

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
ПМ.03. Электрогазосварка**

по профессии по профессии 08.01.14 Монтажник
санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования

Квалификация:
электрогазосварщик

Иркутск, 2019

Методические указания по выполнению практических работ по профессиональному модулю ПМ.02. Электрогазосварка по профессии 08.01.14 Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования / Сост. Д.Г. Тутукин – Иркутск: ГБПОУ ИТМ, 2019. – 129 с.

Методические указания разработаны для обучающихся по профессии 08.01.14 Монтажник санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования для оказания практической помощи при выполнении практических занятий.

РАССМОТРЕНЫ

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

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В настоящих методических указаниях представлены методические материалы к выполнению практических и лабораторных работ по ПМ.03. Электрогазосварка предназначенные для студентов, обучающихся по профессии по профессии 08.01.14 Монтажник

санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования.

Выполнение практических и лабораторных работ каждым обучающимся является обязательным и предусмотрено федеральным государственным образовательным стандартом по профессии 08.01.14 Монтажник

санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования.

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 само- развитию, 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, вы-

полняют 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. Чтение сборочных чертежей.	2
Практическое занятие №2. Чтение сборочно-сварочных чертежей.	2
Практическое занятие №3. Универсальные сборочно-сварочные приспособления (УСП).	2
Практическое занятие №4. Способы и приёмы сборки коробчатых конструкций.	2
Практическое занятие №5. Способы и приёмы сборки решетчатых конструкций.	2
Практическое занятие №6. Способы и приёмы сборки рамных конструкций.	2
Практическое занятие №7. Сварочные трансформаторы.	2
Практическое занятие №8. Сварочные выпрямители.	2
Практическое занятие №9. Сварочные агрегаты.	2
Практическое занятие №10. Инверторные источники питания.	2
Практическое занятие №11. Виды и назначение газовых баллонов.	2
Практическое занятие №12. Виды и устройство газовых горелок.	2
Практическое занятие №13. Подбор сварного соединения и шва.	2
Практическое занятие №14. Расчёт параметров ручной дуговой сварки.	2
Практическое занятие №15. Расход сварочных материалов.	2
Практическое занятие №16. Влияние легирующих элементов на свойства стали.	2
Практическое занятие №17. Классификация и маркировка сварочных электродов.	2
Практическое занятие №18. Выбор сварочных электродов.	2
Практическое занятие №19. Особенности выполнения сварных швов в нижнем положении.	2
Практическое занятие №20. Особенности выполнения сварных швов в горизонтальном положении.	2
Практическое занятие №21. Особенности выполнения сварных швов в вертикальном положении.	2
Практическое занятие №22. Особенности выполнения сварных швов в потолочном положении.	2
Практическое занятие №23. Выбор электродов для наплавки.	2
Практическое занятие № 24 Визуально измерительный и ультразвуковой контроль качества.	2
Практическое занятие №25. Газовая сварка конструкционных и углеродистых сталей.	2
Практическое занятие №26. Газовая сварка чугунов.	2
Практическое занятие №27. Газовая сварка алюминия и его сплавов.	2
Практическое занятие №28. Газовая сварка меди и её сплавов.	2
Практическое занятие №29. Газовая сварка никеля и его сплавов.	2
Практическое занятие №30. Газовая сварка титана и его сплавов.	2
Практическое занятие №31. Диаграмма железо-углерод.	2

Практическое занятие № 1. Чтение сборочных чертежей

Цель работы: отработка практических навыков чтения сборочных чертежей.

Ход работы:

Изучить правила оформления сборочных чертежей.

Сделать чертёж представленной конструкции.

Теоретический материал:

Общие требования к чертежам

ГОСТ 2.109-73 устанавливает основные требования к выполнению чертежей, деталей, сборочных, габаритных и монтажных на стадии разработки рабочей документации для всех отраслей промышленности.

Общие положения

При разработке рабочих чертежей предусматривают:

а) оптимальное применение стандартных и покупных изделий, а также изделий, освоенных производством и соответствующих современному уровню техники;

б) рационально ограниченную номенклатуру резьб, шлицев и других конструктивных элементов, их размеров, покрытий и т. д.;

в) рационально ограниченную номенклатуру марок и сортов материалов, а также применение наиболее дешёвых и наименее дефицитных материалов;

г) необходимую степень взаимозаменяемости, эффективные способы изготовления и ремонта изделий, а также их максимальное удобство обслуживания в эксплуатации.

Чертеж детали

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 чертеж детали – это конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для её изготовления и контроля.

Изображения (виды, разрезы, сечения, выносные элементы) должны полностью определять геометрическую форму детали. При выполнении чертежа необходимо руководствоваться правилом, что изображений должно быть минимальное количество.

К другим данным, необходимым для изготовления и контроля детали относятся:

- размеры и предельные отклонения ГОСТ 2.307-68;
- требования к качеству поверхности ГОСТ 2.309-73;
- допуски формы и расположения поверхностей ГОСТ 2.308-79;
- нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки ГОСТ 2.310-68;
- сведения о материале, из которого изготовлена деталь (указывают в графе 3 штампа основной надписи);
- и другие технические требования.

Конструктивные элементы детали

Конструктивные элементы детали представлены на рисунках 1 и 2.

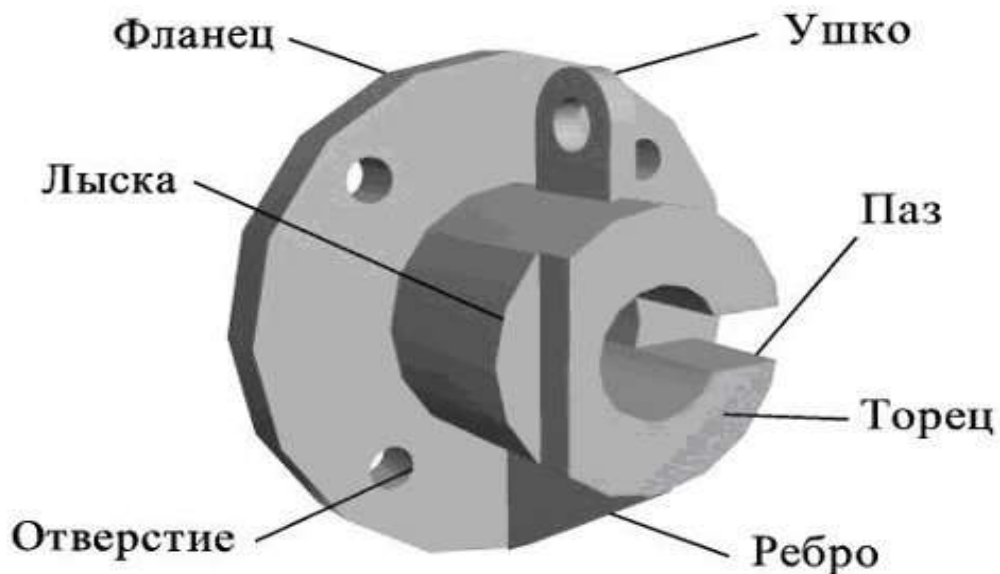


Рис.1 Конструктивные элементы детали

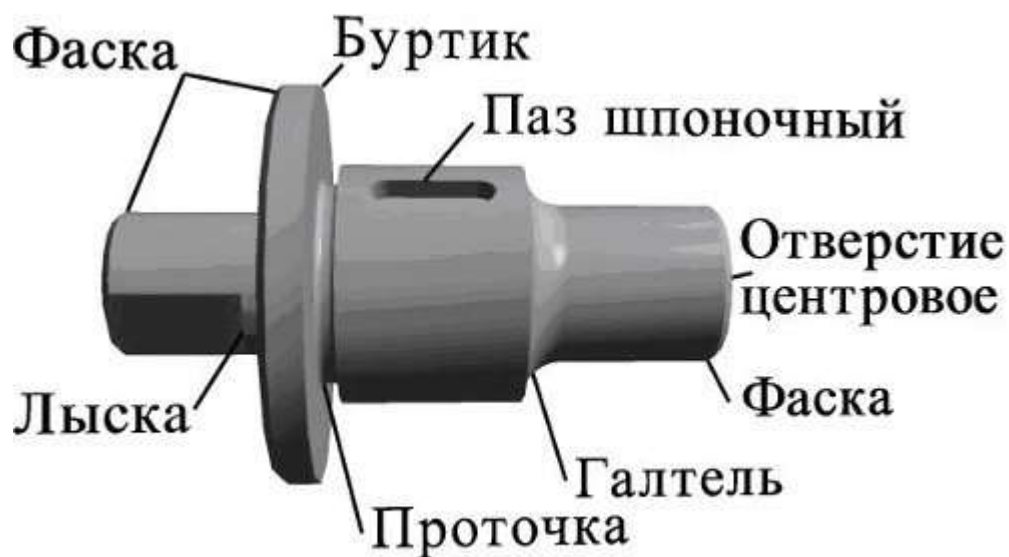


Рис.2 Конструктивные элементы детали

Выбор главного изображения

Выполнение чертежа начинают с выбора главного изображения.

Основное требование к главному изображению оно должно передавать наиболее полное представление о форме и размерах детали.

В качестве главного изображения (вида спереди) может быть использован как фронтальный разрез, так и сочетание вида и разреза (рис. 3).

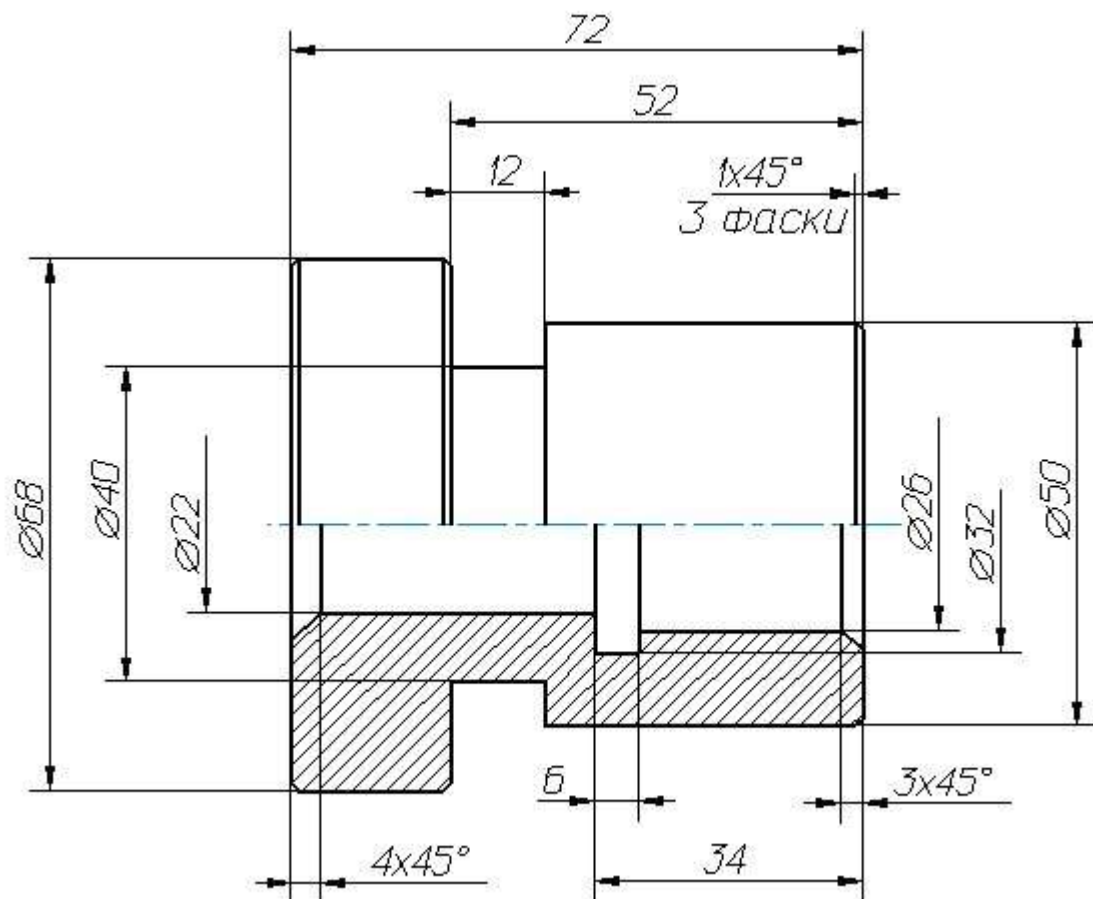


Рис.3 Главный вид – совмещение вида и разреза

Плоские детали из листового материала изображают в одной проекции, показывающей их контурные изображения, толщина детали указывается условной записью S... . Пример такой детали представлен на рис.4.

Для изготовления фасонных деталей из листового материала требуются точные развертки или приближенные заготовки для штампованных деталей с вытяжкой – это плоские детали из листового материала.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) предмета на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для выявления его внешней и внутренней формы и должно давать возможность рационально нанести размеры.

В некоторых случаях одна проекция с соответствующим условным знаком, поставленным у размерного числа, дает полное представление о форме изображенного предмета. Так, например, знак диаметра говорит о том, что изображенный предмет является телом вращения; знак квадрата обозначает, что изображенный предмет имеет форму призмы с нормальным сечением в виде квадрата; слово «сфера», написанное перед значком диаметра говорит о том, что поверхность сферическая; символ "S" (толщина) перед размерным числом заменяет вторую проекцию детали, имеющую форму параллелепипеда и т.д.

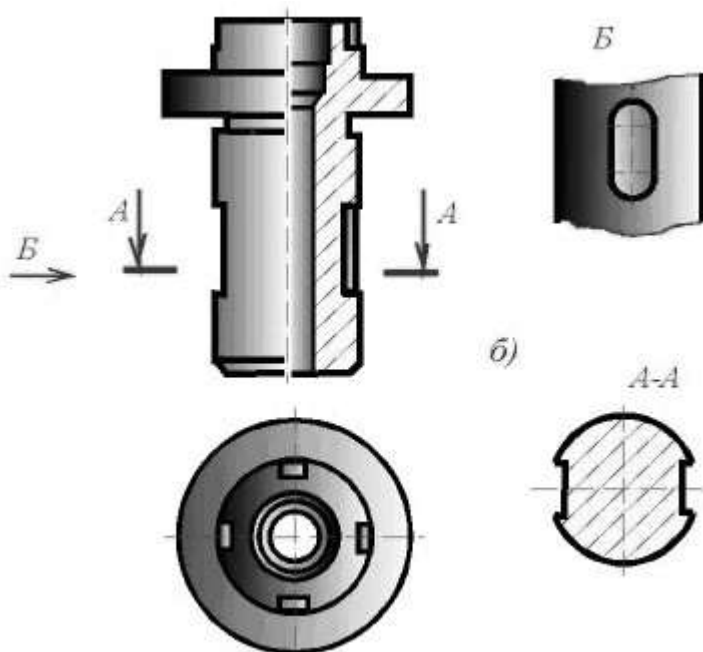


Рис.5 Пример 1 изображения деталей с необходимым количеством видов, разрезов и сечений на чертеже

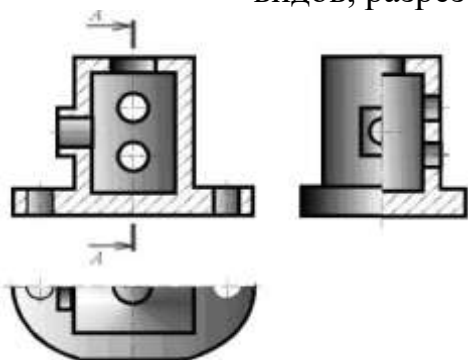


Рис.6 Пример 2 изображения деталей с необходимым количеством видов, разрезов и сечений на чертеже

Сборочный чертеж

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 сборочный чертеж – это документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля.

Требования к сборочному чертежу

Правила выполнения и оформления сборочных чертежей установлены ГОСТ 2.109-73.

Сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимосвязи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и осуществление сборки и контроля сборочной единицы;
- размеры, предельные отклонения, другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается при сборке (подборка деталей, их пригонка и т.п.), а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и т.д.);

- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- габаритные размеры изделия; установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

Последовательность выполнения сборочного чертежа

1. Ознакомиться с устройством, работой и порядком сборки сборочной единицы. Прочитать рабочие чертежи всех деталей, входящих в сборочную единицу, т.е. мысленно представить форму и размеры каждой из них, ее место в сборочной единице, взаимодействие с другими деталями.

2. Выбрать необходимое количество изображений так, чтобы на сборочном чертеже была полностью понятна конструкция изделия и взаимодействие ее составных частей.

Общее количество всех изображений сборочной единицы на сборочном чертеже должно быть всегда наименьшим, а в совокупности со спецификацией – достаточным для выполнения всех необходимых сборочных операций, совместной обработки (пригонки, регулирования составных частей) и контроля.

Главное изображение сборочной единицы должно давать наибольшее представление о расположении и взаимосвязи ее составных частей, соединяемых по данному сборочному чертежу.

3. Установить масштаб чертежа, формат листа, нанести рамку на поле чертежа и основную надпись.

4. Произвести компоновку изображений, для этого вычислить габаритные размеры изделия и вычертить прямоугольники со сторонами, равными соответствующим габаритным размерам изделия.

5. Вычертить контур основной детали (как правило - корпуса, основания или станины). Наметить необходимые разрезы, сечения, дополнительные изображения.

6. Вычертить остальные детали по размерам, взятым с рабочих чертежей деталей, в той последовательности, в которой собирают изделие.

7. Тщательно проверить выполненный чертеж, обвести его и заштриховать сечения.

8. Нанести габаритные, установочные и присоединительные размеры.

9. Нанести линии-выноски для номеров позиций.

10. Заполнить основную надпись.

11. На отдельных форматах (А4) составить спецификацию.

12. Проставить номера позиций деталей на сборочном чертеже согласно спецификации.

Пример оформления сборочного чертежа приведен на рисунке 7.

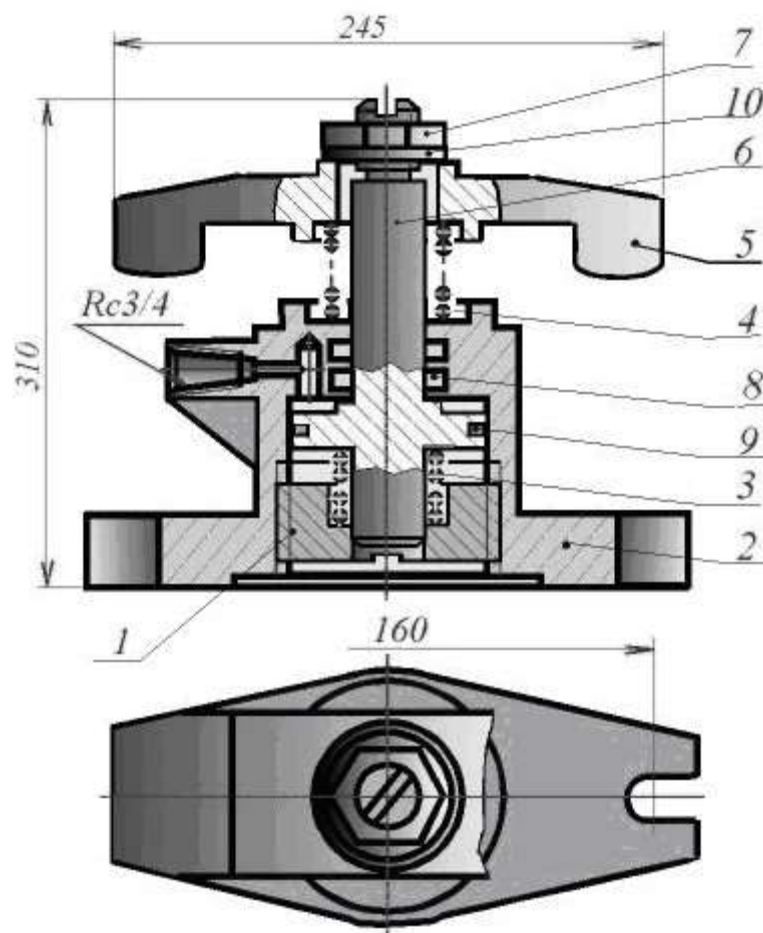


Рис.7 Прихват гидравлический (сборочный чертеж)

Спецификация

В соответствии с ГОСТ 2.102-68 сборочный чертеж – это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Спецификация относится к текстовым конструкторским документам и заполняется в соответствии с ГОСТ 2.106-96 «Текстовые документы».

Первый лист спецификации имеет основную надпись (ГОСТ 2.104-2006) по форме 2, а последующие листы - по форме 2а.

Спецификация состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. Наличие их определяется составом изделия. В спецификацию для учебных сборочных чертежей, как правило, входят следующие разделы (рисунок 8):

1. Документация;
2. Сборочные единицы;
3. Детали;
4. Стандартные изделия;
5. Материалы.

Рис.8 Пример оформления спецификации

Формат	Вид	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечан.
				<u>Документация</u>		
A1			AT-230.07.07.12.00.CB	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
A4	1		AT-230.07.07.12.01	Стахан	1	
A4	2		AT-230.07.07.12.02	Корпус	1	
A4	3		AT-230.07.07.12.03	Пружина	1	
A4	4		AT-230.07.07.12.04	Пружина	1	
A4	5		AT-230.07.07.12.05	Скоба	1	
A4	6		AT-230.07.07.12.06	Поршень	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	7			Гайка М30.5 ГОСТ 5915-70	1	
	8			Кольцо Н1-35х28 ГОСТ 9832-77	2	
	9			Кольцо Н1-80х70-1 ГОСТ 9832-77	1	
	10			Шайба 30.04.019 ГОСТ 11371-78	1	
AT-230.07.07.12.00						
Вид	Вид	В документе	Детали	Детали		
Рисунки	Дрос				Лист	Листов
В целом	Уточ.				7	
				Прихват		
				гидравлический		Предприятие

Наименование каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается тонкой линией. Ниже каждого заголовка оставляется одна свободная строка, выше - не менее одной свободной строки.

1. В раздел «Документация» вносят конструкторские документы на сборочную единицу. В этот раздел в учебных чертежах вписывают «Сборочный чертеж».

2. В разделы «Сборочные единицы» и «Детали» вносят те составные части сборочной единицы, которые непосредственно входят в нее. В каждом из этих разделов составные части записывают по их наименованию.

3. В раздел «Стандартные изделия» записывают стандартные изделия. Запись производят в алфавитном порядке наименований изделий, в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

4. В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в сборочную единицу. Материалы записывают по видам и в последовательности, указанным в ГОСТ 2.106-96. Материалы записывают в алфавитном порядке наименований материалов.

Графы спецификации заполняют следующим образом. В графе «Формат» указывают обозначение формата. В графе «Поз.» указывают порядковый номер составной части сборочной единицы в последовательности их записи в спецификации. В разделе «Документация» графу «Поз.» не заполняют.

В разделах «Стандартные изделия» и «Материалы» графу «Обозначение» не заполняют. В графе «Наименование» указывают наименование составной части сборочной единицы. Все наименования пишут в именительном падеже единственного числа. Наименование деталей, как правило, однословное. Если же оно состоит из двух слов, то вначале пишут имя су-

ществительное, например: «Колесо зубчатое», «Гайка накидная». Наименование стандартных изделий должно полностью соответствовать их условным обозначениям, установленным стандартом, например:

Болт М12*1,25-8g*30.48 ГОСТ 7798-70

В графе «Кол.» указывают количество составных частей, записываемых в спецификацию (сборочных единиц, деталей) на одно изделие, в разделе «Материалы» - общее количество материалов на одно изделие с указанием единиц измерения.

Практическое занятие № 2. Чтение сборочно-сварочных чертежей

Цель работы: отработка практических навыков чтения сборочно-сварочных чертежей.

Ход работы:

Изучить правила оформления сборочно-сварочных чертежей.

Составить таблицу спецификации и технологическую карту по представленному чертежу.

Теоретический материал:

Алгоритм чтения сборочного чертежа и наглядного изображения сборочной единицы:

1. Определить название изделия.
2. Установить число наименований деталей и их количество.
3. Определить масштаб изображения.
4. Проанализировать количество и характер изображений на чертеже или на наглядном изображении сборочной единицы.
5. Определить очертание каждой детали сборочной единицы на всех изображениях чертежа.
6. Проанализировать геометрическую форму каждой детали.
7. Определить виды соединения деталей в данной сборочной единице.
8. Проанализировать и установить тип размеров.
9. Выявить условности и упрощения, использованные на сборочном чертеже или на наглядном изображении сборочной единицы.
10. Установить последовательность сборки изделия.

Сварная сборочная единица представляет собой неразъемное соединение двух или нескольких деталей, осуществленное с помощью сварки.

Соединение деталей сваркой широко применяется в самых различных отраслях машиностроения и строительства. На рис. 211 приведены типовые сварные сборочные единицы. Сварное соединение получается в процессе местного нагрева соединяемых деталей. Имеется несколько способов сварки, различающихся в основном по виду применяемых источников тепла и способу соединения деталей. В зависимости от источника тепла различают газовую и дуговую сварку.

При *газовой сварке* для концентрированного нагрева применяют горючий газ (ацетилен или другие газы, сжигаемые в кислороде); при *дуговой* — тепловую энергию электричества. В машиностроении находят широкое применение дуговая и контактная сварка. >Дуговая сварка — сварка

плавлением, для нагрева применяется тепловая энергия электрической дуги.

Контактная сварка (точечная, шовная и др.) — сварка давлением, пластическая с применением внешних сил, сжимающих детали в свариваемых местах; где нагревания применяют электрическую энергию, превращенную в тепловую. Более подробные сведения о видах сварки, применяемой аппаратуре и технологии сварки можно получить в специальных курсах. Детали сварной сборочной единицы часто изготавливают из листового материала и различных профилей. В сварных сборочных единицах применяют литые, штампованные и другие детали. Места соединения деталей с помощью сварки называют сварными швами. Сварные швы различаются взаимным расположением свариваемых деталей (вид соединения), подготовкой кромок, характером выполненного шва. В зависимости от толщины материала и требований к прочности и герметичности шва кромки свариваемых деталей могут быть обработаны или не обработаны, может быть сделан скос кромки (фаски) на одной или на обеих сторонах, у одной из свариваемых деталей или у обеих деталей. При сварке внахлестку применяют еще один вид подготовки деталей — отверстия в одном из свариваемых листов.

Шов может свариваться с одной стороны (односторонний) или с обеих сторон (двусторонний) непрерывной линией или с перерывами. Если двусторонний шов делают прерывистым, то проваренные участки могут располагаться в шахматном порядке (шахматный прерывистый шов) или один рядом с другим (цепной прерывистый шов). Эти признаки отражены в стандартах на швы сварных соединений для различных видов сварки, установлены шифры швов, обозначения способов сварки. ГОСТом 2.312—72 установлены изображения и обозначения на чертежах различных сварных швов. Соединение пайкой производится при сравнительно незначительном нагреве деталей. Пайкой соединяют детали не только из однородных металлов (стали любых марок, чугун), но и разнородных, например: латуни или меди со сталью, латуни и меди между собой и др.

На сборочном чертеже указывают материал припоя; изображение и обозначение — по ГОСТ 2.313-82 (СТ СЭВ 138-81). Если на одной детали указано несколько мест пайки разными припоями, то следует обращать внимание на очередность пайки в зависимости от температуры плавления припоя. Начать пайку надо с припоя, имеющего наиболее высокую температуру плавления. Рассмотрим особенности построения чертежей сварных сборочных единиц. 1. Чертеж сварной сборочной единицы содержит минимальное, но достаточное количество изображений, по которым можно ясно понять взаимное расположение всех деталей.

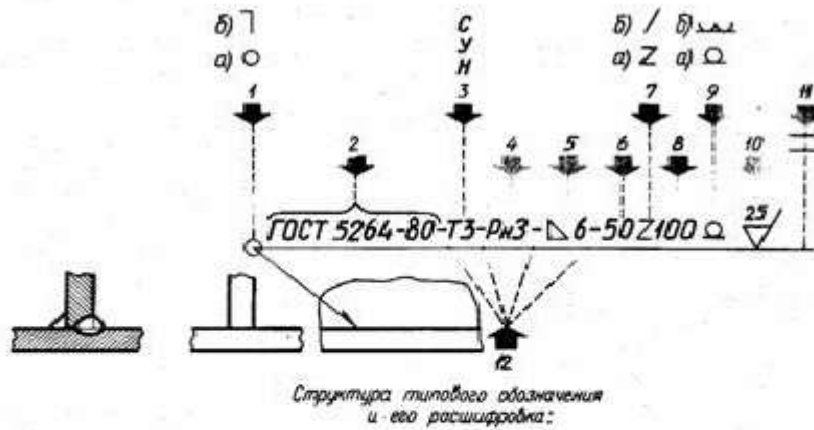


Рис. 9 Структура обозначения шва сварного соединения (сварка плавлением):
 1 — место для вспомогательного знака шва по замкнутой линии (а) или знака монтажного шва (б),
 2 — обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов, 3 — буквенно-цифровое
 обозначение шва по тому же стандарту (см. приложение 9), 4 — условное обозначение способа сварки
 по тому же стандарту (допускается не указывать), 5 — знак катета и размер катета по тому же
 стандарту, 6 — размер длины привариваемого участка (только для прерывного шва), 7 — место для
 знака, обозначающего шахматное (а) или цепное (б) расположение прерывистых швов, 8 — размер
 шага, 9 — место для знака, обозначающего, что усиление шва снять (а) или обработать наплывы
 и неровности шва с плавным переходом к основному металлу (б), 10 — обозначение шероховатости
 поверхности шва (для обрабатываемых швов), 11 — место для вспомогательного знака или швов
 по незамкнутой линии (знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа и когда отсут-
 ствует знак для швов по замкнутой линии), 12 — знак «дефис».

Кроме того, чертеж сварной сборочной единицы может иметь дополнительные изображения в виде сечений, на которых указывают радиусы сгиба, размеры деталей после гибки, развертки деталей для уточнения формы неясных элементов, т. е. в

се данные, пользуясь которыми можно изготовить из листового материала как плоские, так и детали, изготавливаемые гибкой, не имея для них отдельных чертежей. Простановку размеров и знаков шероховатости поверхностей выполняют так же, как и на чертежах деталей. На детали сложной формы, полученные из листового материала путем штамповки с вытяжкой, а также литые, точеные, фрезерованные и др. составляют отдельные чертежи.

2. Места соединений деталей — сварные швы — изображаются и обозначаются условно согласно ГОСТ 2.312—72. По этим обозначениям на чертежах из соответствующих стандартов (см. прилагаемый перечень) можно установить все элементы швов для проведения сварочных работ.

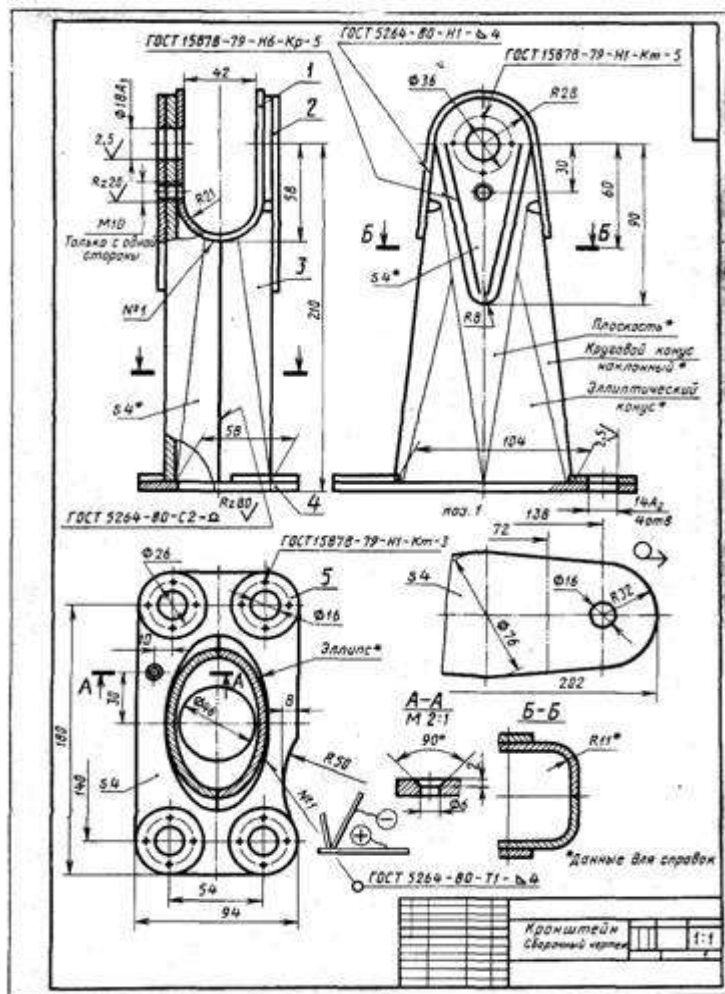


Рис. 10 Чертеж сборочной единицы с различными типами сварных швов и видами сварки

Общая структура обозначения швов сварных соединений, выполняемых сваркой плавлением, показана на рис. 10. Независимо от способа сварки видимый шов сварного соединения изображают сплошной основной линией (в том числе шов, выполняемый контактной шовной сваркой), невидимый — штриховой линией; видимую сварную точку — знаком «крест» (выполняется сплошными основными линиями длиной 5—10 мм); невидимую не изображают.

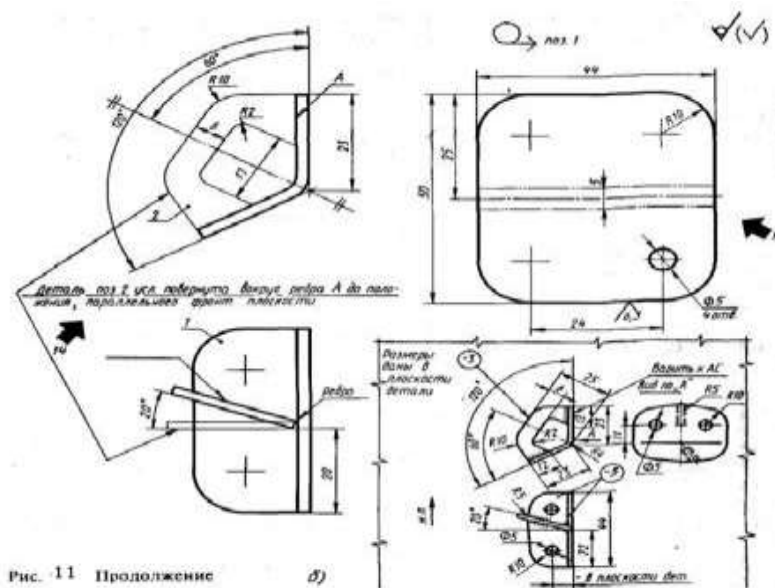


Рис. 11 Продолжение

От изображения шва (или точки), предпочтительно видимого, проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой, а на полке проставляют обозначение сварного шва соединения.

3. При изображении в разрезе отдельной сварной сборочной единицы штриховку его деталей в плоскости разреза выполняют в разных направлениях (встречная или со сдвигом). Сварную сборочную единицу, изображенную в сборе с другими сборочными единицами или деталями, штрихуют как целую (монокристаллическую) деталь, при этом швы не показывают, а линии, разделяющие детали между собой, сохраняют.

На рис. 10 показан чертеж кронштейна как пример более сложного чертежа сварной сборочной единицы. Кронштейн образован из деталей плоских и штампованных, изготавливаемых гибкой, а соединения выполнены с помощью различных видов сварки, содержит различные типы швов, а поэтому и изображения, и обозначения их различаются. В поперечном сечении сварочный шов не изображают. Отметим, что у деталей толщиной до 2 мм подготовки кромок обычно не требуется.

Рассмотренный чертеж значительно отличается от встречающихся ранее оформлением. На нем дана развертка с размерами для уточнения формы элемента детали—поз. 1, полностью отображены форма и размеры всех деталей. По такому чертежу на производстве делают шаблоны для изготовления самих деталей. На сложную листовую деталь должен быть составлен отдельный чертеж. В Советском Союзе разработаны и внедрены новые методы сварки, например, диффузионная, открывающая широкие возможности для автоматизации процессов, сварки деталей из разнородных материалов, упрочнения силовых конструкций, и ряд других (термитная, лазерная, взрывом, трением, плазменная, электронно-лучевая, индукционная, газопрессовая, холодная, ультразвуковая, электрошлаковая, под флюсом и др.).

Практическое занятие №3. Универсальные сборочно-сварочные приспособления (УСП)

Цель работы: изучить УСП при проведении сборочно-сварочных работ.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать виды и назначение УСП.

Теоретический материал:

В настоящее время до 70% трудозатрат в технологической подготовке производства приходится на проектирование и изготовление приспособлений. Стала актуальной проблема изыскания путей их удешевления для условий как серийного, так и мелкосерийного производства.

Наиболее эффективными методами, ускоряющими и удешевляющими проектирование и изготовление приспособлений, являются унификация, нормализация, стандартизация деталей и элементов приспособлений и установок.

Универсально – сборные приспособления для сварки (УСПС) эффективно применяются как при сварке изделий, так и при их сборке. При сварке они особенно эффективны, если недопустимы деформации свариваемого изделия.

Комплект УСПС состоит из следующих элементов:

- Базовых (плит, угольников, планшайб, и др.)
- Корпусных и опорных (призм, угольников, подкладок и др.)
- Установочных (шпонок, пальцев, валиков, втулок, центров и др.)
- Направляющих (втулок, планок, колонок и др.)
- Прижимных (прихватов и прижимов различных типов)
- Крепежных (винтов, болтов, гаек)
- Узлов (самоустанавливающихся опор, пневмоцилиндров, поворотных головок)
- Вспомогательных (рукоятки, пружины и др.)

Обычно комплект элементов УСПС включает 2200 – 3400 деталей и узлов, из которых может быть собрано несколько десятков приспособлений. Благодаря универсальности и взаимозаменяемости элементов УСПС продолжительность сборки и разборки приспособления не превышает 1-8 часов в зависимости от его сложности. Масса собираемых изделий от 50 до 2500 кг, диаметр крепежных болтов от 8 до 16 мм, точность сборки изделий от 0,2 до 0,8 мм для различных типов УСПС.

Применение УСПС значительно сокращает и удешевляет ТПП, повышает коэффициент его технической оснащенности. Это достигается благодаря тому, что комплекты нормализованных и стандартных деталей и механизмов обратимы, взаимозаменяемы и могут использоваться многократно для различных приспособлений.

Проектирование УСПС сводится лишь к разработке принципиальной компоновочной схемы приспособления, а изготовление – к сборке приспособления из готовых элементов и наладке. После сборки и сварки партии

изделий УСПС разбирают на составляющие их элементы, которые в дальнейшем используются для компоновки новых приспособлений.

УСПС применяются на предприятиях с индивидуальным и мелкосерийным характером производства в период освоения выпуска новой продукции с последующей заменой их специальными приспособлениями. УСПС целесообразно использовать также на ремонтных предприятиях и сборки приспособлений – дублеров при ремонте основной оснастки.

Универсально – наладочные приспособления сварочного производства (УНПС) отличаются от универсально – сборных приспособлений УСПС лишь тем, что имеют механизмы и устройства, позволяющие быстро, без разборки приспособления перестроить (наладить) его для сборки и сварки однотипных изделий другого размера. Принципы создания и применения УНПС и УСПС аналогичны.

Переносные приспособления

Переносные универсальные и специализированные сборочные приспособления применяются в единичном, мелкосерийном и серийном производствах, а также при монтаже сварных изделий.

Универсальные переносные приспособления могут использоваться для сборки различных конструкций, а специализированные для сборки определенных конструкций.

К универсальным приспособлениям для сборки относятся струбцины, стяжные устройства, прижимы рычажные, распорки (стяжки) винтовые, стяжные приспособления (хомуты).

Практическое занятие №4. Способы и приёмы сборки коробчатых конструкций

Цель работы: изучить основные способы и приёмы сборки коробчатых конструкций.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать основные способы и приёмы сборки коробчатых конструкций.

Теоретический материал:

В местах концентрации напряжений суммарная величина их может превысить временное сопротивление разрыву наплавленного металла, что вызовет начало разрушения сварного шва. А в отдельных случаях приводит к разрушению сварной конструкции в целом. Причинами возникновения напряжений и деформаций при сварке являются: неравномерное нагревание металла, литейная усадка расплавленного металла, структурные превращения в металле.

Для борьбы с деформациями принимаются следующие меры.

Мероприятия, выполняемые до сварки.

Рациональное конструирование сварных изделий. В процессе конструирования необходимо: ограничивать количество наплавленного металла уменьшением катетов швов или угла скоса кромок; не допускать пересечения большого количества швов; не располагать сварные швы там, где дей-

ствуют максимальные напряжения от внешних нагрузок, и размещать их симметрично; применять преимущественно стыковые швы и т. п.

Правильная сборка деталей с учетом возможных деформаций. При этом наиболее часто применяют метод обратных деформаций (рис. 1). Зная, что шов после охлаждения всегда сокращается в размерах, можно заранее предугадать характер возможных напряжений и деформаций и произвести предварительный выгиб свариваемых деталей и противоположную сторону. Величина обратного выгиба определяется расчетным или опытным путем.

При сборке деталей следует избегать прихваток, которые создают жесткое закрепление деталей и способствуют возникновению значительных остаточных напряжений. Лучше применять сборочные приспособления, допускающие некоторое перемещение деталей при усадке металла.

Мероприятия, выполняемые в процессе сварки.

Рациональная последовательность наложения сварных швов. Сварные конструкции следует изготавливать так, чтобы замыкающие швы, создающие жесткий контур, заваривались в последнюю очередь. Сварку нужно вести от середины конструкции к ее краям, как бы сгоня при этом внутренние напряжения наружу. Каждый последующий шов при многослойной сварке рекомендуется накладывать в направлении, обратном направлению предыдущего шва.

При сварке полотнищ из отдельных листов в первую очередь нужно выполнять поперечные швы отдельных поясов, чтобы обеспечить их свободную усадку, а затем сваривать пояса между собой продольными швами. В противном случае возможно образование трещин в местах пересечения поперечных и продольных швов.

При сварке двутавровых балок в первую очередь выполняют стыковые соединения стенок и полок, а затем - угловые поясные швы.

При сварке цилиндрических сосудов из нескольких обечаек сначала выполняют продольные швы обечаек, а затем обечайки сваривают между собой кольцевыми швами. При ручной и механизированной сварке швы большой протяженности рекомендуется накладывать в обратноступенчатом порядке.

Швы выполняют в такой последовательности, при которой последующий шов вызывает деформации обратного направления по сравнению с деформациями от предыдущего шва. Этот способ может быть использован при симметричном расположении швов.

Жесткое закрепление деталей при сварке. В этом случае детали закрепляют в сборочно-сварочных приспособлениях, обладающих значительной жесткостью. После сварки в таких приспособлениях короблений деталей почти не будет, но в сварных швах возрастут внутренние напряжения.

Балки коробчатого сечения сложнее в изготовлении, чем двутавровые. Но они имеют большую жесткость на кручение и поэтому широко применяются в конструкциях крановых мостов и подкрановых балках. При большой длине таких балок полки и стенки сваривают встык из нескольких листов.

Сборка коробчатых балок проводится:

на стеллажах с применением переносных сборочных устройств;

в кондукторах;

на стенде с самоходным порталом.

Сборка на стеллажах осуществляется в следующем порядке

а) на стеллажах укладывают верхний пояс (верхнюю полку). На ней размечают места установки диафрагм. С помощью крана выставляют диафрагмы по угольнику, прихватывают и приваривают.

б) краном выставляют на полку обе стенки и с помощью переносных сборочных устройств прижимают к диафрагмам. Стенки прихватывают к полкам диафрагмам. После этого зажимные устройства снимают.

в) собранную полку балки кантуют на 90° и приваривают диафрагмы к одной стенке, а после кантовки на 180° – к другой.

г) после окончательной приварки диафрагм балку устанавливают в первоначальное положение. Краном устанавливают 2-ую (нижнюю) полку, прихватывают и балку передают на сварку.

Прихватки и сварку диафрагм осуществляют РДС или механизированной сваркой в CO_2 , а поясные швы варят АДС под флюсом.

Сборка в кондукторе. Общая последовательность сборки и сварки в кондукторе такая же, как и на стеллажах. А прижатие стенок к диафрагмам, полки к стенкам в кондукторе производится пневмо или гидроприжимами. Кантовка балки и приварка стенок к диафрагмам производится за пределами кондуктора.

Сборка на стенде с передвижным порталом применяется для изготовления балок большой длины в условиях заводов металлоконструкций и машиностроительных заводов. Портал состоит из рамы, вертикального и горизонтального прижимов с пневмоцилиндрами, захватов и ходовой части. Захваты и вертикальный прижим образуют замкнутую силовую систему, разгружающую раму и ходовую часть портала от вертикального усилия.

Предварительно производится сборка-сварка пояса с диафрагмами. С помощью крана на полку устанавливаются стенки и удерживаются вертикально специальными ручными стяжками. Портал устанавливается против места прихватки (начиная с конца балки), включаются прижимы и производится прихватка боковых стенок.

После этого прижимы отводят, портал передвигают вдоль балки к месту следующих прихваток, и цикл повторяется. После прихватки стенок устанавливается нижний пояс и последовательно прижимается и прихватывается к стенкам по всей длине балки.

Передвижные порталы с пневмоцилиндрами применяют для балок с размерами:

–высота ~ до 1,5м;

–ширина ~ до 1м;

–толщина стенок ~ до 6мм;

–толщина пояса ~ 14мм.

усилие вертикального прижима до 4т (40кН), а горизонтального – по 1т (10кН). Скорость передвижения – 30м/мин.

Для балок с небольшими размерами порталы выполняются несамостоятельными. Для сборки крупных коробчатых балок высотой до 3м, длиной до 10м, с толщиной стенки до 16мм и пояса до 60мм применяют самоходные порталы с гидropriжимами: вертикальные до 21т, горизонтальные до 2,3т. Сварку поясных швов под слоем флюса ведут наклонным электродом, а возможный подрез менее опасен, чем у двутавра, т.к. нагрузка передается с полки на стенку через диафрагмы.

Монтажные стыки балок.

При монтаже конструкций нередко возникает необходимость стыковки балок. Применяют 3 типа стыков двутавровых балок. Раздвинутый стык применяют как технологический, а обычно – совмещенный стык, выполняемый РДС или полуавтоматом в CO_2 . Последовательность выполнения стыковых швов поясов и стенки назначают из следующих соображений:

Если в 1-ю очередь сваривать стыки поясов, то стык стенки придется варить в условиях жесткого закрепления. Поэтому после выполнения шва в стенке возникают больше растягивающие напряжения, что может вызвать трещины.

Если сначала варить стык стенки, а потом стыки полок, то в швах полок вследствие их поперечной усадки возникают большие остаточные напряжения растяжения. В худшем положении при действии рабочих нагрузок будет шов нижнего пояса.

На практике поясные швы иногда не доваривают на заводе на величину роспуска L . На монтаже варят стыки по 1-му или 2-му варианту, а затем доваривают поясные швы. Назначение роспуска – дать возможность при заварке стыка стенки полностью деформироваться, что снижает уровень остаточных напряжений. Но при этом может быть коробление полок.

Поэтому в каждом конкретном случае в зависимости от условий работы стыков балки, размеров сечений и т.д. оптимальная технология может быть различной.

Для стыков, работающих под статической нагрузкой, часто применяют соединение с накладками. Они менее прочны, но технологически проще, хотя требуют дополнительного расхода металла. Для вибрационных нагрузок такие соединения непригодны.

Технология изготовления рам.

Рамные конструкции представляют собой систему жестко соединенных балок или профильных элементов. Рамы входят в состав различных транспортных устройств (вагонов, автомобилей, мостовых кранов), приводов, металлоформ и т.д.

Сборка рамы заключается в придании её элементам проектного положения. При этом большое значение имеет последовательность сборочно-сварочных операций. Возможны следующие варианты:

- сварка после полного завершения сборки;
- попеременно сборка и сварка;
- поузловая сборка-сварка.

Для рам рекомендуется поузловая, с последующей общей сборкой и сваркой. Например, конструкция мостового крана, состоящая из 2-х пролетных балок и 2-х концевых.

Если рама не разбивается на самостоятельные узлы, то применяют последовательную сборку-сварку. При этом в 1-ю очередь собирают и прихватывают наиболее жесткую часть рамы, а затем к ней прихватывают остальные части.

Попеременная сборка-сварка применяется, когда полная сборка конструкции затрудняет доступ к сварным швам.

Сборка рам проводится:

на стеллажах по разметке;

на стендах с передвижными порталами и стеллажами или плитами;

в кондукторах.

Стенды с порталами применяют в серийном производстве для сборки плоских рам, детали которых прижимают к основанию или другим деталям вертикальными прижимами порталы.

Применение УСП позволяет перестраивать на другие типоразмеры рам и отказаться от передвижного портала. Кондукторы используют в серийном и массовом производстве для сборки одного или нескольких типоразмеров рам. Для сварки рам применяют полуавтоматы для сварки в защитных газах и РДС.

Практическое занятие №5. Способы и приёмы сборки решетчатых конструкций

Цель работы: Изучение технологической последовательности сборки-сварки решётчатых конструкций.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить особенности производства.

Составить технологическую карту

Теоретический материал:

К решетчатым конструкциям относятся сварные стрелы, стойки различных грузоподъемных кранов, фермы конвейеров и различных перекрытий, мачты, стойки, опоры и подобные конструкции. Решетчатые конструкции изготовляют в основном из профильного проката: уголков, труб, швеллеров. Особенность этих конструкций - короткие по протяженности швы, нахлесточные и угловые соединения. Для сварки решетчатых конструкций применяют ручную дуговую, полуавтоматическую сварку в углекислом газе, как более маневренную и удобную в работе. В решетчатых конструкциях до 40% швов, неудобных по доступности. Обычно толщина свариваемого металла 5-12 мм. При сборке решетчатых конструкций редко бывают стыковые соединения, но если они есть, то их сварку нужно выполнять в первую очередь, так как в этих соединениях максимальная усадка шва и могут произойти, либо деформация, либо внутренние напряжения, а в худшем случае образование трещин.

Сварку швов следует выполнять "вразброс" для уменьшения сосредоточенного нагрева в одной зоне.

Обычно решетчатые конструкции собирают в специальных стендах, кондукторах, но иногда, при единичном производстве, - на плитах, стеллажах по разметке вручную. Длина прихваток 20- 30 мм, прихватки накладывают повышенным током, сечением 0,5 от шва и только в местах, подлежащих сварке. Для прихватки используются те же материалы, что и для сварки узла.

Практическое занятие №6. Способы и приёмы сборки рамных конструкций

Цель работы: Изучение технологической последовательности сборки-сварки рамных конструкций.

Ход работы:

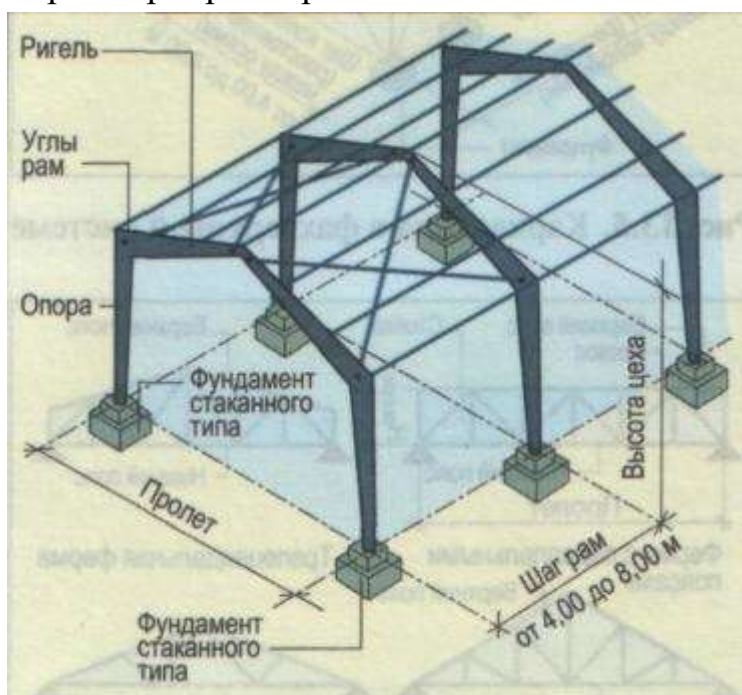
Изучить теоретический материал.

Определить особенности производства.

Составить технологическую карту.

Теоретический материал:

Рамы представляют собой плоские конструкции, состоящие из прямолинейных, ломаных или криволинейных пролетных элементов, называемых ригелями рамы, и жестко связанных с ними вертикальных или наклонных элементов, называемых стойками рамы. Благодаря жесткому сопряжению ригеля и стоек в рамных конструкциях по сравнению с аналогичной поперечной рамой в виде фермы или балки, шарнирно опертой на колонны, достигается более эффективное использование металла и значительно повышается жесткость ригеля. Рамы целесообразно проектировать при пролетах более 60 м, однако они могут успешно конкурировать с фермами и балками при пролетах 24—60 м. В статическом отношении рамы могут быть трехшарнирными, двухшарнирными и, бесшарнирными. Трехшарнирные рамы наиболее металлоемки, поэтому их использование



ограничено небольшими пролетами и высотами. Их применяют в том случае, когда пролет и высота позволяют полностью изготовить полураму в заводских условиях и транспортировать на строительную площадку. Двухшарнирные рамы имеют наиболее широкое применение, так как в них достаточно полно проявляется эффект защемления ригеля в стойках и они мало чувствительны к осадке фундаментов.

Рис.12 Схема рамной конструкции

Практическое занятие №7. Сварочные трансформаторы

Теоретический материал:

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

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного трансформатора.

Описать области его применения.

Теоретический материал:

Сварочный трансформатор – это аппарат, преобразующий переменное напряжение сети в переменное напряжение для сварки (как правило, понижает переменное напряжение до значения менее 141 В). Устройство однопостового сварочного трансформатора с подвижными обмотками приведено на рисунке ниже.



Рис.13 Устройство сварочного трансформатора.

Регулирование силы тока в таком сварочном трансформаторе осуществляется с помощью подвижной обмотки.

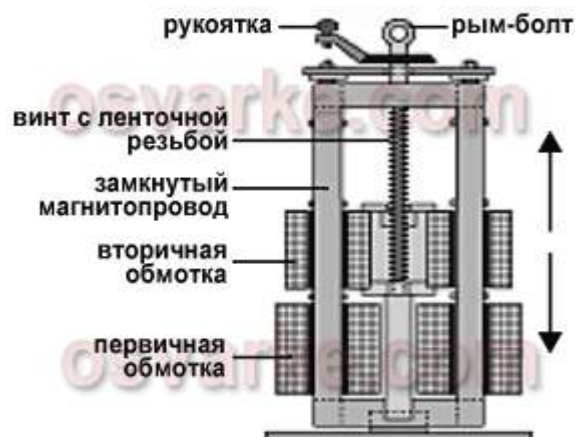


Рис.14 Схема регулирования тока в сварочном трансформаторе с

подвижными обмотками.

Серийно производят сварочные трансформаторы для ручной дуговой сварки и сварочные трансформаторы для автоматической сварки под флюсом.

Виды сварочных трансформаторов

сварочные трансформаторы амплитудного регулирования с нормальным магнитным рассеянием – с дросселем с воздушным зазором или с дросселем насыщения;

сварочные трансформаторы амплитудного регулирования с увеличенным магнитным рассеянием – с подвижными или разнесенными обмотками, с реактивной обмоткой, с подвижным магнитным или подмагничиваемым шунтом, с конденсатором или с импульсным стабилизатором;

тиристорные сварочные трансформаторы (фазового регулирования) – с импульсной стабилизацией или с подпиткой.

Сварочные трансформаторы амплитудного регулирования

В сварочном трансформаторе амплитудного регулирования режим сварки настраивается изменением сопротивления трансформатора или изменением напряжения холостого хода без искажения синусоидальной формы переменного тока.

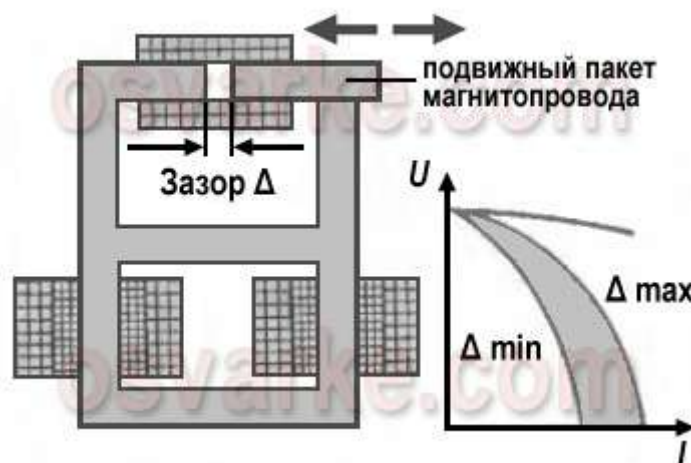


Рис.15 Трансформатор с нормальным рассеянием и отдельной реактивной катушкой (дросселем)

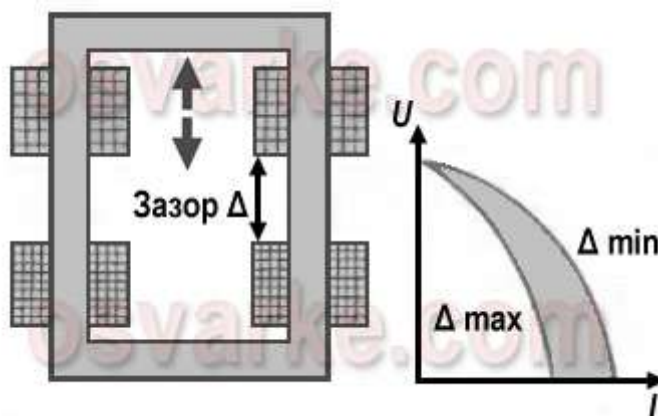


Рис.16 Трансформатор с увеличенным рассеянием и подвижными катушками.

Тиристорные сварочные трансформаторы

Тиристорный сварочный трансформатор состоит из силового трансформатора и тиристорного фазорегулятора, размещенного в первичной или вторичной цепи с двумя встречно-параллельно соединенными тиристорами и системой управления. Принцип фазового регулирования заключается в преобразовании тока синусоидальной формы в знакопеременные импульсы, длительность и амплитуда которых определяются фазой (углом) включения тиристоров фазорегулятора.

При фазовом регулировании возникают бестоковые паузы, что приводит к снижению устойчивости горения дуги. Для повышения устойчивости горения дуги используются импульсная стабилизация или ток подпитки, например, от вспомогательного трансформатора.

Внешняя падающая характеристика формируется за счет трансформатора с увеличенным магнитным рассеянием или при помощи отрицательных обратных связей по току. Чем больше угол включения тиристоров, тем меньше сила тока и круче наклон падающих внешних характеристик.

Преимущества сварочных трансформаторов

дешевизна изготовления (сварочный трансформатор примерно в 2–4 раза дешевле сварочного выпрямителя и в 6–10 раз дешевле сварочного агрегата аналогичной мощности);

высокий КПД (обычно 70–90%);

сравнительно низкий расход электроэнергии;

простота эксплуатации и ремонта.

Недостатки сварочных трансформаторов

для качественной сварки обычно требуются специальные электроды для переменного тока, обладающие повышенными стабилизирующими свойствами;

низкая стабильность горения дуги (при отсутствии встроенного стабилизатора горения дуги);

в простых трансформаторах – зависимость от колебаний сетевого напряжения.

Практическое занятие № 8. Сварочные выпрямители

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

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного выпрямителя.

Описать области его применения.

Теоретический материал:

Сварочный выпрямитель – это аппарат, преобразующий переменный ток сети в постоянный ток для сварки.

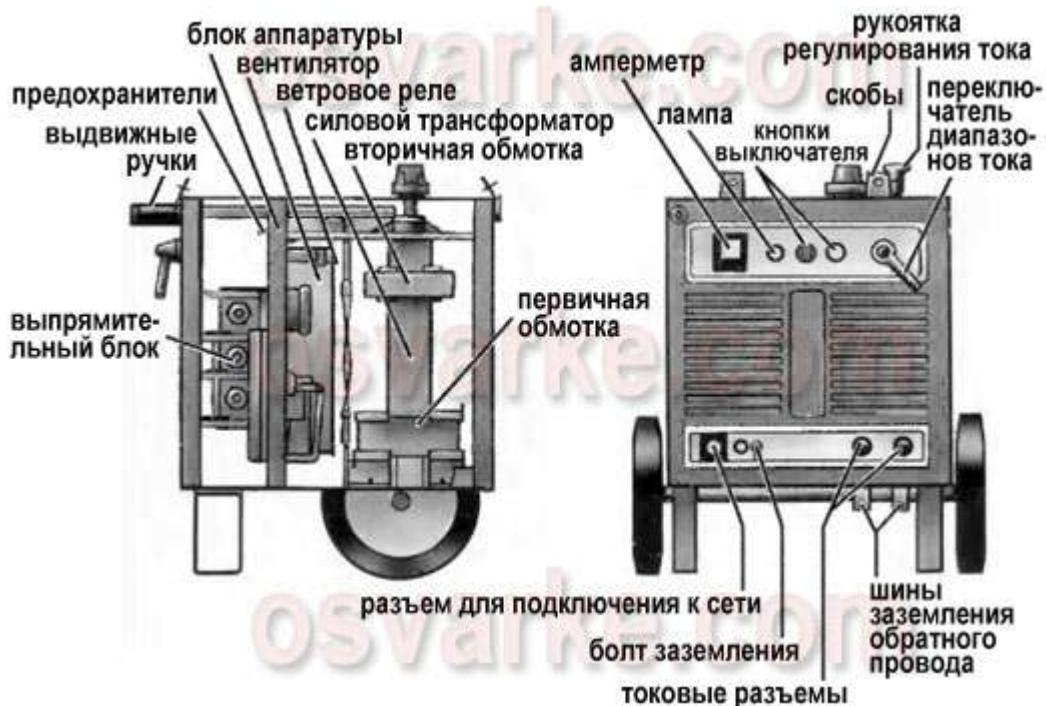


Рис.17 Устройство сварочного выпрямителя (с трансформатором с подвижными обмотками)

Сварочный выпрямитель для дуговой сварки, как правило, состоит из силового трансформатора, выпрямительного блока, пускорегулирующей, измерительной и защитной аппаратуры.

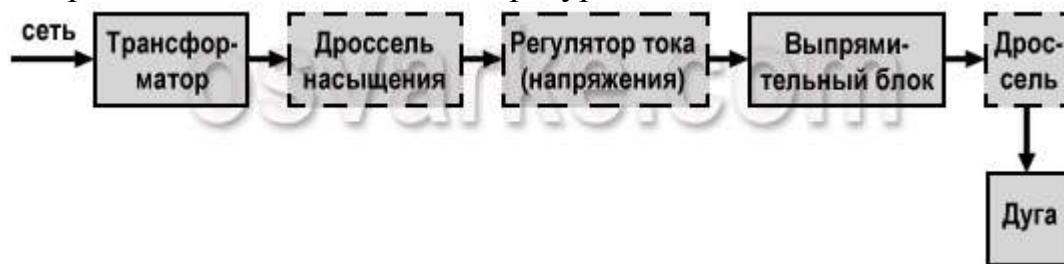


Рис.18 Типовая функциональная блок-схема выпрямителя для сварки плавящимся электродом

Силовой трансформатор преобразует энергию силовой сети в энергию, необходимую для сварки, а также согласует значения напряжений сети с выходным напряжением. В однопостовых выпрямителях используют преимущественно трехфазные трансформаторы, поскольку однофазные одно- и двухполупериодные схемы выпрямления приводят к существенным пульсациям выходного напряжения, которые ухудшают качество сварных соединений.

Регуляторы тока (или регуляторы напряжения) используются для формирования жесткой или падающей внешней характеристики. Они позволяют установить режим сварки и соответствующее значение сварочного тока.

Выпрямительный блок в основном собирают по трехфазной мостовой схеме, реже – по однофазной мостовой двухполупериодного выпрямления. При трехфазной мостовой схеме обеспечивается более равномерная загрузка трехфазной силовой сети и достигаются высокие технико-

экономические показатели. В качестве полупроводников применяются силовые или кремниевые вентили.

Виды сварочных выпрямителей

В зависимости от конструкции силовой части сварочные выпрямители подразделяют на следующие виды:

- регулируемые трансформатором;
- с дросселем насыщения;
- тиристорные;
- с транзисторным регулятором;
- инверторные.

Сварочные выпрямители также классифицируют по типу формируемых вольт-амперных характеристик.

При **механизированной сварке** под флюсом или в защитном газе в сварочных аппаратах с саморегулированием дуги используют однопостовые выпрямители с жесткими внешними характеристиками. Обычно в таких выпрямителях применяется трансформатор с нормальным магнитным рассеянием. Возможные способы регулирования сварочного напряжения:

витковое регулирование – в сварочном выпрямителе с трансформатором с секционированными обмотками;

магнитное регулирование – в выпрямителе с трансформатором с магнитной коммутацией или дросселем насыщения;

фазовое регулирование – в тиристорном выпрямителе;

импульсное регулирование – широтное, частотное и амплитудное регулирование в выпрямителе с транзисторным регулятором и инверторном выпрямителе.

Наиболее известные выпрямители с жесткими (естественно падающими) внешними характеристиками для механизированной дуговой сварки:

серий ВС (ВС-200, ВС-300, ВС-400, ВС-500, ВС-600, ВС-632), ВДГ (ВДГ-301, ВДГ-302, ВДГ-303, ВДГ-603) и ВСЖ (ВСЖ-303);

а также сварочные выпрямители ВС-1000 и ВС-1000-2 для механизированной сварки в аргоне, гелии, углекислом газе, под флюсом.

При **ручной дуговой сварке** применяют выпрямители с падающими внешними характеристиками. В конструкциях российских аппаратов используют следующие способы формирования характеристик:

повышение сопротивления трансформатора – в сварочном выпрямителе с трансформатором с подвижными обмотками, с магнитным шунтом либо с разнесенными обмотками;

применение обратной связи по току – в тиристорном, транзисторном или инверторном выпрямителях.

Наиболее распространенные выпрямители для ручной дуговой сварки: серии ВД (ВД-101, ВД-102, ВД-201, ВД-301, ВД-302, ВД-303, ВД-306, ВД-401), типов ВСС-120-4, ВСС-300-3, а также аппараты ВД-502 и ВКС-500, предназначенные для автоматической сварки под флюсом.

Весьма популярны и универсальные сварочные выпрямители, формирующие как падающие, так и жесткие характеристики. Наиболее известные типы:

серии ВСК (ВСК-150, ВСК-300, ВСК-500) для ручной дуговой сварки покрытыми электродами, полуавтоматической и автоматической сварки в защитных газах;

серий ВСУ (ВСУ-300, ВСУ-500) и ВДУ (ВДУ-504, ВДУ-305, ВДУ-1201, ВДУ-1601) для ручной сварки покрытыми электродами, механизированной сварки плавящейся электродной проволокой под флюсом, в защитных газах, порошковой проволокой.

Сварочные выпрямители с крутопадающими характеристиками и регулируемые трансформатором

Силовая часть выпрямителя состоит из трансформатора и выпрямительного блока с силовыми диодами.

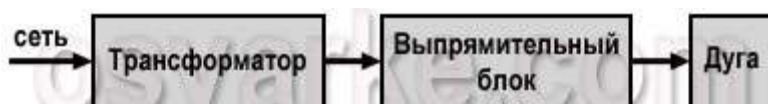


Рис.19. Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя с крутопадающими характеристиками, регулируемого трансформатором

В таких выпрямителях обычно используются трехфазные трансформаторы с увеличенным магнитным рассеянием – с подвижными обмотками или магнитными шунтами.



Рис.20 Трехфазные трансформаторы с подвижными обмотками и магнитными шунтами

Режимы сварки регулируются комбинированно: ступенчато за счет переключения обмоток трансформатора со «звезды» на «треугольник» и плавно, например, в результате изменения зазора между обмотками трансформатора.

Упрощенная схема соединения обмоток трансформатора:

В «ЗВЕЗДУ»

В «ТРЕУГОЛЬНИК»

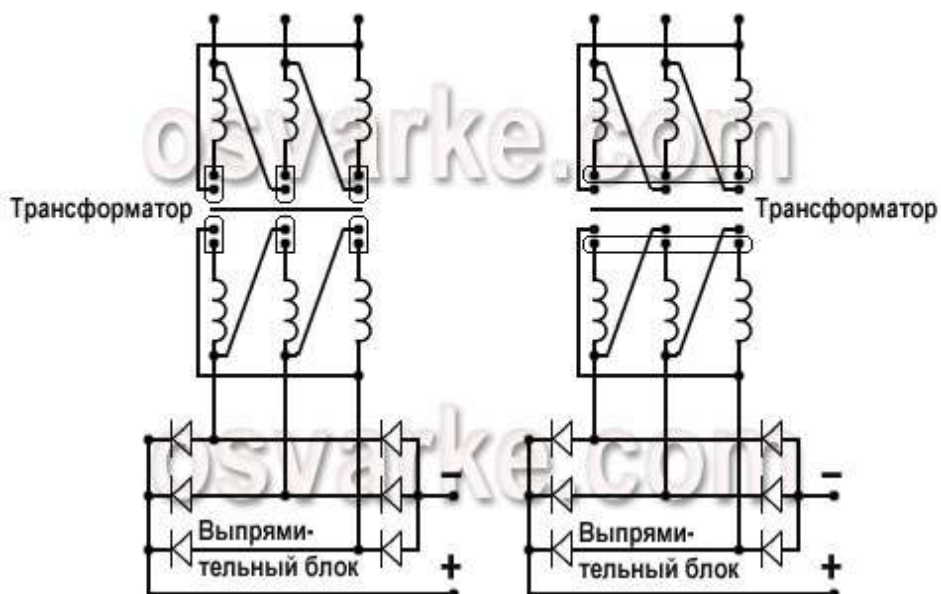


Рис.21 Упрощенные схемы соединения обмоток трансформатора в сварочном выпрямителе – в «звезду» и в «треугольник»

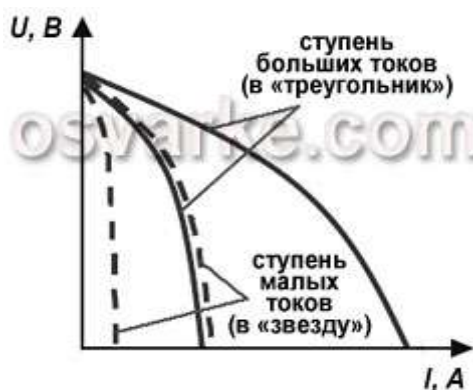


Рис.22 Вольт-амперные характеристики сварочных выпрямителей типа ВД

Сварочные выпрямители с жесткими характеристиками и регулируемые трансформатором

Силовая часть выпрямителя состоит из трансформатора, выпрямительного блока и сглаживающего дросселя.

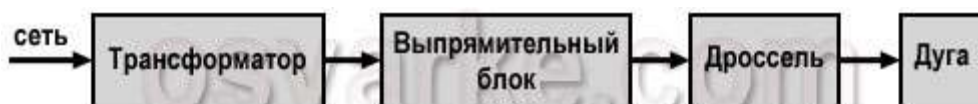


Рис.23 Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя типа ВС

За счет дросселя снижается скорость увеличения сварочного тока и его пиковое значение при возбуждении дуги, а также уменьшается раз-

брызгивание расплавленного металла при сварке плавящимся электродом (проволокой).

В сварочных выпрямителях типа ВС используется ступенчатое регулирование напряжения – переключением числа витков обмоток.

В выпрямителях типа ВСЖ (ВСЖ-303) применяется плавно-ступенчатое регулирование. Плавное регулирование режима сварки осуществляется с помощью трансформатора с магнитной коммутацией (см. рисунок ниже).



Схема конструкции трансформатора в выпрямителе типа ВСЖ-303

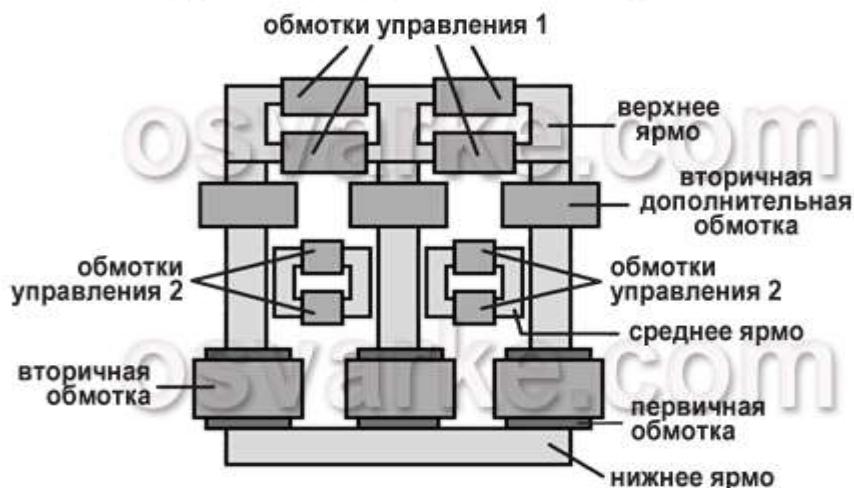


Рис.24 Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя с трансформатором с магнитной коммутацией и схема конструкции трансформатора в выпрямителе типа ВСЖ-303

Сварочные выпрямители с дросселем насыщения

Дроссель насыщения применяется в конструкциях выпрямителей, формирующих как падающие, так и жесткие характеристики.

Типичным представителем выпрямителей с дросселем насыщения и крутопадающими внешними характеристиками является сварочный выпрямитель ВД-502.



Рис.25 Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя ВД-502

В нем используются силовой трехфазный трансформатор с нормальным магнитным рассеянием, несимметричный дроссель насыщения, вы-

полненный на трех отдельных сердечниках с одной обмоткой управления, и выпрямительный блок с трехфазной мостовой схемой. Режим работы выпрямителя настраивается за счет изменения индуктивности дросселя насыщения.

Типичный представитель выпрямителей с дросселем насыщения и жесткими внешними характеристиками – сварочный выпрямитель ВДГ-302.



Рис.26 Функциональная блок-схема сварочного выпрямителя ВДГ-302

В нем используется плавно-ступенчатое регулирование вольт-амперных характеристик. Ступенчатое регулирование осуществляется за счет изменения коэффициента трансформации силового трехфазного трансформатора с нормальным магнитным рассеянием. С помощью пакетно-кулачкового переключателя первичные обмотки трансформатора устанавливаются на три рабочих положения.

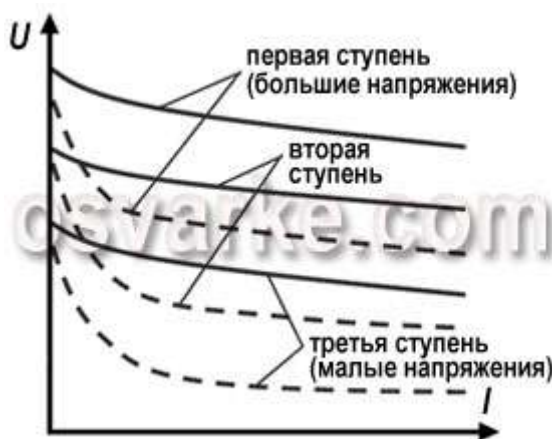


Рис.27 Регулирование вольт-амперных характеристик в сварочном выпрямителе ВДГ-302

Плавное регулирование в пределах каждой ступени выполняется трехфазным симметричным дросселем насыщения, выполненным на шести попарно объединенных ленточных сердечниках. Первая ступень регулирования напряжения соответствует соединению фаз первичной обмотки «треугольником» с применением отводов, вторая ступень регулирования –

соединению фаз обмоток «треугольником» без отводов, третья ступень регулирования – соединению фаз обмоток с применением отводов «звездой».

Выпрямительный блок имеет трехфазную мостовую схему с неуправляемыми вентилями.

Обмотка управления дросселя насыщения питается через стабилизатор и выпрямительный блок 1. Обмотка смещения дросселя насыщения питается от вторичных обмоток трансформатора через выпрямительный блок 2.

Практическое занятие № 9. Сварочные агрегаты

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

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного агрегата.

Описать области его применения.

Теоретический материал:

Сварочный агрегат – это автономная установка, используемая для сварки и резки электродуговой. Принцип его работы основан на трансформации механической энергии в электрическую: с помощью основного генератора крутящий момент двигателя преобразуется в ток для сварки.

Сварочный агрегат имеет все необходимые элементы для работы в полевых условиях: без доступа к электросети, а также под воздействием различных климатических факторов. Установка применяется при строительстве трубопроводов, при прокладке дорог, при освоении новых месторождений, при проведении ремонтных работ в коммунальном хозяйстве и др.

Элементы сварочного агрегата.

Генератор

Ток для сварочных работ формируется за счет взаимодействия магнитных потоков во вращающемся якоре генератора и в статоре. Магнитное поле вращающегося якоря создает в статоре трехфазные токи со сдвигом фаз. Частота токов определяется количеством пар полюсов статора и скоростью вращения якоря. От статора ток поступает в выпрямительное устройство, а затем – к электродам, с помощью которых производится резка металлопроката и другие работы. Управление осуществляется со встроенной панели управления или с пульта.

Двигатель

. Данный элемент обеспечивает вращение якоря генератора. Движущей силой является давление, которое оказывает на поршень расширяющийся газ, выделяемый в результате сгорания топлива. Сварочные агрегаты могут оснащаться дизельным или бензиновым двигателем. Техника первого вида расходует меньше топлива и отличается большим ресурсом. Сварочный автомат с бензиновым двигателем имеет более компактный корпус, меньшую массу, а также отличается мобильностью и низким уровнем шума.

Корпус

Предназначен для обеспечения целостности и жесткости конструкции, а также для защиты от воздействий внешних факторов (дождя, снега и др.). Рама производится из листового металла и углового профиля или другого металлопроката. В нижней части находятся технологические отверстия для стыковки с шасси.

Дополнительные элементы

Дополнительно в сварочном агрегате может размещаться блок снижения напряжения холостого хода, блок сушки электродов, система регулирования сварочного тока и его характеристик, блок для воздушно-плазменной резки (ВПр), дополнительный генератор для подключения освещения, электроинструмента и др.

Сварочные преобразователи и агрегаты различаются, в первую очередь, тем, что они имеют различные типы привода для генератора постоянного тока. Сварочные преобразователи, как правило, оснащаются асинхронными трёхфазными двигателями в однокорпусном исполнении. Сварочные преобразователи либо имеют колеса для перемещения по цеху.

Сварочные агрегаты предназначены для работы в полевых условиях, а также в некоторых других случаях (например, при сильном колебании напряжения в электрической сети). Генератор и двигатель внутреннего сгорания (бензиновый или дизельный) устанавливаются на общей раме без колес, на колесах или на катках. Иногда агрегаты монтируются в кузове автомашины или на тракторе.



Рис. 28 Сварочный преобразователь.

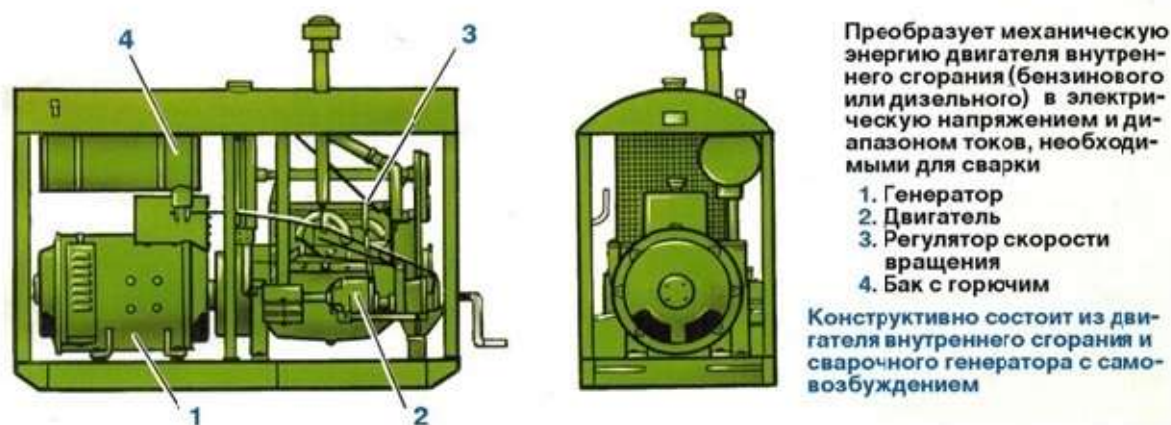


Рис.29 Сварочный агрегат.

Практическое занятие № 10. Инверторные источники питания

Цель работы: изучить устройство инверторного источника питания и принципа его действия.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать устройство сварочного выпрямителя.

Описать области его применения.

Провести сравнительный анализ источников питания сварочной дуги.

Теоретический материал:

Инверторный сварочный аппарат – это аппарат с инверторным источником питания, преобразующим переменное напряжение сети в напряжение и ток для сварки. Основными компонентами инверторного источника питания обычно являются:

сетевой выпрямитель, преобразующий входное переменное напряжение в постоянное;

инвертор, преобразующий далее постоянное входное напряжение в переменное высокой частоты;

высокочастотный трансформатор, понижающий напряжение, преобразованное инвертором;

выходной высокочастотный выпрямитель;

сглаживающий дроссель.

Функциональная схема источника питания инверторного сварочного аппарата приведена на рисунке ниже.

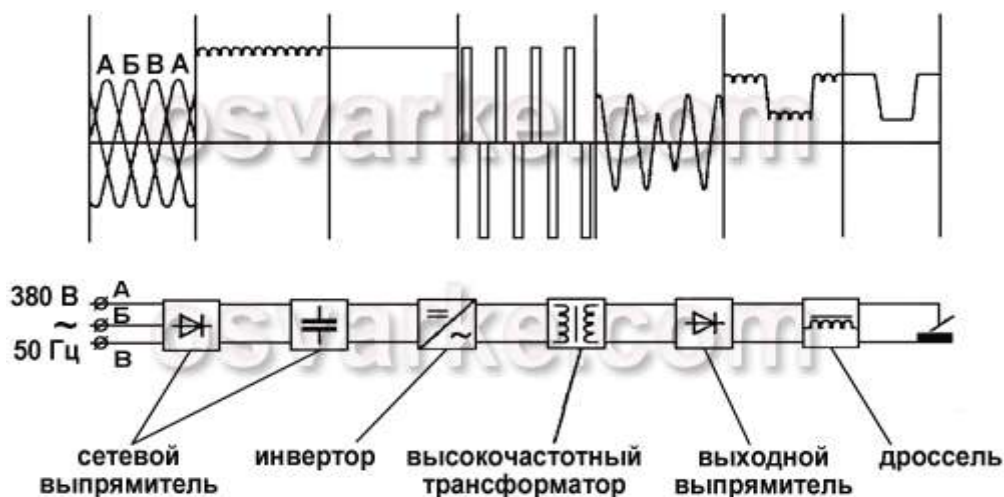


Рис. 30 Функциональная схема источника питания инверторного сварочного аппарата для трехфазного входного напряжения 380 В промышленной частоты

Технологические преимущества инверторных сварочных аппаратов:

- минимальное разбрызгивание;
- сварка короткой дугой;
- сварка плохо свариваемых сталей;
- минимальный перегрев свариваемого изделия;
- высокие КПД и быстродействие;
- меньшие габариты по сравнению со сварочными трансформаторами;
- для получения качественных швов не требуется высокой квалификации сварщика.

Инверторные сварочные аппараты также называют сварочными инверторами.

Практическое занятие №11. Виды и назначение газовых баллонов

Цель работы: изучение видов газовых баллонов и их назначения

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Перечислить виды газовых баллонов.

Определить сферы их применения.

Описать особенности их маркировки.

Теоретический материал:

Газовые баллоны широко востребованы как в промышленности, так и в медицине, авиационной, космической отраслях, в быту, как автономный источник энергии. Их можно применить как для обогрева, так и для освещения, приготовления пищи.

Чтобы исключить всяческие неприятности, связанные с эксплуатацией, нужно правильно подобрать тип оборудования. Давайте вместе попробуем разобраться в видах газовых баллонов, особенностях их конструкции и подключения.

Устройство газового баллона

Как для хранения, так и транспортировки сжатого и сжиженного газа созданы газовые баллоны — специальные сосуды, в которых эти вещества находятся под высоким давлением. Первый вид газа под любым давлением пребывает в газообразном состоянии, а второй, при росте этого параметра, переходит в жидкую фазу.

В сжатом и сжиженном состоянии транспортируются и хранятся азот, фтор, кислород, метан, водород, а также хлор, углекислый газ, аммиак.

Сама емкость представляет собой цельносварную конструкцию со стенками толщиной минимум 2 мм с геометрией в виде цилиндра. Она изготовлена из стали или полимера.

Ее составляющие:

- обечайка;
- горловина;
- дно.

Горловина баллона имеет конусную резьбу под запорный вентиль, герметично перекрывающий выход. В случае, когда в силу каких-то причин произойдет расширение газа, под воздействием давления вентиль сорвется, и давление внутри сосуда придет в норму.

Газ внутри такого сосуда пребывает под давлением максимум 15 МПа. В корпусе баллона или обечайке имеется сварной одинарный шов.

Чтобы газ внутри сосуда оказывал одинаковое давление на его стенки, у каждого баллона есть выпуклое днище — верхнее и нижнее. Для большей устойчивости баллон снабжен кольцевой опорой — башмаком. Кроме того, газовый резервуар имеет в своем комплекте металлический или пластиковый колпак, предохраняющий вентиль во время эксплуатации и транспортировки.

Колпак навинчивают на кольцо горловины. Иногда баллон снабжают редуктором, предназначенным для уравнивания давления. Вентиль представляет собой узел, в состав которого входит стальной корпус в виде тройника, маховик, запорный элемент.

Узел, состоящий из пропускного клапана и штока, называется запорным элементом. Каждая из деталей сборки выполняет свою функцию.

Клапан необходим для регулировки подачи газа через корпус, а шток — для взаимодействия маховика с клапаном через крутящий момент. Поворачивая маховик, можно закрывать или открывать поток газа.

Виды газовых баллонов

Газовые сосуды классифицируют по многим критериям: материалу корпуса, объему, назначению, названию наполнителя, способу подключения. Для изготовления корпуса применяют как металл, так и композитные материалы. Те и другие имеют свои плюсы и недостатки. Следует ознакомиться с ними для правильного выбора.

Классификация по материалу корпуса

Для изготовления корпуса металлического баллона применяют легированную или малоуглеродистую сталь. Вместимость металлических сосудов — от 5 до 50 л. Баллоны, емкостью менее 50 л разрешается устанавливать внутри дома, а 50 л — только снаружи.

Последним необходима защита от прямых лучей солнца. Для этого их помещают в запирающийся металлический шкаф с нанесенной на него маркировкой, соответствующей виду газа. Пустой металлический баллон весит от 4 до 22 кг.

Сосуд заполняют газом максимум на 85%. В зависимости от объема в баллон заправляют от 2 до 22 кг газа. Это газовое оборудование является взрыво- и пожароопасным. Ему противопоказаны температуры свыше 50⁰. При резких скачках температуры и в случае пожара происходит мощный взрыв. Нельзя такой баллон и резко переворачивать, т.к. при это вызывает повышение давления.

Газовый баллон из композита — более новый вариант. Его основное достоинство — полная взрывобезопасность, даже если произойдет утечка газа. В таких емкостях транспортируют и хранят сжиженные газы. При воздействии на них открытого пламени, газ уходит через корпус постепенно и просто сгорает.

Они имеют небольшой вес — на 70% легче металлических аналогов, отличаются стильным дизайном. Благодаря прозрачному корпусу, всегда можно контролировать уровень газа. В противовес металлу, композитный материал не подвержен коррозии, следовательно, более долговечен.

Полимер обладает отличными диэлектрическими свойствами, на 100% исключая искрообразование. Диапазон рабочих температур находится в пределах -40 – 50⁰. Баллоны рекомендуют эксплуатировать до 30 лет. Каждые 10 лет они должны проходить переаттестацию. Масса баллона — 8 кг максимум.

Композитные газовые баллоны бывают двух видов: изготовленные по технологии раздува и путем намотки стекловолокна на оправку. В первом случае колбу изготавливают из полиэтилентерефталата. Далее, производители покрывают сосуд, изготовленный из нитей со стекловолокна, эпоксидной смолой. Емкость вкладывают в полимерный корпус.

При производстве баллонов второго вида применяют специальную оправку. На нее наматывают стекловолокно, затем заготовку пропитывают смолами. Вначале получают две половинки сосуда. После отверждения их склеивают и помещают в плотный полиэтиленовый кожух.

Из-за наличия клапана избыточного давления и плавкойставки, композитные баллоны обладают повышенной безопасностью. В случае пожара происходит срабатывание плавкой вставки. Расплавляясь, она постепенно выпускает газ, при полной управляемости процессом. После срабатывания вставки баллон не подлежит дальнейшей эксплуатации.

Разделение по месту монтажа и назначению

Все существующие газовые баллоны в зависимости от того, где они установлены и для чего предназначены, делят на следующие виды:

1. Бытовые. Их используют для отопления, кухонных плит, котлов.
2. Автомобильные. Применяют их на автомобилях, у которых двигатель работает на газообразном топливе.
3. Туристические. Подходят для мобильных приборов, таких как паяльные лампы, горелки, шашлычницы, обогреватели.
4. Промышленные. В эту категорию входят емкости, в которых хранят газы, Применяют такие баллоны в металлургии, химической промышленности, на фармацевтических предприятиях.
5. Медицинские. Их наполняют дыхательными смесями и возят в машинах скорой помощи, используют в больничных палатах для интенсивной терапии и там, где готовят кислородные коктейли. Применяют такие баллоны и спасатели, пожарники.

Есть и универсальные баллоны, которые используют во многих отраслях. Для мобильных газовых приборов выпускают одноразовые картриджи, вмещающие 100 – 450 г газа. Визуально они напоминают аэрозольные спреи.

Особенности классификации по наполнителю

Исходя из состава смеси, баллоны называют пропановыми, бутановыми, водородными, азотными, ацетиленовыми, углекислотными, аргоновыми, кислородными, гелиевыми и т.д. Для каждого из составов свой температурный режим.

Для стандартных условий разница между ними небольшая. Когда же баллон необходим для использования в высокогорных районах или в условиях очень низких температур, этот параметр играет определяющую роль.

Изомер бутана — смесь изобутана с пропаном, хорошо подходит для низких температур. Она безопасна для озонового слоя. И пропан, и бутан для человека очень опасны. Если их вдыхать, неизбежны серьезные последствия для организма. Прямой контакт с жидким бутаном приводит к охлаждению тела до -20° .

Бутаном заряжают зажигалки, в кондиционерах и холодильных установках его иногда используют в качестве хладагента. Пропан необходим при производстве растворителей. Для работы с металлом, связанной с его сваркой и резкой, требуется ацетилен. Также его используют при получении взрывчатых веществ, кислоты уксусной, каучука, всевозможных пластмасс, для ракетных двигателей.

Азот использует электронная промышленность, химическая, нефтегазовая, фармацевтика, металлургия. Водород необходим пищевой промышленности, химической. Его используют и в качестве топлива для ракет, при сварке.

Колеса велосипедов, огнетушители накачивают оксидом углерода или углекислым газом. В пищевой промышленности с его применением производят газированные напитки. В виде сухого льда оксид углерода применяют, как хладагент.

В металлургической, металлообрабатывающей промышленности, в процессах, где недопустимо взаимодействие расплавленного потока с кислородом, используют аргон. Применяют его и в медицине для наркоза, с

его помощью очищают воздух. Баллоны с гелием необходимы не только для заполнения воздушных шаров, но и для резки, сварки, плавки металла.

Этот газ входит в состав дыхательных смесей, используемых в дайвинге, он может являться хладагентом в научных опытах. Аммиак — сильный растворитель. Так как он очень ядовитый, баллоны с ним нужно транспортировать и хранить очень осторожно. То же самое касается и емкостей с хлором.

Емкости с кислородом можно встретить возле сварочных аппаратов, там, где производят взрывчатые вещества, кислоты, готовят кислородные коктейли. Сжатый воздух, транспортируемый в баллонах, чаще всего применяют в работе пневмоустройств.

Сжиженный природный газ метан применяют как снотворное в медицине, для производства удобрений, в виде топлива. Для человека этот газ безопасен.

Виды баллонов по способу подключения

Разные модели газовых баллонов подключают к приборам посредством четырех стандартов соединений. Самым популярным является резьбовой стандарт, соответствующий всем требованиям безопасности. Изделия имеют резьбу 7/16". К таким баллонам шланг или горелку крепят путем накручивания.

Следующий стандарт баллона — цанговый. Такой тип подключения называют еще нажимным или зажимным. Баллон с таким типом соединения считается самым дешевым. Здесь роль зажима при подключении выполняет деталь цилиндрической формы. Цанговый баллон можно подключить к оборудованию с резьбой, но для этого понадобится переходник.

Прокальываемый тип баллонов во всем мире самый распространенный. Эти одноразовые баллоны имеют тот недостаток, что отсоединить емкость невозможно до тех пор, пока весь газ не будет использован. Последние модели прокальываемых баллонов с системой SGS этого недостатка лишены.

Здесь есть возможность блокировать утечку газа при отсоединении от горелки и отключить не полностью опустошенную емкость. Применяют их для паяльных, осветительных ламп, портативных плит.

Клапанное подключение — это тот вид, который используют в основном в Европе. Соединение простое и надежное с высокой степенью защиты от утечек.

Расшифровка маркировки баллонов

Правильно прочитав маркировку, можно получить полную информацию о газовом баллоне. Если это пропановый баллон, то его паспорт — в районе вентиля, на металлическом кружке.

В паспорте баллона с пропаном указано: рабочее давление в МПа, испытательное давление в тех же единицах, объем емкости по факту в л, заводской №, дата изготовления в виде «ММ.ГГ.АА», где первые символы обозначают месяц, вторые — год, третьи — год предстоящей аттестации.

Далее следует вес пустого баллона в кг, масса заполненного баллона. Последней строкой идут буквенные обозначения «R-АА». «R» — клеймо

участка переаттестации или завода. Сочетание символов «АА» раскрывает информацию о годе, до которого эта аттестация будет действительной.

Маркировка кислородного баллона имеет свой порядок и состоит из четырех строк. В первой есть данные о производителе, а также номер емкости. Во второй — дата выпуска и рекомендуемая дата проверки. В третьей — гидравлическое и рабочее давление. В четвертой — объем газа и масса баллона без вентиля и колпака.

Покупая баллон, следует обратить внимание, как на него нанесена информация. На корпусе ее не наносят краской, а выбивают, а затем покрывают специальным бесцветным лаком с целью защиты от коррозии. Часто последняя строка содержит клеймо предприятия-изготовителя.

Особенности окраски газовых баллонов

Баллоны со сжатым газом в России и за рубежом окрашивают по-разному. При этом каждому виду газа соответствует не только определенный цвет корпуса, но и окрас полосы, надписи.

В таблице указаны идентификационные цвета баллонов с некоторыми видами газов, а также цвет надписей и полосы.

Таблица 1. Маркировка газовых баллонов.

Газ	Окрас баллона	Надпись	Полоса
Аммиак	Желтый	Черный	Коричневый
Азот	Черный	Желтый	Коричневый
Аргон технический и чистый	Черный, серый соответственно	Синий/Зеленый	Синий/Зеленый
Ацетилен	Белый	Красный	Зеленый
Бутилен	Красный	Желтый	Черный
Бутан	Красный	Белый	Черный
Водород	Темно-зеленый	Красный	Черный
Воздух сжатый	Черный	Белый	Черный
Гелий	Коричневый	Белый	Черный
Кислород	Голубой	Черный	Черный
Сероводород	Белый	Красный	Красный
Углекислота	Черный	Желтый	Желтый

Закись азота закачивают в серый баллон с черной надписью и такой же полосой. Защитного цвета баллон с фосгеном имеет желтую надпись и желтую полосу, а такого же цвета баллон, но с черной надписью и зеленой полосой содержит хлор. Алюминиевая окраска баллона, черная надпись на нем и две полосы желтого цвета указывают на то, что он наполнен фреоном-22.

Практическое занятие №12. Виды и устройство газовых горелок

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:

варка с помощью газа – это сварка с применением расплавленного металла. При этом процессе происходит нагрев краев металлических частей деталей до температуры плавления пламенем газовой горелки.

Высокая температура, при которой происходит плавление металла, образуется от воспламенения газа-кислородной смеси. Чтобы заполнить пустоты, которые возникают при совмещении краев металла, используют расплавленную присадочную проволоку.

Горелки для газовой сварки.

Чтобы получить сварочное пламя, необходимое для работы с металлами, применяется горелка. С ее помощью можно контролировать мощность, объем пламени в установленных пределах. Несмотря на всю внешнюю простоту изделия, горелка – это сложный и значимый элемент при сварке.

По своей конструкции горелки для газовой сварки подразделяются на:

- инжекторные;
- безинжекторные.

По применяемому горючему:

- ацетиленовые;
- для других газов и жидкого горючего.

По порядку использования могут быть:

- ручными,
- машинными.

Инжекторные и безинжекторные горелки для газовой сварки.

Конструктивное наличие струйного насоса в горелке обусловлено уровнем давления, при котором в неё подаётся горючее. Если оно высокое, то дополнительного нагнетания не требуется, топливо подается под своим

собственным. При низком давлении нужно большее количество газа, поэтому используется принудительная подача с помощью инжектора. Для создания сварочного пламени нужно получить качественную смесь кислорода и топлива в камере смешивания горелки.

Горелка без инжектора имеет более простое устройство. Топливо и кислород подаются в смеситель одновременно с помощью системы подачи, состоящей из шлангов, необходимого количества кранов (вентилей), ниппелей. В смесителе происходит образование однородной смеси.

Однородная смесь поступает по трубке наконечника на мундштук, воспламеняется и создает пламя для сварки. Чтобы процесс горения соответствовал необходимым требованиям, давление, с которым подается смесь из мундштука, должно быть в строго определенных пределах. Если скорость будет выше установленной, пламя, отрываясь от среза горелки, будет тухнуть. Если ниже, то смесь, попадая вовнутрь горелки, будет взрываться в ней. Скорость подачи горючей смеси (ацетиленокислородной) варьируется от 70 до 160 м/сек, она зависит от вида мундштука, размеров канала, процентного состава смеси.

горелках высокого давления может применяться водород или метан. Она проста в использовании и устройстве. Но, в сравнении с инжекторными горелками низкого давления, используются намного реже.

Работа горелки низкого давления.

Кислород под высоким давлением (около 4 атмосфер) поступает в горелку через систему подачи, состоящую из ниппеля, регулировочного крана. Проходит через инжектор с высокой скоростью. Под действием струи кислорода в камере струйного насоса создается давление ниже атмосферного и происходит засасывание горючего газа. Он поступает через ниппель и вентиль в камеру инжектора, а затем в камеру смешивания, соединяется с кислородом, и со скоростью в строгих пределах поступает по каналу на мундштук.

Расход кислорода не меняется, на него не влияют внешние факторы, в отличие от расхода применяемого газа. Повышение температуры мундштука и наконечника горелки, изменение давления, увеличение сопротивления повышают расход ацетилена.

Другие виды горелок.

В некоторых отраслях промышленности нашли применение горелки для газовой сварки, работающие на жидких горючих, таких как бензин или керосин. В основе принципа лежит распыление керосинно-кислородной смеси и испарение мелкокапельного горючего от нагрева с мундштука.

Используемые в настоящее время горелки в целях безаварийной эксплуатации должны соответствовать требованиям безопасности:

- сварочное пламя должно быть определенной формы;
- регулировка пламени в нужных пределах;
- устойчивость к внешним воздействиям и безопасность эксплуатации;
- удобство в применении.

Практическое занятие №13. Подбор сварного соединения и шва

Цель работы: Закрепление практических навыков подбора сварного соединения в зависимости от толщины основного металла.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Определить номер сварного шва (ГОСТ5264-80) по предоставленному образцу.

Подобрать сварной шов исходя из заданного сечения основного металла и вида сварного соединения.

Теоретический материал:

Сварные соединения и швы классифицируются по нескольким признакам

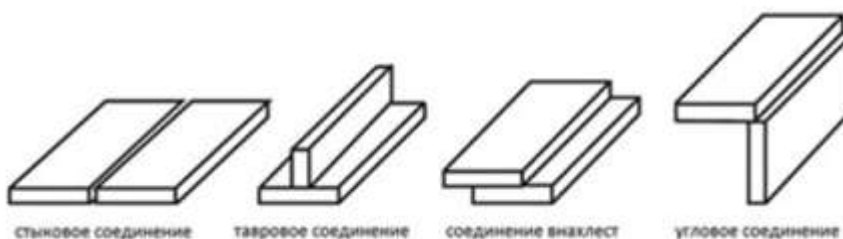


Рис.30 Виды сварных соединений

Существует ряд типов сварных швов в зависимости от **вида соединения**:

- шов стыкового соединения
- шов таврового соединения
- шов нахлесточного соединения
- шов углового соединения

Стыковое соединение

Стыковое соединение представляет собой соединение двух листов или труб их торцевыми поверхностями. Данное соединение является самым распространенным, благодаря меньшему расходу металла и времени на сварку.

Стыковое соединение может быть, в зависимости от расположения шва:

- Односторонним
- Двусторонним

По подготовке соединения под сварку, в зависимости от толщины свариваемых изделий:

- Без скоса кромок
- Со скосом кромок

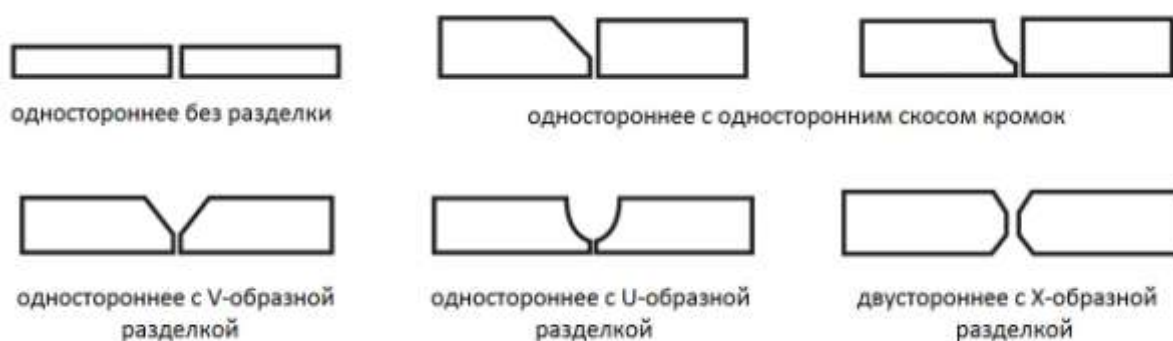


Рис.31 Виды разделки кромок.

Одностороннее соединение без скоса кромок предполагает сварку листов толщиной до 4 мм (исключение - процесс LaserHybridWeld). Двустороннее соединение без скоса кромок рекомендуется выполнять при сварке толщин до 8 мм. В обоих случаях для обеспечения качественного провара, необходимо делать небольшой зазор при соединении листов под сварку, оклоло 1- 2 мм.

Скос кромок при одностороннем сварном соединении рекомендуется делать при толщинах от 4 до 25 мм. Наиболее популярным является соединение со скосом кромок V-образного типа. Менее популярными, но также применяются односторонние скосы кромок и скосы U-образного типа. Для предотвращения возможностей прожогов во всех случаях делается небольшое притупление кромок.

При толщинах от 12 мм и более при двусторонней сварке рекомендуется делать X-образную разделку, которая имеет ряд преимуществ перед V-образной разделкой. Эти преимущества заключаются в уменьшении объема требуемого металла для заполнения разделки (почти в 2 раза), и соответственно увеличении скорости сварки и экономии сварочных материалов.

Тавровое соединение

Тавровое соединение представляет собой два листа, когда между ними образуется соединение в виде буквы «Т». Как и в случае со стыковыми соединениями, в зависимости от толщины металла выполняется сварка с одной или с обеих сторон, с разделкой или без. Основные типы таврового сварного соединения представлены на рисунке.

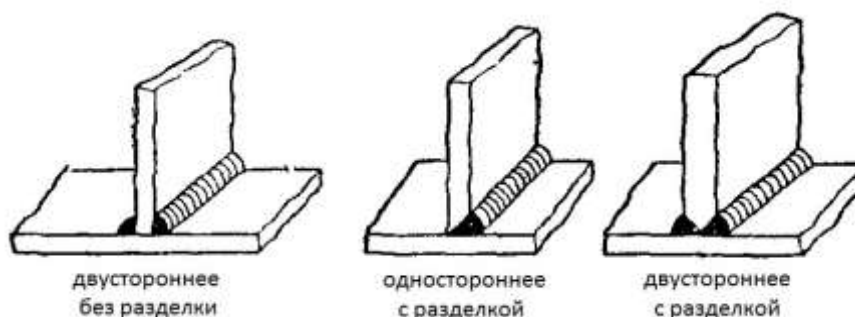


Рис.32 Виды таврового соединения

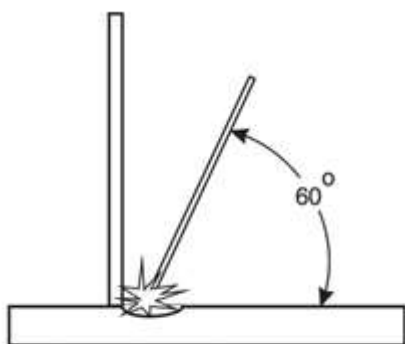


Рис.33 Сварка тонкого с более толстым металлом.

дуть сварку преимущественно в нижнем положении, увеличивая скорость сварки и уменьшая вероятность появления подрезов, которые являются очень частым дефектом таврового сварного соединения, наряду с непроваром. В некоторых случаях одного прохода будет недостаточно, поэтому для заполняющих швов требуется осуществлять колебания горелки.

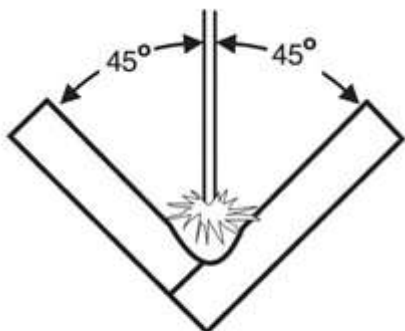


Рис.34 Соединение "в лодочку"

Некоторые советы по сварке таврового соединения:

1. При сварке таврового соединения тонкого металла с более толстым, необходимо, чтобы угол наклона электрода или сварочной горелки был около 60° к более толстому металлу. Как это показано ниже:

2. Сварку таврового соединения (и углового в такой же степени) можно значительно упростить, расположив его для сварки «в лодочку». Это позволяет проводить

сварку "в лодочку" используется также при автоматической и роботизированной сварке, где изделие кантовается при помощи специального кантователя в нужное для сварки положение.

3. В настоящее время существуют специальные сварочные процессы для увеличенного проплавления. Применяя их, можно добиться односторонней сварки достаточно толстого металла с гарантированным проваром и формированием обратного валика с другой стороны.

Соединение внахлестку

Данный тип соединения рекомендуется применять при сварке листов толщиной до 10 мм, причем сваривать листы требуется с обеих сторон. Делается это из-за того, чтобы не было возможности попадания влаги между ними. Так как сварочных швов при этом соединении два, то соответственно увеличивается и время на сварку и расходующиеся сварочные материалы.

Угловое соединение

Угловым сварочным соединением называют тип соединения двух металлических листов, расположенных друг к другу под прямым или другим углом. Данные соединения также могут быть со скосом кромок или без, в зависимости от толщин. Иногда угловое соединение проваривается и изнутри.

Классификация по другим признакам

Сварные соединения и швы также классифицируют по другим признакам.

Типы соединений по степени выпуклости:

- нормальные

- выпуклые
- вогнутые

Выпуклость шва зависит как от применяемых сварочных материалов, так и режимов сварки. Например, при длинной дуге шов получается пологим и широким, и, наоборот, при сварке на короткой дуге шов получается более узким и выпуклым. Так же на степень выпуклости влияет скорость сварки и ширина разделки кромок.

Типы соединений по положению в пространстве:

- нижнее
- горизонтальное
- вертикальное
- потолочное

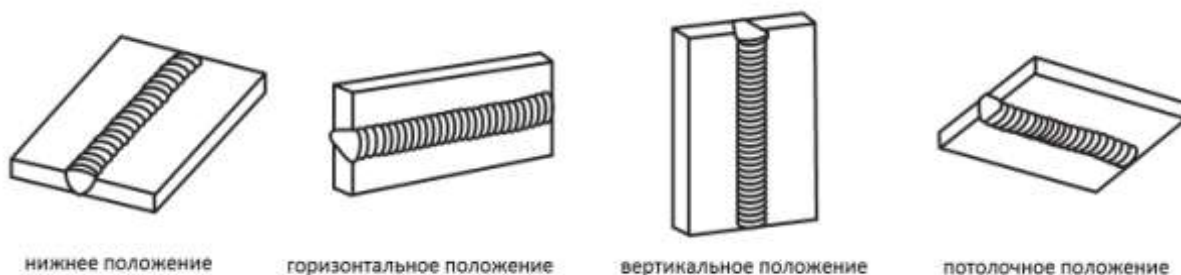


Рис.35 Типы соединений по положению в пространстве.

Наиболее оптимальным для сварки является нижнее положение шва. Поэтому при проектировании изделия и составлении технологии сварочного процесса следует это учитывать. Сварка в нижнем положении способствует высокой производительности, является наиболее простым процессом с получением качественного сварного шва.

Горизонтальное и вертикальное положение сварного соединения требует от сварщика повышенной квалификации, а потолочное является наиболее трудоемким и не безопасным.

Типы сварных соединений по степени протяженности:

- сплошные (непрерывные)
- прерывистые

Прерывистые сварные швы применяются в соединениях, где не требуется герметичности.

Практическое занятие №14. Расчёт параметров ручной дуговой сварки

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

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Рассчитать параметры РДС

Теоретический материал:

При ручной дуговой сварке угол разделки шва, образованный двумя состыкованными кромками (рис. 1,д), составляет $55\pm 3^\circ$ (при этом зазор b_3 и притупление кромок h_n для листов толщиной $\delta > 3$ мм изменяются в пределах 0 – 3 мм). Такую подготовку кромок применяют при сварке листов толщиной до 18 – 20 мм. При большей толщине свариваемых элементов целесообразнее применять двухстороннюю X-образную разделку кромок (рис. 1,е) с углами скоса также $55\pm 3^\circ$. Сварку листов толщиной до 3 мм выполняют без скоса кромок (так называемая I-образная разделка) – рис. 1,а. Зазор между свариваемыми листами — 0 – 2 мм.

Тонкие швы (стыковые при толщине листов до 6 – 8 мм, а угловые при катете шва до 6 – 8 мм) сваривают, как правило, за один проход (слой). При выполнении более толстых стыковых и угловых швов сварку (заполнение разделки шва) ведут за несколько проходов (слоев) – рис. 1 д. При этом сварку всех проходов стремятся выполнить при одних и тех же параметрах режима. Исключением является первый проход, который рекомендуется выполнять электродами диаметром 3 – 4 мм (применение электродов большего диаметра затрудняет проплавление корня шва).

Сечение первого слоя (прохода) не должно превышать $30 - 35 \text{ мм}^2$ и может быть определено по формуле

$$F_1 = (6 - 8) d_3, \quad (4)$$

а последующих слоев (проходов) – по формуле

$$F_c = (8 - 12) d_3, \quad (5)$$

Общее число слоев (проходов), включая первый, (сварка корня шва),

$$n = ((F_n - F_1)/F_c) + 1, \quad (6)$$

где F_n - общая площадь наплавленного металла (шва).

При ручной дуговой сварке к параметрам режима сварки относятся: диаметр электрода, сила сварочного тока, скорость перемещения электрода вдоль шва (скорость сварки), род тока, его полярность и др.

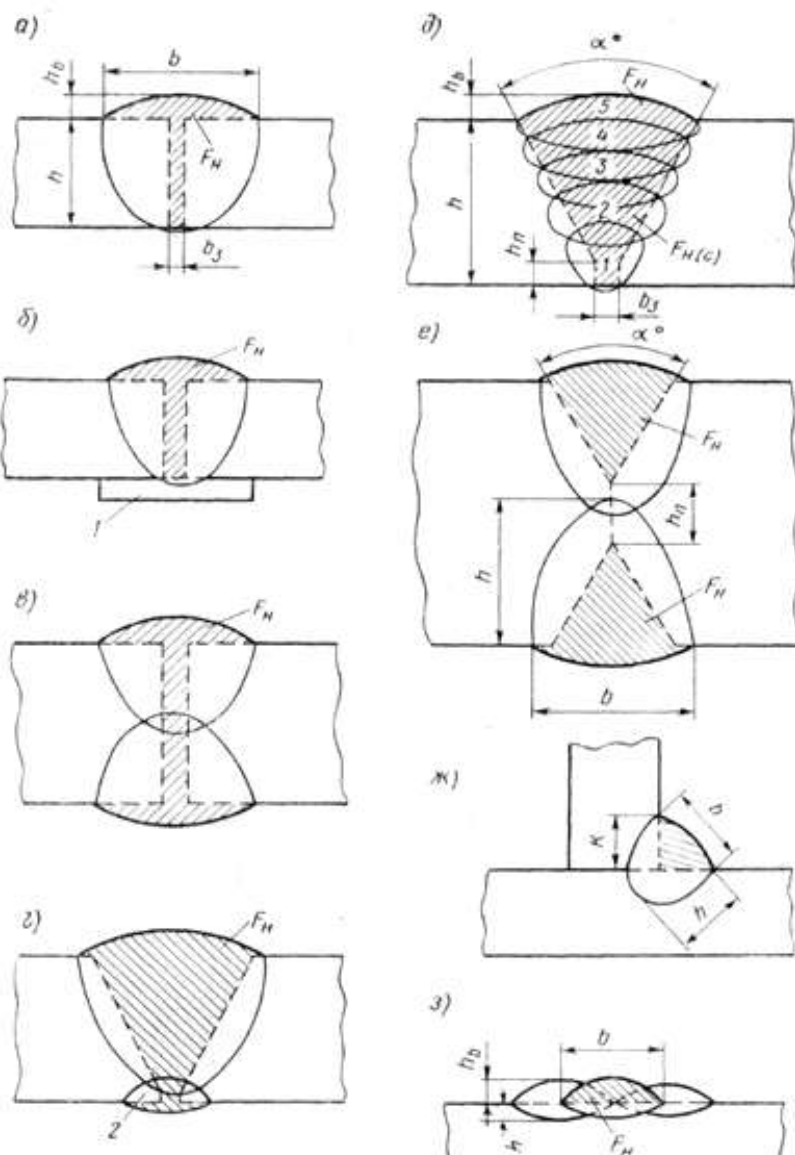


Рис. 36 Размеры и форма подготовки кромок и сварного шва: а – 1-об-разный (без скоса кромок) односторонний стыковой шов; б – то же, с металлической (остающейся) подкладкой (1); в — 1-образный (без скоса кромок) двухсторонний стыковой шов; г – К-образный стыковой шов с подваркой (2) корня шва; д – V-образный многопроходный стыковой шов (цифры указывают номер прохода—слоя); е – X-образный двухсторонний стыковой шов; ж — угловой шов (без скоса кромки вертикального элемента); з – расположение валков при наплавке (наплавленный металл заштрихован, пунктиром показана первоначальная разделка кромок соединяемых элементов)

Диаметр электрода выбирается в зависимости от толщины свариваемых элементов, типа сварного соединения и положения шва в пространстве. Для выбора диаметра электрода можно использовать ориентировочные данные:

Толщина листов, мм	1 – 3	3	4 – 5	6 – 12	≥ 13
Диаметр электрода, мм	1,5 – 2,5	3	3 – 4	4 – 5	5

При выборе типа и марки электрода необходимо исходить прежде всего из требований, предъявляемых к качеству сварных швов или наплавки.

В настоящее время для сварки широко применяются высокопроизводительные электроды, в том числе содержащие в составе обмазки железный порошок. В табл. 4 приведены данные о некоторых марках электродов, в том числе и высокопроизводительных.

Таблица 2 Характеристики сварочных и наплавочных электродов

Тип электрода	Марка электрода	Коэфф. наплавки, г/(А ч)	Разбрызгивание электродного металла	Расход электродов, кг на кг наплавленного металла
Сварочные электроды				
Э 42	СМ-11	10 – 11	Умеренное	1,45
Э 42	УОНИ-13/45	8,5 – 9,0	То же	1,60
	АНО-1	14 – 16	« – »	1,50
	АНО-5	10 – 11	Малое	1,60
Э 46	ЗРС-1	12,5 – 14,0	Малое	1,60
	ЗРС-2	11 – 12	Умеренное	1,60
	МР-3	8,5 – 9,0	Умеренное	1,70
	АНО-3	8,5 – 9,0	Малое	1,60
	ОЗС-3	16 – 18	Малое	1,60
	ОЗС-4	8,5 – 9,5	Умеренное	1,70
Э 50	ДСК-50	10 – 11	Малое	1,40
	УСК-24	10 – 11	Умеренное	1,40
	УОНИ-13/45	8,5 – 9,0	Умеренное	1,70
Наплавочные электроды				
Э10Г2	ОЗН-250У	8,5 – 9,0	–	1,7
Э11Г3	ОЗН-300У			

При выборе электродов рекомендуется ознакомиться с ГОСТ 9466 – 75 (классификация, общие технические требования, размеры, правила приема, методы испытания и др.), ГОСТ 9467 – 75 (электроды для сварки углеродистых, низколегированных и легированных конструкционных и теплоустойчивых сталей), ГОСТ 10052 – 75 (электроды для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами: коррозионно-, жаропрочные и др.), ГОСТ 10051 – 75 (электроды для наплавки слоев с особыми свойствами: износостойкие, коррозионностойкие и др.).

Для оценки производительности электродов необходимо сравнивать значения коэффициента наплавки α_n . Из группы электродов, обеспечивающих заданные механические свойства металла шва или наплавки, следует выбрать те, которые имеют более высокий коэффициент наплавки и, следовательно, обеспечивают при прочих равных условиях большую производительность.

Обозначение типов сварочных электродов расшифровывается так: Э – электрод; цифры, стоящие за буквой – гарантированное значение предела прочности σ_b , кгс/мм².

В наплавочных электродах следующие за буквой Э цифры и буквы показывают среднее содержание углерода и легирующих элементов в наплавленном металле. В марках электродов цифры указывают твердость НВ. Например, металл, наплавленный электродами типа Э12Г4 (марка ОЗН-350У), содержит в среднем 0,12 % С и 4,0 % Мn; твердость его равна 350 НВ.

Силу сварочного тока выбирают на основании рекомендаций, помещенных в паспортах электродов и справочных таблицах, или рассчитывают по эмпирическим формулам.

При ручной дуговой сварке стальными электродами диаметром 1 – 6 мм можно пользоваться формулой

$$I_{св} = K d, \quad (7)$$

где K — коэффициент, равный 25 – 60;

d , — диаметр электрода, мм.

Коэффициент K в зависимости от диаметра электрода d , принимается равным:

d , мм	1 – 2	3 – 4	5 – 6
K , А/мм	25 – 30	30 – 45	45 – 60

Силу сварочного тока, рассчитанную по этой формуле, следует скорректировать с учетом толщины свариваемых элементов, типа соединения и положения сварки в пространстве. Так, если толщина листов $S \geq 3 d$, то значение $I_{св}$ следует увеличить на 10—15%. Если же $S \leq 1,5 d$, то сварочный ток уменьшают на 10—15%. При сварке угловых швов и наплавке значения $I_{св}$ должно быть повышено на 10 – 15%. Если сварка производится в вертикальном или потолочном положении, значение сварочного тока должно быть уменьшено на 10 – 15%.

Выбирая род тока, следует учитывать экономические и эксплуатационные преимущества переменного тока перед постоянным. Однако могут быть положения, при которых использование переменного тока не допускается или не рекомендуется, например при сварке электродами УОНИ-13. 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 той полярности, на которой электродный металл плавится быстрее.

Для ориентировочного определения длины дуги l_d , мм, можно пользоваться формулой

$$l_d = (0,5 - 1,1) d, \quad (8)$$

где d – диаметр электрода, мм.

Длина дуги влияет на качество наплавленного металла и геометрическую форму шва. При длинной дуге ухудшается защита сварочной ванны и металл шва интенсивно насыщается кислородом и азотом воздуха. С уве-

личением длины дуги увеличивается разбрызгивание металла и в шве могут появиться поры.

Для определения напряжения дуги U_d используют справочные данные или рекомендации сертификатов, которыми сопровождается каждая марка электрода (в технологической документации U_d не регламентируется).

Для большинства марок электродных покрытий, используемых при сварке углеродистых и легированных конструкционных сталей, напряжение дуги $U_d = 22 - 28$ В.

Расчет скорости сварки (скорость перемещения электрода при укладке одного слоя валика многослойного шва), м/ч, производится по формуле

$$V_{св} = \alpha_n I_{св} / 100 F_{н(с)} \rho, \quad (9)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/(А ч);

$F_{н(с)}$ – площадь поперечного сечения шва F_n при однопроходной сварке (или одного слоя валика $F_{н(с)}$ при многослойном шве), см²;

ρ – плотность металла электрода, г/см³, для стали $\rho = 7,8$ г/см³.

Коэффициент наплавки α_n выбирается в зависимости от марки электрода по табл. 4.

Масса наплавленного металла определяется по справочнику или рассчитывается по формуле

$$G_n = F_n L \rho, \quad (10)$$

где F_n – площадь наплавки (поперечное сечение разделки шва, включая его усиление), см²; L – длина шва, см;

Расчет G_n при наплавочных работах производится по формуле

$$G_n = F_{нп} H \rho, \quad (11)$$

где $F_{нп}$ – площадь наплавляемой поверхности, см²; H – требуемая высота наплавляемого слоя, см.

При наплавке нужно обязательно предусмотреть припуск на последующую механическую обработку наплавленных поверхностей в пределах до 2 мм.

$$t = G_n / \alpha_n I_{св}, \quad (12)$$

Приближенно полное время сварки T , ч, можно определить по формуле

$$T = t / K_n, \quad (13)$$

где t – время горения дуги, ч;

K_n – коэффициент использования сварочного поста, который можно принять для ручной сварки 0,5 – 0,55, а для механизированных способов сварки и наплавки – 0,6 – 0,7.

Расход электродов для ручной сварки и наплавки можно определить, воспользовавшись данными, помещенными в табл. 4.

Расход электроэнергии A , кВт-ч, на сварку заданной детали можно найти, установив по справочным материалам расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла. Более точно его можно рассчитать по формуле

$$A = \frac{U_n I_{св}}{\eta 1000} \cdot t + \alpha_n (T - t), \quad (14)$$

где U_d – напряжение дуги, В (при сварке покрытыми электродами принять 22 – 28 В);

η – КПД источника тока;

ω_0 – мощность, расходуемая источником тока при работе на холостом ходу, кВт;

t и T – соответственно время горения дуги и полное время сварки, ч.

Данные для определения значений η и ω_0 помещены в табл. 5.

Выбор основного сварочного оборудования, к которому относятся источники тока, питающие дугу, полуавтоматы и автоматы, может быть произведен после определения параметров режима сварки (наплавки) по прил. 2 и 3, содержащему выдержки из каталогов. При этом надо исходить из условия использования мощности оборудования с наибольшим эффектом. Так, при необходимости производить сварку на токе $I_{св} = 250$ А не следует использовать трансформатор ТС-500, дающий номинальный ток $I_{св} = 500$ А.

Выбирая метод контроля, следует учитывать, что многие детали и узлы подвижного состава работают в сложных условиях, испытывая ударные и знакопеременные нагрузки. Выбранный метод должен обеспечивать возможность выявления скрытых дефектов (трещин, непроваров и др.) весьма опасных с точки зрения концентрации напряжений. Кроме того, он должен отличаться точностью оценки качества, простотой, экономичностью и безопасностью.

Во избежание многократных повторных ремонтов следует предусматривать оценку износостойкости наплавленного слоя, величину которой в первую очередь определяет его твердость. Для определения твердости наплавленного металла на крупных деталях могут быть использованы переносные приборы Польди и Шора.

Практическое занятие №15. Расход сварочных материалов

Цель работы: практическая отработка навыков расчёта расхода сварочных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Рассчитать расход сварочных материалов.

Теоретический материал:

Для определения себестоимости сварных изделий очень важно правильно рассчитать расход материалов при сварочных работах. Кроме того, количество необходимых электродов, сварочной проволоки, флюсов, защитных газов и других расходных материалов необходимо знать и для того, чтобы обеспечить непрерывность рабочего процесса, создав на складе достаточный их запас.

Расчет необходимого количества материалов для сварки ведется на основе существующих норм их потребления при применении того или иного метода сварки.

Норма расхода сварочных материалов – это их количество, необходимое для полного изготовления сварного изделия с учетом всех потерь и

отходов. Данная норма включает в себя расход материалов на всех этапах технологического процесса, связанного со сваркой, а именно – во время проведения подготовительных работ (изготовление прихваток), ведения самих сварочных работ, а также возможной последующей правки конструкции.

Для каждого типа сварного шва и каждого метода сварки существуют свои нормативы расхода материалов. Кроме того, при определении количества нужных материалов учитываются и неизбежные при ведении сварки потери, причем существует также определенная норма таких потерь, которая зависит от применяемого метода сварки и ее режима, длины шва и сложности всей сварной конструкции.

Основные формулы для расчета нормы расходов сварочных материалов.

Существуют определенная нормативная формула, помогающая рассчитать расход материалов при сварочных работах. Эта формула позволяет понять, сколько сварочных материалов потребуется на один метр шва:

$$N = G * K, \text{ где}$$

N – норма расхода сварочных материалов на один метр сварного шва
 G – масса наплавленного металла сварного шва, длина которого равна 1 метру

K – коэффициент перехода от массы наплавленного металла к расходу материалов для сварки

А для того, чтобы определить массу наплавленного металла на 1 метр сварного шва (G), можно воспользоваться следующей формулой:

$$G = F * \gamma * L, \text{ где:}$$

F – площадь поперечного сечения сварного шва (в мм^2)

γ – удельная масса металла (г/см^3)

L – длина сварного шва (она равна 1 метру).

Приведенные выше формулы позволяют рассчитать нормы расхода материалов для сварочного шва в наиболее простом – нижнем положении. Если же сварочные работы ведутся в вертикальном или потолочном положении, то полученный норматив необходимо умножить на поправочный коэффициент, который как раз и учитывает особенности расхода материалов при различных положениях сварного шва:

для нижнего положения шва этот коэффициент равен 1,00

при полувертикальном положении шва берется коэффициент 1,05

при вертикальном (горизонтальном) положении шва коэффициент равен 1,10

при потолочном положении шва полученная предварительно норма умножается на коэффициент 1,20.

Рассмотрим, на какие особенности следует обращать внимание при определении необходимого количества конкретных сварочных материалов – сварочной проволоки и защитного газа.

Как рассчитать расход сварочной проволоки.

Для того, чтобы рассчитать количество сварочной проволоки, которое потребуется для изготовления сварной конструкции, необходимо учесть следующие параметры:

Если применяется полуавтоматический метод сварки, то количество сварочной проволоки зависит от следующих факторов:

характеристик подвергаемого сварке металла
диаметра сварочной проволоки
особенностей и технических характеристик самого сварочного оборудования
присутствия или отсутствия защитного газа.

Расчет расхода сварочной проволоки можно произвести, исходя из массы всей сварной конструкции – как правило, максимальное количество проволоки равняется 1,5% массы сварной конструкции.

Также массу проволоки можно определить, исходя из массы наплавляемого металла. При этом методе расчета учитывается, что требуемая масса проволоки превышает вес наплавляемого металла на 2-6%.

Расчет расходов защитного газа.

Правильный расчет количества необходимого для ведения сварочных работ защитного газа дает возможность добиться высокого качества и непрерывности сварных работ в среде защитного газа. Количество необходимого газа зависит от того, какой именно металл подвергается сварке:

для сварки конструкции из алюминия потребуется 15-20 литров защитного газа (аргона) в минуту

сварка медной конструкции в среде защитных газов потребует 10-12 литров газа в минуту

для магниевых сплавов потребуется 12-14 литров аргона в минуту

при сварке сплавов никеля «уйдет» 10-12 литров газа в минуту

титан и его сплавы требуют более значительного расхода газа при проведении сварочных работ – 35-50 литров в минуту.

А вот для сварки изделий из стали защитный газ расходуется более экономно.

Для того, чтобы не расходовать лишнее количество газа при сварке, баллоны с газом снабжаются специальным регулятором.

Практическое занятие №16. Влияние легирующих элементов на свойства стали

Цель работы: изучение влияния легирующих элементов на свойства стали.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать влияние легирующих элементов на свойства стали.

Описать влияние углерода на свойства стали.

Теоретический материал:

Влияние углерода и примесей на свойства сталей

Углеродистые стали являются основными. Их свойства определяются количеством углерода и содержанием примесей, которые взаимодействуют с железом и углеродом.

Влияние углерода.

Влияние углерода на свойства сталей показано на рис. 33

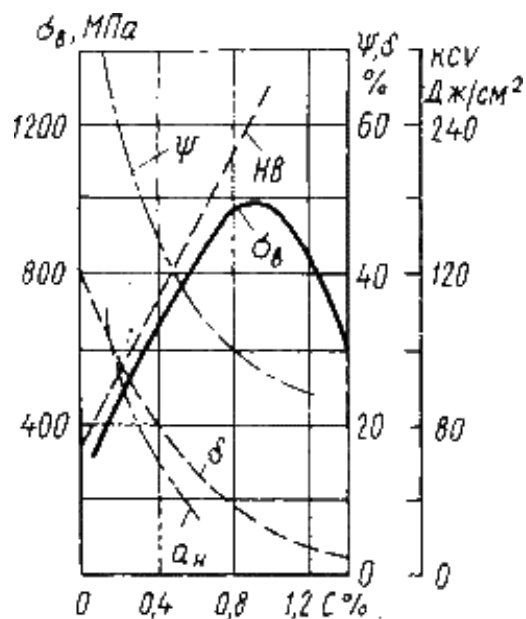


Рис.37 Влияние углерода на свойства сталей

С ростом содержания углерода в структуре стали увеличивается количество цементита, при одновременном снижении доли феррита. Изменение соотношения между составляющими приводит к уменьшению пластичности, а также к повышению прочности и твердости. Прочность повышается до содержания углерода около 1%, а затем она уменьшается, так как образуется грубая сетка цементита вторичного.

Углерод влияет на вязкие свойства. Увеличение содержания углерода повышает порог хладоломкости и снижает ударную вязкость.

Повышаются электросопротивление и коэрцитивная сила, снижаются магнитная проницаемость и плотность магнитной индукции.

Углерод оказывает влияние и на технологические свойства. Повышение содержания углерода ухудшает литейные свойства стали (используются стали с содержанием углерода до 0,4 %), обрабатываемость давлением и резанием, свариваемость. Следует учитывать, что стали с низким содержанием углерода также плохо обрабатываются резанием.

Влияние примесей.

В сталях всегда присутствуют примеси, которые делятся на четыре группы. 1. Постоянные примеси: кремний, марганец, сера, фосфор.

Марганец и кремний вводятся в процессе выплавки стали для раскисления, они являются технологическими примесями.

Содержание марганца не превышает 0,5...0,8 %. Марганец повышает прочность, не снижая пластичности, и резко снижает красноломкость стали, вызванную влиянием серы. Он способствует уменьшению содержания сульфида железа FeS, так как образует с серой соединение сульфид марганца MnS. Частицы сульфида марганца располагаются в виде отдельных включений, которые деформируются и оказываются вытянутыми вдоль направления прокатки.

Содержание кремния не превышает 0,35...0,4 %. Кремний, дегазируя металл, повышает плотность слитка. Кремний растворяется в феррите и повышает прочность стали, особенно повышается предел текучести, $\sigma_{0,2}$. Но наблюдается некоторое снижение пластичности, что снижает способность стали к вытяжке

Содержание фосфора в стали 0,025...0,045 %. Фосфор, растворяясь в феррите, искажает кристаллическую решетку и увеличивает предел прочности σ_s и предел текучести $\sigma_{ж}$, но снижает пластичность и вязкость.

Располагаясь вблизи зерен, увеличивает температуру перехода в хрупкое состояние, вызывает хладоломкость, уменьшает работу распространения трещин, Повышение содержания фосфора на каждую 0,01 % повышает порог хладоломкости на 20...25°C.

Фосфор обладает склонностью к ликвации, поэтому в центре слитка отдельные участки имеют резко пониженную вязкость.

Для некоторых сталей возможно увеличение содержания фосфора до 0,10...0,15 %, для улучшения обрабатываемости резанием.

S – уменьшается пластичность, свариваемость и коррозионная стойкость. P–искажает кристаллическую решетку.

Содержание серы в сталях составляет 0,025...0,06 %. Сера – вредная примесь, попадает в сталь из чугуна. При взаимодействии с железом образует химическое соединение – сульфид серы FeS, которое, в свою очередь, образует с железом легкоплавкую эвтектику с температурой плавления 988°C. При нагреве под прокатку или ковку эвтектика плавится, нарушаются связи между зернами. При деформации в местах расположения эвтектики возникают надрывы и трещины, заготовка разрушается – явление красноломкости.

Красноломкость – повышение хрупкости при высоких температурах

Сера снижает механические свойства, особенно ударную вязкость α_k и пластичность (δ и ψ), а так же предел выносливости. Она ухудшает свариваемость и коррозионную стойкость.

2. Скрытые примеси - газы (азот, кислород, водород) – попадают в сталь при выплавке.

Азот и кислород находятся в стали в виде хрупких неметаллических включений: окислов (FeO, SiO₂, Al₂O₃) нитридов (Fe₂N), в виде твердого раствора или в свободном состоянии, располагаясь в дефектах (раковинах, трещинах).

Примеси внедрения (азот N, кислород O) повышают порог хладоломкости и снижают сопротивление хрупкому разрушению. Неметаллические включения (окислы, нитриды), являясь концентраторами напряжений, могут значительно понизить предел выносливости и вязкость.

Очень вредным является растворенный в стали водород, который значительно охрупчивает сталь. Он приводит к образованию в катаных заготовках и поковках флокенов.

Флокены – тонкие трещины овальной или округлой формы, имеющие в изломе вид пятен – хлопьев серебристого цвета.

Металл с флокенами нельзя использовать в промышленности, при сварке образуются холодные трещины в наплавленном и основном металле.

Если водород находится в поверхностном слое, то он удаляется в результате нагрева при $150...180^{\circ}$, лучше в вакууме $\sim 10^{-2}...10^{-3}$ мм рт. ст.

Для удаления скрытых примесей используют вакуумирование.

3. Специальные примеси – специально вводятся в сталь для получения заданных свойств. Примеси называются легирующими элементами, а стали – легированные сталями.

Назначение легирующих элементов.

Основным легирующим элементом является хром (0,8...1,2)%. Он повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной твердости стали. Порог хладоломкости хромистых сталей – (0...-100) $^{\circ}$ C.

Дополнительные легирующие элементы.

Бор – 0.003%. Увеличивает прокаливаемость, а также повышает порог хладоломкости (+20...-60 $^{\circ}$ C).

Марганец – увеличивает прокаливаемость, однако содействует росту зерна, и повышает порог хладоломкости до (+40...-60) $^{\circ}$ C.

Титан (~0,1%) вводят для измельчения зерна в хромомарганцевой стали.

Введение молибдена (0,15...0,46%) в хромистые стали увеличивает прокаливаемость, снижает порог хладоломкости до -20...-120 $^{\circ}$ C. Молибден увеличивает статическую, динамическую и усталостную прочность стали, устраняет склонность к внутреннему окислению. Кроме того, молибден снижает склонность к отпускной хрупкости сталей, содержащих никель.

Ванадий в количестве (0.1...0.3) % в хромистых сталях измельчает зерно и повышает прочность и вязкость.

Введение в хромистые стали никеля, значительно повышает прочность и прокаливаемость, понижает порог хладоломкости, но при этом повышает склонность к отпускной хрупкости (этот недостаток компенсируется введением в сталь молибдена). Хромоникелевые стали, обладают наилучшим комплексом свойств. Однако никель является дефицитным, и применение таких сталей ограничено.

Значительное количество никеля можно заменить медью, это не приводит к снижению вязкости.

При легировании хромомарганцевых сталей кремнием получают, стали – хромансиль (20ХГС, 30ХГСА). Стали обладают хорошим сочета-

нием прочности и вязкости, хорошо свариваются, штамуются и обрабатываются резанием. Кремний повышает ударную вязкость и температурный запас вязкости.

Добавка свинца, кальция – улучшает обрабатываемость резанием. Применение упрочнения термической обработки улучшает комплекс механических свойств.

Распределение легирующих элементов в стали.

Легирующие элементы растворяются в основных фазах железоуглеродистых сплавов (феррит, аустенит, цементит), или образуют специальные карбиды.

Растворение легирующих элементов в Fe_α происходит в результате замещения атомов железа атомами этих элементов. Эти атомы создают в решетке напряжения, которые вызывают изменение ее периода.

Изменение размеров решетки вызывает изменение свойств феррита – прочность повышается, пластичность уменьшается. Хром, молибден и вольфрам упрочняют меньше, чем никель, кремний и марганец. Молибден и вольфрам, а также кремний и марганец в определенных количествах, снижают вязкость.

В сталях карбиды образуются металлами, расположенными в таблице Менделеева левее железа (хром, ванадий, титан), которые имеют менее доступную d – электронную полосу.

В процессе карбидообразования углерод отдает свои валентные электроны на заполнение d – электронной полосы атома металла, тогда как у металла валентные электроны образуют металлическую связь, обуславливающую металлические свойства карбидов.

При соотношении атомных радиусов углерода и металла более 0,59 образуются типичные химические соединения: Fe_3C , Mn_3C , $Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3 , Fe_3W_3C – которые имеют сложную кристаллическую решетку и при нагреве растворяются в аустените.

При соотношении атомных радиусов углерода и металла менее 0,59 образуются фазы внедрения: Mo_2C , WC , VC , TiC , TaC , W_2C – которые имеют простую кристаллическую решетку и трудно растворяются в аустените.

Все карбиды обладают высокой твердостью и температурой плавления.

Практическое занятие №17. Классификация и маркировка сварочных электродов

Цель работы: практическая отработка навыков выбора типа и марки электродов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Выбрать тип и марку электродов в зависимости от химического состава основного металла.

Теоретический материал:

Электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей

Получение металла шва, равнопрочного основному, обеспечивается выбором типа сварочного электрода, который регламентирует прочностные характеристики сварного соединения. Следует учитывать, что применение электродов с повышенными механическими свойствами наплавленного металла, например, по пределу прочности при растяжении, может привести к снижению работоспособности сварной конструкции.

Для сварки кипящих сталей (низкоуглеродистая сталь, выпускаемая из печи слабоокисленной) используют электроды с любым покрытием.

Для сварки полуспокойных сталей (сталь, полученная при раскислении жидкого металла менее полно, чем при выплавке спокойной стали, но больше, чем при выплавке кипящей стали) при больших толщинах следует применять электроды с покрытиями основного или рутилового видов.

Сварка конструкций из спокойной стали, работающих при низких температурах или при динамических нагрузках, должна выполняться электродами с основным покрытием.



Стабильность горения дуги влияет на качество швов и на возможность сварки переменным током. Наиболее стабильно дуга горит у электродов с целлюлозным, кислым и рутиловым покрытиями. Это позволяет использовать сварочные трансформаторы. Для электродов с основным покрытием требуются только источники постоянного тока.











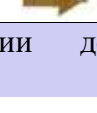

В нижнем, вертикальном и потолочном положениях шов лучше формируется у электродов с целлюлозным покрытием, так как мелкокапельный перенос электродного металла и высокая вязкость шлака обеспечивают качественное ведение сварки. Хуже формируется шов у электродов с основным покрытием.

При сварке толстостенных конструкций многослойными швами отделяемость шлака является существенным показателем. Электроды с рутиловым, целлюлозным и кислым покрытиями обеспечивают лучшую отделяемость шлака по сравнению с основным покрытием.

Сварка электродами с основным покрытием требует тщательной очистки кромок от ржавчины, масла, грязи во избежание порообразования. Кроме того, электроды с основным покрытием склонны к порообразованию в начальный момент сварки и при сварке длинной дугой.


Таблица 3. Характеристики электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей.

Тип Э42 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 412 МПа (42 кгс/мм ²)				
Марка, область применения и технологические особенности	Покрытие	Род, полярность тока	Коэф. наплавки, г/А•ч	Положение швов
Огонек Для изделий из стали толщиной 1-3 мм. Сварку можно выполнять способом "сверху-вниз".	Р	~, =(+)	6,5	
АНО-6	АР	~, =(+,-)	9,0	

Сварка короткой или средней дугой. Допускается по незачищенным кромкам. При сварке угловых швов электрод наклонять под углом 40-50° в направлении сварки. Имеет высокую стойкость против образования пор и горячих трещин. $U_{xx} \geq 50V$.				
АНО-6М	АР	~, =(+,-)	8,5	
Сварка короткой или средней дугой. Легко отделяется шлак. Минимальное разбрызгивание. Малая склонность к образованию пор и горячих трещин. $U_{xx} \geq 50V$.				
АНО-17	АРЖ	~, =(+,-)	11,0	
Высокопроизводительные. Для сварки металла большой толщины длинными швами. Малая чувствительность к порообразованию при сварке по окисленной поверхности. $U_{xx} \geq 50V$.				
ВСЦ-4	Ц	=(+)	10,0	
Сварка трубопроводов без колебаний электрода опиранием на кромки "сверху-вниз". Корень шва - на постоянном токе любой полярности, "горячий" проход - на обратной полярности. Оставлять огарок не менее 50 мм.				
ВСЦ-4М	Ц	=(+,-)	9,0	
Сварка корневого шва и "горячего" прохода стыков трубопроводов. Позволяют вести сварку способом "сверху-вниз" опиранием электрода. Обеспечивают стойкость против образования пор.				
ОЗС-23	Р	~, =(+)	8,5	
Для сварки конструкций малой толщины по окисленной поверхности. Малая чувствительность к порообразованию. Низкая токсичность. $U_{xx} \geq 50V$.				
ОМА-2	АЦ	~, =(+)	10,0	
Для сварки ответственных металлоконструкций малой толщины (0,8- 3,0 мм). Сварка удлиненной дугой по окисленной поверхности. Электроды с малой проплавающей способностью. $U_{xx} \geq 60V$.				
Тип Э42А Стали с пределом прочности при растяжении до 412 МПа (42 кгс/мм ²) с высокими требованиями к шву по пластичности и ударной вязкости.				
УОНИ-13/45	Б	=(+)	10,0	
Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
УОНИ-13/45А	Б	=(+)	10,0	
Для сварки ответственных конструкций из сталей типа СХЛ-4, МС-1, Ст3сп и им подобных. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
УОНИИ-13/45	Б	=(+)	10,0	
Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка предельно короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
УОНИИ-13/45А	Б	=(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Сварка предельно короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
УОНИИ-13/45Р	Б	=(+)	9,5	
Для сварки судостроительных сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Высокая стойкость металла шва к образованию горячих трещин.				
Тип Э46 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 451 МПа (46 кгс/мм ²)				
АНО-4	Р	~, =(+, -)	8,7	
Для сварки простых и ответственных конструкций всех групп и степеней раскисления. Сварка дугой средней длины. Допускается по незачищенным кромкам. Не склонны к порообразованию при повышенной величине тока.				

U _{xx} ≥50В.				
АНО-13	РЦ	~, =(+, -)	8,5	
Для вертикальных угловых, нахлесточных и стыковых швов способом "сверху - вниз". Сварка короткой или средней дугой. Можно по незачищенным кромкам. Металл шва стоек к образованию горячих трещин. Покрытие гигроскопично. U _{xx} ≥50В.				
АНО-21	Р	~, =(+, -)	8,5	
Для простых и ответственных конструкций из углеродистых сталей всех групп и степеней раскисления. Сварка удлиненной дугой по незачищенным кромкам. U _{xx} ≥50В.				
АНО-24	АР	~, =(+, -)	8,5	
Для сварки в монтажных условиях. Сварка удлиненной дугой по незачищенным кромкам. Малая склонность к образованию подрезов. U _{xx} ≥50В.				
АНО-34	Р	~, =(+, -)	8,5	
В нижнем положении электрод отклонять на 20-40° от вертикали в направлении сварки. Сварка возможна удлиненной дугой по окисленной поверхности. U _{xx} ≥50В.				
ЭЛЗ-С-1	Р	~, =(+)	9,5	
Для сварки низкоуглеродистых, углеродистых и низколегированных сталей с пределом прочности при растяжении до 490 МПа. U _{xx} ≥50В.				
МР-3	РБ	~, =(+)	8,5	
Для ответственных конструкции. Сварка короткой или средней дугой. Поверхности тщательно зачистить от окалины. Хорошо перекрываются зазоры. При сварке на повышенных токах возможны поры. U _{xx} ≥60В.				
МР-3М	РБ	~, =(+, -)	8,5	
Для сталей с содержанием углерода до 0,25%. Возможна сварка влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Высокопроизводительны. Сварка средних и больших толщин ведется на повышенных режимах "углом назад". U _{xx} ≥60В.				
ОЗС-3	АРЖ	~, =(+)	15,0	
Для сварки ответственных деталей. Сварка короткой дугой. Допускается сварка по незачищенным поверхностям. U _{xx} ≥60В.				
ОЗС-4	Р	~, =(-)	9,0	
Для высокопроизводительной сварки ответственных деталей. Допускается сварка удлиненной дугой и по незачищенным поверхностям. U _{xx} ≥60В.				
ОЗС-4И	АР	~, =(+, -)	8,5	
Для ответственных конструкций. Допускают сварку влажного, ржавого, плохо очищенного от окислов металла. Высокая производительность. Сварка в нижнем положении при средних и больших толщинах "углом назад". Средняя длина дуги. U _{xx} ≥60В.				
ОЗС-6	РЖ	~, =(+)	11,0	
Для высокопроизводительной сварки. Допускается сварка удлиненной дугой, возможна и по окисленной поверхности. U _{xx} ≥50В.				
ОЗС-12	Р	~, =(-)	8,5	
Рекомендуется для тавровых соединений с получением мелкочешуйчатых вогнутых швов. Легко отделяется шлак. Сварка удлиненной дугой и по окисленной поверхности. U _{xx} ≥50В.				
Тип Э46А Для сталей с пределом прочности при растяжении 451 МПа (46 кгс/мм ²) при повышенных требованиях к швам по пластичности и ударной вязкости.				
ТМУ-46	Б	~, =(+)	9,0	
Для ответственных конструкций, в том числе трубопроводов. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. U _{xx} ≥65В.				
УОНИ-13/55К	Б	=(+)	10,0	

Для ответственных конструкций, работающих при отрицательных температурах и знакопеременных нагрузках. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Металл шва обладает высокой стойкостью к образованию горячих трещин и характеризуется низким содержанием водорода.				
АНО-8	Б	=(+)	10,0	
Для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, работающих при пониженных температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
Тип Э50 Для сталей с пределом прочности при растяжении 490 МПа (50 кгс/мм ²)				
ВСЦ-4А	Ц	=(+)	11,0	
Высокопроизводительная сварка корневого шва и "горячего" прохода стыков трубопроводов и ответственных конструкций. Сварка корневого шва без колебаний, опиранием, на постоянном токе любой полярности. "Горячий" проход - после зачистки корневого шва. Оба слоя сваривать "сверху-вниз". Оставлять огарок не менее 50 мм.				
55-У	Б	~, =(+, -)	8,5	
Сварка короткой дугой или опиранием по тщательно зачищенным кромкам. U _{xx} ≥65В.				
Тип Э50А Для сталей с пределом прочности при растяжении 490 МПа (50 кгс/мм ²) при повышенных требованиях к швам по пластичности и ударной вязкости.				
АНО-27	БЖ	~, =(+)	10,5	
Для сварки ответственных конструкций при температуре до -40°С. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенной поверхности. Обеспечивают пониженное содержание водорода в швах.				
АНО-Т	Б	=(+)	10,0	
Для сварки ответственных конструкций и трубопроводов во всех климатических зонах. Сварка корневого шва без подкладных колец. Формирование обратного валика в потолочном положении.				
АНО-ТМ/Н	Б	~, =(+)	10,5	
Для поворотных стыков нефте- и газопроводов диаметром 59-1420 мм и других ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Эффективны для односторонней сварки. U _{xx} ≥65В.				
АНО-ТМ	Б	~, =(+)	10,5	
Для ответственных конструкций, в том числе трубопроводов из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Качественно формируется обратный валик высотой 0,5-3 мм.				
ИТС-4	Б	=(+)	10,0	
Для судокорпусных сталей Ст3сп, 09Г2, 09Г2С, 10ХСНД, 10Г2С1Д-35, 10Г2С1Д-40 и т.д. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Обеспечивают высокую коррозионную стойкость.				
ИТС-4С	Б	~, =(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций в судостроении; стали СХЛ-4, 09Г2 и др. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. U _{xx} ≥65В.				
ОЗС-18	Б	=(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций из сталей 10ХСНД, 10ХНДП и др. толщиной до 15 мм, стойких против атмосферной коррозии, с низким содержанием водорода.				
ОЗС-25	Б	=(+)	9,5	
Для сварки ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Хорошая отделяемость шлака. Отсутствие подрезов и мелкочешуйчатость шва.				
ОЗС/ВНИИСТ-26	Б	=(+)	9,4	

Для трубопроводов нефти и газа, загрязненных сероводородом. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Высокая коррозионная стойкость в среде увлажненного до 25% сероводорода.				
ОЗС-28	РБ	~, =(+)	9,5	
Для ответственных конструкций из сталей 09Г2, 10ХСНД и др. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. $U_{xx} \geq 60В$.				
ОЗС-33	Б	~, =(+, -)	9,5	
Для особо ответственных конструкций. Обеспечивают металл шва с высокой стойкостью к образованию горячих трещин и низким содержанием водорода. Сварка короткой или предельно короткой дугой по зачищенным кромкам.				
ГМУ-21У	Б	= (+)	9,5	
Для сталей типа 15ГС и др.; для энергетического оборудования. Для труб с толщиной стенки более 16 мм. Сварка в узкую разделку с общим углом скоса кромок до 15°. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Легкое зажигание дуги без "стартовой" пористости.				
ГМУ-50	Б	~, =(+)	9,0	
Для ответственных конструкций и трубопроводов. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. $U_{xx} \geq 65В$.				
УОНИ-13/55	Б	= (+)	9,5	
Для ответственных конструкций, работающих при отрицательных температурах и знакопеременных нагрузках. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек против образования горячих трещин, имеет низкое содержание водорода.				
УОНИ-13/55С	Б	~, =(+)	9,5	
Для особо ответственных конструкций. Обеспечивают металл шва высокой стойкостью к образованию горячих трещин. Низкое содержание водорода. Сварка только короткой дугой по зачищенным кромкам.				
УОНИ-13/55ТЖ	БЖ	~, =(+)	9,5	
Для особо ответственных конструкций, работающих при пониженных температурах. Металл шва хорошо противостоит образованию горячих трещин. Низкое содержание водорода. Сварка только короткой дугой по зачищенным кромкам.				
УОНИИ-13/55Р	Б	~, =(+)	9,5	
Для судостроительных сталей с пределом прочности до 490-660 МПа. Сварка короткой дугой или опиранием по тщательно зачищенным кромкам.				
ЦУ-5	Б	= (+)	9,5	
Для трубных деталей и теплообменников котлоагрегатов, работающих при температурах до 400°С. Пониженная склонность к порообразованию. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
ЦУ-7	Б	= (+)	9,0	
Для ответственных конструкций, работающих при температурах до 400°С. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
ЦУ-8	Б	= (+)	9,5	
Для ответственных конструкций, работающих при температурах до 400°С при малой толщине металла и для сварки труб малых диаметров. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
Э-138/50Н	Б	= (+)	9,0	
Для тяжело нагруженных швов подводной части судов. Для сталей СтЗС, Ст4С, 09Г2, СХЛ-1, СХЛ-45, МС-1 и др. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек против коррозии в морской воде.				
Тип Э55 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 539 МПа (55 кгс/мм ²)				
ОЗС/ВНИИСТ-27	Б	= (+)	9,5	










Для трубопроводов и конструкций из хладостойких низколегированных сталей, работающих при температурах до -60°C. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Корневые швы - на постоянном токе прямой полярности.				
УОНИ-13/55У	Б	~, =(+)	9,5	
Тип Э60 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 588 МПа (60 кгс/мм ²)				
АНО-ТМ60	Б	~, =(+)	10,5	
ВСФ-65				
	Б	=(+)	9,5	
ОЗС-24М				
	Б	=(+)	9,5	
УОНИ-13/65				
	Б	=(+)	9,0	

Таблица 4. Характеристики электродов для сварки легированных сталей повышенной прочности.

Тип Э70 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 686 МПа (70 кгс/мм ²)				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Положение швов
АНО-ТМ70 Для сварки ответственных конструкций и трубопроводов без подкладных элементов и подварки. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. U _{xx} ≥65В.	Б	~, =(+)	10,5	
АНП-1 Для сварки ответственных конструкции из сталей 14ХГ2МР, 14ХМНДФР и др., деталей транспортных и дорожных машин, работающих при низких температурах. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,0	
АНП-2 Для сварки ответственных конструкций. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,0	
ВСФ-75 Для трубопроводов и ответственных конструкций при сварке заполняющих и облицовочных слоев. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	









Тип Э85 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 833 МПа (85 кгс/мм ²)				
НИАТ-3М	Б	=(+)	10,0	
Для сварки ответственных конструкций из термически упрочняемых сталей. Сварка короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
УОНИ-13/85	Б	=(+)	8,5	
Для ответственных конструкций из термически упрочняемых сталей до высокого предела прочности: 30ХГСА, 30ХГСНА и др. Сварка только короткой дугой по тщательно зачищенным кромкам. Металл шва стоек к горячим трещинам. Низкое содержание водорода.				
УОНИ-13/85У	Б	~, =(+)	9,5	
Для арматуры и рельсов ванным способом и ручной дуговой сварки конструкций из высокопрочных сталей, работающих при тяжелых нагрузках. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. При ванном способе использовать остающиеся или удаляемые формы.				
Тип Э100 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 980 МПа (100 кгс/мм ²)				
АН-ХН7	Б	=(+)	9,6	
Сборка без зазоров. Сварка короткой и средней дугой по тщательно зачищенным кромкам.				
ВИ-10-6	Б	=(+)	8,0	
Сборка без зазоров. Сварка короткой или средней дугой по тщательно зачищенным кромкам петлеобразными движениями электрода. При быстром охлаждении возможны трещины в кратерах.				
ОЗШ-1	Б	=(+)	9,0	
Сварка короткой дугой непрерывно, не допуская охлаждения, по тщательно зачищенным кромкам. Предварительный подогрев до 400-450°С. Можно использовать для наплавки штампов.				

Таблица 5. Характеристики электродов для сварки легированных сталей высокой прочности.

Тип Э125 Для сталей с пределом прочности при растяжении свыше 980 МПа (100 кгс/мм ²)				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, по-лярность тока	Коэф. на-плавки, г/А•ч	Поло-жение швов
НИИ-3М	Б	=(+)	9,5	
Для сталей 30ХГСНА, 30ХГСН2А и др., термически обрабатываемых на прочность до 1274 МПа (130 кгс/мм ²). Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
Тип Э150 Для сталей с пределом прочности при растяжении до 1470 МПа (150 кгс/мм ²)				
НИАТ-3	Б	=(+)	10,0	
Для высокопрочных сталей типа 30ХГСНА с пределом прочности до 1470 МПа (150 кгс/мм ²)				









Электроды для наплавки











Наплавочные электроды обеспечивают получение наплавленного металла разнообразного по химическому составу, структуре и свойствам. По ГОСТ 10051-75 "Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами" существует 44 типа таких электродов.

Все они имеют основное покрытие. Это обеспечивает лучшую сопротивляемость образованию трещин при наплавке деталей из стали с повышенным содержанием углерода и при высокой жёсткости конструкции.

В зависимости от условий работы конструкций с наплавленными покрытиями, электроды для наплавки могут быть условно разделены на 6 групп.

Таблица 6. Характеристики электродов для наплавки.







Первая группа Электроды для наплавки, обеспечивающие получение низкоуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок (по назначению к этой группе относятся некоторые марки электродов 3-ей группы).				
Марка электрода /тип металла, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, поляр-ность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ОЗН-300М /11ГЗС Для деталей из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях трения и ударных нагрузок, например: валы, оси, автосцепки, крестовины и др. детали автомобильного и ж/д транспорта.	Б	~, =(+)	10,5	
ОЗН-400М /15Г4С То же, с увеличенной твердостью наплавленного металла.	Б	~, =(+)	10,5	
НР-70 /Э-30Г2ХМ Для деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок и трения по металлу: рельсы, крестовины и другое.	Б	=(+)	9,0	
ЦНИИН-4 /Э-65Х25Г13Н3 Для заварки дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из высокомарганцовистых сталей 110Г13Л.	Б	=(+)	10,5	
Вторая группа Электроды, обеспечивающие получение среднеуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок при нормальной и повышенной температурах (до 600-650°С).				
ЭН-60М /Э-70Х3СМТ Для штампов всех типов, работающих с нагревом контактных поверхностей до 400°С, и быстроизнашивающихся деталей в станочном оборудовании: шестерни, эксцентрики, направляющие и др.	Б	=(+)	8,5	
ЦН-14 Для оборудования горячей штамповки и резки, в том числе ножей, ножиц, штампов и др.	Б	=(+)	12,0	
1ЗКН/ЛИВТ /Э-80Х4С Для зубьев ковшей экскаваторов, черпаков, земснарядов, ножей дорожных машин, работающих при абразивном износе без значительных ударов и давлений.	Б	~, =(+)	6,5	
ОЗШ-3 /Э-37Х9С2 Для обрезных и вырубных штампов холодной и горячей штамповки (до 650°С) и быстроизнашивающихся деталей машин и оборудования.	Б	=(+)	9,5	
ОЗИ-3 /Э-90Х4М4ВФ	Б	=(+)	9,5	

Для штампов холодного и горячего (до 650°C) деформирования металлов, а также для быстроизнашивающихся деталей горнометаллургического и станочного оборудования.				
Третья группа Электроды, обеспечивающие получение углеродистого, легированного (или высоколегированного) наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок.				
ОЗН-6 /90Х4Г2СЗР	Б	=(+)	11,0	
Для быстроизнашивающихся деталей горно-добывающих, строительных машин и др., работающих при интенсивном абразивном износе и значительных ударных нагрузках.				
ОЗН-7 /75Х5Г4СЗРФ	Б	=(+)	12,0	
Для быстроизнашивающихся деталей преимущественно из высокомарганцовистых сталей 110Г13Л, работающих при интенсивном износе и при значительных ударных нагрузках.				
ВСН-6 /Э-110Х14В13Ф2	П	=(+)	9,5	
Для быстроизнашивающихся деталей из углеродистых и высокомарганцовистых сталей при значительных ударных нагрузках в условиях абразивного износа.				
Т-590 /Э-320Х25С2ГР	П	~, =(+)	9,0	
Для деталей, работающих в условиях абразивного износа при умеренных ударных нагрузках.				
Четвертая группа Электроды, обеспечивающие получение углеродистого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях больших давлений и высоких температур (до 680-850°C).				
ОЗШ-6 /10Х33Н11МЗСГ	Б	=(+)	13,0	
Для бойков радиально-ковочных машин, штампов холодного и горячего (до 800-850°C) деформирования металлов, ножей горячей резки металла, быстроизнашивающихся деталей оборудования, работающих в тяжелых термодеформационных условиях.				
УОНИ-13/Н1-БК /Э-09Х31Н8АМ2	Б	=(+)	10,5	
Для уплотнительных поверхностей арматуры, работающих в контакте со средами высокой агрессивности.				
ОЗИ-5 /Э-10К18В11М10Х3СФ	П	=(+)	10,5	
Для металлорежущего инструмента, штампов горячей (до 800-850°C) штамповки и деталей, работающих в особо тяжелых температурно-силовых условиях.				
Пятая группа Электроды, обеспечивающие получение высоколегированного аустенитнонаплавленного металла с высокой стойкостью в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания и трения металла о металл при повышенных температурах (до 570-600°C).				
ЦН-6Л /Э-08Х17Н8С6Г	Б	=(+)	14,0	
Для уплотнительных поверхностей деталей арматуры котлов, работающих при температуре до 570°C и давлении до 7800 МПа (780 кг/мм ²).				
Шестая группа Электроды, обеспечивающие получение дисперсноупрочняемого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в тяжелых температурно-деформационных условиях (до 950-1100°C).				
ОЗШ-6 /10Х33Н11МЗСГ	Б	=(+)	8,5	
Для кузнечно-штамповой оснастки холодного и горячего деформирования металлов, деталей металлургического и станочного оборудования, работающих в тяжелых условиях термической усталости (до 950°C) и больших давлений.				
ОЗШ-8 /11Х31Н11ГСМЗЮФ	Б	=(+)	14,0	
Для кузнечно-штамповой оснастки горячего деформирования металла, работающего в сверхтяжелых условиях термической усталости (до 1100°C) и				

Электроды для сварки и наплавки чугуна

Такие электроды предназначены для устранения дефектов в чугунных отливках и для восстановления поврежденных и изношенных деталей. Их можно применять и для изготовления сварно-литых конструкций. Электроды для холодной сварки и наплавки чугуна без предварительного подогрева дают наплавленный металл в виде стали, сплавов на основе меди, никеля и железоникелевого сплава. Это марки ЦЧ-4, ОЗЧ-2, ОЗЧ-6 и др. Иногда целесообразно использовать электроды иного назначения. Так, при ремонте чугунных тубингов в условиях большой загрязненности и высокой влажности лучше брать марку ОЗЛ-25Б. Первые слои на загрязненных чугунах можно выполнять марками ОЗЛ-27 и ОЗЛ-28. Успешно применяют и марку ОЗБ-2М, предназначенную для сварки бронз.

Таблица 7. Характеристики электродов для сварки и наплавки чугуна

Марка электрода /основной металл шва, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Кэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ЦЧ-4 /FeV Для сварки и заварки дефектов литья в деталях из серого, высокопрочного и ковкого чугуна. Сварка серого и высокопрочного чугунов.	Б	⊖(+)	10,0	
ОЗЧ-2 /Cu Для сварки, наплавки и заварки дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов.	АЖ	⊖(+)	13,5	
ОЗЧ-6 /Cu Для сварки тонкостенных деталей из серого и ковкого чугунов.	Б	⊖(+)	15,5	
МНЧ-2 /NiCu Для сварки, наплавки и заварки дефектов литья в деталях из серого и ковкого чугунов.	П	⊖(+)	11,5	
ОЗЧ-3 /Ni Для сварки и заварки дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугунов, когда к соединениям предъявляются повышенные требования по чистоте обработки поверхности.	Б	⊖(+)	11,0	
ОЗЧ-4 /Ni Для сварки и наплавки деталей из серого и высокопрочного чугунов. Предпочтительны для последних слоев, работающих на истирание или при ударных нагрузках.	Б	⊖(+)	11,5	





Электроды для сварки цветных металлов

Предназначены для сварки алюминия, меди, никеля и их сплавов. Титан и его сплавы ручной дуговой сваркой покрытым электродом не сваривают из-за интенсивной окисляемости.

Электроды для сварки алюминия. Основная трудность при сварке алюминия и его сплавов - наличие окисной пленки. Температура её плавления 2060°C, тогда как температура плавления алюминия 660°C. Плотная тугоплавкая пленка может нарушить стабильность процесса сварки и таким образом повлиять на качество формирования шва, вызвав появление

внутренних дефектов в наплавленном металле. Для удаления окисной пленки в состав покрытия электродов вводят хлористые и фтористые соли щелочных и щелочно-земельных металлов. Эти вещества и обеспечивают качественную сварку.

Таблица 8. Характеристики электродов для сварки алюминия и его сплавов


Марка электрода /основной металл шва, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение ШВОВ
ОЗА-1 /Al Для деталей и конструкций из технически чистого алюминия А0, А1, А2, А3. Сварка с предварительным подогревом до 250-400°С по зачищенным кромкам. Шлак удалять горячей водой и щетками.	Псол.	=(+)	6,5	
ОЗА-2 /Al Для заварки литевого брака и наплавки деталей из алюминиево-кремнистых сплавов АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 и др. Сварка с предварительным подогревом до 250-400°С по зачищенным кромкам. Шлак удалять горячей водой и стальными щетками.	Псол.	=(+)	6,5	
ОЗАНА-1 /Al Для деталей и конструкций из технически чистого алюминия. Сварка изделий толщиной более 10 мм с предварительным подогревом до 250-400°С по зачищенным кромкам.	Псол.	=(+)	8,0	
ОЗАНА-2 /Al Для заварки литевого брака и наплавки деталей из алюминиево-кремнистых сплавов АЛ-4, АЛ-9, АЛ-11 и др. Сварка деталей толщиной до 10 мм без подогрева, при больших толщинах - с подогревом до 200°С по зачищенным кромкам.	Псол.	=(+)	8,0	




Электроды для сварки меди и ее сплавов. При сварке меди основная проблема - образование пор в металле шва из-за высокой ее активности при взаимодействии с газами, особенно с кислородом и водородом. Чтобы этого избежать, применяют только хорошо раскисленную медь и тщательно прокаленные электроды. Сварку выполняют по зачищенным до металлического блеска кромкам.

Сварка латуней сложна и опасна для здоровья из-за интенсивного выгорания цинка.

Сварка бронз доставляет трудности ввиду высокой хрупкости и недостаточной прочности в нагретом состоянии.



Таблица 9. Характеристики электродов для сварки меди и ее сплавов

Марка электрода /основной металл шва, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение ШВОВ
Комсомолец-100 /Cu Для сварки и наплавки изделий из технически чистой меди М1, М2, М3. Возможна сварка меди со сталью. Сварка с предварительным местным подогревом до 300-700°С.	Пспец.	=(+)	14,0	
АНЦ/ОЗМ-2 /Cu	Пспец.	=(+)	17,5	

Для сварки и наплавки изделий из технической чистой меди с содержанием кислорода не более 0,01%. Сварка при толщине более 10 мм с предварительным подогревом до 150-350°C.				
АНЦ/ОЗМ-3 /Cu	Пспец.	=(+)	16,5	
Для сварки и наплавки технической чистой меди (кислорода не более 0,01%). Возможна сварка со сталью. Сварка при толщине до 10 мм короткой дугой без подогрева и без разделки кромок одно- или двусторонним швом с небольшими колебаниями электрода.				
ОЗБ-2М /CuSn	Б	=(+)	14,0	
Для сварки и наплавки бронз, заварки дефектов бронзового и чугунного литья. Возможна сварка и наплавка латуней.				
ОЗБ-3 /Cu	Пспец.	=(+)	12,5	
Для наплавки при изготовлении и восстановлении электродов машин контактной точечной сварки, в том числе для сварки стержневой арматуры.				

Электроды для сварки никеля и его сплавов. Сварка никеля и его сплавов затруднена из-за большой чувствительности к растворенным в сварочной ванне газам: азоту, кислороду и водороду, что вызывает образование горячих трещин и пор. Для предупреждения появления этих дефектов необходимо применять основной металл и сварочные электроды высокой чистоты и качественно их подготавливать.



Таблица 10. Характеристики электродов для сварки никеля и его сплавов

Марка электрода, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	по-нап-лавки, г/А•ч	Коеф.	Поло-жение швов
ОЗЛ-32 Для изделий из никеля НП-2, НА-1, для наплавки на углеродистые и высоколегированные стали в аппаратуре, работающей в щелочных и хлоросодержащих средах содового производства, мыловарения, производства синтетических волокон и др., а также сварка никеля с углеродистыми и коррозионностойкими сталями. Сварка "ниточными" валиками с амплитудой поперечных колебаний не более двух диаметров электрода. Электрод перпендикулярен к изделию. Дугу обрывать постепенно, отводя её на наплавленный металл.	РБ	=(+)	12,0		
В-56У Для сварки изделий из монель-металла и аппаратуры из двухслойных сталей (СтЗсп + монель-металл) со стороны коррозионностойкого слоя, а также для наплавки. Возможна сварка монель-металла с низкоуглеродистыми сталями. Сварка валиками шириной до 12 мм.	РБ	=(+)	11,5		

Электроды для резки металла

Дуговая резка металла покрытыми электродами часто используется при монтаже и ремонте металлоконструкций. Она эффективна, так как не требует дополнительного оборудования и специальной квалификации рабочих. Электроды для резки отличаются от электродов для сварки высокой тепловой мощностью дуги, высокой теплостойкостью покрытия, интенсивной окисляемостью жидкого металла. Эти электроды целесообразно применять для удаления дефектных швов или их участков, удаления прихваток, заклепок, болтов, разделки трещин и т.п. Прокалка перед сваркой: 170°C; 1ч.

Таблица 11. Характеристики электродов для резки металла

Марка электрода, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ОЗР-1 Резка, строжка, прошивка отверстий, удаление дефектных участков сварных соединений и отливок, разделка свариваемых кромок и корня шва, выполнение других подобных работ при изготовлении, монтаже и ремонте деталей и конструкций из сталей всех марок (в т.ч. высоколегированных), чугуна, меди и алюминия и их сплавов. Обеспечивают получение чистого реза (без грата и натеков на поверхности реза). Резку производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону, противоположную направлению резки (углом вперед). При этом электрод должен совершать возвратно-поступательные движения: "туда-обратно" или "сверху-вниз".	Пспец.	~, =(+, -)	12,0	
ОЗР-2 Резка стержневой арматуры, строжка. Резка, прошивка отверстий, удаление дефектных участков сварных соединений и отливок, разделка свариваемых кромок и корня шва, выполнение других подобных работ при изготовлении, монтаже и ремонте деталей и конструкций из сталей всех марок (в т.ч. высоколегированных), чугуна, меди и алюминия и их сплавов. Обеспечивают получение чистого реза (без грата и натеков на поверхности реза). Имеют повышенную эффективность при резке строительной стержневой арматуры больших диаметров (время резки арматуры диаметром 16 мм составляет 2-3 с, диаметром 40 мм - 14-16 с). Резку производят на повышенных режимах с наклоном электрода в сторону, противоположную направлению резки (углом вперед). При этом электрод должен совершать возвратно-поступательные движения: "туда-обратно" или "сверху-вниз".	Пспец.	~, =(+, -)	12,0	

Электроды для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Электроды для сварки легированных теплоустойчивых сталей, должны в первую очередь обеспечить необходимую жаропрочность сварных соединений - способность противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах.









Для конструкций, работающих при температурах до 475°C, используют молибденовые электроды типа Э-09М, а при температурах до 540°C - хромомолибденовые электроды типов Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-09Х2М1 и Э-05Х2М.

Для конструкций, работающих при температурах до 600°C, применяют хромомолибденованадиевые электроды Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НБФ, Э-10Х3М1БФ.

Электроды Э-10Х5МФ с повышенным содержанием хрома предназначены для сварки конструкций из сталей с повышенным содержанием хрома (12Х5МА, 15Х5М, 15Х5МФА и др.), работающих в агрессивных средах при температурах до 450°C.

Для сварки теплоустойчивых сталей чаще используют электроды с основным покрытием, обеспечивающие прочность наплавленного металла при повышенных температурах, а также малую склонность к образованию горячих и холодных трещин.

Таблица 12. Характеристики электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей

Тип Э-09М Для молибденовых сталей				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ЦЛ-6 УОНИ-13/15М ЦУ-2М Для сталей 16М, 20М и др., при сварке паропроводов, коллекторов котлов, работающих при температурах до 475°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.	А Б Б	~, =(+, -) =(+) =(+)	10,5 9,0 9,5	
Тип Э-09Х1М Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома.				
УОНИ-13ХМ Для сталей 15ХМ, 20ХМ и др., в том числе для сварки трубопроводов и деталей энергетического оборудования, работающих при температурах до 520°С. Сварка предельно короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-200°С.	Б	=(+)	9,0	
ТМЛ-1 Для паропроводов, работающих при температурах до 500°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С. Возможна сварка в узкие разделки.	Б	=(+)	10,0	
ТМЛ-1У Для сталей 12МХ, 15МХ и др., для сварки трубопроводов и деталей энергетического оборудования, работающих при температурах до 540°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Возможна сварка в узкую разделку с углом скоса кромок до 15°. Дуга очень стабильна. Хорошо отделяется шлак.	Б	=(+)	9,0	
Тип Э-05Х2М Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома.				
Н-10 Для сварки легированных теплоустойчивых хромомолибденовых сталей, паропроводов из сталей 10Х2М, 12ХМ, 12Х2М1-Л и др., работающих при температуре до 550°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С.	Б	=(+)	9,5	
Тип Э-09Х2М1 Для хромомолибденовых сталей с повышенным содержанием хрома и молибдена				
ЦЛ-55 Для сталей 10Х2М и др., в том числе для сварки трубопроводов, работающих при температурах до 550°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С	Б	=(+)	9,0	
Тип Э-09МХ Для хромомолибденовых сталей.				
УОНИ-13/45МХ Для сталей 12МХ, 15ХМ и др., в том числе для сварки трубопроводов, работающих при температурах до 500°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-300°С.	Б	=(+)	9,5	
ОЗС-11 Для сталей 12МХ, 15МХ, 12ХМФ, 15Х1М1Ф и др., для сварки паропроводов, работающих при температурах до 500°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам. Сварка сталей толщиной более 12 мм с предварительным и сопутствующим подогревом до 150-200°С. Рекомендуются для монтажных работ.	РБ	~, =(+)	8,5	

Тип Э-09Х1МФ Для хромомолибденованадиевых сталей		
ТМЛ-3	Б \equiv (+)	9,5
Для сварки неповоротных стыков трубопроводов, работающих при температурах до 575°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 250-350°C. Шлак легко отделяется. Высокая стойкость металла против образования пор в шве.		
ТМЛ-3У	Б \equiv (+)	9,5
Для сталей 12МХ, 15МХ, 12Х2М1, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФ1, 15Х1М1Ф-Л и др., в т.ч. для трубопроводов, работающих при температурах до 565°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400°C. Сварка в узкую разделку с углом скоса кромок до 15°.		
ЦЛ-39	Б \equiv (+)	9,0
Для сталей 12Х1МФ, 12Х2МФСР, 12Х2МФБ и др., в т.ч. для сварки элементов нагрева поверхностей котлов и трубопроводов диаметром до 100 мм с толщиной стенки до 8 мм, работающих при температурах до 575°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400°C.		
Тип Э-10Х1М1НФБ Для хромомолибденованадиевых сталей		
ЦЛ-27А	Б \equiv (+)	10,0
Для сталей 15Х1М1Ф, конструкций из литых, кованных и трубных деталей, работающих при температурах до 570°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-400°C.		
ЦЛ-36	Б \equiv (+)	10,5
Для сталей 15Х1М1Ф, 15Х1М1Ф-Л и др., для сварки паропроводов и арматуры, работающих при температурах до 585°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°C.		
Тип Э-10Х3М1БФ Для хромомолибденованадиевоиниобиевых сталей		
ЦЛ-26М	Б \equiv (+)	10,0
Для сталей 12ХМФБ поверхностей нагрева котлов, работающих при температурах до 600°C, а также для тонкостенных труб пароперегревателей в монтажных условиях. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°C.		
ЦЛ-40	Б \sim , \equiv (+)	9,0
Для сталей 12Х2МФБ, в т.ч. тонкостенных труб пароперегревателей, поверхностей нагрева котлов, работающих при температурах до 600°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°C. Изготавливаются диаметром 2,5 мм.		
Тип Э-10Х5МФ Для хромомолибденованадиевых и хромомолибденовых сталей		
ЦЛ-17	Б \equiv (+)	10,5
Для сталей 15Х5М (Х5М), 12Х5МА, 15Х5МФА в ответственных конструкциях, работающих в агрессивных средах при температурах до 450°C. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 350-450°C.		

Электроды для сварки высоколегированных сталей

Стали, содержащие 13% хрома, считаются высокохромистыми нержавеющими. Они обладают стойкостью против атмосферной коррозии и в слабоагрессивных средах. Это стали 08Х13, 12Х13, 20Х13, которые различаются свариваемостью в зависимости от содержания углерода.

При выборе электродов для сварки таких сталей необходимо обеспечить следующие свойства металла шва: стойкость против атмосферной

коррозии и в слабо агрессивных средах, жаростойкость до температуры 650°C и жаропрочность до температуры 550°C. Этим требованиям удовлетворяют электроды типа Э-12Х13 марок ЛМЗ-1, АНВ-1 и др., которые обеспечивают химический состав, структуру и свойства металла шва, близкие характеристикам основного металла.

Для сварки сталей с пониженным содержанием углерода и дополнительно легированных никелем рекомендуются электроды типа Э-06Х13Н марки ЦЛ-41.

С увеличением количества хрома возрастает коррозионная стойкость и жаростойкость высокохромистых сталей. Содержание 17-18% дает коррозионную стойкость в жидких средах средней агрессивности. Такие стали относятся к кислотостойким: 12Х17, 08Х17Т, 08Х18Т и др. Если количество хрома достигает 25-30%, то возрастает жаростойкость - стойкость против газовой коррозии при температурах до 1100°C. Это жаростойкие стали: 15Х25Т, 15Х28 и др. Для серосодержащих сред пригодны стали и электроды, в которых не менее 25% хрома.










Выбор электродов для сварки высокохромистых сталей зависит от количества хрома в свариваемых сталях. Так, для сварки сталей с 17% хрома, к которым предъявляются требования по коррозионной стойкости в жидких окислительных средах или по жаростойкости при температурах до 800°C, рекомендуются электроды типа Э-10Х17Т марок ВИ-12-6 и др.

Для сварки сталей с 25% хрома следует применять электроды типа Э-08Х24Н6ТАФМ, придающие металлу шва после отпуска высокие пластичность, ударную вязкость и стойкость против межкристаллитной коррозии.

Сварку высокохромистых сталей следует выполнять при умеренных режимах с уменьшенной погонной энергией. После каждого прохода рекомендуется охлаждать металл околошовной зоны до температуры ниже 100°C, что обеспечивает минимальный рост зерна.

Высокохромистые стали на основе 13% хрома с дополнительным легированием молибденом, ванадием, вольфрамом и ниобием относятся к жаропрочным. Они способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. При выборе электродов для этих сталей основное требование - обеспечить необходимый уровень жаропрочности металла шва. Это достигается за счет получения химического состава швов, близкого основному металлу. Такому условию наиболее полно удовлетворяют электроды типов Э-12Х11НМФ марки КТИ-9А, Э-12Х11НВМФ марки КТИ-10, Э-14Х11НВМФ марки ЦЛ-32.

Таблица 13. Характеристики электродов для сварки высоколегированных хромистых сталей

Тип Э-12Х13 Для коррозионностойких сталей				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А·ч	Поло-жение швов
УОНИ-13/НЖ 12Х13 Для сварки сталей 08Х13, 12Х13, 20Х13 и др., работающих при температурах до 600°С, а также наплавки уплотнительных поверхностей стальной арматуры. Сварка с предварительным нагревом до 200-250°С. В атмосфере пара и на воздухе обеспечивают жаропрочность до 540°С, жаростойкость до 650°С.	Б	=(+)	10,5	
ЛМЗ-1 Для сталей 08Х13, 1Х13, 2Х13 и др., работающих в пресной воде и слабоагрессивных средах при нормальной температуре. Для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим подогревом до 300-350°С. После сварки обязателен отпуск.	Б	=(+)	11,0	
АНВ-1 Для сталей 08Х13, 12Х13 и др., работающих в пресной воде и слабоагрессивных средах при нормальной температуре. Пригодны для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры. После сварки обязателен отпуск. В атмосфере пара и воздуха обеспечивают жаропрочность до 540°С и жаростойкость до 650°С.	Б	=(+)	11,0	
Тип Э-10Х17Т Для коррозионностойких и жаростойких сталей				
УОНИ-13/НЖ 10Х17Т Для сталей 12Х17, 08Х17Т и др., работающих при повышенных температурах и в окислительных средах. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с минимальным тепловложением. Жаростойкость до 800°С.	Б	=(+)	11,0	
ВИ-12-6 Для сталей 12Х17, 08Х17Т и др., работающих в окислительных средах при температурах до 800°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.	Б	=(+)	11,0	
Тип Э-06Х13Н Для коррозионностойких сталей, легированных никелем				
ЦЛ-41 Для сталей 0Х12НД, 10Х12НД-Л, 06Х12НЗД, 06Х14Н5ДМ и др., работающих при температурах до 400°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам с предварительным и сопутствующим нагревом до 80-120°С.	РБ	=(+)	11,5	
Тип Э-12Х11НМФ Для жаропрочных сталей				
КТИ-9А Для сталей 15Х11МФ, 15Х11ВФ и др., работающих при температурах до 565°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	
Тип Э-12Х11НВМФ Для жаропрочных сталей				
КТИ-10 Для сталей 15Х11МФ, 15Х12ВНМФ и 15Х11МФБ-Л, работающих при температурах до 580°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам без колебаний электрода с подогревом до 350-400°С	Б	=(+)	9,2	
Тип Э-14Х11НВМФ Для жаропрочных сталей				
ЦЛ-32 Для сварки паронагревателей котлов паропроводов из сталей 10Х11В2МФ и др., работающих при температурах до 610°С. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.	Б	=(+)	9,5	

Тип Э-10Х16Н4Б Для коррозионностойких и жаропрочных сталей.				
УОНИ-13/ЭП-56	Б	=(+)	9,0	
Для конструкций из сталей 09Х16Н4Б и др., работающих в агрессивных средах, и для сварки трубопроводов высокого давления.				

Электроды для коррозионностойких кислотостойких сталей. Основное требование при выборе электродов для сварки кислотостойких сталей - это обеспечение коррозионной стойкости металла шва в жидких агрессивных средах при нормальных и повышенных температурах и давлениях. К наиболее агрессивным жидким средам относятся кислоты и их растворы, которые обладают как окислительными, так и неокислительными свойствами.

Для сварки конструкций из кислотостойких сталей, работающих в неокислительных жидких средах при температурах до 360°C и не подвергающихся термической обработке после сварки, рекомендуются электроды марок ЭА-400/10Т, ЭА-400/10У и др., марок ОЗЛ-8 и др., марки ЭА-606/10 и т.п. Термическая обработка сварных соединений, выполненных этими электродами, не допускается.

Для конструкций, работающих в неокислительных или малоокислительных жидких средах, для которых после сварки необходим отпуск, рекомендуются электроды марки ЭА-898/19 и др., которые обеспечивают стойкость шва против межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после отпуска.

Конструкции, которые эксплуатируются в окислительных жидких средах, например в азотной кислоте, рекомендуется сваривать электродами типа Э-08Х19Н10Г2Б марок ЦТ-15, ЗИО-3 и др.

Для низкоуглеродистых кислотостойких сталей, содержащих до 0,03% углерода, используются электроды типов Э-04Х20Н9 марок ОЗЛ-14А, ОЗЛ-36; Э-02Х20Н14Г2М2 марок ОЗЛ-20 и др.

Таблица 14. Характеристики электродов для сварки коррозионностойких кислотостойких сталей

Тип Э-08Х19Н10Г2Б				
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
ЦТ-15	Б	=(+)	11,0	
ЗИО-3	Б	=(+)	12,5	
Для сталей с содержанием никеля до 16% - 08Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 08Х18Н12Б и др., работающих в окислительных средах. Жаропрочность до 650°C.				
Тип Э-07Х20Н9				
ОЗЛ-8	Б	=(+)	14,0	
ОЗЛ-14	РБ	~, =(+, -)	11,0	
УОНИ-13/НЖ 04Х19Н9	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 08Х18Н10, 12Х18Н9, 12Х18Н10Т и др., когда к металлу шва <u>не предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии</u> . Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				



ЛЭЗ-8	Р	~, =(+)	12,5	
Для сталей 08X18H10, 12X18H9, 12X18H10T и др., когда к металлу шва <u>не предъявляются</u> жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.				
ОЗЛ-8	П	=(+)	12,0	
Для сталей 08X18H10, 12X18H9, 12X18H10T и др., когда к металлу шва <u>не предъявляются</u> жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
ЦТ-50	РБ	~, =(+)	11,0	
Для сталей 08X18H10, 12X18H9, 12X18H10T и др., когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам.				
Тип Э-08X19H9Ф2Г2СМ				
ЭА-606/10	Б	=(+)	11,0	
Для сталей 09X17H7Ю, 09X15H8Ю и других, а также для сталей 14X17H2 и др.				
Тип Э-07X19H11МЗГ2Ф				
ЭА-400/10У	Б	=(+)	12,0	
ЭА-400/10Т	Б	=(+)	12,0	
Для сталей 08X18H10T, 12X18H10T, 08X17H13M2T и др., работающих в жидких агрессивных средах при температурах до 350°C и не подвергающихся после сварки термической обработке. Пригодны для наплавки антикоррозионного покрытия. Стойкость против межкристаллитной коррозии обеспечивается в состоянии после сварки и после аустенизации. Электроды ЭА-400/10Т обеспечивают лучшую, чем ЭА-400/10У , отделяемость шлака. Электроды ЦЛ-11 для более коррозионностойких сталей.				
ЦЛ-11 для более коррозионностойких сталей.				
Тип Э-08X19H9Ф2С2				
ЭА-606/11	Б	=(+)	12,0	
Для сталей 08X18H10T, 12X18H9T и др., работающих при температурах до 350°C и не подвергающихся после сварки термической обработке. Не рекомендуются для сварки сталей, не легированных титаном или ниобием.				
ГЛ-2	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 08X18H10T, 12X18H9T и др., работающих при температурах до 350 °C и не подвергающихся после сварки термической обработке. Не рекомендуются для сварки сталей, не легированных титаном или ниобием				
Тип Э-08X19H10Г2МБ				
ЭА-898/19	Б	=(+)	10,0	
Для сталей 08X18H10T, 08X17H13M2T и др., работающих в окислительных и малоокислительных средах при температурах до 350°C и подвергаемых после сварки термической обработке.				
Тип Э-04X20H9				
ОЗЛ-36	РБ	=(+)	13,5	
ОЗЛ-14А	Р	~, =(+)	11,0	
АНВ-32	Б	=(+)	10,5	
УОНИ-13/НЖ-2 /04X19H9	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 08X18H10T, 06X18H11, 08X18H12T, 04X18H10 и др., когда к металлу шва предъявляются требования по стойкости против межкристаллитной коррозии как в исходном состоянии, так и после кратковременных выдержек в интервале критических температур. Жаростойкость до 800°C без серосодержащих газов.				
Тип Э-02X20H14Г2М2 Для коррозионностойких сталей с пониженным содержанием углерода				
ОЗЛ-20	П	=(+)	13,5	

Для сталей 03X16H15M3, 03X17H14M2 при жестких требованиях к швам по стойкости против межкристаллитной коррозии.

Электроды для сварки коррозионностойких высокопрочных сталей. Выбор электродов для таких сталей весьма ограничен. Так, для сталей 12X21H5T, 08X21H6M2T рекомендуются электроды, дающие металл шва по структуре не однотипный с основным металлом, а иной. В этом случае применяют электроды типов Э-08X20H9Г2Б марок ЦЛ-11, ОЗЛ-7 и др. Можно использовать электроды типа Э-09X19H10Г2М2Б марок ЭА-902/14, АНВ-36, ЭА-400/13 и др. Для высоколегированных сталей 12X25H5TMФЛ и 10X25H6АТМФ предусмотрен один тип электродов - Э-08X24H6ТАФМ, к которому относятся электроды марки Н-48. Металл шва равнопрочен основному металлу толщиной до 200 мм. Электроды этого типа можно использовать и для сталей 12X21H5T, 08X21H6M2T. Для сталей 08X22H6T и 08X21H6M2T разработаны электроды ОЗЛ-40 и ОЗЛ-41, которые повышают коррозионную стойкость швов при работе в щелочных средах.

Таблица 15. Характеристики электродов для сварки коррозионностойких высокопрочных сталей

Тип Э-08X20H9Г2Б					
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов	
ЦЛ-11 Для сварки конструкций из коррозионностойких и жаропрочных сталей аустенитного класса типа 08X18H10T, 08X18H12T, 08X18H12Б и им подобных, работающих в агрессивных средах при температуре не более 400°С, когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.	Б	=(+)	10,5		
ОЗЛ-40 и ОЗЛ-41 Для сталей 08X22H6T, 08X21H6M2T и др., работающих в агрессивных средах.	БР	=(+)	13,5		
ЦТ-15К Для сталей 10X17H13M2T, 08X18H10 и др., работающих при температурах до 600°С. Пригодны для наплавки антикоррозионного слоя.	РБ	=(+)	11,0		
ОЗЛ-7 Для сталей 08X18H10, 08X18H10T, 08X18H12Б и др., работающих в агрессивных средах, когда к металлу шва предъявляются жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии.	Б	=(+)	11,5		
Тип Э-09X19H10Г2М2Б					
ЭА-902/14	Б	=(+)	11,0		
ЭА-400/13	Б	=(+)	12,0		
НЖ-13	Б	=(+)	13,0		
АНВ-36	Н	~, =(+)	13,0		
Для конструкций из сталей 10X17H13M3T, 08X17H15M3T, 10X17H13M2T, X18H22B2T2 и др., работающих при температурах до 550°С, когда к швам предъявляют жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии, не подвергаемых термообработке после сварки. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам "ниточными" швами без поперечных колеба-					


ний. Электроды АНВ-36 отличаются легким зажиганием дуги и малым разбрызгиванием.				
СЛ-28	Б	=(+)	11,0	
Для конструкций из сталей 10X17H13M3T, 08X17H15M3T, 10X17H13M2T, X18H22B2T2 и др., работающих при температурах до 550°C, когда к швам предъявляют жесткие требования по стойкости против межкристаллитной коррозии, не подвергаемых термообработке после сварки. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам "ниточными" швами без поперечных колебаний.				
Тип Э-08X24H6ТАФМ				
Н-48	Б	~, =(+, -)	11,0	
Для сталей 12X25H5TMФЛ, 12X21H5T, 08X22H6T и др., работающих в неокислительных агрессивных средах при температурах до 300°C				




Электроды для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей. Жаростойкими (окалиностойкими) считаются стали, способные противостоять химическому разрушению поверхности в воздухе или в другой газовой среде при температурах выше 850°C в ненагруженном или слабонагруженном состояниях. Они содержат до 20-25% хрома и работают при температурах до 1050°C и выше.

Жаростойкость наплавленного металла до 1000°C на сталях 20X23H13, 20X23H18 и др. достигается электродами типа Э-10X25H13Г2 марок СЛ-25, ОЗЛ-6, ЦЛ-25.

Для сварки жаростойких сталей, долго работающих при температурах выше 1000°C, следует применять электроды типа Э-12X24H14С2 марок ОЗЛ-5, ЦТ-17 и др., а также электроды типа Э-10X17H13С4 марки ОЗЛ-29, обеспечивающие жаростойкость до температуры 1100°C в окислительных и науглероживающих средах. Для конструкций, работающих в серосодержащих средах, применяют безникелевые высокохромистые жаростойкие стали 15X25Т, 15X28 и др.

Таблица 16. Характеристики электродов для сварки жаростойких (окалиностойких) сталей

Тип Э-10X25H13Г2				
Марка, область применения и технологические особенности	Покрытие	Род, полярность тока	Коэф. наплавки, г/А•ч	Положение швов
УОНИ-13/НЖ-2 /07X25H13	Б	=(+)	12,0	
ЗИО-8	РБ	=(+)	13,0	
ЦЛ-25	Б	=(+)	10,5	
ОЗЛ-6	Б	=(+)	11,5	
Для 10X23H18, 20X23H13, 20X23H18 и др., работающих в средах без сернистых соединений при температурах до 1000°C, а также для двухслойных сталей со стороны легированного слоя без требований по стойкости к межкристаллитной коррозии. Швы склонны к охрупчиванию при 600-800°C. Короткая дуга. Термическая подготовка кромок не допускается.				

СЛ-25 То же, для жаростойких сталей.	Б	=(+)	10,0	
Тип Э-12Х24Н14С2				
ОЗЛ-5	Б	=(+)	12,5	
ЦТ-17	Б	=(+)	10,5	
Для сталей 20Х25Н20С2, 20Х20Н14С2 и др., работающих при температурах до 1100°С в окислительных и науглероживающих средах. Сварка узкими валиками.				
Тип Э-10Х17Н13С4				
ОЗЛ-29	Б	=(+)	15,5	
ОЗЛ-3	Б	=(+)	12,0	
Для сталей 20Х20Н14С2, 20Х25Н20С2, 45Х25Н20С2 и др., работающих при температурах до 1100°С в окислительных и науглероживающих средах, а также для стали 15Х18Н12С4ТЮ, работающей в агрессивных средах без высоких требований по стойкости к межкристаллитной коррозии.				

Электроды для сварки жаропрочных сталей. К жаропрочным относятся стали, которые работают в нагруженном состоянии при высоких температурах в течение определенного времени и обладают при этом достаточной стойкостью против образования окалины. Высокая жаропрочность хромоникелевых сталей достигается за счет увеличения содержания никеля и дополнительного легирования титаном, ниобием, молибденом, вольфрамом и др.

Следует учитывать, что жаропрочность сварных соединений может существенно отличаться от жаропрочности основного и наплавленного металлов. Поэтому выбор электрода по принципу равной или близкой жаропрочности шва и основного металла оправдывается только для кратковременных ресурсов работы сварных соединений. Для длительных ресурсов лучше брать электроды, дающие более пластичный металл шва. Этому принципу соответствуют электроды, легирующие металл шва молибденом, - типа Э-11Х15Н25М6АГ2 марок ЭА-395/9, ЦТ-10, НИАТ-5 и типа Э-08Х16Н8М2 марки ЦТ-26.

Для сварки жаропрочных сталей, содержащих до 16% никеля и работающих при температурах до 600-650°С, а также если сварные соединения после сварки подвергаются термообработке посредством отпуска, применяются электроды типов Э-09Х19Н11Г3М2Ф марок КТИ-5, ЦТ-7 и Э-08Х19Н10Г2Б (см. выше) марок ЦТ-15 и ЗИО-3.








При сварке корневых слоев многослойных стыковых швов жаропрочных сталей, когда перемешивание основного металла с наплавленным велико и не обеспечивает технологическую прочность швов, следует применять электроды типа Э-08Х20Н9Г2Б марки ЦТ-15-1.



Для сварки жаропрочных сталей, содержащих 35% никеля и легированных ниобием, которые работают при температурах до 700-750°С, применяют электроды типа Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т марок КТИ-7 и КТИ-7А.

Для сварки жаропрочных сталей с 35% никеля, но без ниобия, однако легированных молибденом и марганцем, используют электроды типов

Э-11Х15Н25М6АГ2 марок ЭА-395/9, НИАТ-5, ЦТ-10 и Э-09Х15Н25М6АГ2Ф марки ЭА-981/15. При этом надо учесть, что наплавленный такими электродами металл не стоек против межкристаллитной коррозии в состоянии после сварки и после термической обработки, Поэтому такие электроды непригодны, если конструкция работает еще и в жидкой агрессивной среде. Слои, контактирующие с агрессивной средой, следует выполнять электродами типа Э-07Х19Н11М3 (см. выше) марок ЭА-400/10У и ЭА-400/10Т.

Таблица 17. Характеристики электродов для сварки жаропрочных сталей

Тип Э-11Х15Н25М6АГ2					
Марка, область применения и технологические особенности	Пок-рытие	Род, ток	полярность	Коэф. нап-лавки, г/А·ч	Поло-жение швов
ЭА-395/9 и ЦТ-10 Для сталей и сплавов ХН35ВТ, Х15Н25АМ6 и др., содержащих до 35% никеля, но без ниобия, работающих при температурах до 700°С. Для разнородных соединений высоколегированных сталей с углеродистыми и низколегированными. Для конструкций, работающих при температурах до -196°С. Короткая дуга. Зачистить кромки.	Б	=(+)		11,5	
НИАТ-5 Для сталей и сплавов ХН35ВТ, Х15Н25АМ6 и др., содержащих до 35% никеля, но без ниобия, работающих при температурах до 700°С. Для разнородных соединений высоколегированных сталей с углеродистыми и низкоуглеродистыми. Для конструкций, работающих при температурах до -196°С. Короткая дуга. Зачистить кромки.	Б	=(+)		12,5	
Тип Э-08Х16Н8М2					
ЦТ-26 Для сталей 10Х14Н14В2М, 08Х16Н13М2Б и др., в паропроводах, работающих при температурах 600-850°С.	Б	=(+)		10,5	
Тип Э-08Х20Н9Г2Б					
ЦТ-15-1 Для сварки корневых слоев швов, выполняемых электродами ЦТ-15.	Б	=(+)		11,0	
Тип Э-09Х19Н11Г3М2Ф					
КТИ-5 Для сталей 08Х16Н13М2Б, 15Х14Н14М2ВФБТЛ (ЛА-3) и др., работающих при температурах до 600°С и подвергаемых после сварки термической обработке, а также для заварки дефектов литья из этих сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам короткими валиками без поперечных колебаний.	Б	=(+)		12,0	
ЦТ-7 Для сталей 08Х16Н13М2Б, 15Х14Н14М2ВФБТЛ (ЛА-3) и др., работающих при температурах до 600°С и подвергаемых после сварки термической обработке, а также для заварки дефектов литья из этих сталей. Сварка короткой дугой по зачищенным кромкам короткими валиками без поперечных колебаний.	Б	=(+)		12,0	
Тип Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т					
КТИ-7 Для сплавов на железоникелевой основе ХН35ВТ, ХН35ВТЮ и др., долго работающих при температурах до 750°С, а также для реакционных труб в печах конверсии металла из сталей 45Х20Н35С, 25Х20Н35 и др., работающих при	Б	=(+)		11,0	

температурах до 900°C. Сварка короткой дугой узкими валиками без поперечных колебаний.			
КТИ-7А	Б	=(+)	10,0
Для сплавов на железоникелевой основе ХН35ВТ, ХН35ВТЮ и др., долго работающих при температурах до 750°C, а также для реакционных труб в печах конверсии металла из сталей 45Х20Н35С, 25Х20Н35 и др., работающих при температурах до 900°C. Сварка короткой дугой узкими валиками без поперечных колебаний.			
Тип Э-09Х15Н25М6АГ2Ф			
ЭА-981/15	Б	=(+)	11,5
Для сварки высоколегированных коррозионностойких хромоникелемолибденовых и хромоникелемолибденованадиевых сталей, а также высокопрочных сталей типа АК и высокомарганцовистых сталей типа 110Г13-Л.			

Электроды для сварки разнородных сталей и сплавов

Разнородными сталями и сплавами считаются материалы, резко отличающиеся физико-механическими свойствами, химическим составом и свариваемостью. По признаку разнородности стали условно можно разделить на 4 группы: углеродистые и легированные, легированные повышенной и высокой прочности, теплоустойчивые, высоколегированные.

Сварка разнородных сталей и сплавов может существенно отличаться от сварки однородных материалов, так как возрастает вероятность появления трещин в металле шва, возникновения в зоне оплавления участков со структурной неоднородностью, чрезмерного роста остаточных напряжений из-за большой разницы в коэффициентах расширения свариваемых материалов.

Большинство электродов, используемых при сварке разнородных сталей и сплавов, относятся к электродам, предназначенным для сварки высоколегированных сталей и легированных сталей повышенной и высокой прочности, которые дают шов с однородной высокопластичной структурой металла.




Выбор электрода можно делать по таблице, составленной с учетом отечественного опыта сварки разнородных металлов.

Группа сталей и сплавов	Углеродистые и низколегированные	Легированные повышенной и высокой прочности	Теплоустойчивые	Высоколегированные аустенитные	Высоколегированные жаропрочные	Сплавы на никелевой основе
Углеродистые и низколегированные	◆	Э42А-Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	Э42А-Э50А	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Легированные повышенной и высокой прочности	Э42А-Э100, ОЗЛ-27, ОЗЛ-28	◆	Э50А-Э85	НИАТ-5, ЭА-395/9	ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Теплоустойчивые	Э42А-Э50А	Э50А-Э85	◆	ЭА-395/9	АНЖР-1, АНЖР-2	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б
Высоколегированные аустенитные	ОЗЛ-6, (ОЗЛ-6С), НИАТ-5, ЭА-395/9, НИИ-48Г	НИАТ-5, ЭА-395/9	ЭА-395/9	◆	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	ОЗЛ-25Б
Высоколегированные жаропрочные	ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б	АНЖР-1, АНЖР-2	ОЗЛ-25Б, ИМЕТ-10	◆	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б
Сплавы на никелевой основе	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ЦТ-28, ОЗЛ-25Б	ОЗЛ-25Б	ИМЕТ-10, ОЗЛ-25Б	◆

Рис. 45 Выбор электродов для сварки разнородных сталей и сплавов

Таблица 18. Характеристики электродов для сварки разнородных сталей и сплавов

Марка электрода, область применения и технологические особенности	Пок-крытие	Род, полярность тока	Коэф. нап-лавки, г/А•ч	Поло-жение швов
АНЖР-1 АНЖР-2	П Б	=(+) =(+)	15,0 14,5	
Сварка теплоустойчивых сталей с высоколегированными жаропрочными сталями.				
ОЗЛ-27 ОЗЛ-28	РБ РБ	~, =(-) ~, =(+)	10,5 9,5	
Сварка углеродистых сталей с легированными, в том числе с трудносвариваемыми сталями.				
ОЗЛ-6 ОЗЛ-6С	Б Б	=(+) =(+)	12,0 11,0	
Сварка углеродистых и низколегированных сталей с высоколегированными сталями.				
НИАТ-5	Б	=(+)	13,0	
Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными сталями.				
ЭА-395/9	Б	=(+)	11,5	
Сварка низколегированных и легированных сталей с высоколегированными сталями.				
ОЗЛ-25Б	Б	=(+)	14,0	
Сварка разнородных сталей: коррозионностойких, жаростойких, жаропрочных и сплавов на никелевой основе.				

ИМЕТ-10 Сварка разнородных жаропрочных сталей и сплавов.	РБ	=(+)	14,0	
ЦТ-28 Сварка углеродистых, низколегированных и хромистых сталей со сплавами на никелевой основе.	РБ	=(+)	10,5	
НИИ-48Г Сварка низколегированных, специальных и высокомарганцовистых сталей с высоколегированными сталями	Б	=(+)	12,0	

Практическое занятие №18. Выбор сварочных электродов

Цель работы: Закрепление практических навыков выбора сварочных электродов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Подобрать сварочные электроды.

Теоретический материал:

Для выбора электрода необходимо определить:

- Толщину металла - (чем толще металл, тем больше диаметр электрода).
- Марку стали - (черный металл, нержавейка, жаропрочный и т.д.).
- По электроду определяем ток!
- Положение сварки - (нижнее, горизонтальное, нижнее тавровое, вертикальное - сварка снизу вверх, потолочное, потолочное тавровое).

Что касается сварочного тока, который вы будете подавать на электрод. Каждый производитель электродов заявляет разный сварочный ток. Ниже мы приводим классические параметры, с этими параметрами согласились сварщики, которые работают в профессии не один год.

Выбор тока также зависит от пространственного положения и величины зазора. Например: для диаметра 3 мм рекомендуется ток 70-80 А. Это ток для сварки в потолочном положении или вертикаль на подъем, а также, если зазор соизмерим или более диаметра электрода. Если же варить в нижнем положении, при этом зазора нет и позволяет толщина металла, то можно на простом электроде дать 120 А.

Опытные сварщики советуют пользоваться следующей формулой. Вы можете попробовать следовать этой формуле.

Сила тока рассчитывавшийся по формуле 30-40 А. на 1мм электрода, т.е на электрод d 3 мм. ставим ток 90-120 А., на электрод d 4мм ставим ток 120-160А и т. При сварке в вертикальном положении уменьшаем силу тока на 15%.

Диаметр 2 мм. – 40 – 80 Ампер. «Двойка» - пожалуй, самый капризный электрод. Многим кажется, что чем меньше диаметр электрода, тем легче работать. Но это не совсем так. Например: «двойка» требует определенных навыков и сноровки, она быстро горит и очень сильно греется, ес-

ли вы выставили большой ток. «Двойка» хороша тем, что требует мало тока и сваривает тонкие металлы. Но нужно умение и терпение.

Диаметр 3 мм или 3.2 мм. – 70-80 Ампер. ПРИ УСЛОВИИ СВАРКИ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ. Все сходятся во мнении, что 80 Ампер – это максимальное значение тока, все что выше – это уже не сварка, а резка. Попробуйте начать сварку с 70 Ампер, поймете, что не проваривает - добавьте 5-10 Ампер, если и 80 Ампер мало - крутите ручку регулировки сварочного тока до 120 А., но не более. Если вы варите на ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ – вам следует выставить 110-130 ампер. Иногда даже до 150 Ампер. Но скорей всего вам это не нужно, так как у вас инверторный сварочный аппарат, а не трансформаторный.

Диаметр 4 мм. – 110-160 Ампер. Как видите колебание в 50 Ампер, это связано с тем, какой у вас толщины металл и какой у вас навык работы «четверкой». Мы опять же рекомендуем попробовать с 110 Ампер и по мере необходимости добавлять силу тока.

Диаметры от 5 мм и выше – это уже профессиональные электроды, как правило, их используют сварщики профи. Давать им рекомендации мы не будем, они и так знают как ими работать, а начинающим сварщикам они попросту не нужны. Скажем лишь, что такие диаметры чаще используют не для сварки, а для наплавки.

Какой выбрать сварочный электрод?

Мы сейчас расскажем об основных типах сварочных электродов.

MP-3 и АНО – эти электроды лучше использовать на переменном токе. Они не прихотливы к сырости. Эти электроды не для ответственных конструкций, ими никогда не варят мосты и несущие балки крыши, ими варят заборы, ворота и теплицы на даче, ограждения, небольшие металлоконструкции бытового назначения. Если нет сверх нагрузки – это электроды для Вас. Самые востребованные марки у сварщиков любителей и дачников.

УОНИИ 13/55 – это отличные электроды, но очень «специфические». УОНИИ 13/55 варят профессионалы. Надо варить на короткой дуге! Это электроды для ответственных конструкций. Горят только на постоянном токе, любят стабильную дугу и не любят скачков напряжения. Начинайте работать с УОНИИ 13/55 только тогда, когда вы научитесь варить MP-3 и АНО.

LB-52U – мы рекомендуем покупать эти электроды японской фирмы KOBELCO. Эти электроды берут для сварки труб под высоким давлением. Очень качественный шов. Электроды LB-52U одни из самых дорогих, как правило, их покупают предприятия и структуры связанные с ремонтом городских тепло/водо сетей.

Мы ознакомили вас с самыми ходовыми электродами. Ниже мы расскажем кратко об электродах Концерна ESAB (Швеция), возможно вы найдете именно то, что вам нужно. Все электроды фирмы ESAB начинаются с букв ОК – в честь основателя Концерна Оскара Кельберга.

ОК 46.00 ESAB (Россия) – сваривать металлы этими электродами можно на постоянном и переменном токах. Часто эти электроды называют УНИВЕРСАЛЬНЫЙ или ЭЛЕКТРОД ДЛЯ СТАЛИ. Если вы не знаете что

выбрать, берите эти электроды – не прогадаете. Электроды хороши тем, что имеют широкую линейку диаметров. Всегда можно подобрать нужный именно вам.

OK 48.00 ESAB (Швеция) - только постоянный ток. Идеально подойдут для ответственных конструкций.

Специальные электроды.

OK 61.30 ESAB – сварка нержавейка/нержавейка (марки стали 304, 308L, 03X18H11, 06X18H11, 08X18H10, 08X18H10T, 12X18H10).

OK 67.60, OK 67.62 ESAB - сварка нержавейка/сталь.

OK 63.30 ESAB (российские аналоги АНВ-26) – (марки стали 316, 03X17H14M2, 10X17H13M3T, 06X19H11Г2М2) идеально подходят для сварки тонкостенных труб и тонколистовых изделий.

Если вы не понимаете, какая сталь перед вами, вы не знаете ее состав – ваш выбор OK 68.81, OK 68.82 – этими электродами можно сваривать разнородные стальные изделия и стали неизвестного состава.

При сварке чугуна много нюансов!

Сварка чугун\сталь ESAB OK 92.18 (новое название OK Ni-C1) - предназначены для сварки нетолстого чугуна (не более 3 слоев).

Сварка чугун\чугун; чугун\сталь ESAB OK 92.60. (новое название OK NiFe-C1) - ими как раз можно варить чугун любой толщины и чугун со сталью

Сварка алюминия. Алюминий очень сложный металл, требует прогрева перед сваркой, быстро плавится и быстро застывает. Обычно алюминий варят TIG или MIG сваркой. Варить алюминий электродом очень сложно, но если у вас получится – вы можете считать себя мастером!

OK 96.20 ESAB - им можно варить очень ограниченное количество марок алюминия. Внимательно изучите состав.

Самый универсальный электрод по алюминию - это OK 96.40. ВАЖНО, что электрод по алюминию надо использовать в один поджег. Незаконченный электрод надо заменять новым. Плюс, в отличие от сталей, надо совершать круговые движения концом электрода.

Практическое занятие №19. Особенности выполнения сварных 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, графа 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 №20. Особенности выполнения сварных швов в 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 по-

верхности, 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 №21. Особенности выполнения сварных швов в вертикальном 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 №22. Особенности выполнения сварных швов в потолочном 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:

Сварка потолочного шва – довольно сложный и трудоемкий процесс. Ведь создаваемое соединение располагается над головой сварщика и требует особой осторожности. Точное следование технологии позволяет выполнять работы с наименьшими затратами усилий. В чем сложность выполнения потолочных швов и как их делают специалисты, рассмотрим в данной статье.

Технология сварки потолочного шва.

Сварка потолочного шва производится в горизонтальном положении. Отметим, что от сваривания нижнего шва (который располагается также в горизонтальной плоскости) этот способ отличает расположение поперечной оси. Она в таком случае направлена вниз.

Еще одна особенность при сваривании в потолочном положении заключается в том, что металл с расплавленного электрода перемещается в сварную ванну снизу вверх. Естественно, в этом случае процесс осложняется силой тяжести. Есть и еще одна трудность, с которой придется столкнуться, выполняя сварку в таком положении. Газовые пузырьки, которые образуются в ванне, будут подниматься к корню шва, а не на поверхность как при нижнем положении. Это может сказаться на общем качестве соединения.

Для создания потолочных соединений в металлоконструкциях обычно применяют ручную сварку покрытыми электродами. При этом сваривание производится на дуге с короткой длиной.

Стоит заметить, что потолочное соединение может быть не только горизонтальным. Сварка может производиться и под наклоном, угол которого составляет 10-80 градусов. Обычно в этом случае такое сварное соединение называют полупотолочным. Такой наклонный шов может выполняться ручной и автоматической сваркой покрытыми электродами. Электрошлаковое сваривание допустимо для наклонных швов, угол которых 45-80 градусов.

Рекомендации по сварке потолочных швов.

Сварка потолочных швов имеет свои особенности, которые напрямую влияют на качество результата. Для более успешного проведения сварочных работ в потолочном положении предлагаем Вам несколько рекомендаций специалистов, которые позволят получить сварочные швы более высокого качества:

- Сила сварочного тока. Для потолочных соединений она должна быть выше, нежели для вертикальных, но ниже тока необходимого для получения горизонтального соединения.
- Electroды. Специалисты рекомендуют использовать электроды, которые имеют диаметр три-четыре миллиметра.
- Угол наклона. Отметим, что при осуществлении потолочного сваривания специалисты советуют наклонять электрод под углом 80-90 градусов.
- Валики. Для получения «нормальных» или «вогнутых» валиков допускается производить сварку под углом 90 градусов (прямой) или, так называемым, «углом вперед».
- Направление сварки. Стыковые соединения лучше всего делать, производя сварку на себя. В таком случае можно беспрепятственно контролировать длину дуги, формирование шва и угол наклона электрода.
- Метод движения электрода. Профессионалы советуют производить движение электрода двумя способами «дугой вперед» и «лестницей».
- Управление швом. Для более легкого и контролируемого управления швом сварщики рекомендуют делать ширину шва примерно в 1-3 диаметра электрода. Если она будет больше, появятся подтеки, перепалы, подрезы и горбатости.

Практическое занятие №23. Выбор электродов для наплавки.

Цель работы: отработка практических навыков выбора электродов для наплавки.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Подобрать электроды для наплавки.

Теоретический материал:

В группу электродов для наплавки входят марки, предназначенные для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (кроме марок для наплавки слоев из цветных металлов). Их изготавливают и поставляют в соответствии с требованиями ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10051-75. Для наплавочных работ в некоторых случаях также используют сварочные электроды, например, марки, предназначенные для сварки высоколегированных коррозионно -стойких, жаростойких и жаропрочных сталей.

Согласно ГОСТ 10051-75 электроды для наплавки поверхностных слоев по химическому составу наплавленного металла и твердости при нормальной температуре классифицированы на 44 типа (например, марки типа Э-16Г2ХМ, Э-110Х14В13Ф2, Э-13Х16Н8М5С5Г46). Наплавленный металл многих марок регламентируется техническими условиями предприятий-изготовителей.

В зависимости от принятой системы легирования и условий работы получаемого наплавленного металла электроды для наплавки (наплавочные электроды) могут быть условно разделены на следующие 6 групп:

1-я группа. Марки электродов для наплавки, обеспечивающие получение низкоуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок (по назначению к этой группе относятся некоторые марки электродов 3-ей группы).

2-я группа. Марки, обеспечивающие получение среднеуглеродистого низколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях трения металла о металл и ударных нагрузок при нормальной и повышенной температурах (до 600-650 гр С).

3-я группа. Марки наплавочных электродов, обеспечивающие получение углеродистого, легированного (или высоколегированного) наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях абразивного изнашивания и ударных нагрузок

4-я группа. Электроды наплавочные, обеспечивающие получение углеродистого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях больших давлений и высоких температур (до 650-850 гр С).

5-я группа. Электроды, обеспечивающие получение высоколегированного аустенитного наплавленного металла с высокой стойкостью в условиях коррозионно-эрозионного изнашивания и трения металла о металл при повышенных температурах (до 570-600 гр С).

6-я группа. Марки электродов для наплавки, обеспечивающие получение дисперсноупрочняемого высоколегированного наплавленного металла с высокой стойкостью в тяжелых температурно-деформационных условиях (до 950-1100 гр С).

Необходимо отметить, что производство наплавочных работ требует применения специальной технологии, которая - в зависимости от химического состава и состояния основного и наплавляемого металлов - может включать обязательное выполнение таких операций, как предварительный и сопутствующий подогрев, термическую обработку для получения заданных эксплуатационных свойств наплавляемой поверхности.

Марки электродов для наплавки	Тип электрода наплавочного по ГОСТ 10051-75 или тип наплавленного металла	Диаметр, мм	Положение наплавки	Основное назначение. Твердость наплавленного металла
1	2	3	4	5
1-я группа электродов для наплавки				
ОЗН-300М	11ГЗС	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестови-

				ны, другие детали автомобильного и железнодорожного транспорта). НВ 270-360
ОЗН-400М	15Г4С	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и низколегированных сталей (например, валы, оси, автосцепки, крестовины, другие детали автомобильного и железнодорожного транспорта). НВ 360-430
ОМГ-Н	Э-65Х11НЗ	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из стали марки 110Г13Л. HRC, 27-35
НР-70	Э-30Г2ХМ	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок и трения по металлу (изношенные концы рельсов, крестовины и др.).
ЦНИИН-4	Э-65Х25Г13НЗ	4,0	Нижнее	Наплавка изношенных участков и заварка дефектов литья железнодорожных крестовин и других деталей из стали типа 110Г13Л. HRC, 25-37
2-я группа наплавочных электродов				
ОЗШ-1	Э-16Г2ХМ	3,0; 4,0; 5,0	Все, кроме вертикального	Наплавка молотовых и высадочных

			сверху вниз	штампов. НВ 320-365
УОНИ-13/НЖ 20Х13	Э-20Х13	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка штампов холодной и горячей (до 400 ⁰ С) обрезки, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC ₃ , 41,5-49,5
ОЗШ-3	Э-37Х9С2	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, вертикальное	Наплавка обрезных и вырубных штампов холодной и горячей (до 650 ⁰ С) штамповки, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC ₃ , 53-59
ОЗШ-7	5Х10С3М	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, вертикальное	Наплавка кузнечно-штамповой оснастки, работающей при температурах до 650 ⁰ С. HRC ₃ , i56
ОЗШ-2	10Х5М10В2Ф	2,5; 3,0; 4,0	Нижнее, наклонное	Наплавка штампов горячей штамповки. HRC ₃ , i 57
ЭН-60М	Э-70Х3СМТ	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, полувертикальное	Наплавка штампов всех типов, работающих при температуре до 400 ⁰ С, быстроизнашиваемых деталей машин и оборудования. HRC ₃ , 53-61
ОЗИ-3	Э-90Х4М4ВФ	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка штампов холодной и горячей (до 650 ⁰ С) штамповки, быстроизнашиваемых деталей горно-металлургического и станочного оборудования. HRC ₃ , 59-64

3-я группа электродов наплавочных				
ОЗН-6	90X4Г2СЗР	4,0; 5,0	Нижнее, вертикальное, ограниченно потолочное	Наплавка быстроизнашиваемых деталей горнодобывающих и строительных машин и металлургического оборудования. HRC _c , i58
ОЗН-7	75X5Г4СЗРФ	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашивающихся деталей, преимущественно из стали 110Г13Л. HRC _c , i56
ОЗН-7М	75X5Н2СФР	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей, преимущественно из стали 110Г13Л. HRC _c , i56
ОЗН/ВСН-9	115X17Н3Г2СРТ	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка деталей землеройных машин в условиях воздействия мерзлых грунтов. HRC _c , i 46
ВСН-6	Э-110X14В13Ф2	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка быстроизнашиваемых деталей из углеродистых и высокомарганцовистых сталей. HRC _c , 51-56,5
ЭНУ-2	360X15ГЗР	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугунных деталей (ударные нагрузки - умеренные). HRC _c , i58
Т-590	Э-320X25С2ГР	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугунных деталей машин (ударные нагрузки - ми-

				нимальные). HRC, 58-64
T-620	Э-320Х23С2ГТР	4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка быстроизнашиваемых стальных и чугунных деталей машин (ударные нагрузки - умеренные). HRC, 56-63
4-я группа электродов для наплавки				
ОЗИ-5	Э-10К18В11М10Х3СФ	3,0; 4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка металлорежущего инструмента и штампов горячей (до 800-850 ⁰ С) штамповки. HRC, 63-67
ОЗИ-6	100Х4М8В2СФ	2,5; 3,0; 4,0; 5,0	Нижнее, наклонное	Наплавка при изготовлении металлорежущего инструмента, ремонте тяжело нагруженных штампов холодной и горячей (до 650 ⁰ С) штамповки. HRC, 59-64
5-я группа электродов для наплавки				
ЦН-4	Э-35Г6	3,0;4,0; 5,0	Нижнее	Для наплавки рабочих поверхностей кромок штампов, пуансонов и матриц, работающих при повышенных температурах, из сталей Ст.3, Ст.5 и других.
ЦН-6Л	Э-08Х17Н8С6Г	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры котлов, работающих при температурах до 570 ⁰ С и давлении до 78 МПа. HRC, 29,5-39

ЦН-12М-67	Э-13Х16Н8М5С5Г4Б	4,0; 5,0	Нижнее	Наплавка уплотнительных поверхностей деталей арматуры энергетических установок, работающих при температуре до 600 ⁰ С и высоких давлениях. HRC, 39,5-51,5
6-я группа наплавочных электродов				
ОЗШ-6	10Х33Н11М3СГ	2,5; 3,0; 4,0	Нижнее	Наплавка кузнечноштамповой оснастки холодного и горячего деформирования металлов, быстроизнашиваемых деталей металлургического, станочного и другого оборудования, работающего в тяжелых условиях термической усталости (до 950 ⁰ С) и больших давлений. HRC, 52-60
ОЗШ-8	11Х31М3ГСЮФ	3,0; 4,0		Наплавка кузнечноштамповой оснастки горячего деформирования металлов, работающих в сверхтяжелых условиях термической усталости (до 1100 ⁰ С) и больших давлений. HRC, 51-57

Практическое занятие №24. Визуально измерительный и ультразвуковой контроль качества.

Цель работы: изучение порядка и норм проведения контроля и практическая отработка навыков его проведения.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Провести контроль сварного шва.

Заполнить таблицу выявленных дефектов.

Теоретический материал:

Технология визуально — измерительных методов испытания сварных швов

Для того, чтобы осуществить качественную и полноценную оценку работоспособности различных систем и конструкций трубопроводов в ППУ изоляции обязательно проводят контроль сварных швов, используя несколько методов. Все методы подразделяются по принципу воздействия на исследуемый объект на две обширные группы: методы неразрушающего контроля и методы разрушающего контроля. Предпочтительней и практичней в применении методы первой группы, но многие из них являются достаточно дорогостоящими и имеют свои особенности проведения. Поэтому экономически выгодней начинать любой контроль сварного шва с самого простого метода — визуальный контроль качества. Этот способ контроля считается самым доступным и оперативным и потому является обязательным, предварительным методом обследования, перед проведением любого другого метода испытания шва.

Теоретическое определение и инструменты для реализации

Визуально — измерительный контроль (ВИК) сварных швов — это внешний осмотр достаточно крупных сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации, а также с использованием преобразователей визуальной информации в телеметрическую. ВИК относится к органолептическим (проводится органами чувств) методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретических дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью оптических приборов и инструментов, заключить акт визуального осмотра.

Специалисты-контролеры при проведении визуального контроля сварных соединений металлов используют несколько видов инструментов.

Для наблюдения и выявления дефектов:

- Обзорные, телескопические, напольные лупы;

Для проведения контроля в различных условиях работы:

- Приборы цехового назначения. Область рабочей температуры от +5 °С до +20 °С, условия полного покоя, нормальное атмосферное давление, умеренная влажность.

- Приборы полевого использования. Область рабочей температуры от -55 °С до +60 °С, условия умеренной тряски, вибрация, погодные осадки.

Использование данных приборов позволяет проводить более точный поиск дефектов и осуществлять визуально-оптический контроль качества сварных швов на трубах в ППУ изоляции.

Визуально-оптический контроль – это второй этап визуального контроля с более широким, увеличенным диапазоном исследования за счет использования оптических приборов. Для обследования мелких близлежащих объектов. Диапазон применения от глаза специалиста на расстояние равное или меньшее 250 мм. Используются приборы: лупы.

Таким образом, преобразователи визуальной информации позволяют контролировать сварочные швы ванны с раскаленным металлом в процессе переплавки.

Измерительный контроль – это важная составляющая ВИК, который проводится в соответствии со строгими правилами контроля и нормативными документами регулирующими качество. Он заключается в присваивании дефекту категории или типа по одной из характеристик в виде конкретной физической величины, полученной путем практического измерения. Измерительные средства и их метрологические показатели указываются в нормативных документах.

Измерительный инструмент

При измерительном контроле применяют следующие инструменты, которые могут входить в обязательный набор инспектора технического надзора или дополнять его:

- измерительные лупы;
- угольники поверочные 900 лекальные;
- угломеры с нониусом;
- штангенциркули, штангенрейсмасы и штангенглубиномеры;
- щупы;
- микрометры;
- измерители стенок труб и толщинометры индикаторные;
- микрометры;
- калибры;
- металлический измеритель длины (рулетки, стальные измерительные линейки);
- нутромеры микрометрические и индикаторные;
- шаблоны: специальные, радиусные, резьбовые и др.;
- УШС-2, УШС-3 (шаблоны для геометрических параметров швов);
- поверочные плиты;
- набор специальных принадлежностей.

Данный метод контроля, ВИК относится к методам осуществимым с минимальным набором инструментов. Он заключается в сборе информации и основан на квалификации специалиста, человеческом факторе, но позволяет составлять акт визуального осмотра сварных швов, который считается объективным документом.

Суть проведения внешнего контроля

Качество формирования сварных швов на поверхности хорошо поддается оцениванию при профессиональном осмотре. Характеристика “качественный” или “не качественный” шов довольно условна, так как это сравнительная величина.

Контроль качества сварных швов и обследование конструкций сооружений, трубопроводов, зданий осуществляют в три взаимосвязанных этапа.

Поэтапный порядок проведения ВИК

Визуальный (измерительный) контроль. Предварительный контроль шва на наличие коррозии и возможных дефектов с проведением примитивных измерений: ширина, толщина, катет.

Контроль качества сварных соединений. Контроль качества проводится для уточнения параметров видимых дефектов (после заключения акта о предварительном осмотре), размеров дефектов и искажений сварных швов (процентное отклонение от допустимой нормы).

Детальное (инструментальное) исследование и запись результатов. Применяются более точные методики:

ультразвуковой контроль сварных соединений для обнаружения серьезных глубинных дефектов;

Своевременно и качественно проведенные осмотры позволяют выявить на ранних стадиях разрушение шва или брака свариваемости и после уточнить причины возникновения дефекта любым неразрушающим способом дефектоскопии.

Преимущества и недостатки проведения данной методики

Преимущества метода ВИК:

Простой и доступный метод.

При сборе информации о качестве конструкции позволяет получить до 50% от всего объема.

Не трудозатратный и не требует дорогостоящего оборудования.

Легко подвергается проверке и повторному проведению.

Недостатки ВИК:

Человеческий фактор, который влияет на 100% результатов.

Низкая достоверность полученных результатов, субъективность.

Используется только для поиска крупных дефектов (не менее 0,1 – 0,2 мм) и подозрений на возможные.

Ограниченность исследования только видимой частью конструкции.

Важна техническая грамотность сотрудников, которые должны правильно подобрать методику измерения, сравнительный шаблон или нормативы и дать точную оценку результатам измерения.

По способу и качеству диагностики даже несовершенный визуальный контроль швов является необходимым методом, как и на стадии проведения комплексной диагностики, так и в течении всего технологического процесса.

Универсальный шаблон сварщика

Возможности метода по выявлению дефектов

Визуальному контролю подвергаются сварные швы:

- при выполнении наплавочных работ на этапе “приема — сдачи” обязательно заключается акт визуального осмотра;
- при контроле многослойного сварного соединения (послойный контроль);
- при итоговом осмотре мест касания сварочной дугой поверхности основного материала.
- при сборке деталей из сборочных единиц под сварку;
- при автоматическом изготовлении сварных деталей и технической оценки качества материала согласно техническому процессу;
- по истечении установленного срока эксплуатации сварных швов.

Визуальный контроль сварных швов требует обязательного измерения и исключения следующих дефектов:

- поверхностных трещин;
- видимых грубых дефектов;
- плохого качества зачистки металла в зонах приварки (особенно технологических креплений), а так же контроля и подтверждения наличия:
- клеймения (маркировки) шва и верность ее производства;
- ширины и высоты шва, выпуклости и вогнутости шва;
- верных размеров катетов углового шва.

Дефекты, поддающиеся выявлению

При осмотре сварных швов не вооруженным глазом можно дать оценку:

- неравномерности высоты и ширины швов;
- чрезмерной чешуйчатости;
- наплывов;
- подрезов;
- чрезмерному усилению или ослаблению швов;
- не заваренным кратерам;
- прожогам;
- параметрам катетов углового шва.

Лупы и микроскопы позволяют обнаруживать:

- трещины различного происхождения;
- поверхностные коррозионные повреждения;
- забоины;
- открытые раковины;
- поры;
- непровары;
- волосовины;
- расслоения;
- надирь;
- риски;
- осевые смещения и изломы;
- дефекты лакокрасочных, полимерных и гальванических защитных покрытий швов.

Области реализации данной методики

Внешний осмотр сварного шва производится до процедуры зачистки, термической или химической обработки, а также и после ее выполнения.

Визуальный и измерительный контроль является весьма эффективным методом проверки и перепроверки качества промышленных материалов и сварных соединений при выполнении строительных работ по сварке и монтажу на трубах в ППУ изоляции при получении акта о завершении строительства, акта о вводе в эксплуатацию, а так же различных других технических актов.

ультразвуковой метод контроля (УЗК). Впервые осуществить неразрушающий контроль ультразвуковой волной пытались еще в 1930 году. А уже спустя 20 лет ультразвуковой контроль качества сварных соединений приобрел наибольшую популярность, по сравнению с другими методами контроля качества сварки. Кроме того, для некоторых изделий он стал обязательным.

Суть ультразвукового метода заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования – ультразвукового дефектоскопа и пьезоэлектропреобразователя(-ей) и дальнейшем анализе полученных данных с целью определения наличия дефектов, а также их эквивалентного размера, формы (объемный/плоскостной), вида (точечный/протяженный), глубины залегания и пр.

Параметры выявленных дефектов определяются с помощью ультразвуковых дефектоскопов. Так например, по времени распространения ультразвука в изделии (если известна скорость ультразвука скорость распространения ультразвуковых волн в различных материалах) в данном металле) определяют расстояние до дефекта, а по амплитуде отраженного импульса – его относительный размер.

Для проведения ультразвукового контроля в зависимости от конкретных условий (марки материала, его толщины, геометрических особенностей поверхностей контроля, минимально выявляемых размеров дефектов и др.) имеется достаточно широкий ассортимент средств контроля.

На сегодняшний день существует пять основных методов **УЗК**: теневой, зеркально-теневой, зеркальный, дельта-метод и эхо-метод. В промышленности **ультразвуковой контроль металла** проводят, как правило, в диапазоне ультразвуковых волн от 0,5 МГц до 10 МГц. В отдельных случаях **неразрушающий контроль сварных швов** проводится ультразвуковыми волнами с частотой до 20 МГц, что позволяет выявлять очень небольшие дефекты. Ультразвук низких частот применяют при: работе с объектами большой толщины (ультразвуковой контроль отливок, поковок, сварных соединений выполненных электрошлаковой сваркой); контроле металлов, имеющих крупнозернистую структуру (чугун, медь, аустенитные стали) и большое затухание – “плохо проводят ультразвук”.

К главным преимуществам **ультразвукового контроля качества металлов и сварных соединений** относятся:

высокая точность и скорость исследования, а также его низкая стоимость;

безопасность для человека (в отличие, к примеру, от рентгеновской дефектоскопии);

высокая мобильность вследствие применения портативных ультразвуковых дефектоскопов;

возможность проведения ультразвукового контроля (в отдельных случаях) на действующем объекте, т.е. на время проведения УЗК не требуется выведения контролируемой детали/объекта из эксплуатации.

при проведении **УЗК** исследуемый объект не повреждается;

К основным недостаткам УЗК относятся:

при ультразвуковой дефектоскопии невозможно дать ответ на вопрос о реальных размерах дефекта, т.к. размер дефекта определяется его отражательной способностью и поэтому по результатам контроля дается эквивалентный размер дефекта (например: имеющиеся в изделии два реальные дефекта одного размера и формы, расположенные на одной глубине, но один из которых заполнен воздухом, а другой шлаком будут давать отраженные импульсы различной амплитуды и, соответственно оценены как дефекты, имеющие различные размеры). Следует отметить, что, некоторые дефекты в силу их характера, формы или расположения в объекте контроля практически невозможно выявить ультразвуковым методом. Кроме того, затруднителен контроль деталей небольшой размера и толщины, а также деталей, имеющих сложную форму с криволинейными и сферическими поверхностями малого радиуса. Кроме того, при проведении ультразвукового контроля в отличие от радиографического, как правило, невозможно однозначно охарактеризовать дефект (шлаковое включение, пора, вольфрамовое включение и др.);

трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука.

подготовка поверхности контроля к контролю, для ввода ультразвуковых волн в металл, а именно: очистка поверхности контроля от загрязнений, отслаивающейся окалины, ржавчины, брызг расплавленного металла и др. и создание необходимой шероховатости поверхности не хуже Rz 40 и волнистости не более 0,015, т.к. даже небольшой воздушный зазор между пьезоэлектротрансформатором (ПЭП) пьезоэлектротрансформатором для проведения ультразвукового контроля) и изделием может стать непреодолимой преградой для распространения ультразвуковых волн;

необходимость нанесения на контролируемый участок изделия после его зачистки непосредственно перед выполнением контроля контактных жидкостей (специальные гели, глицерин, машинное масло, и др.) для обеспечения стабильного акустического контакта;

Ультразвуковой Контроль

наряду с другими физическими методами (рентгенографический контроль, капиллярный контроль, магнитно-порошковый контроль) является надежным и высокоэффективным средством для выявления возможных дефектов. Требуется наличие специально подготовленных специалистов, специализированного оборудования и вспомогательных средств кон-

троля, и, кроме того, предъявляет особые требования к подготовке поверхности изделия под контроль.

Некоторые производители в целях экономии или некомпетентности игнорируют проведение неразрушающего контроля продукции или вспоминают о нём только на последней стадии - уже непосредственно перед сдачей объекта (а это приводит к дополнительной потере времени и непредусмотренным расходам), когда контроль бывает технически неосуществим. Подобное отношение к контролю качества чаще всего приводит к аварийным ситуациям в процессе эксплуатации и способно привести даже техногенным катастрофам.

Практическое занятие №25. Газовая сварка конструкционных и углеродистых сталей.

Цель работы: изучение особенностей газовой сварки различных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности газовой сварки конструкционных сталей.

Теоретический материал:

Газовая сварка углеродистых сталей

Низкоуглеродистые

Для работы с такими сталями применяют кислородно-ацетиленовую смесь. Даже без использования флюса при сварке листового проката толщиной до 5 мм получают шов с хорошими механическими характеристиками. Процесс требует медленного охлаждения. Для исключения пористости рекомендуется использовать присадочные материалы, содержащие углерода меньше, по сравнению с основным металлом.

Среднеуглеродистые

Для этих марок характерна большая вероятность образования трещин, поскольку они обладают способностью закаливаться на воздухе. Избежать этого поможет охлаждение шва медленными темпами. При работе со среднеуглеродистыми сталями используют только ацетиленокислородные смеси, использование газов-заменителей не рекомендуется.

Для высокоуглеродистых сталей в основном применяют не сварку, а наплавку или пайку.

Практическое занятие №26. Газовая сварка чугунов.

Цель работы: изучение особенностей газовой сварки различных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности газовой сварки чугунов.

Теоретический материал:

Газовая сварка чугуна широко применяется для устранения дефектов литья при ремонтных работах на чугунных деталях. Газовое пламя позволяет регулировать тепловые потоки в свариваемое изделие и присадочный металл и обеспечивает требуемые термические циклы сварки чугуна. Крупные дефекты можно устранять, применяя одновременно несколько сварочных горелок.

Для сварки чугуна применяют обычные серийно выпускаемые сварочные горелки, работающие на ацетиленовом пламени или на пропан-бутановом. Учитывая большие объемы наплавленного металла, для сварки чугуна рекомендуются горелки «Факел», «Норд» и другие с наконечниками №3 - 5. Для сварки на газах-заменителях применяются горелки типа ГЗУ-3, ГЗУ-5.

Для газовой сварки чугуна используются чугунные прутки марок А и Б (по ТУ 2-043-1193-87) (см таблицу Состав чугунных присадочных прутков, марки А и Б), в которых повышенное содержание кремния обеспечивает графитизацию углерода, устраняет отбеливание чугуна и придаёт ферритную структуру наплавленному металлу. Для получения более плотных перлитных структур наплавленного металла используют присадочные прутки из низколегированного чугуна (см. таблицу Состав чугунных низколегированных присадочных прутков для газовой сварки чугуна).

При газовой сварке чугуна нужно применять флюсы, которые защищают кромки металла от окисления, из жидкого металла извлекают оксиды и неметаллические включения. Основным компонентом флюсов для сварки чугуна является бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$). Иногда к ней добавляют (в %): до 25 ... 50 углекислого натрия, 25 углекислого калия, до 50 натриевой селитры. Порошковые флюсы не всегда удобно применять при сварке.

Для устранения отбеливания наплавленного металла сварку чугуна чугунными прикладными материалами рекомендуется выполнять с предварительным подогревом изделия до 600...650°C и последующим охлаждением его со скоростью ~100°C/ч. В этом случае гарантировано отсутствие цементита и мартенсита в структуре наплавленного металла и в зоне термического влияния, обеспечивается равномерность металла сварного шва и основного металла.

Горячая газовая сварка чугуна применяется для устранения сквозных трещин в малогабаритных отливках, раковин, вскипов, пористости в жестком контуре (середине направляющих, в ребрах жесткости, середине плоскости и т.д.) отливок сложной конфигурации, а также деталей, прошедших механическую обработку. Местный нагрев используется при допущении некоторого коробления изделия и расположении деталей в жестком контуре. Холодная сварка при меняется в том случае, если свариваются ответственные детали с малыми объемами наплавленного металла (небольшие бобышки, уголки, отбитые части в отливках и т.д.). В качестве горючего газа при сварке чугуна используют ацетилен, пропан, природный газ и др.

Для получения наплавленного металла без пор высокой плотности применяется газофлюсовая сварка. Газообразный флюс, подаваемый в момент подогрева и разделки дефекта свариваемого изделия, улучшает про-

цесс сварки, при этом достигается равномерный шлаковый покров с большим поверхностным натяжением, чем при использовании порошковых флюсов, что обеспечивает образование ровного валика без натеков. Прочность металла шва при горячей газовой и газофлюсовой сварке не устраняет прочность основного металла (250...280 МПа), и твердость его (170...220 НВ) обеспечивает хорошую обрабатываемость детали.

Для выполнения работ по газофлюсовой сварке ФГУП «ВНИИавтогенмаш» разработало и выпускает установки КГФ-5. Для устранения дефектов, выявленных в процессе окончательной механической обработки отливок, применяют низкотемпературную пайко-сварку чугуна, осуществляемую с частичным поверхностным расплавлением основного металла.

Пайко-сварка чугуна может быть выполнена с латунными припоями, с чугунными присадочными материалами и газопорошковой наплавкой. Таким образом устраняются различные раковины, вскипы, усадочные поры, мелкие сквозные трещины. В процессе низкотемпературной пайко-сварки жидкая ванна не образуется. Капля жидкого припоя под действием флюса и давления газового пламени растекается тонким слоем по основному металлу. Часть жидкого припоя под действием капиллярных сил заполняет пустоты, образующиеся в чугуне. Смачивание присадочного металла с чугуном обеспечивается за счет активных добавок, вводимых во флюс, которые взаимодействуют с углеродом, разрыхляют его, что, в свою очередь, снижает межфазную поверхностную энергию, улучшает условия смачивания. Заклинивание наплавленного металла в капиллярах основного металла, а также взаимная диффузия атомов на границе сплавления и обуславливает прочное паяно-сварное соединение.

Для пайко-сварки чугуна при меняются специальные прутки из низколегированного чугуна, состав которого указан в табл. Состав присадочных чугунных прутков для низкотемпературной пайко-сварки, и специальные флюсы (смотрите табл. Флюсы для пайко-сварки чугунными прутками).

Для всех процессов пайко-сварки и пайки используются сварочные горелки, работающие на ацетиленокислородной смеси, которая обеспечивает концентрированный источник теплоты в нужном направлении.

Пайко-сварка чугуна латунными припоями хорошо зарекомендовала себя при ремонтной сварке, когда разные цвета и твердость основного и наплавленного металла не являются браковочным признаком.

Практическое занятие №27. Газовая сварка алюминия и его сплавов.

Цель работы: изучение особенностей газовой сварки различных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности газовой сварки алюминия и его сплавов.

Теоретический материал:

Алюминий и его сплавы широко применяют в промышленности в виде листов, труб и другого профильного материала. Сплавы алюминия имеют высокие механические свойства при малой плотности, что достигается легированием их марганцем (Mn), магнием (Mg), кремнием (Si), никелем (Ni), хромом (Cr) и другими элементами. Алюминиевые сплавы делят на две группы - деформируемые и литейные. Деформируемые, в свою очередь, подразделяют на неупрочняемые и упрочняемые термообработкой. К деформируемым неупрочняемым сплавам алюминия относят сплавы алюминия с Mg или Mn, а к термически упрочняемым - дюралюмины Д1, Д16 и сплавы АВ, АК и В-95. Из литейных сплавов наибольшее распространение получили силумины - сплавы алюминия с кремнием Si (4-12% Si). Литейные сплавы применяют для деталей, имеющих сложную конфигурацию.

Основной трудностью при сварке алюминия является образование на его поверхности оксидной пленки с температурой плавления 2050°C, которая затрудняет плавление металла и сплавление свариваемых кромок. Оксидная пленка имеет плотность 3,85 г/см³ и остается на поверхности сварочной ванны. Другая трудность при газовой сварке алюминия заключается в том, что при нагреве алюминий не меняет цвет, и поэтому трудно уловить момент начала его плавления. Для этого требуются опыт и навык сварщика.

При газовой сварке алюминия необходимо учитывать низкую температуру плавления и высокую теплопроводность, что требует правильного выбора мощности сварочного пламени. При газовой сварке алюминия возникают также значительные остаточные напряжения и деформации, связанные с высокими значениями коэффициента теплового расширения этих сплавов. Диаметр присадочной проволоки выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла:

Толщина свариваемого металла, мм	до 1,5	1,6-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	10-15
Диаметр присадочной проволоки, мм	1,5-2,5	2,5-3	3-4	4-6	6-8

Для газовой сварки алюминия и его сплавов согласно ГОСТ 7871-75 используют 11 марок присадочной проволоки: Св-А97, Св-А5с, Св-АМц, Св-Мг3, Св-АМг5, Св-АМг6, Св-АМг7, Св-АК3, Св-АК5, Св-АКЮ, Св-АК12. При сварке алюминия используется сварочная проволока Св-АК5. Сплавы алюминий-магний сваривают сварочной проволокой Св-АК5, Св-АКЮ, Св-АМг3, Св-АМг5, в качестве присадка используют проволоку Св-АМц и Св-АК5.

Согласно ГОСТ 7871-75, применяют следующие диаметры сварочной проволоки: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10; 11; 12 мм.

Сварочная проволока должна иметь ровную, гладкую поверхность, без трещин, закатов и вмятин. Проволока поставляется в бухтах, масса бухты не должна превышать 40 кг. При сварке литейных алюминиевых сплавов применяют присадочной металл того же состава, что и основной.

Основным видом соединений при газовой сварке деталей из алюминия и его сплавов являются стыковые соединения. Применение тавровых, угловых и особенно нахлесточных соединений не рекомендуется. Зазор между свариваемыми деталями следует устанавливать, руководствуясь данными, приведенными в таблице.

Толщина деталей в стыковой соединении, мм	Величина зазора, мм	Расстояние между прихватами, мм
До 1,5	0,5-1,0	20-30
1,6-3,0	0,8-2,0	30-50
3,1-5,0	1,8-3,0	50-80
5,0-10,0	2,5-4,0	80-120
10,1-15,0	3,5-5,0	120-211
15,1-50,1	4,5-6,0	200-360

Стыковые соединения деталей толщиной до 4 мм выполняют без скоса кромок, с зазором между ними от 0,5 до 2 мм. При толщине металла свыше 5 мм обязательно делается V-образный скос кромок (угол 30-35° с каждой стороны). При толщинах свыше 12 мм рекомендуется двусторонняя X-образная разделка кромок (угол 30-35° с каждой стороны). Разделку кромок осуществляют механическим способом. Кромки свариваемых деталей и присадочный материал перед сваркой необходимо тщательно очистить от грязи и масла напильником или металлической щеткой на ширину 30-40 мм с каждой стороны шва и обезжирить. Присадочную проволоку и свариваемые кромки промывают в течение 10 мин в щелочном растворе, составленном из 20-25 г едкого натра и 20-30 г углекислого натрия на 1 дм³ воды при температуре 65°С с последующей промывкой в проточной воде. После этого кромки и присадочную проволоку травят в течение 2 мин в 25%-ном растворе ортофосфорной кислоты или в 15%-ном растворе азотной кислоты. После травления детали и проволоку промывают в горячей, а потом в холодной воде и протирают ветошью.

Для удаления оксидов алюминия из сварочной ванны, а также облегчения разрушения оксидной пленки при газовой сварке алюминия и его сплавов применяют флюсы. Флюсы содержат легкоплавкие смеси хлористых соединений, щелочных и щелочноземельных элементов, к которым добавляют небольшое количество фтористых соединений. Флюсы наносят на свариваемые кромки или нагретую сварочную проволоку в виде порошка или пасты, приготовленной на воде или спирте. Для разведения флюса применяется фарфоровая, стеклянная или эмалированная посуда, разводят флюс в необходимом количестве из расчета хранения его 4-5 ч. Более длительное хранение флюса в разведенном состоянии снижает его активность.

Флюс на проволоку и кромки наносят чистой кистью или конец присадочной проволоки погружают в разведенный флюс. Флюс наносят тонким слоем на подготовленные кромки детали и на прилегающие к шву поверхности на расстояние, равное трехкратной ширине шва.

Содержащиеся во флюсах фтористые соединения растворяют в расплавленном состоянии оксид алюминия. Хлористые соли лития отнимают кислород от оксида алюминия. Все флюсы для сварки алюминия, особенно те, которые содержат хлористый литий, очень гигроскопичны, поэтому их хранят в герметически закрытых банках и открывают лишь перед употреблением. При выполнении прихватки флюс наносят только на присадочный металл. После сварки остатки флюса необходимо удалять с поверхности шва и прилегающей к нему зоне для предотвращения коррозии сварного соединения. Сварные швы очищают металлической щеткой с последующей промывкой 2%-ным раствором азотной кислоты, затем горячей водой и просушкой.

При газовой сварке алюминия и его сплавов пламя берется нормальное. Избыток кислорода и горючего газа не допускается, так как свободный кислород окисляет алюминий, а избыток горючего газа приводит к сильной пористости шва. Мощность сварочного пламени выбирается из расчета расхода ацетилена 75 дм³/ч на 1 мм толщины свариваемого изделия. Расход ацетилена в зависимости от толщины свариваемого металла приведен ниже:

Толщина металла, мм	Расход ацетилена, дм ³ /ч
1,5	50-100
1,6-3	100-200
3,1-5	200-400
5,1 -10	400-700
10,1-15	700-1200
15,1-25	900-1200
25,1-50	900-1200

Газовую сварку выполняют восстановительной зоной пламени, расстояние от конца ядра до свариваемой поверхности 3-5 мм. Сварку ведут левым способом. Угол наклона мундштука горелки к поверхности свариваемого металла в начале сварки должен составлять почти 90°, а затем по мере прогрева свариваемых деталей угол устанавливается в зависимости от их толщины. Мундштук горелки располагают под углом 20-45° к свариваемой поверхности. Угол наклона присадочной проволоки во всех случаях составляет 40- 60° к свариваемой поверхности.

Виды поперечных колебаний мундштука горелки и сварочного прутка зависят от толщины свариваемого металла. При газовой сварке деталей из алюминиевых сплавов толщиной до 3 мм поперечных колебаний не делают, а при больших толщинах в процессе сварки горелки выполняют различные поперечные колебания. При сварке алюминиевых деталей выше 5 мм применяют правый способ сварки.

Практическое занятие №28. Газовая сварка меди и её сплавов.

Цель работы: изучение особенностей газовой сварки различных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности газовой сварки меди и её сплавов.

Теоретический материал:

Газовая сварка меди требует применения мощного пламени, во многом из-за своей высокой теплопроводности. Свариваемость меди во многом зависит от ее чистоты, наличие в ней висмута (Bi), свинца (Pb), серы (S) и озона (O₃) существенно ухудшают ее свариваемость. На процесс сварки меди также отрицательно влияют наличие в ней оксида углерода и кислорода. При их взаимодействии с оксидом меди образуется углекислый газ и водяной пар, которые способствуют образованию пор в металле шва. Для того чтобы избежать образование пор, сварку меди нужно выполнять только нормальным пламенем. Чем меньше содержание кислорода O₂ в меди, тем лучше она сваривается.

При газовой сварке меди применяются угловые и стыковые соединения, в то время как нахлесточные и тавровые соединения не дают должного эффекта. В целях уменьшения теплоотвода газовую сварку меди выполняют на асбестовой подкладке.

Пламя для сварки меди выбирают строго нормальным, так как окислительное пламя вызывает сильное окисление, а при науглероживающем пламени появляются поры и трещины. Пламя должно быть мягким и направлять его следует под большим, чем при сварке стали, углом. Сварка проводится восстановительной зоной, расстояние от конца ядра до свариваемого металла 3-6 мм. В процессе сварки нагретый металл должен быть все время защищен пламенем. Сварку выполняют как левым, так и правым способом, однако наиболее предпочтителен при сварке меди правый способ. Сварка меди ведется с максимальной скоростью без перерывов.

При газовой сварке меди рекомендуется свариваемые изделия устанавливать под углом 10° к горизонтальной плоскости. Сварка меди ведется на подъем. Угол наклона мундштука горелки к свариваемому изделию составляет 40-50°, а присадочной проволоки - 30-40°. При выполнении вертикальных швов угол наклона мундштука горелки составляет 30° и сварку ведут снизу вверх. При сварке меди не рекомендуется скреплять детали прихватками. Длинные швы сваривают в свободном состоянии обратноступенчатым способом. Газовую сварку меди выполняют только за один проход.

На процесс газовой сварки меди оказывает большое влияние состав присадочной проволоки. Для сварки в качестве присадки применяют прутки и проволоку согласно ГОСТ 16130-72 следующих марок: М1, МСр1, МНЖ5-1, МНЖКТ5-1-0,2-0,2. Сварочная проволока МСр1 содержит 0,8-1,2% серебра. Сварочная проволока должна плавиться спокойно, без разбрызгивания. Желательно, чтобы температура плавления присадоч-

ной проволоки была ниже температуры плавления основного металла. Для предохранения Си от окисления, а также для раскисления и удаления в шлак образующихся оксидов сварку осуществляют с флюсом. Флюсы изготавливают из оксидов и солей бора и натрия. Флюсы для сварки меди (Cu) применяют в виде порошка, пасты и в газообразной форме. Составы флюсов, применяемых для сварки меди, приведены в таблице.

Составляющие компоненты	Номер флюса						
	1	2	3	4	5	6	7
Бура прокаленная	100	25	50	30	50	50	70
Борная кислота	-	75	50	50	35	-	10
Поваренная соль	-	-	-	10	-	-	20
Кислый фосфорно-кислый натрий	-	-	-	10	15	15	-
Кварцевый песок	-	-	-	-	-	15	-
Древесный уголь	-	-	-	-	-	20	-

№ 5 и 6, содержащие соли фосфорной кислоты, необходимо применять при сварке проволокой, не содержащей раскислителей фосфора и кремния. Сварку Си можно выполнять и с применением газообразного флюса БМ-1, в этом случае наконечник горелки надо увеличить на один номер, чтобы снизить скорость нагрева и увеличить мощность сварочного пламени. При использовании газообразного флюса применяют установку КГФ-2-66. Порошкообразный флюс насыпают на место сварки на 40-50 мм по обе стороны от оси шва. Флюс в виде пасты наносят на кромки свариваемого металла и на присадочный пруток. Остатки флюса удаляют промывкой шва 2%-ным раствором азотной или серной кислоты.

Практическое занятие №29. Газовая сварка никеля и его сплавов.

Цель работы: изучение особенностей газовой сварки различных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности газовой сварки никеля и его сплавов.

Теоретический материал:

Для изготовления конструкций из никеля и высоко-никелевых сплавов в настоящее время применяются несколько способов сварки — аргодуговая, газовая, ручная дуговая, полуавтоматическая, автоматическая и др. Качество и свойства сварных соединений, выполненных разными технологическими способами, естественно, получаются неодинаковыми.

Особенно важным с практической точки зрения является знание технологических особенностей отдельных методов и приемов сварки никеля и его сплавов.

Газовая сварка никеля и его сплавов дает удовлетворительные результаты. Чаще всего она осуществляется ацетилено-кислородным, реже пропан-бутановым пламенем.

Перед «сваркой кромки изделия должны быть тщательно очищены от пленки окислов и загрязнений до металлического блеска, а затем обезжирены.

При сварке металла толщиной до 0,5 мм производится соединение в замок. Сварку листов толщиной до 1,5 мм осуществляют без присадочного материала с отбортовкой кромок на высоту 1,5—2,5 мм. Листы толщиной до 4 мм свариваются в стык без скоса кромок.

При сварке никеля и его сплавов металл в сварочной ванне менее жидкотекуч, чем сталь, и проплавляется на меньшую глубину. Поэтому требуется более широкая разделка кромок и меньшее их притупление.

Листы перед сваркой скрепляются прихватками, расположенными на 100—200 мм друг от друга. Если кромки не прихватываются перед сваркой, то листы укладываются под углом друг к другу с расхождением кромок 15—20 мм на 1 м длины листа и с начальным зазором 3 мм [34].

Сварка ведется отдельными участками обратноступенчатым способом. Пламя должно быть нормальным, так как избыток кислорода вызывает окисление расплавленного металла, пористость и хрупкость. При сварке допускается применение пламени с небольшим избытком ацетилена. Однако значительный избыток ацетилена может явиться причиной появления пористости и хрупкости металла шва.

Причиной этого явления в данном случае является науглероживание сварочной ванны и насыщение ее водородом, закисью углерода и другими газами.

При сварке никеля мощность пламени соответствует удельному расходу ацетилена 140—200 л/час на 1 мм толщины, а при сварке монеля— 100 л/час на 1 мм толщины свариваемого изделия [35].

Проволоку для сварки никеля рекомендуется применять такого же состава, что и основной металл. Хорошие результаты дает проволока, легированная марганцем, магнием, кремнием и титаном. Содержание указанных элементов в проволоке и наплавленном металле не должно быть слишком высоким, например Mn — до 2%, Si — до 0,8%, Mg — до 0,06 % и Ti — до 0,1 %.

Проволока должна иметь чистую поверхность, без следов смазки, масла и грязи. Диаметр присадочной проволоки выбирают равным половине толщины свариваемого металла.

Сварка никеля и его сплавов может производиться со специальными флюсами или без них. Флюсы применяются главным образом для облегчения растворения окислов, защиты сварочной ванны от действия окружающего воздуха и улучшения жидкотекучести металла. Флюсы обычно готовят в виде пасты и наносятся на присадочный пруток и свариваемый металл. При изготовлении пасты сухая смесь замешивается на воде или спирте.

Практическое занятие №30. Газовая сварка титана и его сплавов.

Цель работы: изучение особенностей газовой сварки различных материалов.

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать особенности газовой сварки титана и его сплавов.

Теоретический материал:

Титан – это металл, довольно распространенный в природе. Основное отличие титана – это небольшой вес и высокая (1668 градусов) температура плавления. А вот теплопроводность титана довольно низкая (в 2 раза ниже теплопроводности стали и в 4 раза ниже аналогичной характеристики железа), поэтому, несмотря на столь высокую температуру плавления, для проведения сварочных работ, когда речь идет о титане и его сплавах, требуется меньше тепла, чем при сварке стали. Титан и его сплавы сегодня широко применяются в самолето- и ракетостроении, а также в машиностроительной, судостроительной и приборостроительной отрасли.

Основной сложностью, возникающей в том случае, если ведется сварка титановых сплавов, является то, что при нагревании титановые сплавы начинают активно взаимодействовать с воздухом. Это взаимодействие начинается задолго до наступления температуры плавления титана – то есть, уже при 450 градусах.

В результате взаимодействия титана с кислородом на поверхности свариваемой заготовки начинается образование оксида титана и окалина – то есть, образуется так называемый альфированный слой. Появление такого слоя может привести к тому, что на поверхности свариваемой детали появятся трещины. Чтобы этого не случилось, необходимо придерживаться норм, указывающих, что максимальное содержание кислорода в любом титановом сплаве не должно превышать 0,015%.

Очень активно титановые сплавы при нагревании взаимодействуют и с азотом. Превышение содержания азота в сплаве приводит к изменению физических характеристик титанового сплава – прочность титана повышается, а вот его пластичность снижается в разы. По существующим нормам максимальная доля азота в титановом сплаве не должна быть выше 0,04-0,05%.

А самым вредным для титановых сплавов газом является водород. Именно превышение содержания водорода в титановых сплавах может привести к таким последствиям, как хрупкость сплава, появление на его поверхности трещин и пор. Причем, даже небольшое содержание водорода в сплаве способно стать причиной появления таких негативных характеристик. Нормативное содержание водорода в титановом сплаве не должно быть выше 0,01-0,015%.

Таким образом, главная задача, возникающая при выполнении сварки деталей, изготовленных из титановых сплавов – это защита заготовки от окружающего воздуха. Именно поэтому применение такого типа сварки, как дуговая сварка покрытыми электродами, считается в данном случае нецелесообразным. Чаще всего здесь применяется ручная дуговая сварка

вольфрамовыми электродами в среде защитных инертных газов – в аргоне или гелии. Также в качестве защитной среды может выступать смесь этих газов.

Подготовка металла к сварке.

Взаимодействие титана с кислородом начинается еще до того, как титановый сплав подвергается нагреванию – то есть, уже при комнатной температуре. Именно поэтому перед тем, как начать сварочные работы, металл необходимо тщательно очистить от поверхностного альфированного слоя – в противном случае частицы этого слоя при сварке попадут в сварной шов, что значительно снизит качество сварки. Для очистки поверхности металла чаще всего используется плазменная резка, после чего свариваемые поверхности дополнительно обрабатываются механически.

Также необходимо специально обработать и используемую как присадочный материал сварочную проволоку для того, чтобы удалить из нее излишки водорода. Для этого, как правило, проволока подвергается вакуумному отжигу.

Защита металла при сварке.

Как известно, при сварке в среде защитных газов выполняется обдув газом электрода, свариваемой поверхности и ванны. Но когда речь идет о работе с титановыми сплавами, такой защиты совершенно недостаточно.

Существует несколько способов, помогающих оградить металл от воздействия окружающего воздуха, когда ведется сварка титановых сплавов.

Если сварка ведется на открытом воздухе, то применяют горелки с удлиняющими насадками, которые помогают увеличить площадь защищаемой поверхности.

Еще одним способом защиты металла является применение специальных камер. Если речь идет о сварке на открытом воздухе, то это может быть камера-насадка. Такая камера помогает защитить и зону сварки, и сварной шов от воздействия газов, содержащихся в воздухе.

Обратная сторона шва при сварке титановых сплавов защищается с помощью специальной накладки. Такая накладка имеет канавку, в которую и поступает защитный газ.

В тех случаях, если выполняется сварка титановых труб, защитный газ может подаваться внутрь трубы.

Если же необходимо выполнить сварку достаточно сложной конструкции, которую невозможно защитить полностью с помощью таких местных способов защиты, то при сварке используется специальная герметичная камера, в которую помещают всю свариваемую конструкцию.

Практическое занятие №31. Диаграмма железо-углерод.

Цель работы: изучить диаграмму железо-углерод

Ход работы:

Изучить теоретический материал.

Описать зависимость состояния сплава железо-углерод в зависимости от температуры и качественного состава смеси.

Теоретический материал:

Диаграмма состояния железо-углерод (цементит) - это графическое отображение фазового состава и структуры сплавов в зависимости от концентрации углерода и температуры КОМПОНЕНТЫ В СИСТЕМЕ "ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД"

Компонентами железоуглеродистых сплавов являются железо, углерод и цементит:

ЖЕЛЕЗО

Железо – d-переходный металл серебристо-светлого цвета. Температура плавления – 1539°C . Удельный вес равен $7,86\text{ г/см}^3$. Наиболее существенной особенностью железа является его полиморфизм. В твердом состоянии железо может находиться в двух модификациях - α и γ . Полиморфные превращения происходят при температурах 911°C и 1392°C . При температуре ниже 911°C и выше 1392°C существует $\text{Fe}\alpha$ (или $\alpha\text{-Fe}$) с объемно-центрированной кубической решеткой. В интервале температур $911\dots1392^{\circ}\text{C}$ устойчивым является $\text{Fe}\gamma$ (или $\gamma\text{-Fe}$) с гранцентрированной кубической решеткой. При превращении $\alpha\rightarrow\gamma$ наблюдается уменьшение объема, так как решетка $\gamma\text{-Fe}$ имеет более плотную упаковку атомов, чем решетка $\alpha\text{-Fe}$. При охлаждении во время превращения $\gamma\rightarrow\alpha$ наблюдается увеличение объема. В интервале температур $1392\dots1539^{\circ}\text{C}$ высокотемпературное $\text{Fe}\alpha$ называют $\text{Fe}\delta$. Высокотемпературная модификация $\text{Fe}\alpha$ не представляет собой новой аллотропической формы.

При температуре ниже 768°C железо ферромагнитно, а выше – парамагнитно. Точку 768°C , соответствующую магнитному превращению, т.е. переходу из ферромагнитного состояния в парамагнитное называют точкой Кюри. Модификация $\text{Fe}\gamma$ парамагнитна.

Железо технической чистоты обладает невысокой твердостью (80 НВ) и прочностью (временное сопротивление – $\sigma_{\text{в}}=250\text{ МПа}$, предел текучести – $\sigma_{\text{т}}=120\text{ МПа}$) и высокими характеристиками пластичности (относительное удлинение – $\delta=50\%$, а относительное сужение – $\psi=80\%$). Свойства могут изменяться в некоторых пределах в зависимости от величины зерна. Железо характеризуется высоким модулем упругости, наличие которого проявляется и в сплавах на его основе, обеспечивая высокую жесткость деталей из этих сплавов.

Железо со многими элементами образует растворы: с металлами – растворы замещения, с углеродом, азотом и водородом – растворы внедрения.

УГЛЕРОД

Углерод относится к неметаллам. Обладает полиморфным превращением, в зависимости от условий образования существует в форме гра-

фита с гексагональной кристаллической решеткой (температура плавления – 3500° С, плотность – 2,5 г/см³) или в форме алмаза со сложной кубической решеткой с координационным числом равным четырем (температура плавления – 5000° С).

В сплавах железа с углеродом углерод находится в состоянии твердого раствора с железом и в виде химического соединения – цементита (Fe₃C), а также в свободном состоянии в виде графита (в серых чугунах).

ЦЕМЕНТИТ

Цементит (Fe₃C) – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа), содержит 6,67 % углерода. Более точные исследования показали, что цементит может иметь переменную концентрацию углерода. Однако в дальнейшем, при разборе диаграммы состояния, сделаем допущение, что Fe₃C имеет постоянный состав. Кристаллическая решетка цементита ромбическая, удельный вес 7,82 г/см³ (очень близок к удельному весу железа). При высоких температурах цементит диссоциирует, поэтому температура его плавления неясна и проставляется ориентировочно – 1260° С. Аллотропических превращений не испытывает. Кристаллическая решетка цементита состоит из ряда октаэдров, оси которых наклонены друг к другу. При низких температурах цементит слабо ферромагнитен, магнитные свойства теряет при температуре около 210° С. Цементит имеет высокую твердость (более 800 НВ, легко царапает стекло), но чрезвычайно низкую, практически нулевую, пластичность.

Цементит способен образовывать твердые растворы замещения. Атомы углерода могут замещаться атомами неметаллов: например, азотом; атомы железа – металлами: марганцем, хромом, вольфрамом и др. Такой твердый раствор на базе решетки цементита называется легированным цементитом. Если графит является стабильной фазой, то цементит – это метастабильная фаза.

Цементит – соединение неустойчивое и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Этот процесс имеет важное практическое значение при структурообразовании чугунов.

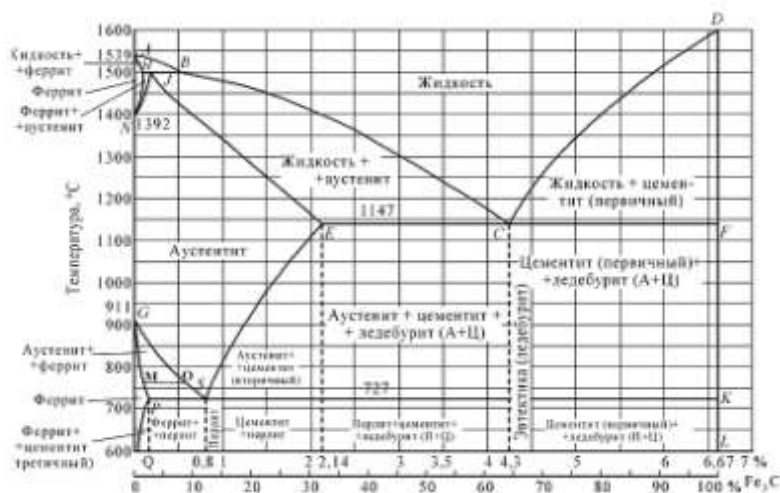


Рис.38 Диаграмма железо-углерод