

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
«ИРКУТСКИЙ ТЕХНИКУМ МАШИНОСТРОЕНИЯ
ИМ. Н.П. ТРАПЕЗНИКОВА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПО ПМ.02. Ручная дуговая сварка (наплавка, резка) плавящимся
покрытым электродом**

по профессии **15.01.05** *Сварщик (ручной и частично механизированной
сварки (наплавки))*

Квалификация:
Сварщик (ручной и частично
механизированной сварки (наплавки))

Иркутск, 2019

Методические указания по выполнению практических работ по профессиональному модулю ПМ 02 Ручная дуговая сварка (наплавка, резка) плавящимся покрытым электродом 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)) / Сост. Д.Г. Тутукин – Иркутск: ГБПОУ ИТМ, 2019. – 129 с.

Методические указания разработаны для обучающихся по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)) для оказания практической помощи при выполнении практических работ по.

РАССМОТРЕН
на заседании ЦК сварочного производства
и строительных профессий
Протокол № 9 от 6 мая 2019 г.

Содержание

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ.....	4
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1. РАСЧЁТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ.....	7
ЦЕЛЬ РАБОТЫ: ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ РАСЧЁТА РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ.	7
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2. ПОДСЧЕТ РАСХОДА СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ.....	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3. ОЦЕНКА СВАРИВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ. ФОРМУЛА УГЛЕРОДНОГО ЭКВИВАЛЕНТА.....	14
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4. ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СВАРИВАЕМОСТЬ СТАЛЕЙ.....	21
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5. СВАРКА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ.....	24
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ НА СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ.....	25
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7. ТЕХНИКА СВАРКИ СТЫКОВЫХ ШВОВ В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ.....	29
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8. ТЕХНИКА СВАРКИ СТЫКОВЫХ ШВОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ И ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ.....	30
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 9. ТЕХНИКА СВАРКИ УГЛОВЫХ ШВОВ В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ.....	31
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 10. ТЕХНИКА СВАРКИ УГЛОВЫХ ШВОВ В ВЕРТИКАЛЬНОМ И ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПОЛОЖЕНИИ.....	32
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 11. ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ.....	33
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 12. ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДУГОВОЙ И ВОЗДУШНО-ДУГОВОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ.....	35
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 13. ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНИКИ СВАРКИ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ.....	38
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 14. ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНИКИ СВАРКИ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ.....	41
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №15. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И МАТЕРИАЛОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ.....	44

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В настоящих методических указаниях представлены методические материалы к выполнению практических и лабораторных работ по ПМ 02 Ручная дуговая сварка (наплавка, резка) плавящимся покрытым электродом, предназначенные для студентов, обучающихся по профессии 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

Выполнение практических и лабораторных работ каждым обучающимся является обязательным и предусмотрено федеральным государственным образовательным стандартом 15.01.05 Сварщик (ручной и частично механизированной сварки (наплавки)).

Цель проведения практических и лабораторных работ – получение обучающимися практических навыков, закрепление теоретических знаний на практике, научиться на основании выполненной работы делать значимые для профессиональной деятельности выводы и обобщения др.

Предлагаемые работы предназначены для развития навыков:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- углублению и расширению теоретических знаний;
- формированию умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитию познавательных способностей и активности, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формированию самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формированию общих и профессиональных компетенций;
- развитию исследовательских умений.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические занятия проводятся в кабинете №. 105

Перед проведением практических работ проверяют исправность технического оборудования, подбирают и комплектуют необходимые для занятия оборудование и приспособления.

Подготовка к проведению практических работ включает подготовку преподавателя, обучающихся и помещения.

Подготовка преподавателя состоит в определении форм и методов проведения практических работ, подборе заданий для обучающихся, разработке инструкций для выполнения заданий и отчетов о результатах работ.

Подготовка обучающихся заключается в повторении теоретического материала по теме занятия, выполнении практических заданий по предложенным темам, составлению плана работ и т. д.

Занятие ведется обучающимися индивидуально или в группе.

Для каждого обучающегося предусмотрено рабочее место: учебные столы,

стулья. Обучающиеся, получив инструкции по выполнению, выполняют задание самостоятельно. Каждый из них выполняет задание, которые являются обязательными для выполнения.

Преподаватель контролирует ход занятия, обращает внимание на правильность выполнения задания.

Наименование практического занятия	Кол-во часов
Практическое занятие № 1. Расчёт основных параметров ручной дуговой сварки	2
Практическое занятие № 2. Подсчет расхода сварочных материалов при ручной дуговой сварки.	2
Практическое занятие № 3. Оценка свариваемости сталей. Формула углеродного эквивалента.	4
Практическое занятие № 4. Изучение влияния легирующих элементов на свариваемость сталей.	2
Практическое занятие № 5. Изучение особенностей сварки цветных металлов и их сплавов.	2
Практическое занятие № 6. Составление технологической карты на сборочно-сварочные работы	4
Практическое занятие № 7. Техника сварки стыковых швов в нижнем положении.	4
Практическое занятие № 8. Техника сварки стыковых швов в вертикальном и горизонтальном положении.	4
Практическое занятие № 9 Техника сварки угловых швов в нижнем положении.	4
Практическое занятие № 10 Техника сварки угловых швов в вертикальном и горизонтальном положении.	4
Практическое занятие № 11 Изучение особенностей дуговой наплавки плавящимся электродом	4
Практическое занятие № 12 Изучение особенностей дуговой и воздушно-дуговой резки металлов	4
Практическое занятие № 13 Изучение особенностей техники сварки в различных пространственных положениях	4
Практическое занятие № 14 Изучение особенностей техники сварки в различных пространственных положениях	4
Лабораторная работа № 1 Определение основных параметров ручной дуговой наплавки.	4

Практическое занятие № 1. Расчёт основных параметров ручной дуговой сварки

Цель работы: Закрепление практических навыков расчёта режимов ручной дуговой сварки.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Рассчитать параметры РДС

Теоретический материал:

Режим дуговой сварки (РДС) – это комплекс мер, показателей и параметров, которые необходимо поддерживать и соблюдать для правильного осуществления соединения дугой вручную. Режимы ручной дуговой сварки можно определить, как условия нормального функционирования самого процесса соединения деталей при различных обстоятельствах. В зависимости от разных показателей параметров, осуществляется правильный выбор режимов конкретного вида РДС и выбор режима сварки в целом.

Условно параметры режима ручной дуговой электросварки можно разделить на два вида: основные и дополнительные. К основным параметрам режима сварки при ручной дуговой сварке относятся диаметр электрода, свойства и величину сварочного тока, напряжение дуги. К дополнительным параметрам относят положение шва на изделии, состав и толщину металла, скорость соединения изделия и покрытие электрода. Рассмотрим отдельно каждый из них.

Сварочный ток

Ток обладает определяющими свойствами: родом, полярностью и силой. По роду ток подразделяется на постоянный и переменный. Полярность бывает прямая и обратная.

Большинство сварных аппаратов работают на постоянном токе. Отличие постоянного тока от переменного в том, что постоянный ток не изменяется по направлению и по величине. Тем самым он обеспечивает стабильность горения дуги. Единственный минус постоянного тока в процессе соединения металлов – это возможность появления эффекта магнитного дутья. Оно возникает при соединении больших конструкций, когда постороннее магнитное поле (от намагниченных изделий) воздействует на магнитное поле дуги. Дуга в этом случае начинает «выбегать» за пределы области нахождения шва и стабильность горения резко снижается. С данным минусом можно бороться путем

- ограждения места работы специальными экранами, защищающими от «лишних» магнитных полей
- заземления свариваемых поверхностей
- определить возможные варианты для использования переменного тока

Плюс работы на постоянном токе – стабильно горящая дуга и возможность выбора полярности. Прямую полярность называют еще электрод-отрицательной, обратную – электрод-положительной. Обратная полярность возникает при присоединении электрода к плюсу, а металл к минусу. При прямой полярности все наоборот. Отличие между полярностями в следующем. Законы физики гласят, что

куда присоединить плюс, тот элемент и нагревается больше. Таким образом, при прямой полярности нагревается больше металлическое изделие. Эту полярность нужно использовать для соединения толстых деталей, так как для этого процесса как раз и нужно большее расплавление металла для получения хорошего шва. Если прямую полярность использовать на тонком изделии – оно «сгорит» и шов получится некачественным. Для тонких металлов проводят обратную полярность.



Рис.1 Полярность тока

Величина силы тока определяется характеристиками конкретного сварочного аппарата. В современных моделях эти показатели указываются в инструкции. Если по каким-то причинам инструкция у вас отсутствует, тогда силу тока можно выбрать в зависимости от диаметра используемого электрода. Не допускается использование силы тока, которая больше подходящей конкретному электроду. В этом случае покрытие электрода, при каком осуществляется соединение, будет повреждено, дуга будет работать нестабильно. Использование слишком большого размера электрода также плохо влияет на процесс соединения металлов: плотность тока снижается, дуга «убегает», ее длина изменяется, сварной шов ровным и качественным не получается.

Диаметр электрода

Режимы сварки зависят от вида электрода. Выбор его диаметра зависит от толщины металла и положения шва. При любой толщине, швы в вертикальном положении, горизонтальные и потолочные швы варятся только 4-х мм диаметром. Если шов многослойный, то для варки первого шва используется электрод 3 или 4 мм, а последующие швы корректируют с помощью электрода больших размеров.

В таблице ниже приведены параметры ручной дуговой сварки при соотношении тока, толщины металла и диаметра электрода.

Таблица 1. Зависимость диаметра электрода и силы тока от толщины свариваемого металла.

Толщина заготовки, мм	Толщина электрода, мм	Сила тока, А
0,5	1	10-20
1-2	1,5-2	30-45
3	3	65-100
4-5	3-4	100-160
6-8	4	120-200
9-12	4-5	150-200
13-15	5	160-250

Режим в зависимости от напряжения дуги

Напряжением дуги связано с ее длиной. Обычно напряжение устанавливают в диапазоне 20-36 В. Оно увеличивается в процессе увеличения длины дуги. Длина дуги может быть короткая, средняя и длинная.

Длина дуги – это расстояние от кончика электрода до свариваемого металла. Для выполнения качественного соединения нужно обеспечить стабильный размер дуги. Считается, что для новичков проще поддерживать средний в значении размер дуги. Можно сделать качественный шов при короткой дуге, но для этого нужен опыт и профессионализм.



Рис.2 Строение сварочной дуги.

Скорость сварки при ручной электродуговой сварке

Ручную электродуговую сварку характеризует скорость ее осуществления. Она влияет на ширину шва. Чем быстрее скорость, тем уже получается шов. При медленной работе шов получается широкий. Поперечные движения электродом в процессе соединения также влияют на ширину и еще на глубину шва. Слишком

быстро и очень медленно варить не стоит. При очень быстрой работе будут образовываться незаполненные металлом пространства, которые могут стать причиной появления трещин. Очень медленная работа электродом позволяет расплавленному металлу растекаться, что сделает изделие некачественным. Также различными могут быть движения торца электрода (зигзаги, «ёлочки»).

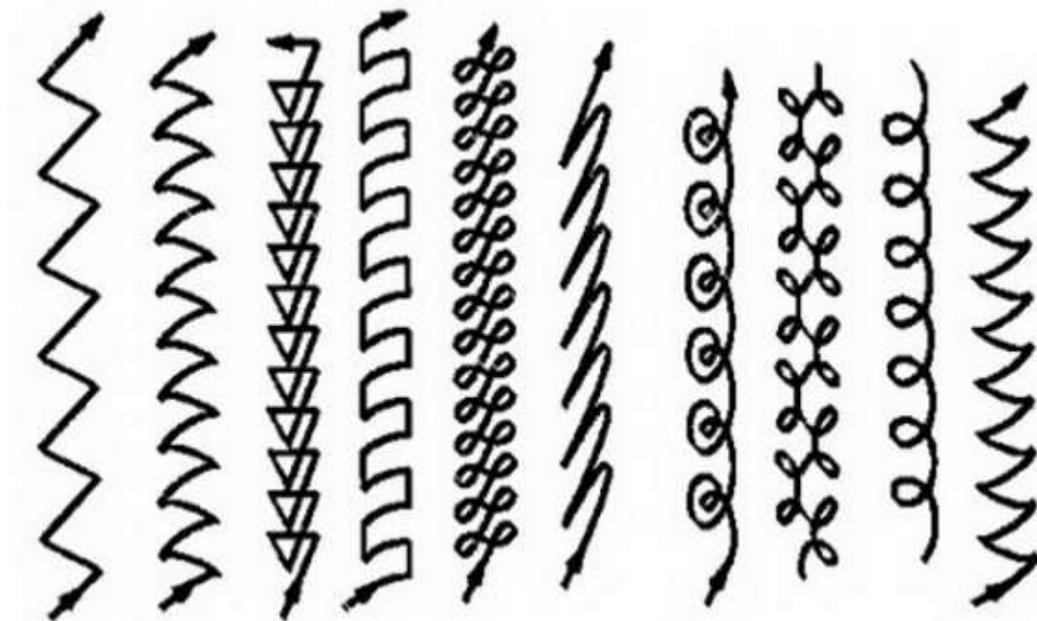


Рис.3 Варианты направления электрода при сварке

Таким образом, выбор режима ручной дуговой сварки – это комплекс действий, направленных на поиск нужных параметров для соединения конкретного изделия. Если вы не профессионал или даже совсем новичок в этом деле, тогда с первого раза выбор режима сварки, необходимого для конкретного изделия, может не получиться. Но для этого и существует практика, справочная информация, инструкции для ознакомления, в которых указаны параметры ручной дуговой сварки в зависимости от различных показателей. Стоит отметить, что в каждом случае все параметры подбираются индивидуально. Режимы ручной дуговой сварки покрытыми электродами можно выбрать самостоятельно.

Практическое занятие № 2. Подсчет расхода сварочных материалов при ручной дуговой сварки.

Цель работы: закрепить практические навыки расчёта расхода сварочных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Рассчитать расход сварочных материалов.

Теоретический материал:

Норма расхода H_3 (кг) покрытых электродов и сварочной проволоки на изготовление сварной конструкции определяется исходя из длины сварных швов $L_{ш}$ (м) и удельной нормы расхода электродов G_3 на 1 м шва данного типоразмера.

Норма расхода H_3 (кг) определяется по формуле 1:

$$H_3 = G_3 * L_{ш} \quad (1)$$

Удельную норму расхода G_3 (кг/м) в общем виде рассчитывают по формуле 2:

$$G_3 = k_p * m_H \quad (2),$$

где k_p - коэффициент расхода, учитывающий неизбежные потери покрытых электродов и сварочной проволоки;

m_H - расчетная масса наплавленного металла, кг/м.

Массу наплавленного металла m_H (кг/м) в рассчитывают по формуле 3:

$$m_H = \rho * F_H \quad (3),$$

где ρ - удельная плотность наплавленного металла, кг/м³,
 $\rho = 7850$ кг/м³ (для углеродистых сталей);

F_H - площадь поперечного сечения наплавленного металла шва.

Значения m_H и F_H для сварных соединений, широко применяемых в промышленности, приведены в разделе "Нормативы технологических расчётов для дуговой сварки" для ручной, частично механизированной и автоматической дуговой сварки плавлением. Так же в указанном разделе приведены формулы для расчета F_H конкретных толщин, установленных нормативной документацией.

Для электродуговой сварки необходимые размеры конструктивных элементов свариваемых кромок и сварных швов берут из стандартов ГОСТ 5264 – 80, ГОСТ 8713 – 79, ГОСТ 14771 – 76. Для электродуговой сварки стальных трубопроводов необходимые размеры конструктивных элементов свариваемых кромок и сварных швов берут из ГОСТ 16037 – 80.

Удельная норма расхода покрытых электродов и сварочной проволоки при дуговой сварке должна быть увеличена при сварке вертикальных или горизонтальных швов на 5%, при сварке потолочных швов на 10%, при сварке прерывистыми швами на 15%.

При ручной дуговой сварке коэффициент расхода k_p , учитывающий неизбежные потери покрытых электродов, определяется для каждой конкретной марки электрода по таблице 1.

Таблица 2. Коэффициенты расхода электродов для сварки сталей k_p

Группа электродов	Коэффициент расхода k_p	Марки электродов
I	1,4	ЛБ-52А «Гарант»; ВСФ-65У; ВСФ-75У; ВСФ-85; ОЗШ-1; ВСЦ-4А; ОЗЛ-25Б
II	1,5	УОНИ-13/45; АНО-11; ТМУ-21У; ОЗС-18; ОЗС-6; ОЗС-17Н; ВСЦ-4; ВСЦ-60; ТМЛ-1У; ТМЛ-3У; УТ-28; ОЗЛ-5; ОЗЛ-29; ОЗЛ-25; ОЗЛ-36; АНВ-20; Пайплайнер6П+; ФоксЦель
III	1,6	ОЗЛ-8; ОЗЛ-7; ОЗЛ-14А; ОЗЛ-3; ОЗЛ-21, ОЗЛ-23; ВН-48; УОНИ-13/55К; ЦУ-5; ДСК-50; ОЗС-25; СК2-50; УОНИ-13/55У; АНП-2; УОНИ-13/85; АНО-5; ОЗС-23; АНО-4; АНО-14; ОЗС-4; ОЗС-22Н; ОЗС-22Р; ТМЛ-4В; ЦЛ-39; СМВ-96; СМА-96; ОЗЛ-6; ОЗЛ-2; АНЖР-2, ЛБ-52У; УОНИ-13/65
IV	1,7	ОЗЛ-37-1; СМ-11; ОЗС-24; АНО-6; АНО-18; ОЗС-12; ОЗС-21; ОМА-2; ОЗЛ-9А; ГС-1; АНЖР-1; АНЖР-3У; ОЗЛ-19; НИИ-48Г; УОНИ-13/НЖ; ЦЛ-11; ЦТ-15; ЦЛ-9; ОЗЛ-17У, УОНИ-13/55; МР-3; МР-3С; ОК-46.00; ОК-53.70; ОК-74.70

Коэффициенты расхода электродов k_p , указанные в таблице 1, определены экспериментальным путем для следующих марок электродов: Пайплайнер 6П+, ФоксЦель, ЛБ-52У, ЛЭЗ УОНИ-13/65, ЛЭЗ УОНИ-13/55, МР-3, ЛЭЗ МР-3С, ОК-46.00, ОК-53.70; ОК-74.70.

Коэффициент расхода k_p , учитывающий неизбежные потери покрытых электродов, определен для электродов длиной 450 мм. При применении электродов другой длины необходимо в технологических расчетах использовать поправочный коэффициент $k_{п}$, который составляет 1,02 для длины электрода 400 мм, 1,04 для длины электрода 350 мм, 1,07 для длины электрода 300 мм, 1,12 для длины электрода 250 мм.

Практическое занятие №3. Оценка свариваемости сталей. Формула углеродного эквивалента

Цель работы: изучить свариваемость сталей.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного трансформатора.

Описать области его применения.

Теоретический материал:

При оценке свариваемости роль химического состава стали является преобладающей. По этому показателю в первом приближении проводят оценку свариваемости.

Влияние основных легирующих примесей на свариваемость сталей приведены ниже.

Свариваемость - определение понятия.

ГОСТ 23870-79 Свариваемость сталей Метод оценки влияния сварки плавлением на основной металл

Классификация легированных сталей.

Влияние легирующих элементов на склонность наплавленного металла к образованию трещин.

ГОСТ 29273-92 Свариваемость - Определение

Свариваемость меди

Углерод (С) – одна из важнейших примесей, определяющая прочность, пластичность, закаливаемость и др. характеристики стали. Содержание углерода в сталях до 0,25% не снижает свариваемости. Более высокое содержание "С" приводит к образованию закалочных структур в металле зоны термического влияния (далее по тексту – ЗТВ) и появлению трещин.

Сера (S) и фосфор (P) – вредные примеси. Повышенное содержание "S" приводит к образованию горячих трещин – красноломкость, а "P" вызывает хладноломкость. Поэтому содержание "S" и "P" в низкоуглеродистых сталях ограничивают до 0,4-0,5%.

Кремний (Si) присутствует в сталях как примесь в количестве до 0,3% в качестве раскислителя. При таком содержании "Si" свариваемость сталей не ухудшается. В качестве легирующего элемента при содержании "Si" – до 0,8-1,0% (особенно до 1,5%) возможно образование тугоплавких оксидов "Si", ухудшающих свариваемость стали.

Марганец (Mn) при содержании в стали до 1,0% – процесс сварки не затруднен. При сварке сталей с содержанием "Mn" в количестве 1,8-2,5% возможно появление закалочных структур и трещин в металле ЗТВ.

Хром (Cr) в низкоуглеродистых сталях ограничивается как примесь в количестве до 0,3%. В низколегированных сталях возможно содержание хрома в пределах 0,7-3,5%. В легированных сталях его содержание колеблется от 12% до 18%, а в высоколегированных сталях достигает 35%. При сварке хром образует карбиды, ухудшающие коррозионную стойкость,

стали. Хром способствует образованию тугоплавких оксидов, затрудняющих процесс сварки.

Никель (Ni) аналогично хрому содержится в низкоуглеродистых сталях в количестве до 0,3%. В низколегированных сталях его содержание возрастает до 5%, а в высоколегированных – до 35%. В сплавах на никелевой основе его содержание является преобладающим. Никель увеличивает прочностные и пластические свойства стали, оказывает положительное влияние на свариваемость.

Ванадий (V) в легированных сталях содержится в количестве 0,2-0,8%. Он повышает вязкость и пластичность стали, улучшает ее структуру, способствует повышению прокаливаемости.

Молибден (Mo) в сталях ограничивается 0,8%. При таком содержании он положительно влияет на прочностные показатели сталей и измельчает ее структуру. Однако при сварке он выгорает и способствует образованию трещин в наплавленном металле.

Титан и ниобий (Ti и Nb) в коррозионноустойчивых и жаропрочных сталях содержатся в количестве до 1%. Они снижают чувствительность стали к межкристаллитной коррозии, вместе с тем ниобий в сталях типа 18-8 способствует образованию горячих трещин.

Медь (Si) содержится в сталях как примесь (в количестве до 0,3% включительно), как добавка в низколегированных сталях (0,15 до 0,5%) и как легирующий элемент (до 0,8-1%). Она повышает коррозионные свойства стали, не ухудшая свариваемости.

При оценке влияния химического состава на свариваемость сталей, кроме содержания углерода, учитывается также содержание других легирующих элементов, повышающих склонность, стали к закалке. Это достигается путем пересчета содержания каждого легирующего элемента стали в эквиваленте по действию на ее закаливаемость с использованием переводных коэффициентов, определенных экспериментально. Суммарное содержание в стали углерода и пересчитанных эквивалентных ему количеств легирующих элементов называется углеродным эквивалентом. Для его расчета существует ряд формул, составленных по различным методикам, которые позволяют оценить влияние химического состава низколегированных сталей на их свариваемость:

$$\text{СЭКВ} = \text{C} + \text{Mn}/6 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/5 + \text{V}/5 + \text{Ni}/15 + \text{Si}/15 \text{ (метод МИС);}$$

$$\text{СЭКВ} = \text{C} + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Ni}/40 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/4 \text{ (японский метод);}$$

$$[\text{C}]\text{X} = \text{C} + \text{Mn}/9 + \text{Cr}/9 + \text{Ni}/18 + 7\text{Mo}/90 \text{ (метод Сефериана),}$$

где цифры указывают содержание в стали в массовых долях процента соответствующих элементов.

Каждая из этих формул приемлема лишь для определенной группы сталей, однако значение углеродного эквивалента может быть использовано при решении практических вопросов, связанных с разработкой технологии сварки. Достаточно часто расчеты химического углеродного эквивалента для углеродистых и низколегированных конструкционных сталей перлитного класса выполняются по формуле Сефериана.

По свариваемости стали условно делят на четыре группы: хорошо сваривающиеся, удовлетворительно сваривающиеся, ограниченно сваривающиеся, плохо сваривающиеся (табл. 1.1).

К первой группе относят наиболее распространенные марки низкоуглеродистых и легированных сталей ($[C]X \leq 0,38$), сварка которых может быть выполнена по обычной технологии, т.е. без подогрева до сварки и в процессе сварки, а также без последующей термообработки. Литые детали с большим объемом наплавленного металла рекомендуется сваривать с промежуточной термообработкой. Для конструкций, работающих в условиях статических нагрузок, термообработку после сварки не производят. Для ответственных конструкций, работающих при динамических нагрузках или высоких температурах, термообработка рекомендуется

Ко второй группе относят углеродистые и легированные стали ($[C]x=0,39-0,45$), при сварке которых в нормальных условиях производства трещин не образуется. В эту группу входят стали, которые для предупреждения образования трещин необходимо предварительно нагревать, а также подвергать последующей термообработке. Термообработка до сварки различная и зависит от марки стали и конструкции детали. Для отливок из стали 30Л обязателен отжиг. Детали машин из проката или поковок, не имеющих жестких контуров, можно сваривать в термически обработанном состоянии (закалка и отпуск). Сварка при температуре окружающей среды ниже 0°C не рекомендуется. Сварку деталей с большим объемом наплавленного металла рекомендуется проводить с промежуточной термообработкой (отжиг или высокий отпуск)

Таблица 1. Классификация сталей по свариваемости.

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
Хорошо сваривающиеся	380-94*	Низкоуглеродистые Ст1-Ст4 (кп, пс, сп)
	1050-88	08-25 (кп, пс)
	803-81	11ЮА, 18ЮА
	4041-71	08Ю, 25пс
Хорошо сваривающиеся	5520-79	15К, 16К, 18К, 20К, 22К
	5521-93	А, А32, А36, А40, В, Д, Д32, Д36, Д40, Е, Е32, Е36, Е40
	5781-82	10ГТ
	977-88	15Л, 20Л, 25Л
	4543-71	Низколегированные 15Г, 20Г, 25Г, 10Г2, 12ХН, 12ХН2, 15Н2М, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХФ, 20Н2М
	19281-89	09Г2, 09Г2С, 09Г2Д, 10Г2Б, 10Г2БД, 12ГС, 16ГС, 17ГС, 17Г1С, 10Г2С1, 09Г2СД, 10Г2С1Д, ЮХСНД, ЮХНДП, 14Г2АФ, 14Г2АФД, 15ГФД, 15ХСНД
977-88	08ГДНФЛ, 12ДН2ФЛ, 13ХДНФТЛ	
Удовлетворительно	380-94*	Углеродистые Ст5 (пс, сп), Ст5Гпс
	1050-88	30

Группа свариваемости	ГОСТ	Марка стали
сваривающиеся	977-75	30Л
	4543-71	Легированные 16ХГ, 18ХГТ, 14ХГН, 19ХГН, 20ХГСА, 20ХГР, 20ХН, 20ХНР, 12ХН3А, 20ХН2М
	19281-89	15Г2АФДпс, 16Г2АФД, 15Г2СФ, 15Г2СФД
	10702-78**	20Г2С
	5781-82	18Г2С, 25Г2С
	977-88	20ГЛ, 20ГСЛ, 20ФЛ, 20Г1ФЛ, 20ДХЛ, 12ДХН1МФЛ
Ограниченно сваривающиеся	380-94*	Углеродистые Ст5 (пс, сп), Ст5Гпс
	1050-88	35, 40, 45
	977-88	35Л 40Л, 45Л
	4543-71	Легированные 25ХГСА, 29ХН3А, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 20ХН4А, 25ХГМ, 35Г, 35Г2, 35Х, 40Х, 33ХС, 38ХС, 30ХГТ, 30ХРА, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 25ХГНМТ, 30ХГН3А, 20Х2Н4А
	11268-76	12Х2НВФА
	977-88	35ГЛ, 32Х06Л, 45ФЛ, 40ХЛ, 35ХГСЛ, 35НГМЛ, 20ХГСНДМЛ, 30ХГСФЛ, 23ХГС2МФЛ
Плохо сваривающиеся	1050-88	Углеродистые 50, 55
	977-88	50Л, 55Л
	4543-71	Легированные 50Г, 45Г2, 50Г2, 45Х, 40ХС, 50ХГ, 50ХГА, 50ХН, 55С2, 55С2А, 30ХГСН2А и др.
	11268-76	23Х2НВФА
	10702-78**	38ХГНМ
	5950-2000	9Х, 9Х1
	977-88	30ХНМЛ, 25Х2Г2ФЛ
1435-99	У7-У13А	

*ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94). ** В Украине отменен.

В случае, когда невозможен последующий отпуск, заваренную деталь подвергают местному нагреву. Термообработка после сварки разная для различных марок сталей. При заварке мелких дефектов стали, содержащей более 0,35% углерода, для улучшения механических свойств и обрабатываемости необходима термическая обработка (отжиг или высокий отпуск по режиму для данной стали).

К третьей группе относят углеродистые и легированные стали ([С]Х=0,46-0,59) перлитного класса, склонные в обычных условиях сварки к образованию трещин. Свариваемость сталей этой группы обеспечивается при использовании специальных технологических мероприятий, заключающихся в их предварительной термообработке и подогреве. Кроме того, большинство изделий из этой группы сталей подвергают термообработке после сварки. Для деталей и отливок из проката или поковок, не имеющих особо жестких контуров и жестких узлов, допускается заварка в термически обработанном состоянии (закалка и отпуск).

Без предварительного подогрева такие стали можно сваривать в случаях, когда соединения не имеют жестких контуров, толщина металла не более 14мм, температура окружающей среды не ниже +5°C и свариваемые соединения имеют вспомогательный характер. Во всех остальных случаях обязателен предварительный подогрев до температуры 200°C.

Термообработка данной группы сталей назначается по режиму, выбираемому для конкретной стали.

К четвертой группе относят углеродистые и легированные стали ($[C] \times 0,60$) перлитного класса, наиболее трудно поддающиеся сварке и склонные к образованию трещин. При сварке этой группы сталей с использованием рациональных технологий не всегда достигаются требуемые эксплуатационные свойства сварных соединений. Эти стали свариваются ограниченно, поэтому их сварку выполняют с обязательной предварительной термообработкой, с подогревом в процессе сварки и последующей термообработкой. Перед сваркой такая сталь должна быть отожжена. Независимо от толщины и типа соединения сталь необходимо предварительно подогреть до температуры не ниже 200°C. Термообработку изделия после сварки проводят в зависимости от марки стали и ее назначения.

Эксплуатационная надежность и долговечность сварных конструкций из низколегированных теплоустойчивых сталей зависит от предельно допустимой температуры эксплуатации и длительной прочности сварных соединений при этой температуре. Эти показатели определяются системой легирования теплоустойчивых сталей. По системе легирования стали можно разделить на хромомолибденовые, хромомолибденованадиевые и хромомолибденовольфрамовые (табл. 1.2). В этих сталях значение углеродного эквивалента изменяется в широких пределах и оценка свариваемости сталей по его значению нецелесообразна. Расчет температуры предварительного подогрева выполняется для каждой конкретной марки сталей.

Разделение высоколегированных сталей по группам (нержавеющие, кислотостойкие, жаростойкие и жаропрочные) в рамках ГОСТ5632-72 выполнено условно в соответствии с их основными служебными характеристиками, так как стали жаропрочные и жаростойкие являются одновременно кислотостойкими в определенных агрессивных средах, а кислотостойкие стали обладают одновременно жаропрочностью и жаростойкостью при определенных температурах.

Остановимся на кратких рекомендациях по технологии сварки высоколегированных сталей, которые, как уже отмечалось, разделяются на четыре группы.

Для хорошо сваривающихся высоколегированных сталей термообработку до и после сварки не проводят. При значительном наклепе металл необходимо закалить от 1050-1100°C. Тепловой режим сварки нормальный. К этой группе сталей можно отнести ряд кислотостойких и жаропрочных сталей с аустенитной и аустенитно-ферритной структурой.

Для удовлетворительно сваривающихся высоколегированных сталей перед сваркой рекомендуется предварительный отпуск при 650-710°C с

охлаждением на воздухе. Тепловой режим сварки нормальный. При отрицательной температуре сварка не допускается. Предварительный подогрев до 150-200°C необходим при сварке элементов конструкции с толщиной стенки более 10мм. После сварки для снятия напряжений рекомендуется отпуск при 650-710°C. К этой группе в первую очередь можно отнести большую часть хромистых сталей и некоторых хромоникелевых сталей.

Таблица 2. Марки теплоустойчивых и высоколегированных сталей и сплавов на железоникелевой и никелевой основе.

Класс	ГОСТ или ТУ	Марка стали
Перлитный или мартенситный	ГОСТ4543-71	Теплоустойчивые хромомолибденовые 15ХМ, 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ, 38Х2МЮА
	ТУ108-1028-81	34ХМА
	ГОСТ20072-74	12МХ, 15Х5М, 15Х5
	ГОСТ5520-79	12ХМ, 10Х2М, 10Х2М-ВД
	ГОСТ977-88	35ХМЛ
	ТУ5.961-11.151-80	20ХМЛ
	ГОСТ4543-71	Теплоустойчивые хромомолибденованадиевые и хромомолибденовольфрамовые 40ХМФА, 30Х3МФ
	ГОСТ20072-74	20Х1М1Ф1БР, 12Х1МФ, 25Х1МФ, 25Х2М1Ф, 20Х1М1Ф1ТР, 18Х3МВ, 20Х3ИВФ, 15Х5ВФ
	ТУ14-1-1529-76	15Х1М1Ф ТУ14-1-3238-81, 35ХМФА
	ТУ108.131-86	12Х2МФА, 18Х2МФА, 25Х2МФА
	ТУ14-1-1703-76	38ХМФЮА
ТУ5.961-11151-80	20ХМФЛ, 15Х1М1ФЛ	
Ферритный, мартенситно-ферритный и мартенситный	ГОСТ5632-72	Высокохромистые нержавеющие 08Х13, 12Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13, 25Х13Н2
	ТУ108-976-80	10Х12НД
	ГОСТ5632-72	Высокохромистые кислотостойкие и жаростойкие 12Х17, 08Х17Т, 09Х16Н4Б, 30Х13Н7С2, 08Х18Т1, 15Х18СЮ, 15Х25Т, 15Х28, 14Х17Н2, 20Х17Н2, 10Х13СЮ, 40Х9С2, 40Х10С2М
	ТУ 14-1-2889-80	09Х17НВД
	ТУ14-1-1958-77	11Х17Н
	ТУ14-1-2533-78	10Х17ЮЗБ
	ГОСТ5632-72	Высокохромистые жаростойкие 15Х11МФ, 18Х11МНФБ, 20Х12ВНМФ, 11Х11Н2В2МФ, 13Х11Н2В2МФ, 13Х14Н3В2ФР, 15Х12ВНМФ, 18Х12ВМБФР
ТУ14-3-450-75	12Х11В2МФ	
Аустенитный и аустенитно-ферритный	ГОСТ5632-72	Кислотостойкие 04Х18Н10, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 17Х18Н9, 12Х18Н10Т, 12Х18Н10Б, 03Х18Н11, 08Х18Н12Б, 03Х17Н14М2, Э8Х17Н13М2Т,

Класс	ГОСТ или ТУ	Марка стали
		10X17H13M2T, 10X13M3T, 08X17H15M3T, 08X18H12T, 08X10H20T2, 10X14Г14НЗ, 10X14Г14Н4Т, 10X14АГ15, 15X17АГ14, 07X21Г7АН5, 03X21H21M4ГБ, 12X17Г9АН4, 08X18Г8Н2Т, 15X18H12C4ТЮ
	ТУ108.11.595-87	03X16H9M2
Аустенитно-мартенситный	ГОСТ5632-72	07X16H6, 09X17H7Ю, 09X17H7ЮТ, 08X17H5M3, 08X17H6Т, 09X15H8Ю, 20X13H4Г9
Ферритно-аустенитный	ГОСТ5632-72	Высокопрочные кислотостойкие 08X22H6Т, 12X21H5Т.08X21H6
	ТУ14-1-1958-77	10X25H6АТМФ
Ферритно-аустенитный	ГОСТ977-88	12X25H5ТМФЛ
	ТУ14-1-1541-75	03X23H6, 03X22H6M2
Аустенитный	ГОСТ5632-72	Жаростойкие 20X23H13, 10X23H18, 20X23H18, 08X20H14C2, 20X20H14C2, 20X25H20C2, 12X25H16Г7АР, 36X18H25C2, 45X22H4M3, 55X20Г9АН4
Сплавы на железо-никелевой и никелевой основе	ГОСТ5632-72	ХН38ВТ, ХН60Ю, ХН70Ю, ХН78Т
Аустенитный	ГОСТ5632-72	Жаропрочные 10X11H20ТЗР, 10X11H23ТЗМР, 08X16H13M2Б, 09X16H15M3Б, 08X15H24В4ТР, 31X19H9МВБТ, 10X11H20ТЗР, 37X12H8Г8МФБ, 45X14H14В2М, 09X14H19В2БР, 09X14H19В2БР1, 40X15H7Г7Ф2МС, 09X14H16Б
Сплавы на железо-никелевой и никелевой основе	ГОСТ5632-72	ХН35ВТ, ХН35ВТЮ, ХН32Т, ХН38ВТ, ХН80ТБЮ, ХН67МВТЮ

Для ограниченно сваривающихся высоколегированных сталей термообработка перед сваркой различная (отпуск при 650-710°С с охлаждением на воздухе или закалка в воде от 1050-1100°С). При сварке большинства сталей этой группы обязателен предварительный нагрев до 200-300°С.

После сварки для снятия напряжений и понижения твердости детали сварного соединения подвергают отпуску при 650-710°С. Для сварки ряда сталей аустенитного класса обязательна закалка в воде от 1050-1100°С.

Для плохо сваривающихся высоколегированных сталей перед сваркой рекомендован отпуск по определенным режимам для различных сталей.

Для всей группы сталей обязателен предварительный подогрев до 200-300°С. Сварка стали 110Г13Л в состоянии закалки производится без нагрева. Термообработку после сварки выполняют по специальным инструкциям, в зависимости от марки стали и назначения. Для стали 110Г13Л термообработка не требуется.

Практическое занятие №4. Влияние легирующих элементов на свариваемость сталей

Цель работы: изучить устройство сварочного выпрямителя и принципа его работы.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать влияние легирующих элементов на свариваемость стали.

Теоретический материал:

Свариваемость сталей — это собирательное понятие. Обобщенно под свариваемостью понимают возможность получения на данной стали сварного соединения с высокими свойствами, не уступающими свойствам основного свариваемого металла и высокого качества — отсутствия различного рода сварочных дефектов (пор, трещин, шлаковин и др.). Чем лучше свариваемость стали, тем шире технологический диапазон разных видов сварки этой стали и тем проще сам процесс. Плохо свариваемая сталь тоже может быть сварена, однако для этого должны быть приняты специальные технологические меры для избежания сварочных дефектов и получения хороших свойств сварного соединения.

Ухудшение свариваемости стали вызывает образование горячих трещин при сварке, холодных трещин в сварных соединениях, сильный рост зерна в околошовной зоне, с образованием в зоне теплового влияния мартенсита или бейнита полностью или частично с высокой хрупкостью, значительно превышающей хрупкость свариваемой стали, образование разупрочненных участков в зоне теплового влияния, возникновение в зоне нагрева участков, склонных к дисперсионному упрочнению, либо сразу после сварки, либо со временем, возникновение высоких остаточных напряжений и деформаций.

Возможность получения качественного сварного соединения с надлежащими свойствами зависит не только от состава свариваемой стали, но и от технологии и условий сварки, толщины свариваемого металла, конструкции объекта и др. Даже трудно свариваемая сталь, склонная к образованию закалочных структур и холодных трещин при сварке, может быть с успехом сварена с получением сварного соединения, удовлетворяющего всем требованиям, если обеспечить при сварке необходимую скорость нагрева и главное замедленное охлаждение или (и) провести термообработку сварного соединения сразу после сварки. Некоторые стали (например, высокохромистые ферритные) очень плохо свариваются дуговой сваркой, но хорошо свариваются контактной сваркой. Поэтому рассматривать влияние легирующих элементов на свариваемость сталей необходимо применительно к одному виду сварки — например, дуговой сварке ручной или автоматической с плавящимся электродом и одинаковыми прочими условиями.

Углерод и все основные легирующие элементы отрицательно влияют на свариваемость. Однако пределы содержания различных легирующих

элементов в стали, с которых начинается активное ухудшение свариваемости для разных элементов, различны. Кроме того, эти пределы зависят и от уровня легирования стали другими элементами. Лучше всего сваривается сталь с низким содержанием углерода. Повышение содержания углерода в нелегированной стали до 0,15% С несколько улучшает свариваемость за счет того, что при этом ограничивается рост зерна феррита. В нелегированной и низколегированной стали содержание углерода до 0,25% несущественно ухудшает свариваемость. Заметное ухудшение свариваемости наступает при повышении содержания углерода сверх 0,3%. Особенно плохо свариваются стали с содержанием 0,5% С и более. Для сварки таких сталей нужны специальные технологические меры, обеспечивающие получение качественного сварного соединения.

Отрицательное влияние углерода на свариваемость связано с повышением склонности стали к образованию горячих и холодных трещин, с повышением хрупкости металла в зонах теплового влияния (элементы неравновесных структур). Повышение содержания углерода в стали увеличивает объемные изменения при охлаждении, приводящем к образованию неравновесных структур. Влияние легирующих элементов на свариваемость может быть различным в низколегированных и высоколегированных сталях. Низколегированные стали с небольшим содержанием углерода (0,15—0,25%) составляют основную массу сталей для сварных конструкций и изделий, поэтому влияние легирующих элементов на свариваемость лучше всего рассмотреть для них.

Кремний, вводимый в низколегированные стали в количествах до 1,7%, особо вредного влияния на свариваемость не оказывает. Некоторое отрицательное влияние кремния может быть связано с тем, что он упрочняет феррит и способствует неоднородности в распределении углерода. Поэтому в зонах теплового влияния сталей с кремнием более заметно влияние увеличения скорости нагрева на повышение степени неоднородности аустенита и неоднородность свойств после охлаждения. Кроме того, кремний образует устойчивые окисные пленки, что может отрицательно повлиять на свариваемость.

Влияние марганца на свариваемость связано с содержанием углерода в стали — чем выше содержание углерода в стали, тем отрицательнее влияние марганца на свариваемость. При содержании в сталях 0,1% С хорошей можно признать свариваемость сталей, содержащих до 2,5% Mn. При более высоком содержании углерода (0,25%) хорошую свариваемость сохраняют стали при меньшем содержании марганца (1,7—1,8%). Влияние марганца на свариваемость связано главным образом с повышением склонности к появлению элементов закалочных структур в зоне теплового влияния, повышением хрупкости в этих участках и вероятностью появления холодных трещин. Увеличение склонности к образованию структур закалки увеличивает также эффект изменения объема в зоне теплового влияния после сварки.

Влияние хрома на свариваемость также связано с содержанием в стали углерода. В стали с 0,1—0,12% С содержание до 3% Cr сохраняет хорошую свариваемость стали. При содержании 5% Cr сталь сваривается удовлетворительно. При повышении содержания углерода (до 0,25%) содержание хрома до 2% сохраняет у стали достаточно хорошую свариваемость. При большем содержании хрома свариваемость стали значительно ухудшается.

Влияние хрома на ухудшение свариваемости связано с несколькими факторами. Хром, как и марганец, повышает склонность к закаливанию стали в зоне теплового влияния сварки, но в несколько меньшей степени. Карбиды, содержащие хром, более трудно растворимы, чем Fe_3C или $(Fe, Mn)_3C$, и поэтому при сварочном нагреве аустенит в зоне теплового влияния (ЗТВ) будет менее однородным, чем в нелегированной или марганцовистой стали. При высоком содержании хрома сильно возрастает неоднородность свойств в ЗТВ, появляются участки с низкотемпературным мартенситом и повышается склонность к образованию холодных трещин. Увеличивается объемный эффект превращения аустенита и снижается теплопроводность стали. И то и другое приводит к повышению уровня остаточных напряжений в сварном соединении.

Никель при содержании до 1 % в стали, содержащей до 0,2% С, существенно свариваемость не ухудшает. При повышении содержания никеля свариваемость ухудшается, но до 1,5% Ni остается удовлетворительной. При более высоком содержании никеля либо должно быть снижено содержание углерода в стали либо приняты специальные технологические меры для обеспечения надлежащего качества сварных соединений. Отрицательное влияние никеля на свариваемость связано с повышением устойчивости аустенита и увеличением в продуктах его распада в ЗТВ после сварки мартенсита и бейнита. Кроме того, никель увеличивает растворимость в стали водорода и благоприятствует тем самым повышению склонности к холодным трещинам при сварке. Плохо влияют на свариваемость элементы, дающие в стали устойчивые карбиды. Молибден и вольфрам без значительного ухудшения свариваемости вводят в низкоуглеродистую сталь в количествах до 0,5%. Ванадий и ниобий ухудшают свариваемость при содержании более 0,2%. По-видимому, влияние активных карбидообразователей на свариваемость низколегированных, низкоуглеродистых сталей связано с трудностями растворения устойчивых карбидов при нагреве, трудностями гомогенизации аустенита и вследствие этого с образованием в ЗТВ участков с хрупкими неравновесными структурами. Труднорастворимые карбиды ванадия, ниобия и титана влияют также на процесс кристаллизации сварочной ванны.

Практическое занятие №5. Сварка цветных металлов и их сплавов

Цель работы: изучить особенности сварки цветных металлов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности сварки цветных металлов.

Теоретический материал:

Особенности сварки цветных металлов

Цветные металлы и сплавы по своим физико-химическим свойствам резко отличаются от сталей, что необходимо учитывать при выборе вида сварки и технологии. По химической активности, температурам кипения и плавления, теплопроводности, плотности, механическим характеристикам, от которых зависит свариваемость, цветные металлы можно разделить на группы: *легкие* (алюминий, магний, бериллий); *активные и тугоплавкие* (титан, цирконий, ниобий, молибден, тантал, хром); *тяжелые* (медь, никель); *драгоценные* (золото, серебро, платина).

Специфика физико-химических свойств цветных металлов определяет особенности их поведения в условиях разных видов обработки, в первую очередь при сварке. Температуры плавления и кипения цветных металлов относительно невысокие, поэтому при сварке легко получить перегрев и даже испарение металла. Если сваривают сплав металлов, то перегрев и испарение его составляющих может привести к образованию пор и изменению состава сплава.

Способность цветных металлов и их сплавов легко окисляться с образованием тугоплавких оксидов значительно затрудняет процесс сварки, загрязняет сварочную ванну оксидами, снижает физико-механические свойства сварного шва. Ухудшению качества сварного соединения способствует также повышенная способность расплавленного металла (сплава) поглощать газы (кислород, азот, водород), что приводит к пористости металла шва.

Большая теплоемкость и высокая теплопроводность цветных металлов и их сплавов вызывают необходимость повышения теплового режима сварки и предварительного нагрева изделия перед сваркой. Сравнительно большие коэффициенты линейного расширения и большая литейная усадка приводят к возникновению значительных внутренних напряжений, деформаций и к образованию трещин в металле шва и околошовной зоны. Резкое уменьшение механической прочности и возрастание хрупкости металлов при нагреве могут привести даже к непредвиденному разрушению изделия. Для выполнения качественного сварного соединения принимают различные технологические меры, учитывающие особенности каждого металла (сплава).

Практическое занятие №6. Составление технологической карты на сборочно-сварочные работы

Цель работы: отработать практические навыки составления технологической карты.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Составить технологическую карту.

Теоретический материал:

Карта технологического процесса сварки

ИО	И.И. Иванов	Организация	ООО "Иванов сварка"	Клеймо
Способ сварки	РАД(141)+МП(1 35)	Основной материал (марка)		Ст20, М01
Наименование НТД (шифр)	ПБ-03-273-99, РД 03-495-02, СНиП 3.05.05-84; СНиП 3.03.01-87, ГОСТ 16037			
Тип шва	СШ		Типоразмер, мм	
Тип соединения по НТД	80	С17, ГОСТ16037-	Диаметр	48
Положение шва	Н45		Толщина	4
Вид соединения	ос, бп			
Сварочные материалы (марка, стандарт, ТУ)			Способ сборки и требования прихваткам	4 прихватки
			длиной 25-30 мм высотой 2.5 мм	
Св-08Г2С ГОСТ2246, аргон высшего сорта ГОСТ10157, двуокись углерода высш. сорта ГОСТ 8050			Сварочное оборудование	ESAB

Эскизы соединения		
Конструкция	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		<p>1-4 - номера операций</p>

Технологические параметры сварки

Но- мер ва- лика (шва)	Спо- соб свар- ки	Диа- метр элек- трода или прово- локи, мм	Род и поляр- ность тока	Сва- роч- ный ток, А	Напря- жение, В	Ско- рость подачи прово- локи, м/ч	Ско- рость свар- ки, м/ч	Рас- ход защит ного газа, л/мин
1	РАД	2.0	постоя- ный., прямая	60- 90	10-12	-	-	8-10
2	МП	1.2	постоя- ный, обратн.	80- 120	18-20	-	-	10-14

Дополнительные параметры технологии сварки:		Дополнительные параметры режима сварки:	
Вольфрамовый электрод	СВИ-1 , d 3.0 мм	Ширина валика прохода, мм	усиление до 20
	<i>(марка, диаметр)</i>		
Флюс	—	Толщина валика прохода, мм	2-3
Защитный газ	Аргон высш. сорта ГОСТ10157, двуокись углерода высш. с. ГОСТ8050	Вылет электрода, мм	не более 15
Способ защиты обратной стороны шва	—	Расстояние сопла горелки от изделия, мм	6-8
		Амплитуда колебаний, мм	—
Режим предварительного подогрева	—	Частота колебаний, мин ⁻¹	—
Режим сопутствующего подогрева	—	Значение параметров импульсного режима:	
Температура при сварке	—	Ток импульса, А	—
		Длительность импульса, с	—
Режим термообработки	—	Ток паузы, А	—
		Длительность паузы, с	—

Дополнительные технологические требования по сварке:

1. Сборку выполнять самостоятельно. Предъявить контролеру.
2. Сварку выполнить в два полуоборота снизу в четыре прохода.
3. Замаркировать стоп-точки в первом и последнем проходе.
4. Клеймо сварщика разместить на расстоянии 20-25 мм от края сварного шва.

Методы контроля качества	Наименование (шифр) НТД	Объем контроля (% , кол. образцов)
1. Визуальный и измерительный.	РД 03-606-03; СНиП 3.05.05-84; СНиП 3.03.01-87, ГОСТ 7512, СНиП 3.05.05-84; СНиП 3.03.01-87,	100%
2. Визуальный и измерительный.		100%
3. Радиографический.		
4. Радиографический.		
5. Ультразвуковой.		

6. Капиллярный. 7. Магнитопорошковый. 8. Исследование макро- структуры. 9. Испытание на статиче- ский изгиб (сплющива- ние). 10. Испытания на излом. 11. Другие испытания	ГОСТ 6996	4 образца
---	-----------	-----------

Разработал:

XX.XX.XXXX.

Утвердил:

XX.XX.XXXX.

Инженер Петров П.П. _____
 (должность, ф.и.о.) (подпись)

Главный сварщик Федоров Ф.Ф. _____
 (должность, ф.и.о.) (подпись)

Практическое занятие №7. Техника сварки стыковых швов в нижнем положении

Цель работы: отработка практических навыков сварки на тренажёре виртуальной сварки.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Выполнить сварочный шов на тренажёре под руководством преподавателя.

Теоретический материал:

Сварку швов нужно стремиться выполнять в нижнем положении, где создаются наиболее благоприятные условия для получения швов хорошего качества.

Это объясняется тем, что расплавленный металл электрода переносится в ванну в направлении силы тяжести, поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение. Кроме того, в нижнем положении рабочему удобнее выполнять сварку, легче наблюдать за процессом.

Качество сварного стыкового соединения без скоса кромок обусловлено правильным выбором диаметра электрода и тока. Стыковые соединения с У-образной разделкой кромок в зависимости от толщины металла сваривают однослойными или многослойными швами. На рис. 44 показано место возбуждения дуги и движения торца электрода при сварке за один проход соединения с V-образной разделкой кромок (на ответственных изделиях дуга возбуждается только на кромках). На скосах кромок движение дуги замедляют для получения необходимого провара, а в корне шва ускоряют, чтобы избежать прожога. У изделий, где доступ для сварки возможен с двух сторон, с обратной стороны накладывают подварочный шов, предварительно очистив корень шва от наплывов металла, грата и шлака.

Сварка швов с Х-образной разделкой не отличается от сварки с-образной разделкой кромок. Для получения качественного шва при многослойной сварке толщина нижележащего слоя не должна превышать 4—5 мм. В этом случае хорошо проплавляется и отжигается металл нижележащего слоя. Площадь поперечного сечения F наплавляемого слоя обычно увязывается с диаметром применяемого электрода.

Практическое занятие №8. Техника сварки стыковых швов в вертикальном и горизонтальном положении

Цель работы: отработка практических навыков сварки на тренажёре виртуальной сварки.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Выполнить сварочный шов на тренажёре под руководством преподавателя.

Теоретический материал: Расплавленный металл электрода при сварке вертикальных швов переносится в ванну в направлении, перпендикулярном силе тяжести. Поэтому качественный шов можно получить только при сварочной ванне небольшого объема. Вертикальные швы завариваются более короткой дугой, тогда вследствие действия сил поверхностного натяжения между расплавленным металлом ванны и каплей электродного металла возникает взаимное притяжение. При переходе металла электрода в сварочную ванну количество жидкого металла в ней увеличивается и под действием силы тяжести металл может вытечь. Во избежание этого электрод необходимо быстро отвести вверх или в сторону, чтобы металл затвердел. Сварка вертикальных швов, как правило, выполняется снизу вверх. Образовавшийся в начале сварки кратер будет удерживать капли расплавленного металла. Электрод может быть наклонен вверх или вниз. При наклоне электрода вниз рабочему легче наблюдать за процессом сварки. Сварка сверху вниз обычно применяется для тонколистового металла. Дуга в этом случае возбуждается при перпендикулярном положении электрода к свариваемой поверхности, а после образования капли металла электрод отклоняется вниз, удерживая короткой дугой расплавленный металл от стекания.

Горизонтальные швы сваривать труднее, чем вертикальные. Чтобы расплавленный металл не мог стечь, кромки на нижнем листе не скашиваются. С этой же целью сварка начинается на кромке нижнего листа, затем проваривается корень разделки, а после этого дуга переносится на кромку верхнего листа.

Для сварки вертикальных и горизонтальных швов ток уменьшается на 10—20% по сравнению со сваркой в нижнем положении.

Практическое занятие № 9. Техника сварки угловых швов в нижнем положении

Цель работы: отработка практических навыков сварки на тренажёре виртуальной сварки.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Выполнить сварочный шов на тренажёре под руководством преподавателя.

Теоретический материал:

Сварку швов нужно стремиться выполнять в нижнем положении, где создаются наиболее благоприятные условия для получения швов хорошего качества.

Это объясняется тем, что расплавленный металл электрода переносится в ванну в направлении силы тяжести, поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение. Кроме того, в нижнем положении рабочему удобнее выполнять сварку, легче наблюдать за процессом.

Качество сварного стыкового соединения без скоса кромок обусловлено правильным выбором диаметра электрода и тока. Стыковые соединения с У-образной разделкой кромок в зависимости от толщины металла сваривают однослойными или многослойными швами. На рис. 44 показано место возбуждения дуги и движения торца электрода при сварке за один проход соединения с V-образной разделкой кромок (на ответственных изделиях дуга возбуждается только на кромках). На скосах кромок движение дуги замедляют для получения необходимого провара, а в корне шва ускоряют, чтобы избежать прожога. У изделий, где доступ для сварки возможен с двух сторон, с обратной стороны накладывают подварочный шов, предварительно очистив корень шва от наплывов металла, грата и шлака.

Сварка швов с Х-образной разделкой не отличается от сварки с U-образной разделкой кромок. Для получения качественного шва при многослойной сварке толщина нижележащего слоя не должна превышать 4—5 мм. В этом случае хорошо проплавляется и отжигается металл нижележащего слоя. Площадь поперечного сечения F наплавленного слоя обычно увязывается с диаметром применяемого электрода.

Практическое занятие № 10. Техника сварки угловых швов в вертикальном и горизонтальном положении

Цель работы: отработка практических навыков сварки на тренажёре виртуальной сварки.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Выполнить сварочный шов на тренажёре под руководством преподавателя.

Теоретический материал:

Расплавленный металл электрода при сварке вертикальных швов переносится в ванну в направлении, перпендикулярном силе тяжести. Поэтому качественный шов можно получить только при сварочной ванне небольшого объема. Вертикальные швы завариваются более короткой дугой, тогда вследствие действия сил поверхностного натяжения между расплавленным металлом ванны и каплей электродного металла возникает взаимное притяжение. При переходе металла электрода в сварочную ванну количество жидкого металла в ней увеличивается и под действием силы тяжести металл может вытечь. Во избежание этого электрод необходимо быстро отвести вверх или в сторону, чтобы металл затвердел. На рис. 49 представлены положения электрода в отдельные моменты сварки вертикального шва. Сварка вертикальных швов, как правило, выполняется снизу вверх. Образовавшийся в начале сварки кратер будет удерживать капли расплавленного металла. Электрод может быть наклонен вверх или вниз. При наклоне электрода вниз рабочему легче наблюдать за процессом сварки. Сварка сверху вниз обычно применяется для тонколистового металла. Дуга в этом случае возбуждается при перпендикулярном положении электрода к свариваемой поверхности, а после образования капли металла электрод отклоняется вниз, удерживая короткой дугой расплавленный металл от стекания.

Горизонтальные швы сваривать труднее, чем вертикальные. Чтобы расплавленный металл не мог стечь, кромки на нижнем листе не скашиваются. С этой же целью сварка начинается на кромке нижнего листа, затем проваривается корень разделки, а после этого дуга переносится на кромку верхнего листа.

Для сварки вертикальных и горизонтальных швов ток уменьшается на 10—20% по сравнению со сваркой в нижнем положении.

Практическое занятие № 11. Изучение особенностей дуговой наплавки плавящимся электродом

Цель работы: практическая отработка навыков расчёта расхода сварочных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Расчитать расход сварочных материалов.

Теоретический материал:

Наплавка предусматривает нанесение расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность с последующей его кристаллизацией для создания слоя с заданными свойствами и геометрическими параметрами. Наплавку применяют для восстановления изношенных деталей, а также при изготовлении новых деталей с целью получения поверхностных слоев, обладающих повышенными твердостью, износостойкостью, жаропрочностью, кислотостойкостью или другими свойствами. Она позволяет значительно увеличить срок службы деталей и намного сократить расход, дефицитных материалов при их изготовлении. При большинстве методов наплавки, так же как и при сварке, образуется подвижная сварочная ванна. В головной части ванны основной металл расплавляется и перемешивается с электродным металлом, а в хвостовой части происходят кристаллизация расплава и образование металла шва. Наплавлять можно слои металла как одинаковые по составу, структуре и свойствам с металлом детали, так и значительно отличающиеся от них. Наплавляемый металл выбирают с учетом эксплуатационных требований и свариваемости. Наплавка может производиться на плоские, цилиндрические, конические, сферические и другие формы поверхности в один или несколько слоев. Толщина слоя наплавки может изменяться в широких пределах - от долей миллиметра до сантиметров. При наплавке поверхностных слоев с заданными свойствами, как правило, химический состав наплавленного металла существенно отличается от химического состава основного металла. Поэтому при наплавке должен выполняться ряд технологических требований. В первую очередь таким требованием является минимальное разбавление направленного слоя основным металлом, расплавляемым при наложении валиков. Поэтому в процессе наплавки необходимо получение наплавленного слоя с минимальным проплавлением основного металла, так как в противном случае возрастает доля основного металла в формировании наплавленного слоя. Это приводит к ненужному разбавлению наплавленного металла расплавляемым основным. Далее при наплавке необходимо обеспечение минимальной зоны термического влияния и минимальных напряжений и деформации. Это требование обеспечивается за счет уменьшения глубины проплавления регулированием параметров режима, погонной энергии, увеличением вылета электрода, применением широкой электродной ленты и другими технологическими приемами.

Наплавку по образующей выполняют отдельными валиками так же, как при наплавке плоских поверхностей. Наплавка по окружностям также выполняется отдельными валиками до полного замыкания начального и конечного участков их со смещением на определенный шаг вдоль образующей. При винтовой наплавке деталь вращается непрерывно, при этом источник нагрева перемещается вдоль оси тела со скоростью, при которой одному обороту детали соответствует смещение источника нагрева, равное шагу наплавки. При наплавке тел вращения необходимо учитывать возможность стека-ния расплавленного металла в направлении вращения детали. В этом случае целесообразно источник нагрева смещать в сторону, противоположную направлению вращения, учитывая при этом длину сварочной ванны и диаметр изделия (рис. 3).

Выбор технологических условий наплавки производят, исходя из особенностей материала наплавляемой детали. Наплавку деталей из низкоуглеродистых и низколегированных сталей обычно производят в условиях без нагрева изделий. Наплавка средне- и высокоуглеродистых, легированных и высоколегированных сталей часто выполняется с предварительным нагревом, а также с проведением последующей термообработки с целью снятия внутренних напряжений. Нередко термообработку (отжиг) выполняют после наплавки для снижения твердости перед последующей механической обработкой слоя. Для выполнения наплавки в основном применяют способы дуговой и электрошлаковой сварки. При выборе наиболее рационального способа и технологии наплавки следует учитывать условия эксплуатации наплавленного слоя и экономическую эффективность процесса.

Практическое занятие № 12. Изучение особенностей дуговой и воздушно-дуговой резки металлов

Цель работы: изучение процесса электроннолучевой сварки, принципа её действия и областей применения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать принцип её действия.

Выявить перспективные области её применения

Теоретический материал:

Воздушно-дуговая резка основывается на расплавлении металла электрической дугой и его непрерывном удалении направленной струей сжатого воздуха. Данная технология требует применения инструментов специальной конструкции. Используемые в работе резак могут иметь кольцевое или последовательное расположение воздушной струи. В последнем случае обтекание электрода сжатым потоком осуществляется только с одной стороны.

Особенности

В воздушно-дуговой резке используются угольные или графитовые электроды. Последние являются более прочными, отличаются меньшим электрическим сопротивлением (0,0008 Ом против 0,0032 Ом для кубика с ребром 1 см). Возможно использование угольных омедненных электродов.

В качестве источника питания при дуговой резке металла используются преобразователи постоянного тока или трансформаторы. Подача сжатого воздуха на резак идет от цеховой сети или передвижного компрессора. Давление должно находиться в пределах 0,4–0,6 МПа. Его больший уровень нецелесообразен, так как слишком сильный поток снижает стабильность электрической дуги.

В воздушно-дуговой резке, как правило, используется постоянный ток обратной полярности как более производительный. Применение же переменного целесообразно при мелких работах, например, удалении местных неровностей сварного шва. Использование в таких случаях постоянного тока прямой полярности приводит к увеличению зоны нагрева, что затрудняет устранение расплавленного металла.

Сфера использования

Воздушно-дуговая резка широко применяется для обработки большинства черных и цветных металлов.

Чаще всего она используется в следующих случаях:

- для устранения дефектных участков сварных швов;
- резки металлических листов толщиной до 20–25 мм;
- пробивки отверстий;
- выплавки пороков литья;
- срезки заклепок и т. п.

Виды воздушно-дуговой резки

Разделительная. Используется для резки листов из низкоуглеродистой и легированной стали толщиной до 25 мм. Величина тока (300–600 А) и диаметр электрода (6–12 мм) подбираются в зависимости от размеров материала. Разделение листа осуществляется выплавкой металла вдоль траектории движения электрода. Использование разделительной воздушно-дуговой резки целесообразно, когда необходимо обработать большое количество листового металла, а требования к ширине и точности реза невысоки.

Поверхностная. Применяется для обработки дефектов сварных швов, подрубки их корней, снятия фасок. Последняя операция может осуществляться одновременно на обеих кромках листа. Ширина канавки, которая образуется при такой обработке, на 2–3 мм больше диаметра используемого электрода. Для поверхностной обработки требуется меньшая величина тока, чем для разделительной дуговой резки.

Аппаратура и технология

Стандартный пост для воздушно-дуговой резки включает:

- пусковую аппаратуру;
- шланг с компрессором;
- источник питания;
- сварочный кабель;
- резак.

При установке в производственном помещении шланг подсоединяется к цеховому воздухопроводу, а не к компрессору. На строительных площадках пост оборудуется в передвижном или уже существующем машинном зале, с подключением к сварочному оборудованию постоянного тока.

Основным рабочим инструментом является резак типа РВД, оснащенный воздушным клапаном и устройством для зажима электрода. В качестве источников питания для резки используется стандартное сварочное оборудование: преобразователи типа ПСО, выпрямители ВД или ВДУ, другие ИП. При отсутствии компрессора и центральной сети допустимо использование баллонов со сжатым воздухом при оснащении их редуктором, понижающим давление.

Техника безопасности при воздушно-дуговой резке

Все сварочные работы связаны с определенными факторами, которые могут нанести вред здоровью человека.

К основным относятся:

- источники постоянного тока большой величины;
- расплавленный металл, образующийся при резке;
- ультрафиолетовое излучение электрической дуги;
- токсичные газы и пыль, образующиеся в процессе воздушно-дуговой резки.

Чтобы обезопасить себя от перечисленных факторов, следует точно выполнять инструкции по эксплуатации оборудования и работать только в специальной одежде. Помещение, в котором производится воздушно-дуговая резка, должно хорошо вентилироваться. Исключения составляют открытые строительные площадки, где происходит естественный воздухообмен.

В связи с высокой мощностью сварочного электрооборудования перед его включением обязательно следует проверить заземление.

Практическое занятие № 13. Изучение особенностей техники сварки в различных пространственных положениях

Цель работы: изучение процесса электроннолучевой сварки, принципа её действия и областей применения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности сварки в различных пространственных положениях.

Теоретический материал:

Сварку швов нужно стремиться выполнять в нижнем положении, где создаются наиболее благоприятные условия для получения швов хорошего качества.

Это объясняется тем, что расплавленный металл электрода переносится в ванну в направлении силы тяжести, поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение. Кроме того, в нижнем положении рабочему удобнее выполнять сварку, легче наблюдать за процессом.

Качество сварного стыкового соединения без скоса кромок обусловлено правильным выбором диаметра электрода и тока. Стыковые соединения с У-образной разделкой кромок в зависимости от толщины металла сваривают однослойными или многослойными швами. На рис. 44 показано место возбуждения дуги и движения торца электрода при сварке за один проход соединения с V-образной разделкой кромок (на ответственных изделиях дуга возбуждается только на кромках). На скосах кромок движение дуги замедляют для получения необходимого провара, а в корне шва ускоряют, чтобы избежать прожога. У изделий, где доступ для сварки возможен с двух сторон, с обратной стороны накладывают подварочный шов, предварительно очистив корень шва от наплывов металла, грата и шлака.

Сварка швов с X-образной разделкой не отличается от сварки с U-образной разделкой кромок. Для получения качественного шва при многослойной сварке толщина нижележащего слоя не должна превышать 4—5 мм. В этом случае хорошо проплавляется и отжигается металл нижележащего слоя. Площадь поперечного сечения F наплавленного слоя обычно увязывается с диаметром применяемого электрода.

Расплавленный металл электрода при сварке вертикальных швов переносится в ванну в направлении, перпендикулярном силе тяжести. Поэтому качественный шов можно получить только при сварочной ванне небольшого объема. Вертикальные швы завариваются более короткой дугой, тогда вследствие действия сил поверхностного натяжения между расплавленным металлом ванны и каплей электродного металла возникает взаимное притяжение. При переходе металла электрода в сварочную ванну количество жидкого металла в ней увеличивается и под действием силы тяжести металл может вытечь. Во избежание этого электрод необходимо быстро отвести вверх или в сторону, чтобы металл затвердел. На рис. 49 представлены положения электрода в отдельные моменты сварки верти-

кального шва. Сварка вертикальных швов, как правило, выполняется снизу вверх. Образовавшийся в начале сварки кратер будет удерживать капли расплавленного металла. Электрод может быть наклонен вверх или вниз. При наклоне электрода вниз рабочему легче наблюдать за процессом сварки. Сварка сверху вниз обычно применяется для тонколистового металла. Дуга в этом случае возбуждается при перпендикулярном положении электрода к свариваемой поверхности, а после образования капли металла электрод отклоняется вниз, удерживая короткой дугой расплавленный металл от стекания.

Горизонтальные швы сваривать труднее, чем вертикальные. Чтобы расплавленный металл не мог стечь, кромки на нижнем листе не скашиваются. С этой же целью сварка начинается на кромке нижнего листа, затем проваривается корень разделки, а после этого дуга переносится на кромку верхнего листа.

Для сварки вертикальных и горизонтальных швов ток уменьшается на 10—20% по сравнению со сваркой в нижнем положении.

Потолочные швы выполняются труднее всех других, так как расплавленный металл постоянно стремится вытечь из сварочной ванны. Это обстоятельство требует от сварщика поддержания возможно короткой дуги в течение всего процесса сварки. Этапы переноса капли с электрода в сварочную ванну при потолочной сварке показаны на рис. 53. Наклон электрода к направлению сварки должен составлять 10—15° (0,17—0,25 рад). Рекомендуется применять электроды с тугоплавким покрытием. Расплавляясь несколько позже, чем электродный стержень, покрытие образует на конце электрода чехол, который обеспечивает более направленный перенос металла, облегчая тем самым процесс сварки. При сварке потолочных швов ток уменьшается на 20—25% по сравнению со сваркой в нижнем положении.

Сварка тонколистового металла. Сварку металла толщиной 1,5—3 мм следует вести на постоянном токе обратной полярности. На переменном токе сварка возможна только с применением осцилляторов. Сварка выполняется с периодическими замыканиями дуги через расплавленные капли электродного металла. Основной металл проплавляется на всю глубину и даже немного протекает на обратную сторону.

Сварка швов различной протяженности и толщины. По протяженности швы делятся на короткие (до 300 мм), средней длины (300—1000 мм) и длинные (более 1000 мм). Короткие швы сваривают от начала до конца в одном направлении. Швы средней длины сваривают участками (1—6) от середины к концам шва или обратноступенчатым способом (рис. 54). Длину участков подбирают таким образом, чтобы каждый из них можно было сварить целым числом электродов. Для сварки длинных швов также применяют обратноступенчатый способ, который дает возможность хорошо проплавить начальные участки швов и уменьшить коробление изделия.

Для наложения длинных швов большой толщины используют способ сварки «горкой» или «каскадом». При сварке «горкой» (рис. 55) на участке длиной 200—300 мм накладывают первый слой шва в середине. Затем, отступив на 200—300 мм от его начала, заваривают этот отрезок до начала первого слоя, перекрывают первый слой и заканчивают сварку на расстоянии 200—300 мм от конца первого слоя. В таком же порядке располагают все последующие слои до достижения одним из них расчетной толщины шва. После этого подваривают уже более короткие отрезки на участках, не имеющих еще расчетной толщины шва. При сварке «каскадом» отрезок первого слоя длиной 200—300 мм накладывается в конце шва. После этого сварка выполняется в последовательности, аналогичной сварке «горкой».

Практическое занятие № 14. Изучение особенностей техники сварки в различных пространственных положениях

Цель работы: изучение процесса электроннолучевой сварки, принципа её действия и областей применения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать принцип её действия.

Выявить перспективные области её применения

Теоретический материал:

Сварку швов нужно стремиться выполнять в нижнем положении, где создаются наиболее благоприятные условия для получения швов хорошего качества.

Это объясняется тем, что расплавленный металл электрода переносится в ванну в направлении силы тяжести, поверхность сварочной ванны занимает горизонтальное положение. Кроме того, в нижнем положении рабочему удобнее выполнять сварку, легче наблюдать за процессом.

Качество сварного стыкового соединения без скоса кромок обусловлено правильным выбором диаметра электрода и тока. Стыковые соединения с У-образной разделкой кромок в зависимости от толщины металла сваривают однослойными или многослойными швами. На рис. 44 показано место возбуждения дуги и движения торца электрода при сварке за один проход соединения с V-образной разделкой кромок (на ответственных изделиях дуга возбуждается только на кромках). На скосах кромок движение дуги замедляют для получения необходимого провара, а в корне шва ускоряют, чтобы избежать прожога. У изделий, где доступ для сварки возможен с двух сторон, с обратной стороны накладывают подварочный шов, предварительно очистив корень шва от наплывов металла, графа и шлака.

Сварка швов с X-образной разделкой не отличается от сварки с U-образной разделкой кромок. Для получения качественного шва при многослойной сварке толщина нижележащего слоя не должна превышать 4—5 мм. В этом случае хорошо проплавляется и отжигается металл нижележащего слоя. Площадь поперечного сечения F наплавленного слоя обычно увязывается с диаметром применяемого электрода.

Расплавленный металл электрода при сварке вертикальных швов переносится в ванну в направлении, перпендикулярном силе тяжести. Поэтому качественный шов можно получить только при сварочной ванне небольшого объема. Вертикальные швы завариваются более короткой дугой, тогда вследствие действия сил поверхностного натяжения между расплавленным металлом ванны и каплей электродного металла возникает взаимное притяжение. При переходе металла электрода в сварочную ванну количество жидкого металла в ней увеличивается и под действием силы тяжести металл может вытечь. Во избежание этого электрод необходимо быстро отвести вверх или в сторону, чтобы металл затвердел. На рис. 49

представлены положения электрода в отдельные моменты сварки вертикального шва. Сварка вертикальных швов, как правило, выполняется снизу вверх. Образовавшийся в начале сварки кратер будет удерживать капли расплавленного металла. Электрод может быть наклонен вверх или вниз. При наклоне электрода вниз рабочему легче наблюдать за процессом сварки. Сварка сверху вниз обычно применяется для тонколистового металла. Дуга в этом случае возбуждается при перпендикулярном положении электрода к свариваемой поверхности, а после образования капли металла электрод отклоняется вниз, удерживая короткой дугой расплавленный металл от стекания.

оризонтальные швы сваривать труднее, чем вертикальные. Чтобы расплавленный металл не мог стечь, кромки на нижнем листе не скашиваются. С этой же целью сварка начинается на кромке нижнего листа, затем проваривается корень разделки, а после этого дуга переносится на кромку верхнего листа.

Для сварки вертикальных и горизонтальных швов ток уменьшается на 10—20% по сравнению со сваркой в нижнем положении.

Потолочные швы выполняются труднее всех других, так как расплавленный металл постоянно стремится вытечь из сварочной ванны. Это обстоятельство требует от сварщика поддержания возможно короткой дуги в течение всего процесса сварки. Этапы переноса капли с электрода в сварочную ванну при потолочной сварке показаны на рис. 53. Наклон электрода к направлению сварки должен составлять 10—15° (0,17—0,25 рад). Рекомендуется применять электроды с тугоплавким покрытием. Расплавляясь несколько позже, чем электродный стержень, покрытие образует на конце электрода чехол, который обеспечивает более направленный перенос металла, облегчая тем самым процесс сварки. При сварке потолочных швов ток уменьшается на 20—25% по сравнению со сваркой в нижнем положении.

Сварка тонколистового металла. Сварку металла толщиной 1,5—3 мм следует вести на постоянном токе обратной полярности. На переменном токе сварка возможна только с применением осцилляторов. Сварка выполняется с периодическими замыканиями дуги через расплавленные капли электродного металла. Основной металл проплавляется на всю глубину и даже немного протекает на обратную сторону.

Сварка швов различной протяженности и толщины. По протяженности швы делятся на короткие (до 300 мм), средней длины (300—1000 мм) и длинные (более 1000 мм). Короткие швы сваривают от начала до конца в одном направлении. Швы средней длины сваривают участками (1—6) от середины к концам шва или обратноступенчатым способом (рис. 54). Длину участков подбирают таким образом, чтобы каждый из них можно было сварить целым числом электродов. Для сварки длинных швов также применяют обратноступенчатый способ, который дает возможность хорошо проплавить начальные участки швов и уменьшить коробление изделия.

Для наложения длинных швов большой толщины используют способ сварки «горкой» или «каскадом». При сварке «горкой» (рис. 55) на участке длиной 200—300 мм накладывают первый слой шва в середине. Затем, отступив на 200—300 мм от его начала, заваривают этот отрезок до начала первого слоя, перекрывают первый слой и заканчивают сварку на расстоянии 200—300 мм от конца первого слоя. В таком же порядке располагают все последующие слои до достижения одним из них расчетной толщины шва. После этого подваривают уже более короткие отрезки на участках, не имеющих еще расчетной толщины шва. При сварке «каскадом» отрезок первого слоя длиной 200—300 мм накладывается в конце шва. После этого сварка выполняется в последовательности, аналогичной сварке «горкой».

Практическое занятие №15. Определение основных параметров и материалов ручной дуговой наплавки

Цель работы: отработка практических навыков расчёта основных параметров ручной дуговой наплавки.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Рассчитать основные параметры РДН

Теоретический материал:

При восстановлении наплавкой деталей подвижного состава в условиях локомотивных и вагонных депо, а в отдельных случаях на вагоноремонтных заводах широко применяется ручная дуговая наплавка, так как ремонт деталей носит мелкосерийный характер. При определении основных параметров процесса можно пользоваться схемой, приведённой на рисунке 4.



Рис.4 Основные параметры процесса ручной дуговой наплавки

Выбор состава наплавленного металла зависит от условий работы детали и вида износа восстанавливаемой поверхности. Большинство деталей подвижного состава работают в условиях трения металла о металл при нормальной температуре. Для их восстановления применяют наплавки из низкоуглеродистой и низколегированной стали. Главная цель – восстановление размеров и свойств наплавки на уровне изношенного слоя детали. Повышение твёрдости ограничено взаимодействием с другой деталью и

необходимостью механической обработки, поэтому твёрдость наплавленного металла должна быть не более 400 НВ.

При ручной дуговой наплавке быстроизнашивающихся деталей подвижного состава, которые не требуют высокой твёрдости и износостойкости, используются электроды для ручной дуговой сварки конструкционных сталей (ГОСТ 9467-75). Для наплавки деталей, изготовленных из сталей 40, 40Х, 45, Ст5 и других, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок (осей, валов, автосцепок, железнодорожных крестовин, рельсов и др.), применяются электроды для наплавки поверхностных слоёв с особыми свойствами (ГОСТ 10051-75).

Расчёт проводим по методике [1].

Толщина наплавленного слоя выбирается с учётом износа и припуска на последующую механическую обработку:

$$\delta_n = \delta_{из} + \delta_0, (5.1)$$

где $\delta_{из}$ – величина износа, мм;

δ_0 – величина припуска на последующую механическую обработку, мм.

Поверхность наплавки получается ровная, если припуск на механическую обработку составляет 2-3 мм. При значительной величине износа наплавка производится в несколько слоёв.

$$\delta_n = 3 + 3 = 6 \text{ мм.}$$

Ручная наплавка производится широким валиком с амплитудой поперечного перемещения от 2 до 4 диаметров электрода. Такой приём увеличивает ширину валика, замедляет охлаждение сварочной ванны, что уменьшает возможность проявления непроваров, шлаковых включений и пор. Валики накладываются после удаления шлака так, чтобы каждый последующий перекрывал предыдущий на 1/2-1/3 его ширины.

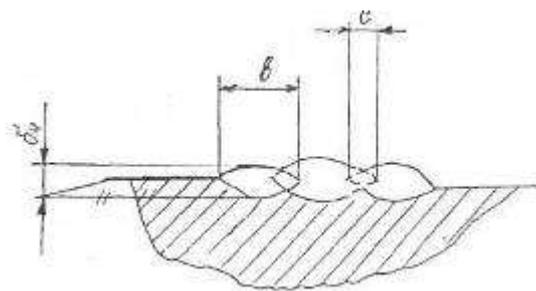


Рис. 5 Схема наложения валиков

Соотношение между основными параметрами наплавленного слоя можно определить по выражениям:

$$b = (2 - 4)d_{эл};$$

$$b = 3 \cdot 4 = 12 \text{ мм};$$

$$\delta_n = (0,8 - 1,2)d_{эл};$$

$$\delta_n = 1,2 \cdot 4 = 5 \text{ мм.}$$

Тип электрода Э42;

Согласно таблице 4 [1] принимаем;

- марка электрода АНО-1;
- твёрдость слоя 120-140 НВ/НRC;
- коэффициент наплавки $\alpha_n = 14-16 \text{ г/А}\cdot\text{ч}$;
- коэффициент расхода 1,5.

При ручной дуговой наплавке изношенных поверхностей для большинства деталей подвижного состава используются электроды диаметром 3-5 мм, для крупногабаритных деталей – до 6 мм.

Ориентировочную величину тока при ручной дуговой наплавке можно определить по формуле:

$$J_n = (20 + 6d_{\text{эл}}) d_{\text{эл}},$$

$$J_n = (20 + 6 \cdot 5) \cdot 5 = 250 \text{ А.}$$

Для выбора напряжения используют справочные данные или рекомендации сертификатов, которыми определяется каждая марка электрода. Для большинства марок электродных покрытий, используемых при наплавке углеродистых и легированных конструкционных сталей, рекомендуемые значения напряжения дуги выбирают в пределах 20-32 В.

Более точное обоснование применяемого напряжения дуги в зависимости от тока:

$$U_d = 20 + 0,04 J_n,$$

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot 250 = 30 \text{ В.}$$

Скорость наплавки:

$$V_n = (\alpha_n \cdot J_n) / (100 \cdot F_n \cdot \rho),$$

где α_n - коэффициент наплавки, г/А·ч;

F_n -площадь наплавленного слоя одного прохода, см²;

ρ - плотность металла шва, = 7,8 г/см³.

Площадь поперечного сечения наплавленного валика при ручной дуговой наплавке:

$$F_n = 0,75 b d_n,$$

$$F_n = 0,75 \times 20 \times 6 = 90 \text{ мм}^2.$$

$$V_n = 15 \cdot 250 / (100 \times 9 \times 7,8) = 0,534 \text{ м/ч.}$$

Как правило, скорость наплавки можно не рассчитывать, так как она устанавливается сварщиком вручную при обеспечении размерных параметров наплавленного слоя.

Выбирая вид тока, следует учитывать экономические и эксплуатационные преимущества переменного тока перед постоянным. Однако могут быть положения, при которых использование переменного тока не допускается при наплавке электродами УОНИ-13, ОЗН в некоторых других случаях. Так, характер наплавочных работ обуславливает необходимость получения слоя наплавленного металла за счет возможно большего количества электродного металла при минимальной глубине проплавления основного металла. Поэтому для наплавочных работ следует предпочесть постоянный ток и вести наплавку на обратной полярности, обеспечивающей более высокую производительность процесса и меньшую глубину проплавления поверхности детали. Марку источника питания можно выбрать в справочнике.