случаях получать соединения, равнопрочные с основным металлом. Эти соединения пригодны для эксплуатации в самых разнообразных условиях, в том числе при температурах 1000⁰С и выше.

Цель работы — изучение основ технологии паяльного производства. Получение практического навыка пайки деталей из различных металлических конструкционных материалов с использованием паяльника.

2.1. Основные типы паяных соединений

Широко применяются три основные формы паяных соединений: *нахлесточное, стыковое и соединение «в ус»* (рис. 2.1).

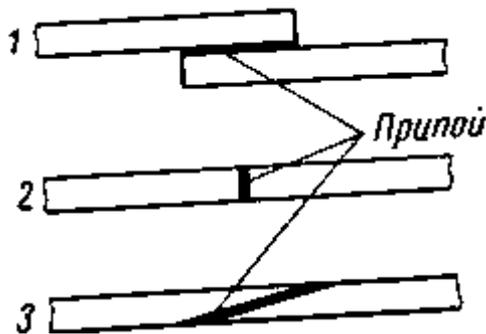


Рис. 2.1. Формы паяных соединений:
1- нахлесточное, 2- стыковое, 3- "в ус"

Наиболее распространенным является нахлесточное соединение (рис. 2.1, поз. 1), удобное для выполнения и весьма прочное. Увеличивая перекрытие нахлесточного соединения, можно повышать его прочность и в большинстве случаев достигнуть равнопрочности с основным металлом. Стыковое соединение (рис. 2.1, поз. 2) имеет лучший внешний вид и при хороших припоях и правильном выполнении часто может обеспечить достаточную прочность (предел прочности может достигать до 400...450 МПа). Стыковое соединение применяется в тех случаях, когда удвоение толщины металла нежелательно. Соединение "в ус" (рис. 2.1, поз. 3), требующее усложненной подготовки кромок, совмещает преимущества стыкового и нахлесточного соединений и обеспечивает хороший внешний вид и отсутствие выступающих кромок. Соединение "в ус" дает возможность достичь равнопрочности с целым сечением за счет увеличения рабочей площади соединения.

Существенное значение имеет величина зазора между спаиваемыми кромками, которая должна быть малой как для улучшения всасывания жидкого припоя действием капиллярных сил, так и для увеличения прочности соединения. Для серебряных припоев рекомендуется зазор 0,05...0,15 мм; для пайки медью в защитном газе рекомендуются зазоры 0,1...0,2 мм.

2.2. Подготовка деталей под пайку. Виды нагрева

Строгие требования в отношении величины зазора при пайке заставляют производить достаточно чистую механическую обработку поверхностей, так как грубая обработка, например опиловка напильником или опескоструивание, может быть причиной чрезмерного расхода припоя в соединении и резкого падения его прочности.

Для хорошего смачивания припоем поверхность, подлежащая пайке, должна быть безукоризненно чистой. Обезжиривать можно горячей щелочью, трихлорэтиленом или четыреххлористым углеродом. Окислы удаляют травлением в кислотах с последующей тщательной промывкой и сушкой.

Механическую очистку производят протиркой ветошью, тонкой наждачной бумагой, шлифованием мелкозернистыми шлифовальными кругами, щетками и т. д. При сборке часто предварительно наносят флюс на кромки и размещают припой между кромками; в этом случае применя-

ют припой в форме фольги или тонкого порошка, или же припой в виде проволоки или ленты, помещаемой около места пайки.

Собранные детали перед пайкой должны быть достаточно прочно скреплены проволочными связками, шпильками, точечной сваркой и т. д., с тем что бы устранить возможность смещения деталей при нагреве и в процессе пайки. Поверхность изделий, которая не должна облуживаться, покрывают перед пайкой пастой из мела, глины, графита или их смесей, или смачивают раствором хромовой кислоты и тому подобными веществами, предотвращающими прилипание припоя к поверхности изделия.

Нагрев при пайке осуществляют разными способами. Основные из них — пайка в печах, индукционная, сопротивлением, паяльниками, погружением в расплавы солей или припоев.

При пайке возможны следующие дефекты: смещение паяемых элементов; раковины в швах; пористость в паяном шве; флюсовые и шлаковые включения; трещины; непропай; деформации местные и общие.

2.3. Виды флюсов и припоев

Припой прочно соединяется с поверхностью изделия только тогда, когда хорошо смачивает ее, для чего необходимо что бы поверхность была тщательно очищена от оксидов и загрязнений. Для удаления пленок оксидов с поверхностей паяемого материала и припоя и для предотвращения их образования при пайке используют паяльные флюсы. Некоторые припои, содержащие энергичные раскислители (бор, кремний, барий, щелочные металлы и др.) могут сами выполнять роль флюсов, переводя в шлак оксидные пленки. Такие припои называют *самофлюсующимися*.

Процессы пайки подразделяют по температуре плавления припоя на две группы: пайка низкотемпературными припоями ($T_{пл}$ до $450^{\circ}C$) и пайка высокотемпературными припоями ($T_{пл}$ выше $450^{\circ}C$). Низкотемпературные припои используют в промышленности и в быту для пайки изделий, которые не подвергаются воздействию высоких температур и значительных механических нагрузок. Высокотемпературные припои применяют тогда, когда требуются высокая прочность и (или) работоспособность при повышенных температурах.

Наиболее распространенными *низкотемпературными* припоями являются оловянно-свинцовые. Обозначают буквами ПОС и цифрами, указывающими содержание олова в процентах. Минимальную температу-

ру плавления 183°C и лучшие технологические свойства имеет припой ПОС-61 эвтектического состава 61%Sn - 39%Pb. Этот припой, а так же припои ПОС-50, ПОС-40 используются для пайки меди, латуни, бронз, сталей.

Пайку низкотемпературными припоями наиболее часто проводят при нагреве паяльником, реже - газовыми горелками и погружением в ванну с расплавленным припоем. В качестве флюса используют канифоль, техническую соляную кислоту, хлористый аммоний (нашатырь) NH_4Cl , хлористый цинк ZnCl_2 (используется, как правило, вместе с оловянно-свинцовыми припоями для пайки паяльником углеродистых и низколегированных сталей), раствор канифоли в спирте с добавкой ортофосфорной кислоты (используется для пайки коррозионностойких сталей, содержащих на своей поверхности оксидную пленку из Cr_2O_3) и др. Предел прочности $\sigma_{\text{в}}$ большинства низкотемпературных припоев 32...70 МПа, относительное удлинение 35...50 %.

Для низкотемпературной пайки изделий из алюминиевых и цинковых сплавов используют припои на основе цинка с оловом.

К *высокотемпературным припоям* относят медь, латунь и ряд других медных сплавов, используемых для пайки углеродистых и многих легированных сталей, никеля и никелевых сплавов. Предел прочности $\sigma_{\text{в}}$ высокотемпературных припоев достигает 500 МПа.

Медь — самый распространенный из высокотемпературных припоев. Она обладает хорошей жидкотекучестью и легко затекает в капиллярные зазоры.

Для пайки нержавеющей стали медью в качестве флюса применяется смесь из равных частей буры $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ и борной кислоты $\text{B}(\text{OH})_3$, замешанных на насыщенном водном растворе хлористого цинка до пастообразного состояния. При пайке серого ковкого чугуна для выжигания графита и увеличения чистой металлической поверхности, смачиваемой припоем, во флюсы часто вводят сильные окислители (хлорат калия, перекись марганца, окись железа и т. д.).

В электротехнической промышленности для пайки меди и ее сплавов широко применяют сплавы меди с 4...9 % Р и добавками других элементов с температурой плавления 850°C . Пайку этими припоями можно производить без флюса, так как они самофлюсующиеся.

Латунями паяют углеродистые стали, медь и чугун при быстром нагреве токами высокой частоты, в печах, пламенем газовой горелки или в соляных ваннах; в качестве флюсов используют буру и различные смеси. В качестве припоев можно использовать простые латуни, например, Л62 (сплав 62%Cu - 38%Zn), но лучше пользоваться оловянокремнистыми латунями, например, ЛОК62-06-04 (62%Cu - 0,6%Sn - 0,4%Si - ост. Zn). Кремний является активным раскислителем, поэтому цинк испаряется меньше и швы получаются более плотными. Температуры полного расплавления медно-цинковых припоев 825...980°C, предел прочности σ_b 210...340МПа, относительное удлинение 1...48%.

В газовых защитных средах и в вакууме латунями не паяют из-за испарения цинка.

Латуни неприменимы для пайки коррозионностойких сталей типа 12Х18Н10Т из-за образования трещин в соединении: цинк коррозионно-агрессивен по отношению к этой стали. Изделия из нержавеющей сталей паяют в вакууме или в инертных газах припоями на основе медь—никель и медь—никель—марганец (ВПр1, ВПр2, ВПр4 и др.). Они позволяют получать соединения с пределом выносливости 200—240МПа. Температуры полного расплавления этих припоев 900—1280 °С. При пайке в вакууме марганец из припоя частично испаряется, и температура плавления припоя растет. Поэтому температура распайки соединения выше температуры пайки, и оно является жаропрочным до 500 °С и выше.

Изделия из меди и стали, испытывающие повышенные статические и вибрационные нагрузки, предпочтительно паять серебряными припоями (15...71% Ag, остальное — медь и добавки). Они отличаются высокой пластичностью и технологичны. Особенно широко применяют припой ПСр72, содержащий 72% Ag с очень хорошими технологическими свойствами и температурой плавления 779°C. Применение серебряных припоев лимитируется лишь дефицитностью серебра.

Для пайки коррозионностойких, жаропрочных и жаростойких сталей и сплавов применяют никелевые припои. Большинство из них содержит хром, повышающий жаропрочность и жаростойкость, а также элементы, снижающие температуру плавления (Si, P, B, Mn и др.). Температуры плавления этих припоев находятся в интервале 900 — 1280°C. Легирование никелевых припоев бором и щелочными металлами

обеспечивает им самофлюсуемость и позволяет паять коррозионностойкие и конструкционные стали в среде аргона без флюсов.

Алюминиевые сплавы паяют алюминийкремниевыми припоями. Обычно используют эвтектический сплав силумин, содержащий 12% Si и плавящийся при 577°C . В качестве флюса используют состав 34А, представляющий собой смесь хлоридов и фторидов щелочных металлов.

2.4. Порядок выполнения работы

1. На примере представленных образцов изучить виды паяных соединений.

2. С использованием паяльника, обезжиривателя (четырёххлористого углерода), низкотемпературного припоя ПОС-61, необходимых флюсов (канифоли и раствора канифоли в спирте с добавкой ортофосфорной кислоты) осуществить пайку представленных образцов из меди, углеродистой и нержавеющей стали.

3. Для изготовления методом пайки неразъемного соединения из металлического материала, заданных состава и прочности ($\sigma_{\text{в}}$), подобрать виды пайки и паянного соединения, а так же необходимые припой и флюс.

4. Составить отчет с описанием основных закономерностей процесса пайки с указанием ее преимуществ и недостатков по сравнению со сваркой. Представить графическое изображение заданной паяной конструкции, описать технологии подготовки ее элементов под пайку и проведения процесса пайки. Привести основные характеристики выбранных припоя и флюса.

Рекомендуемая литература

1. *Иванов С. Л., Кувшинкин С. Ю.* Технология конструкционных материалов: Конспект лекций. СПбГИ. СПб, 2001, 75с.
2. *Материаловедение и технология металлов: Учеб. пособие.* Под ред. Фетисова Г. П. М.: Высш. шк., 2000, 686с.
3. *Металловедение и технология металлов: Учебник для вузов.* Под ред. Солнцева Ю. П. М.: Металлургия, 1988, 512с.
4. *Технология металлов и материаловедение.* Под ред. Усовой Л. Ф. М.: Металлургия, 1987, 800с.
5. *Ерохин А. А.* Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. М.: Машиностроение, 1973, 448с.
6. *Хренов К. К.* Сварка, резка и пайка металлов. М.: Машиностроение, 1970, 408с.
7. *Справочник сварщика.* Под ред. Степанова В. В. М.: Машиностроение, 1982, 320с.
8. *Ободянский А. В., Золотарев И. А.* Справочное пособие по сварке сталей. Днепропетровск, Промінь, 1973, 220с.
9. *Марочник сталей и сплавов.* Под ред. В. Г. Сорокина. М.: Машиностроение. 1989, 350с.

Содержание

1. Сварочное производство. Изготовление деталей ручной электродуговой сваркой.....	3
1.1. Основные типы сварных соединений.....	3
1.2. Подготовка деталей под сварку.....	5
1.3. Задаваемые параметры и дефекты сварного шва.....	8
1.4. Источники питания и параметры сварки.....	11
1.5. Электроды для ручной электросварки с плавящимся электродом.....	12
1.6. Классификация электродов.....	16
1.7. Порядок выполнения работы.....	18
1.8. Содержание отчета и требования к его оформлению.....	19
1.9. Пример выполнения задания.....	19
2. Паяльное производство.....	25
2.1. Основные типы паяных соединений.....	25
2.2. Подготовка деталей под пайку. Виды нагрева.....	26
2.3. Виды флюсов и припоев.....	27
2.4. Порядок выполнения работы.....	30

Рекомендуемая
ра.....31

литерату-