

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное образовательное учреждение
среднего профессионального образования
(среднее специальное учебное заведение)
«Саткинский политехнический техникум имени А.К. Савина»

Учебно-методическое пособие
по самостоятельной внеаудиторной работе обучающихся
профессия Сварщик

**ПМ.02 .Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов
и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях**

МДК.02.04. Технология электродуговой сварки и резки металла

Для обучающихся СПТ имени А.К Савина

Сатка 2012

В Федеральном государственном образовательном стандарте начального образования нового поколения заложены требования к большому объему внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по освоению основной профессиональной образовательной программы.

Данное пособие предназначено в помощь обучающемуся СПТ имени А.К. Савина для самостоятельного внеаудиторного изучения и закрепления тем междисциплинарного курса МДК.02.04. Технология электродуговой сварки и резки металла, что обеспечивает возможность более полного усвоения сложного материала этого междисциплинарного курса и развития навыков саморазвития и обучения.

Разработчик: Мартынец Елена Данииловна преподаватель дисциплин общепрофессионального цикла и профессиональных модулей.

Рассмотрено и утверждено на заседании методической комиссии профессионального цикла. Рекомендованы для обучающихся СПТ имени А.К. Савина для самостоятельной внеаудиторной работы.

Протокол заседания методической комиссии профессионального цикла № 4
от « 3» мая 2012

Утверждено:

зам. директора по ТО

Балчугова Н.Н.

Методист:

Пузрякова Л.В.

Руководитель цикловой

комиссии профессионального цикла:

Емельянова Т.Л.

Оглавление

	стр.
1. Введение	4
2. Методическое руководство	8
2.1. Методические указания по решению задач	8
2.2. Методические указания для заполнения таблиц	8
2.3. Методические указания для составления конспекта	9
2.4. Методические указания для написания реферата	10
2.5. Методические указания для составления и оформления презентации	11
3. Задания для самостоятельного выполнения обучающимися	13
4. Содержание изучаемого материала	24
5. Требования к нормам и оценке результатов выполнения задания	62
Литература	63
Приложение А. Пример решения задачи	65
Приложение Б. Пример оформления титульного листа и содержания реферата	66

1. Введение

Программа междисциплинарного курса **МДК.02.04. Технология электродуговой сварки и резки металла**, является частью профессионального модуля ПМ.02. Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях предназначена для реализации Федерального государственного образовательного стандарта по профессии начального профессионального образования 150709.02 Сварщик (электросварочные и газосварочные работы) в части освоения основного вида профессиональной деятельности (ВПД): сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и сплавов, чугунов во всех пространственных положениях и соответствующих профессиональных компетенций (ПК):

ПК 2.2. Выполнять ручную дуговую и плазменную сварку средней сложности и сложных деталей аппаратов, узлов, конструкций и трубопроводов из конструкционных и углеродистых сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов.

ПК 2.6. Обеспечивать безопасное выполнение сварочных работ на рабочем месте в соответствии с санитарно-техническими требованиями и требованиями охраны труда.

ОК1 Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес

ОК2 Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем

ОК3 Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы

ОК4 Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач

ОК5 Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК6 Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами

ОК7 Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)

Самостоятельная работа студентов - это деятельность их в процессе обучения и во внеаудиторное время, выполняемая по заданию преподавателя, под его руководством, но без его непосредственного участия.

Самостоятельные занятия являются своеобразной формой организации обучения.

В отличие от других форм организации учебного процесса затраты времени на выполнение этой работы не регламентируются расписанием. Режим и продолжительность работы выбирает сам обучающийся в зависимости от своих способностей и конкретных условий, что требует от него не только умственной, но и организационной самостоятельности.

Цель самостоятельной работы по МДК.02.04.: расширение, углубление и систематизация знаний и умений по освоению профессиональных и обще профессиональных компетенций.

Задачи:

- 1.Закрепить сложные для усвоения темы по технологии сварки углеродистых и легированных сталей, чугунов и цветных металлов (ПК2.2., ОК1, ОК7);
2. Изучить темы, заложенные в программе МДК.02.04. для самостоятельного внеаудиторного изучения (ПК 2.2. ОК1, ОК7)
- 3.Развивать навыки самостоятельной работы с информацией, поиском информации (ОК2-ОК6)

На изучение данного МДК.02.04. предусмотрен 81 час аудиторных занятий и 27 часов внеаудиторной самостоятельной работы студентов.

Мотивация к выполнению.

1. Выполняемая работа вызывает познавательный интерес.
2. Выполняемая работа помогает раскрыть свои знания, заслужить уважение преподавателя, обеспечить получение положительных эмоций чувства удовлетворения от предложенной работы, которая оценена правильно.
3. Более полное освоение изучаемой темы.
4. Выполнение предложенных заданий позволяет отработать навыки и умения по предложенным темам.

Связь с изучаемым материалом, формами работы на уроках.

1. В работе рассмотрены необходимые теоретические знания.
2. Показана связь между дисциплинами, знания которых помогут выполнить домашнее задание.
3. Разработано методическое руководство для выполнения домашнего задания, объем и оформление.
4. Обозначены критерии оценки самостоятельной работы.

Возможность контроля за выполнением внеаудиторной работы студентов

1. Систематический опрос на уроке в разнообразных формах.
2. Проверка работ товарищами по группе.
3. Проверка самостоятельных и практических работ после уроков.
4. Проверка при защите самостоятельных и практических работ.
5. Участие в беседах и семинарах.

Оптимизация работы преподавателя.

1. Возможность постоянного саморазвития студентов.
2. Возможность получения студентами высокой оценки за проделанную работу.
3. Использование разных видов заданий для обучения студентов.
4. Использование докладов, рефератов, творческих работ в декадах сварщиков.

Виды заданий

Задания репродуктивного характера	Задания частично-поискового характера	Задания исследовательского характера
1. Решение задач 2. Заполнение таблиц	1. Работа с различными источниками информации для составления конспектов	1. Реферат 2. Презентации

2. Методическое руководство

Самостоятельная внеаудиторная работа оформляется в специально заведенной тетради 48 и более листов.

2.1. Методические указания по решению задач

Подобные задачи являются неотъемлемой частью работы сварщика в условиях реального единичного производства, когда нет готовой разработанной технологии сварки конкретного изделия или конструкции.

Для решения задач по теме: Свариваемость и разрезаемость сталей необходимо повторить следующий материал:

- маркировку сталей (ОП.04. Основы материаловедения);
- выбор режимов сварки (Тема 1. 2 Техника и технология ручной дуговой сварки покрытыми электродами);
- выбор режимов кислородной резки (Тема 2. 5 Технология кислородной резки)
- свариваемость металлов (Тема 4.1. Свариваемость и разрезаемость сталей).

При решении задачи можно пользоваться справочным материалом и примером решения (Приложение А)

2.2. Методические указания для заполнения таблиц

Заполнение таблиц поможет вам структурировать изученный сложный и объемный материал, позволит легко ориентироваться в технологии сварки различных металлов и правильно выбирать соответствующие сварочные материалы.

1. Перечертите таблицу в тетрадь. Для каждой таблицы расчертите развернутый тетрадный лист, для последнего столбца «Технология сварки» отведите наибольшее место (примерно четверть всей таблицы).
2. Внимательно прочитайте весь предложенный материал изучаемой темы;
3. Выберите материал по вопросам таблицы и внесите в соответствующие графы. Удобнее заполнять таблицу строками, т.е. сначала всю строку про низкоуглеродистую сталь (см. пример), затем про среднеуглеродистую и т.д.
4. Обратите внимание на то, что среднеуглеродистые стали относятся к разным группам свариваемости, следовательно марки стали и технология сварки будет различной. То же относится и к низколегированным сталям.
5. В столбце «Сварочные материалы» должны быть указаны не только марки электродов, но и соответствующие им типы, а так же флюсы, защитные газы, неплавящиеся электроды и присадочная проволока. Каждая группа материалов должна быть подписана.
6. В столбце «Технология сварки» должны быть подробно расписаны условия сварки в соответствии с группой свариваемости, особенности подготовки металла к сварке, температуры предварительного и сопутствующего подогрева, особенности технологии, а так же виды и температуры термической обработки после сварки.

7. Весь учебный материал, необходимый для заполнения таблиц находится в разделе 4 данного пособия (за исключением сварки никеля, материал к которой надо найти и изучить самостоятельно).

2.3. Методические указания для составления конспекта

1. Прежде чем составлять конспект, изучи весь предложенный материал по теме используя учебники, сайты и нормативно-справочную информацию (ссылки к каждой теме смотри в разделе 4 этого пособия);
2. Выбери материал, точно отвечающий теме и полностью раскрывающий ее;
3. Исключи второстепенное содержание, а оставшееся укрупни, выдели в нем главное;
4. Составь план конспекта (примеры конспектов в разделе 4);
5. При оформлении конспекта помни о зрении, слухе, логике связях и наглядности (размещая материал, необходимо скомпоновать его на основе определенной обоснованной структуры с выделением смысловых опорных пунктов броскими зрительными символами, цветовой гаммой).
6. Попробуй повторить изученный материал по составленному конспекту
7. При использовании материалов интернет удобнее вводить не адрес сайта в адресную строку браузера, в поисковой системе (например «Яндекс») набрать название сайта, перейти на сайт и выполнить поиск нужной темы по сайту.
8. Можно пользоваться другими источниками информации, отличными от предложенных в разделе 4.

2.4. Методические указания для написания реферата

Процесс выполнения реферата состоит из следующих этапов:

1. Подбор литературы по избранной теме и ознакомление с ней.
2. Составление плана реферата.
3. Изучение отобранных литературных источников.
4. Написание текста реферата.

5. Оформление реферата.

Во введении на одной странице должна быть показана цель написания реферата, указаны задачи, которые ставит перед собой студент. Кратко следует коснуться содержания отдельных разделов работы, охарактеризовать в общих чертах основные источники, которые нашли свое отражение в работе.

В текстовой части рассматриваются основные вопросы реферата. Основная часть может состоять из двух или более параграфов; в конце каждого параграфа делаются краткие выводы.

Изложение материала должно быть последовательным и логичным. Оно также должно быть конкретным и полностью оправданным. При этом важно не просто переписывать первоисточники, а излагать основные позиции по рассматриваемым вопросам.

В заключении следует сделать общие выводы и кратко изложить изученные положения (представить содержание реферата в тезисной форме).

После заключения необходимо привести список литературы (образец оформления списка литературы – смотри раздел Литература данного пособия).

Примеры оформления титульного листа и содержания реферата - в Приложении Б.

2.5. Методические указания для составления и оформления презентации

1. Титульный лист презентации должен содержать название работы и имя автора.
2. При планировании презентации пользуйтесь методическими указаниями для составления конспектов. Даже если объем материала не велик, его нужно излагать по составленному плану.
3. Необходимо помнить, что нельзя охватить все. Стройте презентацию только на тех фактах, без которых нельзя обойтись, без потери смысла или последовательности технологического процесса и т.п.

4. Презентация оформляется в едином стиле, т.е. на всех слайдах должен быть единый фон и единый стиль шрифта. Любой фоновый рисунок повышает утомляемость глаз обучаемого и снижает эффективность усвоения материала.
5. Размер и цвет шрифта должен быть комфортным для восприятия. Слишком много информации на одном слайде снижает ее восприятие или делает вообще невозможным.
6. Не использовать рисунков, фотографий плохого качества и с искажениями пропорций.
7. Равномерно и рационально использовать пространство на слайде. Если текст первичен, а графика – это всего лишь иллюстрация, то лучше разместить текстовый фрагмент в левом верхнем пространстве слайда, а графический объект – внизу справа. Если же графический объект является смысловой доминантой слайда, а текст – это комментарий к рисунку, то в этом случае взаимное расположение нужно сделать иначе: рисунок сверху слева, а текст – внизу справа.
8. Презентация должна содержать список использованной литературы и других источников информации – в этом случае завершение презентации словно вовлекает слушателей в самостоятельное изучение проблемы.
9. Благодарность за внимание – жест вежливости.

3. Задания для самостоятельного выполнения обучающимися

Тема 4.1. Свариваемость и разрезаемость сталей

Задача №1:

Дано: марка стали 25Х13Н2, толщина металла 4мм, положение сварки в пространстве: потолочное.

Определить:

- а) группу свариваемости и условия сварки;
- в) режим сварки (диаметр электрода; силу сварочного тока, вид подготовки кромок и количество слоев).

Задача №2:

Дано: марка стали 10ХСНД, толщина металла 15мм.

Определить:

- а) группу разрезаемости и условия резки;
- в) режим резки (номер наружного и внутреннего мундштука, мощность подагревающего пламени, давление кислорода).

Тема 4. 2 Технология дуговой сварки и резки сталей

Заполнить таблицу: Технология сварки углеродистых сталей

Наименование стали	Марки	Группа свариваемости	Применение	Сварочные материалы	Технология сварки
Низкоуглеродистая	Сталь обычного качества: ст 1, ст2, ст3 Качественная сталь: 08, 10,15, 20	I группа- Хорошая свариваемость	Большинство сварных конструкций изготавливаются из низкоуглеродистых сталей выпускаемых в виде листов и фасонного проката (уголков, швеллеров, двутавров и др.)	Типы электродов: Э38, Э42 и Э42А Марки электродов: МР-3, ОЗС-4, АНО-4. Для ответственных конструкций: электроды типов Э46, Э46А марок СМ-11, УОНИ13/45.	Сваривается без ограничений по температуре окружающей среды, толщине металла, жесткости конструкции и толщине металла. При сварке толстой стали (стыковыми и угловыми многослойными швами) рекомендуется предварительный подогрев до 120-150°С перед наложением корневых и первых слоев угловых швов для предупреждения кристаллизационных трещин.
Средне-углеродистая					

Высокоуглеродистая

Заполнить таблицу: Технология сварки легированных сталей

Наименование
сталей

Марки

Группа
свариваемости

Применение

Сварочные
материалы

Технология сварки

Низколегированная
сталь

Средне-
легированные

Средне-легированная

Тепло-устойчивые

Термо-упроченные

Высоколегированная

Самостоятельно составить конспекты по темам:

1. Технология дуговой сварки хромистых сталей.
2. Технология дуговой сварки хромоникелевых сталей.
3. Горячие и холодные трещины при дуговой сварке высоколегированных сталей и сплавов.
4. Технологические особенности сварки двухслойных сталей.

Тема 4.3 Технология дуговой сварки цветных металлов и сплавов

Заполнить таблицу: Технология сварки цветных металлов

Наименование металла	Марки	Трудности при сварке	Сварочные материалы	Технология сварки
Медь и ее сплавы	Медь			
	Латунь			
	Бронза			
Алюминий и его сплавы				
Никель и его сплавы (самостоятельно изучить материал)				
Титан и его сплавы				

Самостоятельно составить конспект по теме: Особенности технологии сварки магниевых сплавов.

Тема 4. 4 Технология дуговой сварки чугуна

Заполнить таблицу: Технология сварки чугуна

Наименование вида сварки	Марки чугунов	Трудности при сварке чугунов	Сварочные материалы	Технология сварки
Горячая сварка чугуна				
Холодная сварка чугуна	Сварка с граффити-заторами			
	Сварка со стальными шпильками			

Тема 4. 5 Технология дуговой сварки при отрицательных температурах

Самостоятельно составить конспект по теме:

Особенности дуговой сварки труб из высоколегированных сталей при низких температурах.

Подводная сварка и резка металлов.

Тема 4. 6 Технология дуговой сварки арматурных стержней

Самостоятельно разработать презентацию по теме:

Оборудование для контактной сварки арматуры.

Тема 4. 7 Технология дуговой сварки трубопроводов и объектов котлонадзора

Реферат: Сортамент труб

1. Содержание изучаемого материала

Тема 4.1. Свариваемость и разрезаемость сталей

Ориентировочным количественным показателем свариваемости стали известного химического состава является эквивалентное содержание углерода С_{эк}, которое определяется по формуле:

$$C_{\text{эк}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

где C - содержание углерода, %;
Mn, Cr... - содержание легирующих элементов, %

(4.1)

В зависимости от эквивалентного содержания углерода и связанной с этим склонности к закалке и образованию трещин стали по свариваемости делят на четыре группы.

Таблица 4.1.

Классификация сталей по свариваемости

Группа свариваемости	Эквивалентное содержание углерода, С _{эк}	Условия сварки
I. Хорошая	С _{эк} < 0,25%	Сваривается без ограничений по температуре окружающей среды, режимам сварки толщине металла, жесткости конструкции.
II. Удовлетворительная	С _{эк} = 0,25 - 0,35%	Свариваются только в нормальных производственных условиях (температура не ниже -5°C и отсутствие ветра), на ограниченных режимах сварки, при толщине до 20мм. Иначе нужен подогрев 100-150С.
III. Ограниченная	С _{эк} = 0,36 - 0,45%	Сваривают с предварительным или сопутствующим подогревом до 100-250°C. Часто применяют термообработку после сварки

IV. Плохая	$C_{э} > 0,45\%$	Свариваются с обязательной предварительной термообработкой, с подогревом в процессе сварки 350-400С и дальнейшей термообработкой.
------------	------------------	---

Таблица 4.2.

Классификация разрезаемости кислородом углеродистых и низколегированных сталей

Группа разрезаемости	Наименование сталей	Содержание углерода	Условия резки
1 хорошая	Углеродистые стали	Менее 0,3%	Разрезаются в любых производственных условиях без ограничений по толщине и температуре окружающей среды
	Низколегированные стали	Менее 0,2%	
2 удовлетворительная	Углеродистые стали	0,3 -0,4 %	Разрезаются с ограничениями : в зимнее время температура не ниже -5С и при резке большой толщины (более 100мм) с подогревом по линии реза до температуры не менее 120С
	Низколегированные стали	0,2 – 0,3%	
3 ограниченная	Углеродистые стали	0,4 -0,5 %	Требуется подогрев до 200-300С по линии реза
	Низколегированные стали	0,3 – 0,4%	
4 плохая	Углеродистые стали	Более 0,5 %	Требуется подогрев до 300-450С по линии реза
	Низколегированные стали	Более 0,4%	

Принципы выбора режима сварки

Выбор режима ручной дуговой сварки сводится к:

1. Определению диаметра электрода;

2. Определению силы сварочного тока;

(1) Диаметр электрода ($d_{эл}$) выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла, вида сварного соединения, типа шва, положения сварки в пространстве и т.д.

Для стыковых швов диаметр электрода можно принимать по таблице:

Таблица 4.3.

Зависимость диаметра электрода от толщины металла



При большом диаметре электрода повышается производительность, но возможно проплавление основного металла и затрудняется выполнение швов в вертикальном и потолочном положениях.

А так же возможен **непровар** корня шва. Поэтому первый слой многослойного шва всегда (**корень шва**) сваривают электродом диаметром **4-5мм** (за исключением **U-образной** разделки).

Вертикальные и потолочные швы сваривают электродом диаметром **не более 5мм**.

Применение электродов диаметром более 6мм ограничивается из-за большой массы электрода и из-за снижения прочности сварного соединения за счет возможного непровара корня шва и грубой столбчатой микроструктуры шва.

(2) При выборе **силы тока** ($I_{св}$) можно пользоваться **формулой К.К. Хренова**:

$$I_{св} = (20+6d_{эл})d_{эл} \quad (4.2)$$

При толщине металла менее $1,5d_{эл}$, ток уменьшают на **10-15%**, а при толщине более $3d_{эл}$ – увеличивают на **10-15%** по сравнению с полученным по формуле.

или по формуле:

$$I_{св} = K \cdot d_{эл} \quad (4.3)$$

где: **K** – коэффициент, зависящий от диаметра электрода и типа покрытия (выбирают по таблице 4.4.)

Таблица 4.4.

Таблица зависимости коэффициента **K** от диаметра электрода

$d_{эл}$ (мм)	1-2	3-4	5-6
K (А/мм)	25-30	30-45	45-60

При сварке вертикальных и горизонтальных швов ток уменьшают на 5-10% (т.е. умножают результат вычисления силы сварочного тока на **0,9**).

При сварке потолочных швов силу тока уменьшают на 15-20% (т.е. умножают результат вычисления силы сварочного тока на **0,8**).

Если ток мал, то в сварочную ванну будет поступать недостаточно тепла и возможно несплавление основного и наплавленного металла (**непровар**), а так же неустойчивое горение дуги и малая производительность.

При слишком большой величине тока весь электрод сильно разогревается и его металл быстрее плавится и вытекает в шов. Это создает излишек наплавленного металла, который связан с опасностью **непровара** (если основной металл не успел расплавиться), увеличивается разбрызгивание металла и ухудшается формирование шва. Кроме того возможен **прожег основного металла** (вытекание сварочной ванны).

Тема 4. 2 Технология дуговой сварки и резки сталей

Технология сварки углеродистых конструкционных сталей

План урока:

- 1. Технология сварки низкоуглеродистых сталей**
- 2. Технология сварки среднеуглеродистых сталей**
- 3. Технология сварки высокоуглеродистых сталей**

1. Технология сварки низкоуглеродистых сталей

Большинство сварных конструкций изготавливаются из низкоуглеродистых сталей выпускаемых в виде листов и фасонного проката (уголков, швеллеров, двутавров и др.)

Низкоуглеродистые стали, содержащие до 0,25% углерода (марки: обычного качества ст1, ст2, ст3; качественные 10, 15, 20,) , относятся к первой группе свариваемости – хорошо сваривающиеся стали.

Их сваривают при использовании типовых сварочных материалов. В зависимости от степени ответственности свариваемого изделия пользуются электродами типов Э38, Э42 и Э42А марок МР-3, ОЗС-4, АНО-4.

Электроды типа Э38 применяются для изготовления неответственных изделий, электроды Э42 - для ответственных и Э42А— для особо ответственных изделий (конструкции работающие в условиях динамических нагрузок (эстакады, подкрановые балки) или эксплуатирующиеся при отрицательных температурах(-40°C)).

Для сварки изделий из толстых листов ($S > 15\text{мм}$) и в неудобных для сварщика положениях (монтажная сварка в строительстве) следует использовать электроды с повышенной прочностью наплавленного металла типов Э46 и Э46А марок СМ-11, УОНИ13/45.

Это требование объясняется тем, что выполнение многослойных швов больших сечений в неудобных положениях трудно осуществить без дефектов. Гарантия прочности соединений достигается применением электродов, дающих повышенную прочность металла шва.

При сварке толстой стали (стыковыми и угловыми многослойными швами) рекомендуется предварительный подогрев до $120-150^{\circ}\text{C}$ перед наложением корневых и первых слоев угловых швов для предупреждения кристаллизационных трещин.

Газовую сварку применяют при изготовлении не ответственных конструкций, в качестве присадочного металла используют проволоку марок **св-08, св-08А**.

(II) Технология сварки среднеуглеродистых сталей

Эти стали применяются для изготовления железобетонных конструкций (арматура) и для рельсовых путей.

С увеличением углерода в стали зона термического влияния и шов закаливаются, увеличивается их твердость, сварные соединения становятся более **хрупкими и склонными к образованию трещин**.

Среднеуглеродистые стали, содержащие от **0,2 до 0,45%** углерода, **сваривают с применением дополнительных технологических приемов так, чтобы при сварке не образовались трещины**.

Стали марок **Вст4** различной степени раскисления и различных категорий и марки **25** при неправильно выбранном тепловом режиме сварки могут образовать трещины, главным образом в угловых швах или в первом слое многослойного стыкового шва, сваренного с обязательным зазором, в последних швах изделий с большой жесткостью, а также если сварка выполняется при низких температурах окружающего воздуха (**относятся ко второй группе свариваемости – удовлетворительно свариваемые**).

Сварку стали **ст4** следует выполнять с относительно низкими скоростями охлаждения металла шва. Трещины могут возникнуть в наплавленном металле, тогда как в зоне термического влияния **их**, как правило, не бывает.

Сталь **ст5** содержит от **0,29 до 0,37%** углерода, поэтому свариваемость этой стали хуже свариваемости стали **ст4** (**третья группа свариваемости – ограниченно свариваемая**).

Изделия из сталей **ст5, 30, 35** нужно **сваривать с дополнительным подогревом**. Лучше всего дополнительный нагрев изделия производить

одновременно по двум сторонам от оси шва на расстоянии **50-70мм** до температуры:

для листов толщиной до **15мм** температура подогрева составляет **100°C**;

для более толстых листов - **200°C**.

Высокую стойкость металла шва против трещин и необходимые механические свойства сварочного соединения обеспечивают электроды типа **Э46А, Э50А** марок **УОНИИ-13/45** и **УОНИИ-13/55, АНО-7, АНО-8, АНО-11, АНО-19** и др.

Применяются швы с разделкой кромок, многослойные швы, небольшой ток (ограниченный режим сарки), при этом нужно получить не глубокий провар, чтобы в металле шва было меньше основного металла. Это снижает содержание углерода в металле шва и предупреждает появление трещин.

Высокотемпературный нагрев вреден, т.к. вызывает появление трещин из-за увеличения глубины провара основного металла, следовательно повышение содержания углерода в металле шва.

(Ш) Технология сварки высокоуглеродистых сталей

Еще более худшей свариваемостью обладают стали марок **ст6** и сталь **40, 45, 50, 60**, - четвертая группа – **плохая свариваемость.**

Из высокоуглеродистой стали (**C=0,46-0,70%**) сварные конструкции, как правило, не изготавливают. Эта сталь применяется в литых деталях.

Необходимость сварки может возникнуть, также при наплавке и ремонтных работах. Сварка возможна только с предварительным и сопутствующим подогревом до температуры **350-400°C** и последующей термообработкой в нагревательных печах.

При сварке должны соблюдаться правила для среднеуглеродистых сталей.

Технология сварки легированных конструкционных сталей

План урока:

1. Технология сварки низколегированных сталей
2. Технология сварки среднелегированных сталей
3. Технология сварки с.л. теплоустойчивых сталей
4. Технология сварки с.л. термоупроченных сталей
5. Технология сварки высоколегированных сталей

(I)Технология сварки низколегированных сталей

Содержание углерода в низколегированных низкоуглеродистых конструкционных сталях не превышает **0,22%**.

Низколегированные низкоуглеродистые стали применяют в транспортном машиностроении, судостроении, гидротехническом строительстве, в производстве труб и др.

Низколегированные теплоустойчивые стали должны обладать повышенной прочностью при высоких температурах эксплуатации. Наиболее широко теплоустойчивые стали применяют при изготовлении паровых энергетических установок.

Для повышения жаропрочности в их состав вводят молибден (М), вольфрам (В) и ванадий (Ф), а для обеспечения жаростойкости— хром (Х), образующий плотную защитную пленку на поверхности металла.

В зависимости от легирования стали подразделяют на:

- марганцовистые (**14Г, 14Г2**),
- кремнемарганцовистые (**09Г2С, 10Г2С1, 14ГС, 17ГС** и др.),
- хромокремнемарганцовистые (**14ХГС** и др.),
- марганцовоазотнованадиевые (**14Г2АФ, 18Г2АФ, 18Г2АФпс** и др.),
- марганцовониобиевая (**10Г2Б**);
- хромокремненикельмедистые (**10ХСНД, 15ХСНД**) и т. д.

Особенности сварки низколегированных сталей

Низколегированные стали сваривать труднее, чем низкоуглеродистые конструкционные. Низколегированная сталь более чувствительна к тепловым воздействиям при сварке.

В зависимости от марки низколегированной стали при сварке могут образоваться закалочные структуры или перегрев в зоне термического влияния сварного соединения.

Для предупреждения образования при сварке закалочной мартенситной структуры необходимо применять меры, замедляющие охлаждение зоны термического влияния -подогрев изделия и применение многослойной сварки.

В некоторых случаях в зависимости от условий эксплуатации изделий допускают перегрев, т.е. укрупнение зерен в металле зоны термического влияния сварных соединений, выполненных **из** низколегированных сталей.

При высоких температурах эксплуатации изделий для повышения сопротивления ползучести (деформирование изделия при высоких температурах с течением времени) необходимо иметь **крупнозернистую** структуру и в сварном соединении.

Но металл с очень крупным зерном обладает пониженной пластичностью и поэтому размер зерен ограничивают.

При эксплуатации изделий в условиях низких температур ползучесть исключается и необходима мелкозернистая структура металла, обеспечивающая увеличенную прочность и пластичность.

Технология сварки низколегированной стали

Низколегированные низкоуглеродистые стали **09Г2, 09Г2С, 10Г2С1 и 10Г2Б** при сварке покрытыми электродами не закаливаются и мало склонны к перегреву (**I гр. свариваемости**).

Сварку этих сталей производят аналогично сварке низкоуглеродистой стали.

Для обеспечения равнопрочности соединения ручную сварку выполняют электродами типа **Э50А** с фтористо-кальциевым (основным) покрытием

марок **УОНИ 13/55, ОЗС-28, АНО-7** и др. Твердость и прочность околошовной зоны практически не отличаются от основного металла.

Низколегированные низкоуглеродистые стали **12ГС, 14Г, 14Г2, 14ХГС, 15ХСНД, 15Г2Ф, 15Г2СФ, 15Г2АФ** при сварке могут образовывать закалочные микроструктуры и перегрев металла шва и зоны термического влияния (II гр. свариваемости).

Количество закаливающихся структур резко уменьшается, если сварка выполняется с относительно большой погонной энергией, необходимой для уменьшения скорости охлаждения сварного соединения. Однако снижение скорости охлаждения металла при сварке приводит к укрупнению зерен (перегреву) металла шва и околошовного металла вследствие повышенного содержания углерода в этих сталях

Это особенно касается сталей **15ХСНД, 14ХГС**.

Стали **15Г2Ф, 15Г2СФ и 15Г2АФ** менее склонны к перегреву в околошовной зоне, так как они легированы ванадием и азотом. Поэтому сварка большинства этих сталей ограничивается более узкими пределами тепловых режимов, чем сварка низкоуглеродистой стали.

Режим сварки необходимо подбирать так, чтобы не было большого количества закалочных микроструктур и сильного перегрева металла. Тогда можно производить сварку стали любой толщины без ограничений при окружающей температуре не ниже — **10°C**. При более низкой температуре необходим предварительный подогрев до **120—150°C**. При температуре ниже — **25°C** сварка изделий из закаливающихся сталей **запрещается**.

Для предупреждения большого перегрева сварку сталей **15ХСНД и 14ХГС** следует проводить на пониженной погонной тепловой энергии (при пониженных значениях тока электродами меньшего диаметра) по сравнению со сваркой низкоуглеродистой стали.

Для обеспечения равнопрочности основного металла и сварного соединения при сварке этих сталей надо применять электроды типа Э50А или Э55.

Низколегированные среднеуглеродистые (более 0,22% углерода) конструкционные стали применяют в машиностроении обычно в термообработанном состоянии.

Технология сварки низколегированных среднеуглеродистых сталей 17ГС, 18Г2АФ, 35ХМ и других подобна технологии сварки среднелегированных сталей.

(II) Технология сварки среднелегированных сталей

Хромокремнемарганцевая конструкционная (20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА), хромокремнемарганцевоникелевая конструкционная (30ХГСНА), хромоникелемолибденованадиевая конструкционная (30ХН2МФА), хромомолибденовая жаропрочная (12Х5МА), хромоникелемолибденовая жаропрочная (20Х2МА) и другие среднелегированные стали с содержанием углерода до 0,5% поставляются в основном по ГОСТ 4543-71 и разделяются на качественные и высококачественные.

Они относятся к перлитному классу. Временное сопротивление разрыву 60-200кгс/мм².

Эти стали характерны высокой стойкостью против перехода в хрупкое состояние; поэтому их применяют для конструкций, работающих при низких или высоких температурах, при ударных или знакопеременных нагрузках, в агрессивных средах и других тяжелых условиях.

Среднелегированные стали весьма чувствительны к нагреву, при сварке они могут закаливаться, перегреваться, образовывать холодные трещины, что затрудняет их сварку.

Чем выше содержание углерода и легирующих примесей и чем больше толщина металла, тем хуже свариваемость этих сталей.

Для обеспечения требуемого качества сварных соединений выполняют следующие технологические приемы:

1. Предусматривают в деталях плавные переходы при изменении сечений, для устранения концентрации напряжений.
2. Минимальные зазоры и смещения кромок (менее 10-15% толщины)
3. Сборку производят в сборочных приспособлениях, обеспечивающих свободную усадку швов;
4. Технология сварки должна предусматривать низкие скорости охлаждения металла шва. Для обеспечения требуемой скорости охлаждения применяют подогрев до $t=200-300^{\circ}\text{C}$.
5. Уменьшение содержания водорода в сварном шве, т.к. он способствует образованию холодных трещин (тщательная очистка кромок, прокалка электродов, электроды с основным покрытием типа Э85 марки УОНИ 13/85, типа Э100 марки ВИ-10-6). Сварка электродами с основным покрытием должна производиться на постоянном токе при обратной полярности.
6. Рациональная последовательность наложения швов с целью уменьшения остаточных напряжений и деформаций (выполнением многослойных швов каскадным и блочным способами).
7. После сварки, для предотвращения холодных трещин незамедлительно соединение подвергают высокому отпуску для снятия остаточных напряжений и стабилизации структуры.

(Ш)Технология сварки с.л. теплоустойчивых сталей

Теплоустойчивые стали по микроструктуре подразделяются на стали:

- 1) перлитного класса (молибденохромовая 12МХ, хромомолибденованадиевая 12Х1М1Ф, хромомолибденованадиевотитановая с бором 20Х1М1Ф1ТР, хромомолибденованадиевая с повышенным содержанием углерода 25Х2М1Ф, 20Х3МВФ, 20Х1М1Ф1БР и др.)

2) мартенситного класса (хромистая **15X5**, хромистомолибденовая **15X5M**, **15X5ВФ**, **12X8ВФ** и др.).

Рабочая температура эксплуатации изделий из теплоустойчивых сталей не превышает 600°C (трубы пароперегревателей, детали цилиндров газовых турбин, трубы высокого давления для химической аппаратуры и т.п.)

Изделия, эксплуатирующиеся при температуре выше **600°C**, изготавливаются из высоколегированной жаростойкой и жаропрочной стали.

Все теплоустойчивые стали поставляются потребителю в состоянии после термической обработки (закалка плюс высокий отпуск; отжиг).

Для дуговой сварки теплоустойчивой стали **ГОСТ 9467-75** предусматривает девять типов электродов: **Э-09М**, **Э-09МХ**, **Э-09Х1М**, **Э-05Х2М**, **Э-09Х2М1**, **Э-09Х1МФ**, **Э-10Х1М1НФБ**, **Э-10Х3М1БФ**, **Э-10Х5МФ25Х1МФ**.

Марки электродов: **ЦЛ-14**, **ЦЛ-26М-63**, **ЦЛ-17-63**, **ЦЛ-30-63**, **ТМЛ-1**, **ТМЛ-3**, **УОНИИ13/45МХ** и др.

Большая часть электродов требует сварки на постоянном токе обратной полярности.

Технологией сварки теплоустойчивой стали любой марки предусматривается предварительный или сопутствующий местный или общий подогрев свариваемого изделия, обеспечение по возможности структурной однородности металла шва с основным и термическая обработка сварного изделия.

При сварке необходимо полностью проваривать корень шва, для чего первый слой выполняют электродом диаметром 2-3 мм.

Многослойную сварку выполняют каскадным способом (без охлаждения каждого выполненного слоя шва).

Подогрев свариваемого изделия необходим для устранения в металле трещин от сварки

Химическая однородность металла шва с основным нужна для исключения диффузионных явлений, происходящих при высоких температурах во время эксплуатации сварных изделий, так как перемещение химических элементов в процессе диффузии приводит к снижению длительности эксплуатации изделий.

С помощью термической обработки удастся улучшить во всем сварном изделии микроструктуру металла. Такой металл обладает повышенными механическими свойствами и способностью длительно работать в условиях нагрева.

Лучшая термическая обработка сварных изделий из теплоустойчивой стали - закалка и высокий отпуск. На практике часто применяют только высокий отпуск или отжиг с нагревом до температуры около 780°C.

Необходимый подогрев свариваемого изделия, а также термическая обработка сварных изделий в монтажных условиях производится индукционным током промышленной или повышенной частоты. Время выдержки при максимальной температуре нагрева при отпуске берется из расчета 4-5 мин/мм толщины стенки; охлаждение сварного изделия до температуры предварительного подогрева (200-450°C) должно быть медленным.

Для сварки теплоустойчивых сталей в монтажных условиях при невозможности подогрева и последующей термообработки применяются электроды **АН-ЖР-2**, в этом случае в металле шва содержание никеля будет не менее 31% и металл шва получит аустенитную структуру. Электроды пригодны для сварки во всех пространственных положениях.

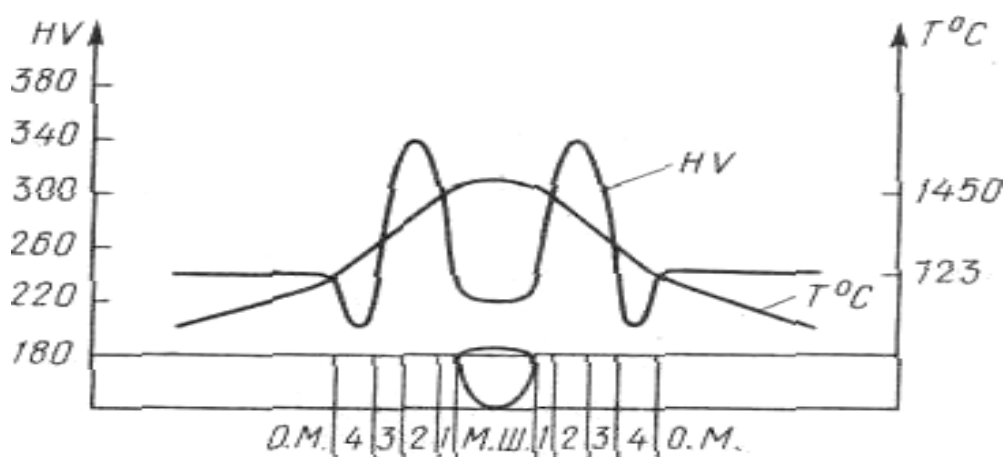
(IV) Технология сварки с.л. термоупроченных сталей

Термической обработкой (чаще всего закалка плюс отпуск) повышают механические свойства как углеродистых, так и легированных конструкционных, теплоустойчивых, жаропрочных и других сталей,

например, марок 10Г2С1, 09Г2С, 14Г2, 15ХСНД, 12Г2СМФ, 15Г2СФ, 15ХГ2СФР, 15Г2АФ, 15ХГСА, 15ХГ2СФМР и др.

При содержании углерода более 0,12% термоупрочненные стали в процессе сварки образуют закалочные микроструктуры, а в зоне термического влияния происходит разупрочнение металла, если сварное соединение не подвергается после сварки термической обработке.

Кривые изменения твердости сварного соединения термически упрочненной стали



1. Зона термического влияния при сварке термически упрочненной стали, склонной к закалке, разделяется на следующие участки:
2. 1-неполного расплавления,
3. 2-закалки и перегрева с температурами нагрева выше 920-950°С,
4. 3 - неполной закалки с температурами нагрева от 720 до 920° С,
5. 4 -участок разупрочнения с температурами нагрева ниже 720°С (участок отпуска).

Рис.4.1.

На участке закалки твердость металла будет максимальной, на участке неполной закалки твердость снижена. Самая низкая твердость по сравнению с другими участками, а также с основным металлом будет на участке

разупрочнения. Участок разупрочнения -самое слабое место сварного соединения при работе его на статическую нагрузку.

Ширина участка разупрочнения влияет на работоспособность сварного соединения: она будет тем выше, чем меньше ширина этого участка. Ширина участка разупрочнения зависит от скорости охлаждения.

Для снижения ширины разупрочненного металла, как и всей зоны термического влияния, следует применять режимы сварки с низкой погонной тепловой энергией.

Так как газовая сварка термически упрочненных сталей вызывает образование широкого участка разупрочнения, то она не может быть рекомендована, если нельзя выполнить последующую термическую обработку.

(V) Технология сварки высоколегированных сталей

Высоколегированными называют стали, содержащие один или несколько легирующих элементов в количестве **10-55%**.

Высоколегированными называют сплавы на железоникелевой основе (железа и никеля содержится более **65%**) и на никелевой основе (никеля содержится более **55%**).

По **ГОСТ 5632-72** насчитывается **94** марки высоколегированных сталей и **22** марки высоколегированных сплавов.

Несколько марок сталей и сплавов выпускается по различным техническим условиям.

Высоколегированные стали и сплавы классифицируют по различным признакам:

1. По системе легирования высоколегированные стали делят на:

1. хромистые,
2. хромоникелевые,
3. хромомарганцевые,
4. хромоникелемарганцевые,

5. хромомарганцеазотистые.

самые распространенные высоколегированные сплавы:

1. никелевые,
2. никелехромистые,
3. никелехромовольфрамовые
4. никелехромокобальтовые.

2. По структуре высоколегированные стали подразделяют на

1. стали мартенситного класса (например, **15X5, 15X5M, 15X5BФ, 09X16H4Б, 11 X11H2B2MФ**-всего по стандарту **20** марок),
2. мартенситно-ферритного класса (**15X6CЮ, 15X12BHMФ, 12X13** и др.),
3. ферритного класса (**08X13, 10X13CЮ, 12X17, 15X25T**),
4. аустенитно-мартенситного класса (такие, как **07X16H6, 08X17H5M3**),
5. аустенитно-ферритного класса (например, **08X20H14C2, 08X18Г8H2T**)
6. аустенитного класса (**03X17H14M2, 03X16H15M3Б, 08X10H20T2, 08X16H13M2Б, 09H16X14Б, 09H19X14Б2БP, 12X18H9, 12X18H9T, 45X14H14B2M**).

В некоторых аустенитных сталях никель, как дефицитный материал, частично или полностью заменяют марганцем и азотом: **10X14Г14H3, 10X14Г14H4T, 12X17Г9H4A, 10X14Г15A, 15X17Г14A;**

всего по ГОСТ 5632-72 выпускается **27** марок аустенитных сталей.

3. По свойствам высоколегированные стали и сплавы подразделяют на:

1. **коррозионностойкие (нержавеющие)**, обладающие стойкостью против любой коррозии - атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой, межкристаллитной;
2. **жаростойкие** (окалиностойкие), не окисляющиеся при высоких температурах нагрева (до **1300°С**);
3. **жаропрочные**, способные работать при температурах свыше **1000°** в течение нормированного времени без снижения прочности.

Трудности сварки высоколегированных сталей и сплавов

1. По сравнению с низкоуглеродистыми сталями большинство высоколегированных сталей и сплавов **обладают пониженным (в 1,5-2 раза) коэффициентом теплопроводности** который приводит при сварке к концентрации тепла и вследствие этого к увеличению проплавления металла изделия. Поэтому для получения заданной глубины проплавления **следует снизить величину сварочного тока на 10-20%**.
2. **Увеличенный (в 1,5 раза) коэффициент линейного расширения** приводит при сварке к большим деформациям сварных изделий, а в случае значительной жесткости - относительно крупные изделия, повышенная толщина металла, отсутствие зазора между свариваемыми деталями, жесткое закрепление изделия - к образованию трещин в сварочном изделии.
3. Высоколегированные стали и сплавы более склонны к образованию трещин, чем низкоуглеродистые. Горячие трещины появляются большей частью в аустенитных сталях, холодные - в закаливающихся сталях мартенситного и мартенситно-ферритного классов.
4. Кроме этого, коррозионностойкие стали, не содержащие титана или ниобия или легированные ванадием, при нагревании выше 500°С теряют антикоррозионные свойства по причине выпадения из твердого раствора карбидов хрома и железа, которые становятся центрами коррозии и коррозионного растрескивания.
Термической обработкой (чаще всего закалкой) можно восстановить антикоррозионные свойства сварных изделий. Нагревом до **850°С** ранее выпавшие из раствора карбиды хрома вновь растворяются в аустените, а при быстром охлаждении они не выделяются в отдельную фазу. Такой вид термообработки называют стабилизацией. Однако стабилизация приводит к снижению пластичности и вязкости стали.

Получение высокой пластичности, вязкости и одновременно антикоррозийности сварных соединений возможно нагревом металла до температуры **1000-1150°C** и быстрым охлаждением в воде (**закалка**). Содержание углерода в основном металле и металле шва до **0,02-0,03%** полностью исключает выпадение карбидов хрома, а следовательно, межкристаллитную коррозию.

1. **Перегрев** (укрупнение зерен) металла шва и околошовного металла при сварке высоколегированных сталей и сплавов зависит от химического состава и микроструктуры, температуры нагрева и длительности пребывания металла при высокой температуре. Обычно при сварке больше перегреваются однофазные ферритные стали.

На практике нашли применение следующие пути предотвращения трещин при сварке высоколегированных сталей:

1. создание в металле шва двухфазной структуры (аустенит и феррит);
2. ограничение в шве содержания вредных примесей (серы, фосфора, свинца, сурьмы, олова, висмута);
3. введение таких элементов, как молибден, марганец, вольфрам;
4. применение электродных покрытий основного и смешанного видов;
5. создание при сварке менее жесткого состояния изделия.

(1) Практикой сварки аустенитной стали установлено, что с увеличением жесткости при выполнении шва необходимо увеличивать содержание феррита от **2** до **10%**. В этом случае пластичность металла шва по сравнению с аустенитным швом повышается и усадка даже при жестком состоянии сварного изделия происходит за счет повышенной пластической деформации металла шва без образования трещин.

(3) Применение электродов с основным или смешанным покрытием с легированием металла шва молибденом, марганцем, вольфрамом придает металлу шва мелкозернистое строение. В этом случае пластические свойства металла возрастают и при усадке горячие трещины в нем не возникают.

(4) Электроды берут с основными, рутилоосновными и рутилофлюоритноосновными покрытиями.

Дуговая сварка аустенитных сталей электродами с основным покрытием приводит к науглероживанию металла шва, что вызывает снижение стойкости его против межкристаллитной коррозии. Науглероживание происходит за счет разложения мрамора, который содержится в большом количестве в этом покрытии. Науглероживание металла шва исключается при сварке аустенитной стали электродами с рутилоосновным покрытием (например, **ОЗЛ-14**), содержащего мрамора только **10%** вместо **35-40%** в электродах с основным покрытием (например, **УОНИИ-13/НЖ**).

(5) Для получения сварных соединений без трещины в процессе сварки рекомендуется свариваемые детали собирать с зазором и по возможности применять швы с низким проваром (коэффициент формы провара должен быть менее 2). Швы лучше выполнять тонкими электродами диаметром **1,6-2,0 мм** при минимальной погонной тепловой энергии.

Высоколегированные стали, содержащие углерода более **0,12%** (**31X19H9МВБТ, 36X18H25C2, 55X20Г9АН4, 17X18H9** и др.), свариваются с предварительным подогревом до **300°С** и выше с последующей термической обработкой сварных изделий.

Сварочные материалы

Для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами применяют сварочную проволоку, например **Св-04X19H9, Св-05X19H9Ф3С2, Св-06X19H9Т, Св-07X19H10Б, Св-08X20H9С2БТЮ, Св-10X16H25М6А** - всего 41 марка по ГОСТ 2246-70.

ГОСТ 10051-75 предусматривает 49 типов покрытых электродов для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами, например **Э-02X19H9Б, Э-04X20H9, Э-07X20H9, Э-06X22H9, Э-06X13Н, Э-08X20H9Г2Б, Э-08X14H65М15В4Г2, Э-10X20H70Г2М2В.**

Каждый тип электрода включает одну или несколько марок покрытых электродов.

Технология дуговой сварки хромистых сталей

а) Чернышов Г.Г. Справочник электрогазосварщика и газорезчика. §8.2. стр.246.

б) Сайт: Электрогазосварка. Электросварка. Газосварка:

<http://electrogazosvarka.ru/svarka4/glava9/svarka-xromistyx-stalej/>

Технология дуговой сварки хромоникелевых сталей

а) Чернышов Г.Г. Справочник электрогазосварщика и газорезчика. §8.2. стр.247.

б) Сайт: Электрогазосварка. Электросварка. Газосварка:

<http://electrogazosvarka.ru/svarka4/glava9/svarka-xromonikelevyx-austenitnyx-stalej/>

Горячие и холодные трещины при дуговой сварке

высоколегированных сталей и сплавов

а) Сайт: ЗАО "Сварочные технологии" автоматическая, полуавтоматическая и ручная сварка металлов

<http://www.metallgroup.ru/defekty-svarnyx-soedinenij/treshhiny-v-svarnyx-soedineniyax-stalej/>

б) Сайт: Weldingsite, <http://weldingsite.com.ua/vysokoleg.html>

Технологические особенности сварки двухслойных сталей

а) Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка. §73, стр.152.

б) Сайт: Информационный портал Стройка

http://www.stroyka-ip.ru/xsv_sv_ohnp_ob/ost-26_260_3-2001/ost-26_260_3-2001.html

Тема 4.3 Технология дуговой сварки цветных металлов и сплавов

Сварка меди и ее сплавов

План урока:

- 1. Трудности при сварке меди**
- 2. Дуговая сварка меди**
- 3. Сварка латуни**
- 4. Сварка бронзы**

(I)Трудности при сварке меди

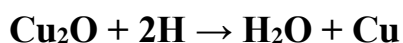
Для сварки меди и ее сплавов могут быть применены все основные способы сварки плавлением. Наибольшее применение нашли дуговая сварка в защитных газах, ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная дуговая сварка под флюсом, газовая сварка, электронно-лучевая сварка.

Трудности при сварке меди следующие:

1. Высокая теплопроводность. Теплопроводность меди при комнатной температуре в **6** раз больше теплопроводности технического железа, следовательно **сварка должна производиться увеличенной погонной тепловой энергией, а во многих случаях с предварительным и сопутствующим подогревом основного металла.**

2. Легкая окисляемость меди в расплавленном состоянии. Закись меди Cu_2O выпадая по границам зерен способствует образованию горячих трещин, увеличению хрупкости и снижению коррозионной стойкости.

3. «Водородная болезнь». Водород проникающий в медь при повышенных температурах сварки реагирует с кислородом окиси меди



образует водяной пар, который, стремясь расшириться, приводит к появлению мелких трещин. Это явление при сварке меди называют «водородной болезнью».

Чем больше содержится кислорода в свариваемой меди, тем значительнее проявляется «водородная болезнь».

При сварке с подогревом, создающим условия медленного охлаждения водяной пар до затвердевания металла выходит наружу; небольшая часть водяного пара остается между слоем сварочного шлака и поверхностью металла шва. В результате этого поверхность металла шва после удаления шлака становится неровной с мелкими углублениями («рябой»), что можно избежать при очень медленном охлаждении шва.

4. Склонность к образованию горячих трещин при наличии в меди мышьяка, свинца, сурьмы, висмута и серы. Они практически не растворяются в меди, но образуют с ней легкоплавкие химические соединения, которые, находясь в свободном состоянии, располагаются по границам зерен и ослабляют межатомные связи. В результате под действием растягивающей усадочной силы в процессе охлаждения сварного соединения образуются горячие трещины. Поэтому содержание каждой из вредных примесей: кислорода, висмута, свинца в меди и в сварочных материалах - не должно быть более 0,03%, а для особо ответственных сварных изделий - 0,01%.

5. Повышенная жидкотекучесть меди в расплавленном состоянии затрудняет ее сварку в вертикальном, горизонтальном и особенно в потолочном положениях.

6. Большой коэффициент линейного расширения меди, следовательно, сварочные деформации при сварке конструкций из меди и ее сплавов несколько больше, чем при сварке сталей.

7. Склонность к росту зерна под влиянием сварочного нагрева, следовательно хрупкость соединения.

(II) Дуговая сварка меди

Дуговая сварка меди производится при повышенной силе сварочного тока, что обусловлено значительной теплопроводностью меди.

Кромки свариваемых деталей соединяются с минимальным зазором из-за высокой жидкотекучести меди. Иногда применяют сварку на стальной подкладке.

Сварка угольным электродом.

Медные листы толщиной более **6 мм** следует сваривать с предварительным подогревом до **150-250°C**.

Сварку ведут длинной дугой (**10-15 мм**), при этом удобнее манипулировать электродом и присадочной проволокой.

Конец присадочной проволоки должен находиться между концом электрода и расплавленной ванной, не погружаясь в нее.

Для сварки применяют постоянный ток прямой полярности при напряжении дуги **40-50 В**. На обратной полярности дуга между угольным (графитовым) электродом и изделием менее устойчива и может поддерживаться только при малой ее длине.

В качестве присадочного металла используют проволоку.

При сварке прутками из фосфористой бронзы можно в качестве флюса применять смесь состава:

1. **94-96%** буры,
2. **6-4%** магнезия металлического в порошке.

Флюс наносится в разделку и на присадочный пруток.

Сварку во избежание окисления и большого роста зерна ведут быстро и по возможности в один проход.

Сварка меди покрытыми металлическими электродами дает удовлетворительное качество в случаях, если свариваемая медь содержит кислорода не более **0,01%**. При содержании в меди кислорода в количествах более **0,03%** сварные соединения имеют низкие механические свойства.

Медные листы толщиной до **4 мм** сваривают без разделки кромок, до **10мм** с односторонней разделкой при угле скоса **60 ... 70°** и притуплении **1,5 ... 3 мм**, более **10 мм** - с X-образной разделкой кромок.

Для сварки меди используют электроды с покрытием "**Комсомолец-100**", **АНЦ/ОЗМ-2**, **АНЦ/ОЗМ-3**, **ЗТ**, **АНЦ-3**.

Сварку ведут в нижнем положении на постоянном токе обратной полярности.

Силу тока выбирают из расчета:

$$I_{св}=(50\div 60)d_{эл} \quad (4.4)$$

Сварку ведут короткой дугой с возвратно-поступательным движением электродов без поперечных колебаний.

Удлинение дуги ухудшает формирование шва, увеличивает разбрызгивание, снижает механические свойства сварного соединения.

Предварительный подогрев делают при толщине **5 ... 8 мм** до **200 ... 300 °С**, а при толщине **24 мм** - до **800 °С**.

Тонкие листы (менее **5 мм**) после сварки проковывают в холодном состоянии, а толстые (**5-20 мм**) - при температуре **200-400°С**.

Нагревать медь для проковки выше **400°С** не рекомендуется, так как при высоких температурах она становится хрупкой.

Ковка выполняется молотком со сферическим бойком с двух сторон сварного соединения нанесением ударов перпендикулярно шву сначала по зонам сплавления, затем по средней части шва и в конце по зоне термического влияния. Повторять удары по одному месту нельзя, это может вызвать образование трещин от наклепа.

Для придания металлу сварного соединения вязкости и пластичности после проковки рекомендуется нагреть его до температуры **550-600°C** и быстро охладить в воде. Эта термообработка гарантирует мелкозернистое строение металла.

(III) Сварка латуни

Основные трудности и особенности сварки медных сплавов, те же, что и при сварке меди.

Латунь представляет собой сплав меди с цинком, температура плавления латуни 905°C.

Специфической особенностью при сварки латуни является интенсивное испарение цинка, так как температура его испарения 906°C следовательно снижается его содержание в металле шва и ухудшаются механические свойства соединения.

Кроме того пары цинка ядовиты!

Сварка латуней покрытыми электродами находит ограниченное применение, в основном для исправления брака литья. Это объясняется сильным испарением цинка при дуговой сварке по сравнению с газовой сваркой, дуговой под флюсом или дуговой в защитном газе

Для уменьшения выгорания цинка применяют сварку на пониженной мощности и применяют присадочный металл, содержащий кремний (он создает на поверхности расплава защитную окисную пленку SiO₂, препятствующую испарению цинка).

Для дуговой сварки латуни применяют электроды с покрытием ЗТ, разработанные Балтийским заводом в Ленинграде.

Состав электрода следующий:

-стержень из кремнемарганцовистой бронзы **БрКМц 3-1**, содержащей **3%** кремния и **1%** марганца;

-покрытие из **17,5%** марганцевой руды, **13%** плавикового шпата, **16%** серебристого графита, **32%** ферросилиция **75%-ного**, **2,5%** алюминия в порошке.

Сварка ведется постоянным током при обратной полярности короткой дугой с целью снижения выгорания цинка.

От вытекания металла стык защищают прокаленной асбестовой подкладкой с обратной стороны стыка.

При толщине листов до **4 мм** сварку ведут без разделки кромок. При толщине листов более **4 мм** разделка кромок такая же, как и для стали.

После сварки шов проковывают, а затем **отжигают** при **600-650°C** для выравнивания химического состава и придания металлу мелкозернистой структуры.

Сварку латуни можно выполнять **угольным электродом** на постоянном токе при прямой полярности с применением флюсов.

Наибольшее распространение получил флюс **БЛ-3** состава:

35% криолита,

12,5% хлористого натрия,

50% хлористого калия,

2,5% древесного угля.

Латунь толщиной до **10 мм** сваривают без подогрева, более **10 мм** - с подогревом до **300-350°C**.

(IV) Сварка бронзы

Сварные соединения марганцовистой бронзы (**0,2-1%** марганца) отличаются высокой пластичностью и прочностью, несколько превышающей прочность сварных соединений меди.

Бериллиевые бронзы, содержащие до **0,05%** бериллия, образуют сварные соединения с удовлетворительной прочностью.

Содержание более **0,5%** бериллия в медном сплаве приводит при сварке к окислению бериллия; образовавшиеся окислы с трудом удаляются из

сварочной ванны. Поэтому качество сварных соединений из таких бронз невысокое.

Существует несколько десятков марок бронз. По свариваемости бронзы значительно отличаются друг от друга, поэтому и технология сварки бронз разнообразна.

Сварку бронзы можно выполнять угольным электродом с присадочным металлом, покрытыми электродами и неплавящимся (вольфрамовым) электродом в защитной среде аргона.

При сварке угольным электродом устанавливается прямая полярность; напряжение дуги - **40-45 В**; сварочный ток - **25-35 А** на **1 мм** диаметра электрода.

В большинстве случаев требуется предварительный подогрев до температуры **300-400°С**.

Обычно присадочный материал подбирают так, чтобы его химический состав был одинаковым с химическим составом свариваемого металла.

При сварке угольным электродом оловянистой бронзы применяют присадочный металл в виде прутков с составом: **8%** цинка, **3%** олова, **6%** свинца; фосфора, железа и никеля - **0,2-0,3%** каждого, остальное-медь.

При сварке металлическими покрытыми электродами используют обратную полярность; сварка на переменном токе производится с осциллятором при повышенном токе.

Сварку марганцовистой бронзы (например, **БрМц5**) выполняют электродами «**Комсомолец-100**», обязательно с предварительным подогревом до **400-500°С**.

Для сварки алюминиевых и алюминоникелевых бронз (исправление дефектов литья) можно применять электроды **АНМц/ЛКЗ-АБ** с предварительным подогревом до **150-300°С**. Сварку выполняют на постоянном токе при обратной полярности короткими участками.

Как правило, бронзы сваривают в нижнем или наклонном (до 15°) положении.

Сварка алюминия и его сплавов

План урока:

1. Трудности при сварке алюминия
2. Дуговая сварка алюминия и его сплавов

(I)Трудности при сварке алюминия

Алюминий обладает низкой прочностью, поэтому его применяют в основном в химическом аппаратостроении, для оконных и дверных переплетов и декоративных изделий в строительстве.

Он обладает малой плотностью $2,7\text{г/см}^3$, повышенной коррозионной стойкостью и большей пластичностью по сравнению с низкоуглеродистой сталью.

Повышенную прочность имеют сплавы алюминия с марганцем, магнием, кремнием, цинком и медью.

Детали из алюминия и его сплавов можно соединять как сваркой плавлением, так и сваркой давлением.

Широкое распространение получили следующие виды сварки:

1. ручная или механизированная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитном инертном газе;
2. механизированная дуговая сварка плавящимся металлическим электродом в защитном газе;
3. автоматическая дуговая сварка плавящейся сварочной проволокой по слою флюса;
4. стыковая или точечная контактная сварка.
5. сварка газокислородным пламенем;

6. дуговая сварка неплавящимся угольным или графитовым электродом, алюминиевым электродом с покрытием;
7. электрошлаковая сварка
8. сварка электронным лучом.

Трудности при сварке алюминия:

1. Сильная окисляемость при высоких температурах с образованием тугоплавкой оксидной пленки Al_2O_3 ($t_{пл}=2200^{\circ}C$) с высокой удельной плотностью ($3,85 \text{ г/см}^3$). По сравнению с низкой удельной плотностью ($2,7 \text{ г/см}^3$) и температурой плавления алюминия ($660^{\circ}C$) тугоплавкий тяжелый окисел затрудняет сплавление, может оставаться в металле шва (непровары) и снижать работоспособность сварного соединения.

Следовательно, при сварке алюминия и его сплавов необходимо применять различные способы борьбы с окислом Al_2O_3 . Во всех случаях поверхность металла должна зачищаться непосредственно перед сваркой, и процесс сварки должен протекать с защитой расплавленного металла от действия газов воздуха.

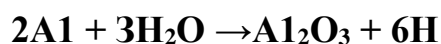
Используют два способа борьбы с окислом алюминия:

- а) сварка с растворителем окислов (электродные покрытия, флюсы);
- б) сварка без растворителей, но с так называемым катодным распылением.

Сущность катодного распыления состоит в том, что при дуговой сварке в аргоне на постоянном токе при обратной полярности происходит дробление окисной пленки Al_2O_3 с последующим распылением частиц окисла. Тонкая окисная пленка, покрывающая сварочную ванну, разрушается под ударами тяжелых положительных ионов защитного газа аргона, образующихся при горении дуги.

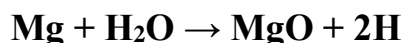
2. Склонность к образованию горячих трещин из-за большой литейной усадки кристаллизующегося металла и грубой столбчатой структуры сварного шва, а так же из-за наличия примесей. Для борьбы – ограничивают примеси и добавляют в присадочный металл модификаторы – **Ti**, **V** и др.

3. Алюминиевые сплавы обладают повышенной склонностью к образованию пор. Пористость вызывается водородом, источником которого служит адсорбированная влага на поверхности основного металла и особенно проволоки, а также воздух, подсасываемый в сварочную ванну. В этом случае алюминий в сварочной ванне взаимодействует с влагой по реакции:



Для получения беспористых швов, металл даже небольшой толщины иногда требует подогрева, снижающего скорость охлаждения сварочной ванны и способствующего более полному удалению водорода из металла при медленном охлаждении.

Но подогрев алюминиево-магниевых сплавов следует применять осторожно (не выше **100-150°C**). Более высокая температура подогрева может усилить пористость шва за счет выделения из твердого раствора магния и образования при этом водорода по реакции:



Кроме того, при подогреве алюминиево-магниевых сплавов снижаются механические свойства сварных соединений.

4. Большая теплопроводность, теплоемкость и скрытая теплота плавления. Теплопроводность алюминия в три раза выше теплопроводности низкоуглеродистой стали; при нагреве от **20** до **600°C** разница в теплопроводности еще более возрастает. Следовательно, сварка алюминия и его сплавов должна выполняться с относительно мощным и концентрированным источником нагрева.

Термически упрочненные алюминиевые сплавы разупрочняются при сварке.

5. Высокий коэффициент линейного расширения алюминия - в два раза выше, чем коэффициент расширения железа. Это способствует увеличенным деформациям и короблению при сварке алюминиевых изделий.

б. Провал пластичности - в Al отсутствует пластическое состояние при переходе из твердого в жидкое, при этом Al не меняет своего цвета, что усложняет наблюдение за процессом.

(II) Дуговая сварка алюминия и его сплавов

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами выполняется для изделий из технического алюминия, алюминиево-марганцевых и алюминиево-магниевых (с содержанием магния до 5 %) сплавов, силуминов при толщине металла более 4 мм. \Можно сваривать металл толщиной до 20 мм без разделки кромок, но рекомендуется производить разделку с толщин 10 мм.

Форма подготовки кромок под сварку алюминиевых сплавов **подобна** подготовке при сварке сталей.

Наиболее применяемый тип соединения - **стыковое**. Соединения внахлестку и тавровые не рекомендуют, так как возможно затекание шлака в зазоры, откуда его сложно удалить при промывке. **Остатки шлака могут вызвать коррозию.**

Непосредственно перед сваркой кромки очищаются от окисной пленки (до металлического блеска) на расстоянии 20-30мм от края.

Швы по возможности выполняются односторонними и на больших скоростях, без колебания конца электрода, непрерывно в пределах одного электрода.

При обрывах дуги кратер и конец электрода покрываются пленкой шлака, препятствующей ее повторному зажиганию.

Применяют электроды марки **ОЗА-1** со стержнем из алюминиевой проволоки.

Диаметр электродов **d = 4 ... 8 мм.**

Сварка производится в нижнем и вертикальном положениях постоянным током обратной полярности, короткой дугой без поперечных колебаний.

Силу тока выбирают из расчета:

$$I_{св}=(35\div 50)d_{эл} \quad (4.5.)$$

Сварку осуществляют с подогревом изделия до температуры **200-250°C** при толщине металла **6-10 мм, 300-350°C** при **10-16 мм.**

Электроды перед употреблением обязательно просушивают при температуре **200°С** в течение **2 ч**.

После сварки шлак немедленно удаляют стальной щеткой с промывкой горячей водой.

Для заварки литейных пороков в изделиях применяют покрытые алюминиевые электроды марки **ОЗА-2**.

Составы электродных покрытий: **покрытие 1** – 65% флюса АФ-4а, 35% криолита

покрытие 2 – 50% хлористого калия, 30% хлористого натрия, 20% криолита.

Ручная дуговая **сварка угольным электродом** применяется только для неответственных конструкций из алюминия, производится на постоянном токе прямой полярности.

Диаметр угольного электрода **$d_{э} = 10 \dots 20$ мм**. Конец угольного электрода затачивают на конус под углом **60°**.

Листы толщиной до **3 мм** желательно сваривать с отбортовкой кромок без присадочного материала.

Сварка более толстых листов требует разделки кромок под углом **60-75°** и применения присадки.

Желательно применение массивных медных или стальных подкладок под свариваемые листы.

Для защиты и раскисления используют флюс **АФ-4а** содержащий: 50% хлористого калия, 14% хлористого лития, 8% фтористого натрия, 28% хлористого натрия.

Флюс **АФ-4а** разводят дистиллированной водой и наносят на свариваемые кромки в виде пасты или на присадочный пруток наносят слой флюса многократным окунанием в водный раствор.

Подбор присадочного электродного металла. ГОСТ 7871-75 предусматривает для сварки алюминия и его сплавов проволоку 14 марок:

1. из технического алюминия (**Св-А97, Св-А85Т, Св-А5**),

2. алюминивно-марганцевая (Св-АМц),
3. алюминивно-магниевая (Св-АМг3, Св-АМг4, Св-АМг5, Св-АМг6, Св-АМг63, Св-АМг61),
4. алюми-ниевое-кремниевая (Св-АК5, Св-АК10),
5. алюминивно-медистая (Св-1201).

Используют присадочный пруток диаметром 2 ... 5 мм.

Обычно сварочную проволоку подбирают из условия однородности с основным металлом или с несколько повышенным содержанием одного или нескольких элементов против основного металла с учетом неизбежного обеднения металла шва элементами (Mg, Zn) при сварке.

Сварка титана и его сплавов

План урока:

1. Общие сведения
2. Технология аргонодуговой сварки титана

1. Общие сведения

При удельной плотности в $4,5 \text{ г/см}^3$ титан и его сплавы имеют временное сопротивление разрыву $(45 - 150)10^7 \text{ Па}$.

Замена стали титаном уменьшает массу изделий на **20-30%**.

Для сварных изделий используется технический титан (марки ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ-1) и его сплавы с алюминием, хромом, молибденом, оловом, ванадием, марганцем, церием (марки ВТ5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ8, ВТ14 и др.).

Титан более активен по сравнению с алюминием к поглощению кислорода, азота и водорода в процессе нагрева. Поэтому при сварке технического титана необходима особо надежная защита от этих газов. Такая защита осуществляется при дуговой сварке в инертных газах (аргоне, гелии), а также при использовании флюсов-паст, наносимых на свариваемые кромки.

Институт электросварки им. Е. О. Патона разработал серию специальных флюсов-паст (от АН-ТА до АН-Т17А), которые по составу являются бескислородными фториднохлоридными.

Дуговая сварка титана и его сплавов покрытыми электродами, угольной дугой, а также газовым пламенем не применяется.

Этими видами сварки невозможно обеспечить высокое качество сварных соединений из-за слишком большой активности титана к кислороду, азоту и водороду.

Технический титан соединяют аргоно-дуговой, дуговой под флюсом и некоторыми видами сварки давлением (например, диффузионный).

(II) Технология аргонодуговой сварки титана

Для защиты зоны сварки используют аргон высшего сорта по ГОСТ 10157-79 и гелий высокой чистоты по ГОСТ 20461-75 или смеси этих газов.

Газ обязательно подается также на обратную сторону шва и на все участки металла, нагретые более чем **на 400°C**.

Защиту металла сварного соединения в процессе сварки осуществляют:

1) на воздухе со струйной подачей инертного газа ламинарным потоком из сопел со специальными насадками и подачей газа с обратной стороны шва через специальные подкладки;

2) путем использования местных камер;

3) путем помещения всего узла в камеру с контролируемой атмосферой. Наиболее надежную защиту обеспечивают камеры с контролируемой атмосферой и их применяют для изделий ответственного назначения.

Наибольшее распространение получила сварка вольфрамовым электродом на воздухе.

Сварку осуществляют на обычных установках для автоматической сварки в среде инертных газов неплавящимся электродом.

На горелке закрепляют специальную насадку, размеры которой назначаются такими, чтобы защитить от воздуха требуемую изотерму на основном металле. Приблизительно о надежности газовой защиты можно судить по внешнему виду сварного соединения.

Блестящая серебристая поверхность шва свидетельствует о хорошей защите и удовлетворительных свойствах шва.

Желто-голубой цвет, серые налеты указывают на плохую защиту.

Присадочный пруток подают при толщинах листов больше 1,5 мм.

Ручная сварка вольфрамовым электродом ведется без колебательных движений горелки углом вперед на короткой дуге. Угол между электродом и присадкой поддерживается в **90°**. При обрыве дуги и после окончания сварки аргон должен подаваться до тех пор, пока металл не охладится ниже **400 °C**.

В качестве присадки применяют проволоки: **ВТ1-00, ВТ2** - для α - и псевдо- α -сплавов, **СПТ-2** - для $(\alpha + \beta)$ -сплавов и др.

При аргонодуговой сварке вольфрамовым электродом титан и его сплавы обладают малой склонностью к образованию горячих трещин.

В некоторых случаях наблюдаются холодные трещины в сварных соединениях; они возникают спустя некоторое время после сварки - от нескольких часов до нескольких месяцев.

Сварные соединения, выполненные ручной аргонодуговой сваркой, необходимо подвергать термической обработке (отжигу) для предотвращения трещин, которые могут появиться с течением времени. Температура отжига для разных марок титана колеблется от 550 до 650°C, выдержка при максимальной температуре 20-40мин, охлаждение - на воздухе.

Особенности сварки никеля и его сплавов

а) Сайт Autowelding, адрес:

http://www.autowelding.ru/publ/1/1/tekhnologija_svarki_nikelja_i_ego_splavov/2-1-0-174

б) Сайт: Weldingsite, адрес: <http://weldingsite.com.ua/nikel.html>

в) Сайт: Древний мир металла, адрес: <http://www.drevniymir.ru/zan056.html>

г) Сайт: Svarkainfo, адрес: <http://www.svarkainfo.ru/rus/lib/tech/nikel/>

Особенности технологии сварки магниевых сплавов

а) Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки, §20.2, стр.233-235.

б) Сайт: Электрогазосварка. Электросварка. Газосварка. Адрес:

<http://electrogazosvarka.ru/svarka4/glava15/svarka-magniya-i-ego-splavov/>

Тема 4. 4 Технология дуговой сварки чугуна

Технология дуговой сварки чугуна

План урока:

- 1. Трудности при сварке чугуна**
- 2. Горячая сварка чугуна**
- 3. Холодная сварка чугуна**

(I) Трудности при сварке чугуна

1. Низкая пластичность приводят к появлению трещин при сварочных напряжениях. Трещины могут образовываться как в основном металле, так и

в металле шва в процессе сварки и при охлаждении сварного изделия.

2. Склонность чугуна при высоких скоростях охлаждения закаливаться с образованием закалочных структур (мартенсита, бейнита, троостита). В закаленных участках чугун становится твердым (**800 НВ**) и не поддается механической обработке. Закалочные структуры вредны еще и потому, что их образование сопровождается появлением напряжений и образованием трещин.

3. Способность чугуна к отбеливанию при быстром охлаждении места сварки обычно приводит к образованию тонкой отбеленной прослойки на границе сварного шва и металла изделия. Эта отбеленная прослойка имеет низкую пластичность, она вместе с наплавленным металлом откалывается от основного металла или вызывает трещину по границе отбеленной прослойки с основным металлом.

4. Чугуны не имеют тестообразного состояния при переходе от жидкого к твердому. Это свойство чугуна затрудняет сварку его в наклонном и вертикальном положениях и не позволяет вести сварку в потолочном положении.

5. Склонность к образованию пористости, что объясняется низкой температурой плавления (промышленные чугуны обычно имеют $T_{пл} = 1200-1250^{\circ}\text{C}$) и быстрым переходом из жидкого в твердое состояние. Поэтому газы (в основном CO и CO_2 , образующиеся при окислительной атмосфере) не успевают выделиться из металла.

6. Разнородность чугунных изделий по химическому составу, термической обработке и структуре, что требует разнообразной технологии и приемов сварки.

Мелкозернистые серые чугуны свариваются лучше, чем крупнозернистые. Плохо свариваются так называемые черные чугуны, которые в изломе имеют крупнозернистое строение темного цвета. Такие чугуны называют графитными, так как в них весь углерод находится в виде свободного графита. При сварке чугуна с такой структурой не получается необходимое качество сварного соединения. Высокопрочные и ковкие мелкозернистые, чугуны свариваются лучше, чем серые.

Чугун обрабатывается сваркой, сварко-пайкой и пайкой.

Этими видами обработки могут устраняться внешние пороки в отливках, выполняться ремонт чугунных изделий, вышедших из строя при эксплуатации, и соединяться чугунные части при изготовлении сварно-литых конструкций.

Однако в промышленности широкое применение нашли только дуговая и газовая сварка.

Чугунные изделия сваривают с подогревом (горячая сварка) и без подогрева

(холодная сварка).

(II) Горячая сварка чугуна

Горячую сварку можно применять для изделий ограниченных размеров и массы, практически до **2,5 т**, так как при большом объеме нагретого металла производить сварку трудно.

1. Горячая сварка чугуна выполняется в такой последовательности.

1. Подготовка к сварке. Раковины и шлаковые включения полностью удаляются обычно механическим способом-вырубкой или сверлением. Трещины, подлежащие заварке, вырубаются с разделкой; невырубленным остается притупление в **3-6 мм**.

Если объем металла, подлежащего наплавке, велик и превышает **60 см³**, то место, предназначенное к сварке, должно быть заформовано так, чтобы можно было обеспечить заполнение этой части ванны жидким чугуном.

Формовку выполняют графитовыми пластинами или формовочным песком, замешанным на жидком стекле. Формовка должна исключить возможность вытекания жидкого металла из ванны.

Объем расплавленной ванны должен обеспечивать возможность поддержания ее в жидком состоянии.

После заварки одной секции и затвердения заваренного участка вставка вынимается.

2. Подогрев изделий производится в печах или специальных нагревательных ямах. Обычно температура нагрева при газовой сварке поддерживается в пределах **450-600°C** и при дуговой сварке-**700-850°C**. Подогрев чугунных изделий перед сваркой до таких высоких температур требуется для того, чтобы снизить скорость охлаждения металла шва и придать ему относительно высокие пластические свойства и возможность обработки режущим инструментом;

Присадочным материалом при горячей сварке служат чугунные прутки марок **А** и **Б** в которых графитизация углерода обеспечивается повышенным содержанием кремния.

В результате этого наплавленный металл имеет преимущественно ферритную структуру; прочность его ниже прочности самого чугунного изделия.

Заводом «Станколит» предложены специальные низколегированные прутки **СТЧ-5а**, **СТЧ-5б** обеспечивающие наплавленный металл перлитной структуры.

Литые стержни имеют диаметры **4, 6, 8, 10, 12 мм**.

3. Выполнение сварки Дуговая сварка чугуна выполняется как угольным электродом с применением чугунного присадочного прутка (**А** и **Б**), так и покрытыми чугунными электродами (**ОМЧ-1**).

Для удаления окислов кремния при сварке угольной дугой используют те же

флюсы, что и при газовой сварке чугуна.

При диаметре чугунного электрода **6-8 мм** сварочный ток **200-400 А**. Род тока— любой, при постоянном токе применяют прямую полярность.

При дуговой сварке металл сварочной ванны также поддерживают в жидком состоянии до полного заполнения дефекта или заформованного блока. Это обеспечивает наиболее полное удаление газов и неметаллических включений из металла шва и равномерную структуру в металле шва и околошовном металле.

Качество соединения свариваемых частей и температура, от которой оно зависит, определяются формой сварочной ванны.

Выпуклая поверхность ванны говорит о плохом соединении. В этом случае сварщик должен увеличить нагрев стенок изделия.

Когда ванна чрезмерно горяча, расплавление стенок изделия идет весьма интенсивно, образуется очень характерный подрез стенки, в этом случае требуется пламя или дугу перенести в центр ванны, уменьшить температуру ванны добавлением в нее кусочков стержней электродов или заранее приготовленных мелких кусков чугуна.

Правильный процесс сварки характеризуется вогнутой поверхностью сварочной ванны без подреза; жидкий чугун хорошо смачивает стенки детали. Многослойная сварка чугуна применяется редко и лишь в тех случаях, когда невозможно поддерживать всю ванну в жидком состоянии.

4. Охлаждение изделий производится с малой скоростью, иногда в течение 3-5 суток. Подготовка к охлаждению заключается в том, что после окончания сварки поверхность металла шва засыпается слоем мелкого порошка древесного угля, а все изделие со всех сторон закрывается асбестовыми листами и сухим песком.

(III) Холодная сварка чугуна

При холодной сварке чугуна требуются специальные меры, чтобы получить соединение без трещин и хрупких зон.

По этому, технологию холодной сварки чугуна можно разделить на два вида:

1. Сварка с графитизаторами;
2. Сварка со шпильками;

(1) Главный процесс, формирующий структуру чугуна - это процесс **графитизации** т.е. процесс выделения углерода в чугуне. Процесс графитизации при сварке является благоприятным т.к. уменьшает хрупкость

чугуна.

Все химические элементы в чугуне делятся на две группы:

- а) графитизаторы (способствующие графитизации) – C, Si, Al, Ni, Co, Cu
- б) отбеливающие (задерживающие графитизацию, способствующие соединению углерода с железом - образованию цементита Fe_3C) – S, V, Cr, Sn, Mo, Mn.

Применяя электроды из различных сплавов с покрытиями разного состава, можно получить металл шва с нужной прочностью и вязкостью, но избежать закалки в зоне плавления при сварке без подогрева изделия не удастся.

Можно лишь несколько уменьшить толщину закаленной прослойки, применяя многопроходную сварку на малых силах тока: применяют электроды диаметром 3-4 мм и малую силу тока:

$$I_{св}=(20-30) \cdot dэ \quad (4.6)$$

Сварку выполняют короткими участками 15-25мм, затем выполняют проковку шва. Для получения плотного металла требуется послойная проковка швов типа чеканки.

Используют железомедные, железоникелевые и медноникелевые электроды. Такие электроды делают составными – стержень из цветного металла, а железо вводят в виде оплетки, дополнительного стержня или порошка в покрытии.

Содержание железа в металле шва не должно превышать **10-15%**.

Медно-никелевые электроды **МНЧ-1** состоят из проволоки монельметалла или из константановой проволоки (**40%** никеля, **1,5%** марганца, остальное - медь).

Электроды **ЦЧ-3А** имеют железоникелевую основу (проволока **Св-08Н50**). Эти электроды обеспечивают высокую прочность и обрабатываемость сварного соединения и отсутствие трещин.

Полуавтоматическая сварка. Институт электросварки им. Е. О. Патона

для заварки дефектов чугунного литья в холодном состоянии предложил порошковую проволоку марки **ППЧ-1**. При диаметре проволоки **3 мм** сварочный ток устанавливают **250-280 А**, напряжение дуги - **28-32 В**, скорость подачи проволоки **180 м/ч**.

Применяется также самозащитная проволока **ПАНЧ-11**.

(2) Сварка стальными электродами с применением шпилек. Этот способ сварки широко применяется при ремонте крупногабаритных чугунных изделий. Здесь сварка комбинируется с механическим усилением зоны сплавления ввертыванием в тело изделия стальных шпилек, которые связывают металл шва и основной металл, разгружая хрупкую закаленную прослойку (механосварное соединение).

При изломе изделия с толщиной стенки до 12 мм шпильки могут ввертываться без разделки кромок.

При толщинах более 12 мм место излома подготавливается с разделкой.

Диаметр шпилек зависит от толщины свариваемого изделия: при толщине до 12мм диаметр шпильки должен быть не более 6мм; диаметр шпилек более 16мм и менее 3мм не рекомендуется. Диаметр шпилек :

$$d = (0,15 — 0,2) \cdot S, \quad (4.7)$$

где **S** -толщина детали, мм,

Количество шпилек, которые нужно поставить на одну сторону трещины, зависит от качества чугуна, нагрузки, которую несет деталь, длины трещины и др. Максимальное количество шпилек по их площади не должно превышать **0,25** площади излома детали.

Высота шпилек над поверхностью равна **0,5-1** диаметра шпильки, но не более **5-6мм**; глубина ввертывания -**1,5** диаметра шпильки

При сверлении отверстий и нарезании резьбы нельзя применять масло.

Шпильки должны быть ввернуты до упора.

Лучшие результаты дают электроды марки **УОНИИ-13/55**. Электроды любой марки диаметром не более **3мм**, сила тока - **90-100А**.

Уменьшенная сила тока обеспечивает малую глубину расплавления чугуна и минимальный нагрев изделия, что уменьшает отбеливание и предотвращает появление трещин.

Процесс сварки. Сначала кольцевыми швами обвариваются ввернутые шпильки. Обварку нужно производить вразброс для равномерного нагревания детали. Потом заправляют участки между обваренными шпильками, причем заварка также ведется отдельными участками.


Длина каждого валика не должна превышать **100 мм**. Второй слой валиков наносится перпендикулярно направлению валиков первого слоя. После нанесения наплавки на каждую сторону поверхностей кромок переходят к заварке разделки и трещины.

Для ускорения заварки трещины в изделии толщиной более **10 мм** вводят дополнительные стальные связи. Связи и промежутки между ними провариваются полностью. Сверху вся поверхность сварного соединения покрывается стальным наплавленным металлом.

Сварка стальными электродами с применением шпилек может выполняться в любом пространственном положении без демонтажа всего чугунного изделия.

Тема 4. 5 Технология дуговой сварки при отрицательных температурах

Особенности дуговой сварки труб из высоколегированных сталей при низких температурах

а) Сайт , адрес: <http://www.norm-load.ru/SNiP/Data1/10/10223/index.htm> - инструкция по сварке при монтаже и ремонте трубопроводов и ответственных металлоконструкций в организациях и на предприятиях Минтефтепрома РД 39-0147014-535-87

б) Сайт НЧКЗ - набережночелнинский крановый завод, адрес: <http://www.nchkz.ru/lib/58/58889/index.htm>

Подводная сварка и резка металлов

- а) Соколов И.И. Газовая сварка и резка металлов, §53, стр.214-219.
- б) Сайт: Weldingsite, адрес: <http://weldingsite.com.ua/vvode.html>

Тема 4. 6 Технология дуговой сварки арматурных стержней

Оборудование для контактной сварки арматуры

- а) Сайт: Рутектор,
адрес: http://www.rutector.ru/price/welding/index.shtml?category_id=136
- б) Сайт: Пульс цен, адрес:
http://chel.pulsцен.ru/products/mashiny_kontaktnoy_tochechnoy_189322

Тема 4. 7 Технология дуговой сварки трубопроводов и объектов котлонадзора

Реферат: Сортамент труб

- а) Сайт: Сортамент металлопроката на бумажном носителе «Линейка – S»
адрес: http://www.2tavr.ru/sortament_trub.html
- б) Сайт: Трубная продукция, адрес:
http://www.evrazcom.ru/solutions_and_services/pipe_production/

5. Требования к нормам и оценке результатов выполнения задания

Критерии оценки задач, таблиц, составления конспектов, рефератов, презентаций

Отметка «5»	Отметка «4»	Отметка «3»	Отметка «2»
<p>Работа выполнена полностью в срок, студент сумел рассчитать время. при выполнении задания использовал объем необходимой литературы. Глубоко и полно овладел содержанием учебного материала, в котором учащийся легко ориентируется, умение связывать теорию с практикой, решать практические задачи, высказывать и обосновывать свои суждения. Отличная отметка предполагает грамотное, логическое изложение ответа (как в устной, так и в письменной форме), качественное внешнее оформление, соблюдены требования ГОСТов.</p>	<p>Работа выполнена полностью в срок с небольшими неточностями, студент сумел рассчитать время, при выполнении задания, использовал объем необходимой литературы. Студент полно освоил учебный материал, ориентируется в изученном материале, осознано применяет знания для решения практических задач, грамотно излагает ответ, но содержание, форма ответа имеют отдельные неточности. качественное внешнее оформление, соблюдены требования ГОСТов.</p>	<p>Работа выполнена не полностью в срок, студент не сумел рассчитать время, при выполнении задания, использовал объем необходимой литературы. Студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, в применении знаний для решения практических задач, не умеет доказательно обосновать свои суждения.</p>	<p>Работа выполнена не полностью, не в срок, студент не сумел рассчитать время, при выполнении заданий допущено много ошибок, не понимает связь формы и содержания. Работа выполнена небрежно, худший стиль трудно представить.</p>

Литература

1. Банников, Е.А. Сварочные работы: Современное оборудование и технология работ / Е.А.Банников, Н.А.Ковалёв. – М.: АСТ, 2009. – 448 с.
2. Банников, Е.А. Электрогазосварщик / Е.А. Банников. – Минск: Современная школа, 2010. – 320 с. – (Профессиональное образование).
3. Банов, М.Д. Специальные способы сварки и резки / М.Д. Банов, В.В. Масаков, Н.П. Плюснина. – М.: Академия, 2009. – 208 с.
4. Виноградов, В.С. Электрическая дуговая сварка / В.С. Виноградов. – М.: Академия, 2009. – 320 с.
5. Герасименко, А.И. Основы электрогазосварки / А.И. Герасименко. – Ростов на/Д: Феникс, 2010. – 326 с. – (Начальное профессиональное образования).
6. Герасименко, А.И. Справочник электрогазосварщика / А.И.Герасименко. – Ростов на/Д: Феникс, 2009. – 412 с. – (Профессиональное мастерство).
7. Карнаух, Н.Н. Охрана труда / Н.Н. Карнаух. – М.: Юрайт, 2011. – 380 с.
8. Ковалев, А.Н. Справочник сварщика / А.Н. Ковалев. – Ростов на/Д: Феникс, 2011. – 352с. – (Справочник).
9. Носенко, Н.Г. Сварщик. Электрогазосварщик. Итоговая аттестация / Н.Г.Носенко. – Ростов на/Д: Феникс, 2010. – 224 с. – (Начальное профессиональное образование).
- 10.Овчинников, В.В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов / В.В.Овчинников. – М.: Кронус, 2010. – 304 с. – (Начальное профессиональное образование).
- 11.Овчинников, В.В. Технология ручной дуговой и плазменной сварки и резки металлов / В.В. Овчинников. – М.: Академия, 2010. – 240 с.
- 12.Чебан, В.А. Сварочные работы / В.А.Чебан. – Ростов на/Д: Феникс, 2011. –

412 с. – (Начальное профессиональное образование).

13. Чёрный, О.М. Электродуговая сварка: практика и теория / О.М.Чёрный. – Ростов на/Д: Феникс, 2009. – 319 с. – (Профессиональное мастерство).

14. Щербаков А.В. Организация внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся в учреждении профессионального образования. Методические материалы. Челябинск, ЧИРПО, 2007.

Источники Интернет:

1. Информационные источники сложной структуры.
2. <http://www.osvarke.com/> - О сварке. Информационный сайт;
3. <http://weldingsite.com.ua/> - Все о сварке, сварочных технологиях и оборудовании;
4. <http://www.welder.kiev.ua/> - журнал СВАРЩИК
5. <http://www.cbarka.ru/> - Сварка и сварочное оборудование
6. <http://svarka-info.com> - Виртуальный справочник сварщика
7. <http://www.svarkainfo.ru> – Все для надежной сварки
8. <http://www.gazosvarka.ru/> - Газосварка.ру.
9. <http://metalhandling.ru> - Слесарные работы

Пример решения задачи:

Дано: марка стали 15Х5МА, толщина стали 10мм, положение сварки в пространстве - вертикальное.

а) определение группы свариваемости и условий сварки:

15Х5МА –низкоуглеродистая среднелегированная конструкционная высококачественная сталь, содержит

15- 0,15% углерода,

Х5- 5% хрома,

М- до 1% молибдена,

А – пониженное содержание серы и фосфора.

$S_{эк} = 0,15 + 1/6 + 5/5 = 0,15 + 0,17 + 1 = 1,32$ – следовательно, **группа свариваемости IV- плохая свариваемость.**

Условия сварки: Свариваются с обязательной предварительной термообработкой, с подогревом в процессе сварки 350-400С и дальнейшей термообработкой.

б) так как, толщина стали **10мм**, то выбираем **V-образную разделку кромок**, диаметр электрода **dэл** выбираем **4мм**, для корня шва, и не более **5мм** для последующий слоев, (**3слоя**) т.к. шов вертикальный.

Силу тока $I_{св}$ для **dэл= 4мм** (корня шва) рассчитываем по формуле:

$$I_{св} = K \cdot d_{эл} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ А}$$

Силу тока уменьшаем на 10% (для этого умножим на 0,9), т.к. шов вертикальный:

$$I_{св} = 160 \cdot 0,9 = 144 \text{ А} - \text{ для корня шва}$$

Силу тока для **dэл=5мм** рассчитываем по формуле:

$$I_{св} = K \cdot d_{эл} = 45 \cdot 5 = 225 \text{ А}$$

Силу тока уменьшаем на 10% (для этого умножим на 0,9), т.к. шов вертикальный:

$$I_{св} = 225 \cdot 0,9 = 202,5 \text{ А} - \text{ для корня шва}$$

Приложение Б

**ГБОУ СПО (ССУЗ) «Саткинский политехнический техникум имени
А.К.Савина».**

(кегель 14 с Caps Lock, полужирный)

МДК 02.04. Технология электродуговой сварки и резки металла

(кегель 14, полужирный)

РЕФЕРАТ

(кегель 14 с Caps Lock, полужирный)

(Пробел)

СОРТАМЕНТ ТРУБ

Студента группы

Профессии: сварщик

Иванова И.И.

(Пробел)

Преподаватель: Мартынец Е.Д.

(Пробел)

Дата проверки:

(кегель 12)

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
Введение.....	
Глава 1. Название главы.....	
1.1. Название параграфа.....	
1.2.Название параграфа.....	
1.3. Название параграфа.....	
Глава 2. Название главы.....	
2.1. Название параграфа.....	
2.2. Название параграфа.....	
2.3. Название параграфа.....	
Глава 3. Название главы.....	
3.1. Название параграфа.....	
3.2. Название параграфа.....	
3.3. Название параграфа.....	
Заключение.....	
Список литературы.....	
Приложение А. Название приложения.....	
Приложение Б. Название приложения.....	

