

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ
«БРАТСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТЕХНИКУМ»

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ ПМ 02
СВАРКА И РЕЗКА ДЕТАЛЕЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ СТАЛЕЙ, ЦВЕТНЫХ
МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ, ЧУГУНОВ ВО ВСЕХ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ.

МДК 02.01
ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОСВАРКИ

Методические рекомендации для обучающихся по программе подготовки
квалифицированных рабочих по профессии 150709.02 Сварщик
(электросварочные и газосварочные работы)

Автор разработки:
Т.В.Евстафиева, преподаватель БПромТ

Сборник описаний лабораторно- практических работ

Лабораторная работа №1 «Изучение требований к источникам питания для ручной дуговой сварки».

Лабораторная работа №2 «Снятие технических характеристик сварочного трансформатора переменного тока».

Лабораторная работа №3 «Снятие технических характеристик источников питания постоянного тока (выпрямителя)».

Лабораторная работа №4 «Изложение правил техники безопасности при эксплуатации сварочного трансформатора».

Лабораторная работа №5 «Снятие V-A характеристики сварочной дуги».

Лабораторная работа №6 «Расчитать коэффициент расплавления и наплавки».

Практическая работа №1 «Расшифровка марок электродов по ГОСТу».

Практическая работа №2 «Произвести сварку чугуна в соответствии с технологией».

Практическая работа №3 «Расшифровка марок электродов для сварки цветных металлов и сплавов».

Практическая работа №4 «Произвести сварку цветных металлов в соответствии с технологией».

Братск 2014

Оборудование, техника и технология электросварки. Сборник описаний лабораторно-практических работ / Братск: ГБПОУ БПромТ. 2014. __ стр

Составитель Т.В.Евстафиева

Практикум содержит, теоретические материалы, инструктивные карты, необходимые для выполнения лабораторно-практических работ по оборудованию, технике и технологии электросварки.

Практикум предназначен для обучающихся по программе подготовки квалифицированных рабочих по профессии 150709.02 Сварщик (электросварочные и газосварочные работы).

Настоящая разработка рассмотрена цикловой комиссией профессиональных дисциплин

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2014 г.

Председатель ЦК С.В.Кудрявцев

Рецензенты:

(место работы)

(занимаемая должность)

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Е. В. Тилькунова, зам. директора по УМР _____

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Краткие теоретические сведения.....	4
1. Лабораторная работа №1 «Изучение требований к источникам питания для ручной дуговой сварки».....	5
2. Лабораторная работа №2 «Снятие технических характеристик сварочного трансформатора переменного тока». Лабораторная работа №3 «Снятие технических характеристик источников питания постоянного тока (выпрямителя)».....	7
3. Лабораторная работа №4 «Изложение правил техники безопасности при эксплуатации сварочного трансформатора».....	10
4. Лабораторная работа №5 «Снятие V-A характеристики сварочной дуги».....	13
5. Лабораторная работа №6 «Расчитать коэффициент расплавления и наплавки».....	18
6. Практическая работа №1 «Расшифровка марок электродов по ГОСТу»....	21
7. Практическая работа №2 «Произвести сварку чугуна в соответствии с технологией».....	24
8. Практическая работа №3 «Расшифровка марок электродов для сварки цветных металлов и сплавов» (2 часа). Практическая работа №4 «Произвести сварку цветных металлов в соответствии с технологией» (2 часа).....	26

Методические указания являются учебным пособием к лабораторно-практическим работам по изучению оборудования, техники и технологии электросварки.

Составлены в соответствии с программой профессионального модуля ПМ02 «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях» по профессии 150709.02 Сварщик (электросварочные и газосварочные работы) и предназначены для самостоятельной подготовки обучающихся к выполнению практических работ.

Работая в соответствии с указаниями, обучающиеся знакомятся с выполнением технологических приемов ручной дуговой сварки, устройством обслуживаемых электросварочных и плазморезательных машин, газосварочной аппаратуры, автоматов, полуавтоматов, плазмотронов и источников питания. Со свойствами и назначениями сварочных материалов, правилами их выбора, марками и типами электродов.

Контроль и оценивание лабораторных (практических) работ обучающихся осуществляется путем собеседования и проверки выполнения заданий в тетради для лабораторно-практических работ. Обучающиеся записывают в тетради название, цель работы и выполненное задание (*заполнение таблиц, ответы на вопросы, расчеты, анализ, выводы, выполняют чертежи и рисунки, указанные в задании*).

1. ЦЕЛЬ МЕТОДИЧЕСКОЙ РАЗРАБОТКИ

Изучить оборудование, технику и технологию электросварки.

В результате освоения ПМ.02 обучающийся должен уметь:

- выполнять технологические приёмы ручной дуговой сварки деталей, узлов, конструкций и трубопроводов различной сложности из конструкционных и углеродистых сталей, чугуна, цветных металлов и сплавов во всех пространственных положениях шва;
- экономно расходовать материалы и электроэнергию, бережно обращаться с инструментами, аппаратурой и оборудованием;

В результате освоения ПМ.02 обучающийся должен знать:

- устройство обслуживаемых электросварочных и плазморезательных машин, газосварочной аппаратуры, автоматов, полуавтоматов, плазмотронов и источников питания;
- свойства и назначение сварочных материалов, правила их выбора; марки и типы электродов;
- основы электротехники в пределах выполняемой работы;

Краткие теоретические сведения.

Рабочее место сварщика называется *сварочным постом*, оборудованное соответствующей аппаратурой и приспособлениями.

Сварочные посты в зависимости от рода применяемого тока и типа источника питания дуги делятся на следующие виды:

- *постоянного тока* с питанием от однопостового или многопостового сварочного преобразователя или сварочного выпрямителя;
- *переменного тока* с питанием от сварочного трансформатора.

Традиционным источником переменного тока является сварочный трансформатор. Источником постоянного тока является выпрямитель, который сконструирован на базе трансформатора и полупроводникового выпрямителя. Широкое распространение получили также инверторные источники тока, которые применяются для сварки как на переменном, так и на постоянном токе.

Промежуточное положение между традиционными выпрямителями и инверторами занимают источники, в состав которых входит простейший 50-Гц сварочный выпрямитель; регулировка тока осуществляется полупроводниковым ключевым регулятором, работающим на повышенной частоте.

Областями применения источников переменного и постоянного тока являются: ручная дуговая сварка штучными электродами, автоматическая сварка под слоем флюса, ручная и автоматическая сварка вольфрамовым электродом легких сплавов в среде инертных газов.

При автоматических и механизированных способах сварки помимо источников питания дуги необходимо иметь специальное оборудование, позволяющее исключить ручное ведение сварочного процесса. При этом требуется механизировать выполнение двух основных технологических движений: подачу электрода в зону сварки и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок.

Если при сварочном процессе оба эти движения осуществляются механизированным путем, то такой процесс рассматривается как *автоматическая* сварка.

Если одно из движений – подача электрода в зону сварки – осуществляется механизированным способом, а другое – перемещение дуги вдоль свариваемых кромок – вручную, то такой процесс рассматривается как механизированная (*полуавтоматическая*) сварка.

Если оба движения выполняются вручную сварщиком, то такой процесс называется *ручной дуговой сваркой*.

1. Лабораторная работа №1 Изучение требований к источникам питания для ручной дуговой сварки.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование исследовательских умений делать выводы и обобщать знания по изучению требований к источнику питания для ручной дуговой сварки.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: Раздаточный материал. Рисунки источников питания сварочной дуги.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

В качестве источников сварочного тока могут применяться:

- сварочные генераторы или полупроводниковые выпрямительные установки (для сварки на постоянном токе);
- сварочные трансформаторы (для сварки на переменном токе).

Сварочные трансформаторы служат для того, чтобы понизить напряжение подводимого от сети переменного тока с 220 или 380В до напряжения требуемого для возбуждения дуги (60-65В).

Как и в других источниках питания, при работе сварочного трансформатора постоянно чередуются три режима: холостой ход, работа под нагрузкой и короткое замыкание. Для современных источников питания дуги переменного тока падающую внешнюю характеристику получают путем искусственного увеличения индуктивного сопротивления.

Конструктивно трансформаторы для питания сварочной дуги можно разделить на следующие основные группы:

- трансформаторы с дросселями, выполненные в виде двух отдельных аппаратов или в виде одного аппарата;

- трансформаторы с развитым магнитным рассеянием;

Сварочные выпрямители — это устройства, преобразующие переменный ток в постоянный с помощью полупроводниковых диодов-вентилей. Сварочный выпрямитель состоит из трансформатора с устройством для регулирования сварочного тока и выпрямительного блока. Сварочные выпрямители по сравнению со сварочными генераторами имеют следующие преимущества:

- отсутствие вращающихся частей и большую долговечность;
- высокий к.п.д. и меньшие потери холостого хода;
- меньшую массу и большую маневренность;
- бесшумность в работе.

Источники питания сварочной дуги должны удовлетворять следующим требованиям:

1. напряжение холостого хода, т.е. напряжение на зажимах источника питания при разомкнутой сварочной цепи, должно быть достаточным для зажигания дуги, но не превышать безопасной для сварщика величины; согласно ГОСТ 7012-54 максимальное напряжение холостого хода не выше 80В для источников питания переменного тока и 90В – постоянного тока;

2. изменения напряжения дуги, происходящее при изменении ее длины, не должны вызывать значительного изменения сварочного тока, и значит, изменения теплового режима;

3. сила тока при коротком замыкании должна быть ограничена. Номинальный процесс дуговой сварки обеспечивается, если ток короткого замыкания выше сварочного тока в 1,1-1,5 раза (в некоторых случаях – в два раза).

4. время восстановления напряжения после короткого замыкания должно быть небольшим (обычно требуется, чтобы напряжение восстановилось от 0 до 25 В за время не более 0,05 сек). Это требуется, чтобы обеспечить устойчивость дуги.

5. источники питания дуги должны иметь устройства для плавного регулирования тока в нужных для сварки пределах, чтобы иметь возможность производить сварку электродами разных диаметров. Пределы регулирования тока должны составлять примерно 30-130% от номинального сварочного тока;

6. источником питания дуги должны иметь небольшой вес, размеры и стоимость, а также быть удобными в эксплуатации.

ЗАДАНИЕ: *Ответьте на вопросы и запишите ответы в тетрадке:*

- 1. Перечислите источники питания сварочной дуги и охарактеризуйте их.*
- 2. Что такое напряжение холостого хода, и каким оно должно быть для источников питания сварочной дуги?*
- 3. Какова должна быть мощность источника тока?*
- 4. Каким должен быть источник питания дуги и что он должен иметь?*

2. Лабораторная работа №2 Снятие технических характеристик сварочного трансформатора переменного тока.

Лабораторная работа №3 Снятие технических характеристик источников питания постоянного тока (выпрямителя).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование практических умений и навыков по снятию технических характеристик сварочного трансформатора переменного тока.
2. Формирование практических умений и навыков по снятию технических характеристик источников питания постоянного тока (выпрямителя).

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ:

Таблицы с техническими характеристиками источников питания.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

Источники питания характеризуются различными показателями, из которых основными являются:

- внешняя характеристика источника питания;
- напряжение холостого хода;
- относительная продолжительность работы (ПР);
- относительная продолжительность включения в прерывистом режиме (ПВ).

Внешней характеристикой источника питания (генератора, выпрямителя, сварочного трансформатора) называется зависимость напряжения на его выходных зажимах от величины тока нагрузки.

Виды вольт-амперных характеристик:

- крутопадающая (для ручной дуговой сварки);
- пологопадающая (для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом);
- жесткая (для сварки в защитных газах);
- возрастающая (для сварки в защитных газах).

Длина сварочной дуги связана с ее напряжением, причем, чем длиннее дуга, тем больше падение напряжения. При одинаковом изменении длины дуги изменение величины сварочного тока будет различным для разных видов внешних характеристик источников питания. Чем круче вольт-амперная характеристика источника, тем меньше влияние длина дуги оказывает на сварочный ток.

Сварочная дуга тоже имеет некоторую внешнюю характеристику. Стабильное горение дуги возможно при условии (напряжение дуги равно напряжению источника питания).

$$V_{\partial} = V_{ист}$$

Для стабильного горения сварочной дуги, имеющей возрастающую статическую характеристику, необходим источник питания с жесткой внешней характеристикой.

Напряжением холостого хода источника питания называется напряжение на выходных зажимах при отсутствии нагрузки в сварочной цепи.

Напряжение холостого хода источника питания с падающей внешней характеристикой всегда больше рабочего напряжения сварочной дуги, что значительно облегчает первоначальное и повторное зажигание дуги.

Для переменного тока напряжение зажигания должно быть не менее 50-55 В, для постоянного тока – не менее 30-35 В. Для трансформаторов, которые рассчитаны на сварочный ток 2000 А, напряжение холостого хода не должно превышать 80 В.

Обычно работа источника питания сварочной дуги происходит с периодическими выключениями и включениями нагрузки. Для характеристики режима работы источника питания применяют такие показатели, как продолжительность работы (ПР) и продолжительность включения (ПВ). Обе эти величины выражаются в процентах:

$$ПР = \frac{t_{св}}{t_{св} + t_{хх}} \times 100\%,$$

$$ПВ = \frac{t_{св}}{t_{св} + t_n} \times 100\%,$$

где $t_{св}$ – время (продолжительность) сварки,
 $t_{хх}$ – время холостого хода,
 t_n – время паузы.

Различие между ПР и ПВ заключается в том, что в первом случае во время паузы источник питания не отключается от сети и работает на холостом ходу, а во втором случае источник питания полностью отключается от сети.

В паспорте любого источника питания указываются величина номинального сварочного тока и номинальное значение продолжительности работы ПРН (или же ПВН). Номинальный (расчетный) ток определяется максимальным допустимым нагревом деталей источника питания. Максимально допустимый сварочный ток можно определить по формуле:

$$I_{\partial} = I_n \sqrt{ПРН/ПР_{\partial}},$$

ЗАДАНИЕ для лабораторной работы №2:

1. Рассчитайте допустимый сварочный ток для источника питания, в паспорте которого приведены: $I_n = 500A$ и $PP_n = 60\%$, если источник работает непрерывно в течение 10 мин (т.е. $PP_d = 100\%$).
2. Запишите технические характеристики для сварочного трансформатора переменного тока в таблицу 1.

Таблица 1.

Вид сварки	Внешняя характеристика источника питания	Напряжение холостого хода	Относительная продолжительность работы (PP)	относительная продолжительность включения в прерывистом режиме (ПВ).
Ручная дуговая				
Автоматическая и полуавтоматическая под флюсом				
В защитных газах				

ЗАДАНИЕ для лабораторной работы №3:

1. Рассчитайте допустимый сварочный ток для источника питания, в паспорте которого приведены: $I_n = 1000A$ и $PP_n = 70\%$, если источник работает непрерывно в течение 5 мин (т.е. $PP_d = 100\%$).
2. Запишите технические характеристики для источников питания постоянного тока (выпрямителей) в таблицу 2.

Таблица 2.

Вид сварки	Внешняя характеристика источника питания	Напряжение холостого хода	Относительная продолжительность работы (PP)	относительная продолжительность включения в прерывистом режиме (ПВ).
Ручная дуговая				
Автоматическая и полуавтоматическая под флюсом				
В защитных газах				

4. Лабораторная работа №4 Изложение правил техники безопасности при эксплуатации сварочного трансформатора.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование практических умений и навыков по изложению правил техники безопасности при эксплуатации сварочного трансформатора.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: Справочник электрогазосварщика.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

На электросварочную установку (сварочный трансформатор) должны быть паспорт, инструкция по эксплуатации и инвентарный номер, под которым она записана в журнале учета и периодических осмотров.

В передвижных электросварочных установках для подключения их к сети следует предусматривать блокирование рубильников, исключающее возможность присоединения и отсоединения провода, когда зажимы находятся под напряжением.

Правила эксплуатации трансформатора:

1. тщательно осмотреть трансформатор, проверить его и очистить от пыли и загрязнений;
2. заземлить кожух трансформатора, для чего присоединить заземляющий провод к специальному болту, расположенному на корпусе, с надписью «Земля»;
3. проверить качество всех соединений вторичной (сварочной) цепи (все зажимы должны быть надежно затянуты, быть чистыми и иметь хороший электрический контакт).

Во время эксплуатации следует периодически осматривать трансформатор, чтобы своевременно устранять замеченные неисправности.

Основные правила техники безопасности при обслуживании сварочных трансформаторов:

1. не прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
2. присоединять провода, а также переключать пределы регулирования сварочного тока только при выключенном рубильнике на токопроводящей сети;
3. при включении или выключении тока в сырую погоду или сыром помещении пользоваться резиновыми ковриками (или галошами) и перчатками;
4. следить за тем, чтобы корпус трансформатора всегда был надежно заземлен;

5. при ручной дуговой сварке, а также при сварке в защитных газах защищать глаза от света сварочной дуги щитком или маской;
6. при обивке шлака и уборке флюса пользоваться очками;
7. работать в брезентовых рукавицах и брезентовом костюме;
8. при сварке открытой дугой в общем помещении изолировать рабочее место щитами или ширмами;
9. все подключения сварочных преобразователей и трансформаторов к питающей сети, а также исправления в силовых электрических цепях должны выполнять электромонтеры; сварочные провода могут подключать электросварщики.

Правила электробезопасности при сварочных работах:

Согласно правилам электробезопасности, перед включением и отключением рубильника необходимо убедиться, занулен ли его кожух и изолирована ли ручка. При наличии повреждения рубильник отключают. Прежде чем приступить к работе, необходимо привести в порядок спецодежду; осмотреть рабочее место, проверить исправность электросварочной аппаратуры, наличие запломбированных электроизмерительных приборов; вытереть насухо пол, если он окажется скользким (облит маслом, краской, водой); проверить исправность кабелей, проводов и их присоединения к узлам сварочной машины. При наличии неисправностей к электросварке приступать запрещается. Надо следить за тем, чтобы руки, обувь и одежда всегда были сухими.

По окончании сварки электросварщик обязан выключить сварочный трансформатор или генератор, отключить сварочный кабель с электродержателем, смотать провода в бухты и сложить в специально отведенное место.

В качестве обратного провода, соединяющего свариваемое изделие с источником сварочного тока, можно использовать гибкие провода, а также, где это возможно, стальные шины любого профиля достаточного сечения. Обратный провод должен быть изолирован так же, как и присоединенный к электродержателю. Использование в качестве обратного провода сети заземления металлических строительных конструкций зданий, коммуникаций и не сварочного технологического оборудования запрещается.

Отдельные элементы, используемые в качестве обратного провода, тщательно соединяют между собой (сваркой или с помощью болтов, струбцин или зажимов). В установках для дуговой сварки в случае необходимости (например, при выполнении круговых швов) допускается соединение обратного провода со свариваемым изделием с помощью скользящего контакта.

Особенности электросварки в особо опасных условиях.

При сварке внутри металлических конструкций, котлов, резервуаров, а также наружных установок (после дождя и снегопада) сварщик кроме

спецодежды обязан дополнительно пользоваться диэлектрическими перчатками, галошами и ковриком. При работе в закрытых емкостях необходимо также надевать резиновый шлем. Пользоваться металлическими щитками в этом случае запрещается.

Работы в закрытых емкостях ведутся не менее чем двумя лицами, причем один из них должен иметь квалификационную группу не ниже III и находиться снаружи свариваемой емкости, для контроля за безопасным проведением работ сварщиком. Электросварщик, работающий внутри емкости, снабжается предохранительным поясом с веревкой, конец которой должен быть у второго лица, находящегося снаружи.

Ограничение напряжения холостого хода сварочного трансформатора.

Все электросварочные установки при ручной дуговой сварке переменным током, предназначенные для сварки в особо опасных условиях (например, внутри металлических емкостей, в колодцах, туннелях, при нормальных работах в помещениях с повышенной опасностью и т.п.), должны быть оснащены устройствами ограничения напряжения холостого хода до 12 В эффективного действия с выдержкой времени не более 1 с.

ЗАДАНИЕ: *Ответьте на вопросы и запишите ответы в тетрадке:*

- 1. Назовите действия сварщика перед включением и отключением рубильника.*
- 2. Назовите действия сварщика по окончании сварки.*
- 3. Чем дополнительно должен пользоваться сварщик при работе внутри металлических конструкций (котлов, резервуаров и т.д)?*
- 4. Назовите устройство, которым оснащены все электросварочные установки при ручной дуговой сварке переменным током, предназначенные для сварки в особо опасных условиях.*
- 5. Перечислите требования к спецодежде сварщика.*
- 6. Объясните, как заземляют кожух трансформатора?*
- 7. Изложите правила техники безопасности при работе с источниками питания сварочной дуги.*

5. Лабораторная работа №5 Снятие V-A характеристики сварочной дуги.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование практических умений и навыков по снятию вольт-амперной характеристики сварочной дуги.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: Справочник электрогазосварщика.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

Одной из важнейших характеристик источника питания сварочной дуги является *внешняя статическая (вольт-амперная) характеристика*.

Внешней статической характеристикой называется кривая, показывающая зависимость между напряжением дуги и величиной сварочного тока. В зависимости от назначения различные источники питания обладают различными внешними характеристиками.

Условно внешние характеристики подразделяются на крутопадающие или пологопадающие (ПВХ), и жесткие или пологовозрастающие (ЖВХ). Вид внешних характеристик обычно связан с особенностями сварочного процесса, для которого предназначен источник.

Требования к виду внешних характеристик определяются такими показателями сварочного процесса, как:

- тип электрода (плавящийся, неплавящийся);
- характер среды, в которой происходит сварка (открытая дуга, дуга под флюсом, в защитных газах);
- степень механизации процесса (ручная, полуавтоматическая, автоматическая сварка);
- способ регулирования режима горения дуги (саморегулирование, автоматическое регулирование напряжения дуги).

Так, для ручной дуговой сварки покрытыми штучными электродами, аргонодуговой сварки вольфрамовым электродом, механизированной сварки под флюсом на автоматах с регулированием скорости подачи электродной проволоки в зависимости от напряжения дуги используются ПВХ (рис 1, а). При ПВХ источник работает в режиме регулятора сварочного тока. При этом, сварочный ток может регулироваться в заданном диапазоне от минимального I_{21} до максимального I_{22} значения, плавно или ступенями. По технологическим (сварочным) и экономическим соображениям наиболее часто используется плавно-ступенчатое регулирование, когда две (или более) ступени регулирования сочетаются с плавным регулированием тока внутри каждой ступени. Регулирование сварочного тока при ПВХ производится при приблизительном постоянстве напряжения холостого хода U_{20} . Часто при плавно-ступенчатом регулировании переход на ступень малых токов сопровождается повышением напряжения холостого хода U'_{20} .

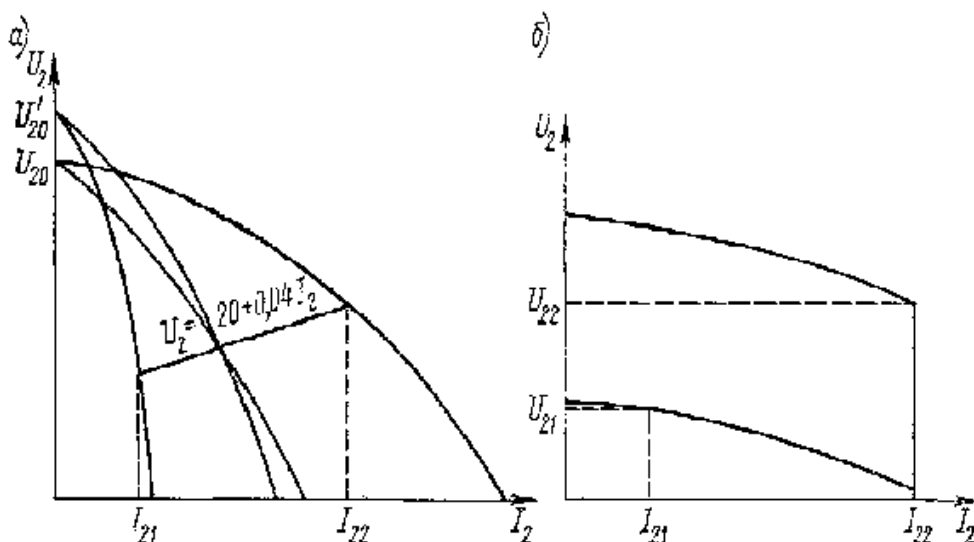


Рис 1. Внешние вольт-амперные характеристики.

Каждому виду сварки соответствует определенная крутизна наклона ПВХ. Так, например, наиболее крутые характеристики используются для аргонодуговой сварки, более пологие - для ручной сварки штучными электродами, еще более пологие - для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом.

Регулирование длины дуги в процессе сварки при ПВХ осуществляется рукой сварщика или системой регулирования длины дуги сварочного автомата.

Для сварки в защитных газах с применением тонких электродных проволок требуется источник питания с жесткими, т.е горизонтальными или пологовозрастающими характеристиками (рис 1, б).

Источник питания при ЖВХ работает как регулятор напряжения. Рабочее напряжение регулируется в заданных пределах от минимального до максимального значения, причем диапазон регулирования его выбирается в строгом соответствии с заданным диапазоном сварочного тока. Регулирование напряжения при ЖВХ также может быть плавным, ступенчатым и смешанным. Значение сварочного тока определяется скоростью подачи электродной проволоки, а источник питания задает напряжение дуги и обеспечивает саморегулирование длины дуги.

В сварочных трансформаторах для сварки под флюсом, рабочее напряжение (в вольтах) и сварочный ток связаны соотношением:

для сварочных трансформаторов на номинальный ток 1000 А

$$U_2 = 19 + 0,037 \times I_2$$

для трансформаторов на номинальный ток 2000 А

$$U_2 = 13 + 0,0315 \times I_2$$

Известно, что скорость нарастания напряжения на дуговом промежутке (при обрыве сварочного тока в предыдущем полупериоде)

определяется его проводимостью. При этом происходит своеобразное саморегулирование процесса повторного зажигания: чем быстрее убывает проводимость, тем больше скорость нарастания напряжения.

При полном разрыве сварочной цепи напряжение на электродах должно мгновенно возрасти до текущего значения напряжения холостого хода сварочного трансформатора.



Рис.2 Вольт-амперные характеристики сварочных выпрямителей типа ВД

Сварочные выпрямители с жесткими характеристиками и регулируемыми трансформатором (рис. 2).

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

Сварочные выпрямители с дросселем насыщения

За счет дросселя снижается скорость увеличения сварочного тока и его пиковое значение при возбуждении дуги, а также уменьшается разбрызгивание расплавленного металла при сварке плавящимся электродом (проволокой).

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



Рис.3 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» (рис.3).

ЗАДАНИЕ: По одному из вариантов выполните задание:

Вариант №1:

1. Графически изобразите вольт-амперную характеристику для ручной дуговой сварки плавящимся электродом, источник питания – сварочный трансформатор.

2. Заполните таблицу для крутопадающей вольт-амперной характеристики:

Способ сварки	Тип электрода	Характер среды, в которой происходит сварка	Степень механизации процесса	Способ регулирования режима горения дуги

Вариант №2:

1. Графически изобразите вольт-амперную характеристику для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом, источник питания – сварочный трансформатор.

2. Заполните таблицу для пологопадающей вольт-амперной характеристики:

Способ сварки	Тип электрода	Характер среды, в которой происходит сварка	Степень механизации процесса	Способ регулирования режима горения дуги

Вариант №3:

1. Графически изобразите вольт-амперную характеристику для сварки в защитных газах, источник питания – сварочный выпрямитель с дросселем насыщения.

2. Заполните таблицу для жесткой вольт-амперной характеристики:

Способ сварки	Тип электрода	Характер среды, в которой происходит сварка	Степень механизации процесса	Способ регулирования режима горения дуги

Вариант №4:

1. Графически изобразите вольт-амперную характеристику для ручной дуговой сварки плавящимся электродом, источник питания – сварочный выпрямитель типа ВД.

2. Заполните таблицу для возрастающей вольт-амперной характеристики:

Способ сварки	Тип электрода	Характер среды, в которой происходит сварка	Степень механизации процесса	Способ регулирования режима горения дуги

6. Лабораторная работа №6 Рассчитать коэффициент расплавления и наплавки.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование исследовательских умений по самостоятельному расчету коэффициента расплавления и наплавки.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: Справочник электрогазосварщика.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

Сварочная дуга является мощным концентрированным источником тепла. В процессе горения дуги в ней развивается высокая температура, достигающая в центре столба дуги 6000 – 7000 °С.

Электрическая энергия, потребляемая дугой, в основном превращается в тепловую.

Полную тепловую мощность дуги Q можно подсчитать по формуле:

$$Q = I \times U_d \text{ [дж/сек]},$$

где I – величина сварочного тока, а;

U_d – напряжение на дуге, в.

В процессе сварки не все тепло, выделяемое дугой, переходит в шов; часть расходуется на нагрев окружающего воздуха или защитного газа, на плавление покрытия и флюса, угар, разбрызгивание и др.

Количество тепла, введенное сварочной дугой непосредственно в изделие в единицу времени, называется *эффективной тепловой мощностью дуги q*. Она определяется по формуле:

$$q = I \times U_d \times \eta \text{ [дж/сек]},$$

где η – эффективный коэффициент полезного действия нагрева металла дугой.

Коэффициент η равен:

При сварке открытой дугой.....0,50 – 0,65

При сварке электродами с толстым покрытием.....0,70 – 0,85

При сварке под флюсом.....0,80 – 0,92

При электрошлаковой сварке.....0,60 – 0,70

При сварке в защитных газах.....0,50 – 0,60

В процессе сварки образование металла шва происходит вследствие расплавления основного и присадочного металлов. Расплавление металла характеризуется коэффициентом расплавления.

Коэффициентом расплавления называется количество расплавленного электродного металла в граммах в течение одного часа, приходящегося на один ампер сварочного тока.

Коэффициент расплавления определяется по формуле:

$$\alpha_p = \frac{G_p}{I \times t} \text{ г/а\cdotч},$$

Где α_p – коэффициент расплавления, г/ач;
 G_p – масса расплавленного электродного металла, г;
 I – величина сварочного тока, а;
 t – время горения дуги, ч.

Для определения количества наплавленного металла служит коэффициент наплавки. *Коэффициентом наплавки* называется количество наплавленного электродного металла в граммах в течение одного часа, приходящегося на один ампер сварочного тока. Он определяется по формуле:

$$\alpha_n = \frac{G_n}{I \times t} \text{ г/ач},$$

Где α_n – коэффициент наплавки, г/ач;
 G_n – масса наплавленного электродного металла.

Коэффициент наплавки несколько меньше коэффициента расплавления и зависит от способа сварки, рода и полярности тока, марки электродов и флюса и других факторов. Так, коэффициент наплавки для ручной сварки покрытыми электродами составляет 7-18 г/ач (в среднем 8-12), для автоматической сварки под флюсом 12-16 г/ач, для электрошлаковой сварки 18-22 г/ач.

Часть расплавленного электродного металла не участвует в образовании шва и идет на покрытие потерь на угар, разбрызгивание, испарение и др.

Коэффициент, характеризующий эти потери, определяется по формуле и выражается в %:

$$\Psi = \frac{G_p - G_n}{G_p} \times 100\% \quad \text{или} \quad \Psi = \frac{\alpha_p - \alpha_n}{\alpha_p} \times 100\%.$$

Коэффициент потерь зависит от способа сварки и некоторых других факторов. Так, при сварке электродами с тонким покрытием $\Psi=10-2\%$, электродами с толстым покрытием $\Psi=5-10\%$, при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом $\Psi=1-5\%$.

Зная величину коэффициента наплавки, а также величину сварочного тока, можно определить производительность процесса дуговой сварки (количество наплавленного металла) по формуле:

$$G_n = \alpha_n \times I \times t \text{ [г]}.$$

Для определения количества тепла, вводимого в шов и характеризующего тепловой режим сварки, служит понятие «*Погонная энергия сварки*»; она представляет собой отношение эффективной тепловой мощности дуги q к скорости сварки v и выражается следующей формулой:

$$q = \frac{I \times U_d \times \eta}{v} \text{ [дж/см]}.$$

Погонная энергия показывает, какое количество тепла вводится на 1см длины однопроходного шва или валика. Значение ее необходимо для оценки воздействия термического (теплового) цикла сварки на основной и наплавленный металл. Чем выше погонная энергия, тем сильнее прогревается металл шва и околошовной зоны. С увеличением скорости сварки погонная энергия, а следовательно, тепловое воздействие дуги на свариваемый металл уменьшается.

ЗАДАНИЕ: Выполните задание по одному из вариантов:

Вариант №1: Рассчитайте и запишите данные в таблицу если:

Вид сварки – ручная дуговая покрытым электродом;

Полная тепловая мощность, дж/сек	Эффективная тепловая мощность, дж/сек	Коэффициент расплавления, г/Ач	Коэффициент наплавки, г/Ач	Коэффициент потерь, %	Кол-во наплавленного металла, г	Погонная энергия, дж/см

Вариант №2: Рассчитайте и запишите данные в таблицу если:

Вид сварки – электрошлаковая;

Полная тепловая мощность, дж/сек	Эффективная тепловая мощность, дж/сек	Коэффициент расплавления, г/Ач	Коэффициент наплавки, г/Ач	Коэффициент потерь, %	Кол-во наплавленного металла, г	Погонная энергия, дж/см

Вариант №3: Рассчитайте и запишите данные в таблицу если:

Вид сварки – автоматическая и полуавтоматическая;

Полная тепловая мощность, дж/сек	Эффективная тепловая мощность, дж/сек	Коэффициент расплавления, г/Ач	Коэффициент наплавки, г/Ач	Коэффициент потерь, %	Кол-во наплавленного металла, г	Погонная энергия, дж/см

7. Практическая работа №1 Расшифровка марок электродов по ГОСТу.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование способности и готовности использовать теоретические знания для расшифровки марок электродов по ГОСТу.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: ГОСТ 9466-60 и справочник электрогазосварщика.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

Электродом для дуговой сварки называют металлический или неметаллический стержень, предназначенный для подведения тока к сварочной дуге. Электроды подразделяются на плавящиеся и неплавящиеся.

Плавящиеся электроды выполнены из стали, чугуна, алюминия, меди и их сплавов. Они представляют собой определенных размеров металлические стержни, на поверхность которых опрессовкой или окунанием нанесено специальное покрытие.

Неплавящиеся электроды выполнены из технического вольфрама и его сплавов, угля и графита. Они предназначены для повышения температуры сварочной ванны при своем сгорании.

Назначение покрытия электродов.

1. *Защита расплавленного металла от кислорода и азота воздуха при сварке.* Это достигается газами, которые образуются из покрытия в зоне дуги.

2. *Теплоизоляция расплавленного металла* (для медленного процесса кристаллизации, что обеспечивает пластичность сварного шва). Пластичность – главное механическое свойство, которым должен обладать сварочный шов.

3. *Для устойчивого горения сварочной дуги* (в покрытие вводятся ионизирующие добавки)

4. *Легирование металла шва.*

Классификация покрытых металлических электродов по ГОСТу 9466-75:

По назначению:

- У – для сварки углеродистых, низколегированных сталей;
- Л – для легированных конструкционных сталей;
- Н – для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами;
- Т – для сварки легированных теплоустойчивых сталей;
- В – для сварки высоколегированных сталей.

По толщине покрытия:

В зависимости от отношения диаметра покрытия (D) к диаметру стержня (d).

$D/d \leq 1,2$ – тонкое покрытие (М);

$1,2 < D/d \leq 1,45$ – среднее покрытие (С);
 $1,45 < D/d \leq 1,8$ – толстое покрытие (Д);
 $D/d > 1,8$ – особо толстое покрытие (Г).

По видам покрытия:

- А – кислое;
- Б – основное;
- Ц – целлюлозное;
- Р – рутиловое.

По допустимым пространственным положениям:

- 1 – для всех положений;
- 2 – для всех положений, кроме вертикального «сверху вниз»;
- 3 – для нижнего, горизонтального и вертикального «снизу вверх»;
- 4 – для нижнего и нижнего в «лодочку».

По роду применяемого сварочного тока:

- 0 – для сварки постоянным током прямой, обратной или любой полярности;
- 1 – для сварки переменным током.

Электроды подразделяются на типы в соответствии с ГОСТами 9467-75 и 10052-75.

ГОСТ 9467-75 распространяется на металлические покрытые электроды для ручной дуговой сварки углеродистых и легированных конструкционных и легированных теплоустойчивых сталей. Для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей предусмотрено 14 типов электродов (например, Э38, Э42А, Э46 и т.д. до Э150), для сварки легированных теплоустойчивых сталей – 9 типов (например, Э-09М, Э-05Х2М, Э-09Х1МФ и т.д.).

Условное обозначение расшифровывается так: буква Э – электрод; стоящее за ней число – временное сопротивление разрыву металла шва или наплавленного металла (так, электроды типа Э46 марок ОЗС-4, АНО-3, МР-1 и других должны обеспечивать временное сопротивление разрыву не менее 46кгс/мм², или 460 МПа). Буква А в конце обозначения типа указывает на повышенные пластические свойства металла сварного шва.

Буквы и цифры, входящие в обозначение типов электродов для сварки легированных теплоустойчивых сталей, показывают примерный химический состав наплавленного металла.

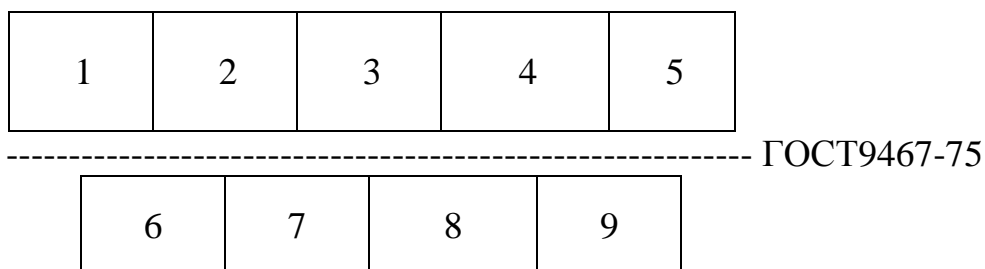
Для каждого типа электрода разработана одна или несколько марок, характеризующихся маркой сварочной проволоки, составом покрытия, химическим составом, свойствами металла шва и др.

Электроды выпускают диаметрами 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0 и 12,0 мм. (диаметр электрода определяется диаметром металлического стержня).

В зависимости от диаметра электрода, а также марки сварочной проволоки, электроды изготавливают длиной 150 – 450 мм.

Упаковывают их в коробки или пачки массой не более 3 кг – для электродов диаметром до 2,5 мм; 5 кг – для электродов диаметром 3,0 – 4,0 мм; 8 кг – для электродов диаметром свыше 4,0 мм.

Структура расшифровки надписи электродов:



- 1 – тип электрода;
- 2 – марка электрода;
- 3 – диаметр электрода;
- 4 – назначение электрода;
- 5 – толщина покрытия;
- 6 – характеристика наплавленного металла;
- 7 – вид покрытия;
- 8 – пространственное положение;
- 9 – род и полярность сварочного тока.

ЗАДАНИЕ: *Прочитайте и опишите условное обозначение электродов:*

- 1) Э46 – АНО – 4 – 3,0 – УД
----- ГОСТ 9467-75;
 Е 432 – Р – 2 – 1

- 2) Э50А – ЦУ – 7 – 5,0 – УС
----- ГОСТ 9467-75;
 Е 431(5) Б – 2 0

- 3) Э38 – УОНИ 13/46 – 4,0 – УМ
----- ГОСТ 9467-75;
 Е432 – А – 1 0

8. Практическая работа №2 Произвести сварку чугуна в соответствии с технологией.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование исследовательских умений по выполнению и анализу ручной дуговой сварки чугуна в соответствии с технологией.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: Справочник электрогазосварщика.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

Чугуном называется железоуглеродистый сплав с содержанием углерода более 2,14%.

Чугун сваривается как дуговой, так и газовой сваркой. В том и другом случае, возможна:

- горячая сварка с предварительным подогревом и сопутствующим подогревом изделия;

- холодная сварка без предварительного подогрева изделия.

Способы дуговой сварки чугуна:

- сварка стальными электродами с применением шпилек;

- сварка специальными электродами;

- сварка медно-железными электродами ОЗЧ-1;

- сварка медно-никелевыми электродами МНЧ-1.

Сварка стальными электродами с применением шпилек.

При сварке чугуна обычными стальными электродами (УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55) для более надежного сцепления наплавленного металла с основным на кромках в шахматном порядке ставят на резьбе стальные шпильки.

При толщине стенки менее 10 мм шпильки ставят только на нескошенные части кромок. Шпильки обваривают кругом, после чего шов заполняют наплавленным металлом.

Диаметр шпилек определяется по формуле:

$$d = (0,15 - 0,2) \times S,$$

где d – диаметр шпильки;

S – толщина стенки, мм.

Шпильки диаметром менее 3 мм не применяют.

Расстояние между шпильками составляет $(4-6)d$, глубина посадки $2d$, расстояние от кромок не менее $(1,5-2)d$.

Для снижения внутренних напряжений сварку ведут с перерывами, не давая изделию нагреться выше 100°C . При использовании электродов диаметром 3 мм ток не должен превышать 120А, диаметром 4 мм – 150А, 5 мм – 220А.

Первые слои шва и обварку шпилек целесообразно выполнять электродами (ЦЧ-4), а последующие - УОНИ-13/55.

Сварка специальными электродами.

Для сварки и наплавки без подогрева деталей из серого и высокопрочного чугуна применяют электроды ЦЧ-4 из проволоки Св-08 с фтористо-кальциевым покрытием, в нижнем и вертикальном положении. Применяется постоянный ток прямой полярности, можно использовать переменный ток.

Режимы сварки:

Диаметр электрода, мм	3	4	5
Ток, А	60-80	90-110	120-150

Для уменьшения напряжений наплавленный металл проковывают легкими ударами молотка. Сварку возобновляют после остывания металла до 50-60°С.

Сварка медно-железными электродами ОЗЧ-1.

Эти электроды применяют для сварки чугуна без подогрева.

Стержень электрода выполнен из меди М-2 и М-3. Электроды ОЗЧ-1 допускают сварку в нижнем и вертикальном и полупотолочном положении.

Применяют постоянный ток обратной полярности.

Режимы сварки:

Диаметр электрода, мм	3	4	5
Ток, А	90-110	120-140	160-190

Сварку ведут предельно короткой дугой, участками по 30-60 мм, проковывая каждый участок сразу же после обрыва дуги и возобновляя сварку после охлаждения до 50-60°С.

Сварка медно-никелевыми электродами МНЧ-1.

Эти электроды с фтористо-кальциевым покрытием имеют проволоку из сплава НМЖМц (монель-металл) на основе меди.

Сварку ведут так же, как и электродами ОЗЧ-1, на тех же режимах, короткими участками с проковкой шва.

ЗАДАНИЕ:

Опишите технологию и режимы сварки чугуна по одному из вариантов:

Вариант №1: Сварка стальными электродами с применением штилек.

Вариант №2: Сварка специальными электродами.

Вариант №3: Сварка медно-никелевыми электродами МНЧ-1.

Вариант №4: Сварка медно-железными электродами ОЗЧ-1.

9. Практическая работа №3 Расшифровка марок электродов для сварки цветных металлов и сплавов (2 часа).

Практическая работа №4 Произвести сварку цветных металлов в соответствии с технологией (2 часа).

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Формирование способности и готовности использовать теоретические знания для расшифровки марок электродов для сварки цветных металлов и сплавов.

2. Формирование исследовательских умений по выполнению и анализу ручной дуговой сварки цветных металлов в соответствии с технологией.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ: Справочник электрогазосварщика.

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ:

К техническим цветным металлам относятся медь и ее сплавы – латунь и бронза, алюминий и его сплавы, титан.

Особенность сварки цветных металлов обусловлена их свойствами которые необходимо учитывать при сварке.

Дуговая сварка угольным электродом (неплавящимся). Применяется для малоответственных изделий. При толщине меди до 15 мм применяют угольные электроды, при больших толщинах – графитовые.

В том и другом случае в качестве присадочного материала используют прутки из меди М□ и БрОФ6,5-0,15.

Для предохранения меди от окисления и улучшения процесса сварки применяют флюсы, которые наносят на разделку шва и на присадочные прутки. Флюс – прокаленная бура.

Присадочный материал не погружают в ванну, а держат под углом 30° к изделию на расстоянии 5-6 мм от поверхности ванны. Электрод держат под углом 75° к изделию.

Листы толщиной до 4 мм сваривают с отбортовкой кромок без присадочного металла. При толщине более 5 мм сваривают с разделкой кромок под углом 60 - 90°.

Сборка под сварку должна обеспечить минимальные зазоры (до 0,5 мм), чтобы предотвратить протекание расплавленного металла шва.

Рекомендуется использовать подкладки из графита, асбеста, керамики.

Сварка производится постоянным током прямой полярности.

Скорость сварки довольно большая и при возможности – за один проход.

Для электрода Ø 4...6 мм при толщине металла до 4 мм сила тока 140-320А, для электрода Ø более 4мм сила тока 350-500 А.

После сварки тонкие листы покрываются в холодном состоянии, а толстые (5-20 мм) – при температуре 200-400°. Подогрев до более высокой температуры не рекомендуется, так как медь становится хрупкой.

Дуговая сварка плавящимся электродом (металлическим). Подготовка кромок и обработка шва производится так же, как и при сварке угольным электродом.

При толщине металла 5-10 мм необходимы предварительный подогрев до температуры 250-300°C и X-образная разделка.

Металлические электроды изготавливают из меди марок М1 и М2, названные «Комсомолец-100». Электроды Ø3 мм применяются редко вследствие низкой механической прочности.

Электроды марки ЭТ Балтийского завода со стержнем из бронзы БрКМц3-1. Сварку ведут максимально короткой дугой.

Высокопроизводительные электроды АНЦ-1 и АНЦ-2 обеспечивают сварку без подогрева меди толщиной до 15 мм.

Используют постоянный ток обратной полярности. Максимально короткая дуга, так как увеличение дуги ведет к разбрызгиванию металла и снижает механические свойства шва.

Колебательные движения отсутствуют. Сила сварочного тока определяется по формуле $I=50dэ$.

Ручная аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом (сварка в защитных газах). Выполняется угольным или вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности.

Защитный газ – аргон, гелий.

Присадочная проволока марки М1 или БрКМц3-1.

При толщине металла более 4 мм сваривают с предварительным подогревом.

Автоматическая сварка под слоем флюса. Производится под флюсом марок ОСЦ-45, АН 348-А, АН-20. Проволока диаметром 1,6-4 мм марки М1 или БрКМц 3-1.

Сварка латуни. Латунь – это сплав меди с цинком. Сваривается теми же способами, что и медь.

Основное затруднение при сварке латуни связано с кипением и интенсивным испарением цинка, пары которого в воздухе образуют ядовитые окислы.

При *дуговой сварке* применяют присадочные прутки из латуни ЛМц 58-2 и флюс из молотого борного шлака и буры.

При *автоматической сварке* используют проволоку из меди М1 и флюса АН-348А или ОСЦ-45.

Сварка бронзы. Бронзой называется сплав меди с любым из металлов, кроме цинка. Сваривается так же, как и медь.

Сварка алюминия и его сплавов. Алюминий обладает малой плотностью, высокой тепло- и электропроводностью. Наибольшее применение получили сплавы алюминия с марганцем АМц.

Поверхность алюминия и его сплавов покрыта тугоплавкой оксидной пленкой, плавящейся при температуре 2050°С. Эта пленка очень затрудняет сплавление основного и присадочного металла. Поэтому свариваемые кромки необходимо тщательно очистить механическим или химическим способом.

Виды сварки те же, что и меди, но используются прутки с алюминиевой основой и сварочная проволока на основе алюминия (СвА97, СвАМц).

Сварка титановых сплавов. Титан обладает антикоррозийной стойкостью. Титан более активен по сравнению с алюминием к поглощению кислорода, азота, 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 и при использовании флюсов-паст, которые являются бескислородными.

Дуговая сварка титана и его сплавов покрытыми, угольными электродами и газовым пламенем не применяется. Этими видами сварки невозможно обеспечить высокое качество сварных соединений из-за слишком большой активности титана к кислороду, азоту и водороду.

ЗАДАНИЕ для практической работы №3:

- 1. Подберите и расшифруйте марки электродов для сварки меди и ее сплавов.*
- 2. Подберите и расшифруйте марки электродов для сварки алюминия и его сплавов.*
- 3. Подберите и расшифруйте марки электродов для сварки титана и его сплавов.*

ЗАДАНИЕ для практической работы №4:

Подберите и опишите технологию и режимы сварки цветных металлов и их сплавов по одному из вариантов:

Вариант №1: *Для меди и ее сплавов.*

Вариант №2: *Для алюминия и его сплавов.*

Вариант №3: *Для титана и его сплавов.*