

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Океанотехника и кораблестроение»

СВАРКА СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ

Севастополь
СевГУ
2024

УДК 621.791:629.5(076.5)
ББК 34.641:39.42-5*я73
С24

Р е ц е н з е н т :

Т.Л. Чемакина – канд. техн. наук, доцент

Составители: Г. В. Лекарев, В.В. Жибоедов

С24 Сварка судовых конструкций : методические указания к выполнению лабораторных работ / Севастопольский государственный университет, Морской институт, кафедра «Океанотехника и кораблестроение» ; сост.: Г. В. Лекарев, В. В. Жибоедов. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 22 с.: ил. – Текст : электронный.

Целью настоящих методических указаний является оказание методической помощи студентам направления подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» и специальности 26.05.01 «Проектирование кораблей, судов и объектов океанотехники» всех форм обучения при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Сварка судовых конструкций».

УДК 621.791:629.5(076.5)
ББК 34.641:39.42-5*я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Океанотехника и кораблестроение» в качестве методических указаний по дисциплине «Сварка судовых конструкций» к выполнению лабораторных работ студентами направления подготовки 26.03.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры» и специальности 26.05.01 «Проектирование кораблей, судов и объектов океанотехники» всех форм обучения, протокол № 1 от 01 марта 2024 г.

В авторской редакции

Изд. № 68/2024. Объем 1,25 п.л. Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,23.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Инструкция по технике безопасности.....	4
Введение	5
Общие указания к выполнению и оформлению лабораторных работ.....	6
Лабораторная работа № 1. Исследование дугового разряда между угольными электродами	7
Лабораторная работа № 2. Исследование дефектов сварочных швов и соединений методом технического осмотра	11
Лабораторная работа № 3. Исследование основных измерителей процесса расплавления электрода при дуговой сварке	16

Инструкция по технике безопасности

До начала работы необходимо проверить исправность электрогазосварочной аппаратуры, правильность и надежность заземления.

Для предотвращения несчастных случаев и аварийных ситуаций в сварочной лаборатории **ЗАПРЕЩАЕТСЯ**:

1. Приступать к работе без разрешения преподавателя или учебного мастера, а так же без осмотра своего рабочего места и уборки всего лишнего из под ног.
2. Подключать и отключать самим сварочные балластные реостаты.
3. Выполнять переключения схем на стендах при включённых рубильниках или не в порядке, оговоренном в методических указаниях.
4. Прикасаться к любым токоведущим элементам оборудования или приборов голыми руками.
5. Прикасаться сварочным электродом к оголенным частям тела.
6. Работать при неработающей вытяжной и приточной вентиляции.
7. Зажигать дугу или следить за ней без защитных масок или щитков с целыми светофильтрами.
8. Вести сварочные работы на расстоянии менее 15 метров от легковоспламеняющихся материалов.
9. Продолжать работу при обнаружении напряжения на корпусе оборудования, оснастки или приборов.
10. Без разрешения преподавателя или учебного мастера покидать рабочее место. Входить в рабочую зону соседних сварочных постов.
11. Категорически запрещены толчки и резкие непродуманные движения.
12. По окончании работ необходимо выключить рубильник питания сварочного балластного реостата, собрать сварочные провода и уложить их на отведенное место. Следует убрать свое рабочее место и проследить за тем, чтобы не остались тлеющие предметы.

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены по основным разделам курса "Сварка судовых конструкций" и относится непосредственно к следующим темам:

1. Изучение оборудования для газокислородной сварки и резки металлов.
2. Дефекты сварных конструкций и методы не разрушающего контроля в условиях завода строителя.
3. Исследование дугового разряда между угольными электродами, его электромагнитных свойств и строения, определение влияния на дуговой разряд источников питания, магнитных полей, ферромагнитных масс, компонентов электродных покрытий.

3. Определение экспериментальным путём основных измерителей процесса расплавления электрода и выработка навыков практического расчёта расхода электродов и норм времени для получения швов заданного сечения.

Перед выполнением лабораторных работ необходимо ознакомиться с правилами по технике безопасности при работе с открытой сварочной дугой. Согласно указаниям преподавателя необходимо произвести опыты по измерению заданных величин занести полученные данные в протокол лабораторных работ изобразить лабораторные установки, сделать вывод по работе.

Защита лабораторной работы должно сопровождаться краткими и последовательными пояснениями на вопрос заданный преподавателем. При этом пересказывать текст учебника или методических указаний не следует.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

До начала лабораторной работы студент обязан ознакомиться с содержанием работы, заготовить рабочие таблицы для занесения экспериментальных данных и уяснить себе теоретический смысл работы по конспекту лекций и рекомендованной литературе.

Отчёт по каждой работе оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД на листах формата - А4 (11) с титульным листом и необходимыми таблицами, рисунками и графиками.

Отчёт должен содержать:

- а) название работы;
- б) цель работы;
- в) схемы основного оборудования;
- г) общие теоретические сведения о рассматриваемом процессе;
- д) особенности применяемого оборудования и перечень используемых в работе материалов, инструментов;
- е) результаты расчетов (табл.);
- ж) выводы по результатам работы.

Отчёт по лабораторным работам должен включать название работы, цель, схему основного оборудования, основные теоретические сведения, формулы для расчёта, расчёт показателей и решения практических заданий предложенных преподавателем.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДУГОВОГО РАЗРЯДА МЕЖДУ УГОЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Цель работы

Исследование дугового разряда, его строение, определение влияния на дуговой разряд источников питания, магнитных полей, ферромагнитных масс, среды активных газов.

Содержание работы

Электрическая дуга между угольными графитизированными электродами отличается высокой устойчивостью. Отсутствие плавления материала электрода (катодное и анодное пятно) обеспечивает высокую термоэлектронную эмиссию на катоде, а также интенсивное испарение графита на аноде. Поэтому электрическая дуга, возбуждённая между угольными электродами. Является объектом для изучения.

При изучении дугового разряда между угольными электродами нужно:

1) Выяснить строение дуги и её форму при питании дугового разряда:

- а) постоянным током прямой полярности;
- б) постоянным током обратной полярности;
- в) переменным током.

2) Определить влияние на электрическую дугу:

- а) наличия магнитного поля;
- б) присутствия ферромагнитных масс;
- в) расположения дуги относительно изделия.

3) Выяснить особенности дугового разряда, как проводника электрического тока.

Исследовать действие среды активных газов на устойчивость дугового разряда и качество сварного шва.

Оборудование и материалы

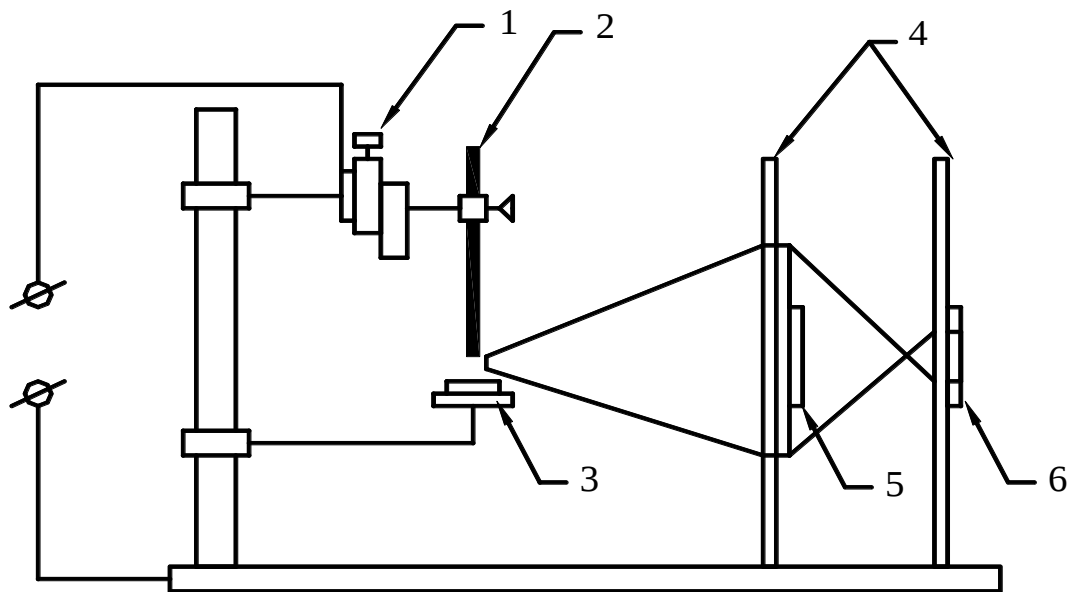
Сварочные посты постоянного (выпрямитель кремниевый ВСЖ – 303, выпрямитель для дуговой сварки ВД – 306С1, многоступенчатый выпрямитель для дуговой сварки ВДМ – 6303С) и переменного тока (трансформатор ТДМ – 250), оборудованные приборами (амперметр, вольтметр), полуавтомат дуговой

сварки ПДГ–180, штатив-электродержатель для угольных электродов, проекционная линза на кронштейне, полупрозрачный экран на кронштейне, стальные и угольные пластины, угольные электроды.

Порядок выполнения работы

Определение формы дуги и её длины до разрыва:

а) между угольными электродами и угольной пластиной возбудить электрическую дугу при подключении к ним источника питания постоянного тока так, чтобы отрицательный полюс был на верхнем электроде – прямая полярность. При помощи кронштейна с линзой спроектировать дугу на полупрозрачный экран, добиваясь чёткости изображения изменением расстояния между дугой, линзой и экраном (рис. 1).



1 – винт для растяжения дуги; 2 – угольный электрод;
3 – угольная пластина; 4 – экран; 5 – линза; 6 – темное стекло

Рис. 1. Схема установки для проектирования сварочной дуги на экран

Зарисовать внешний вид дуги, измерить длину дуги до разрыва:

б) опыт повторить на обратной полярности;

в) опыт повторить, возбуждая дугу от сварочного трансформатора (ток переменный) и выдерживая приблизительно ту же силу тока, определить максимальную длину дуги до разрыва ($L_{разр}$). Результаты опытов а), б), в) свести в таблицу 1 и проанализировать полученные данные.

Т а б л и ц а 1

Результаты опытов

Постоянный ток					Переменный ток	
Прямая полярность			Обратная полярность			
№ п/п	Внешний вид дуги	$L_{разр},$ м	Внешний вид дуги	$L_{разр},$ м	Внешний вид дуги	$L_{разр},$ м
1.						
2.						
3.						
4.						

Особенности дугового разряда, как проводника электрического тока

а) возбудить электрическую дугу на постоянном токе прямой полярности между угольным электродом и пластиной. При постоянной длине дуги изменить силу тока и отметить изменение напряжения на приборе;

б) результаты опыта свести в таблицу 2;

в) представить графически в виде кривой зависимость $U_{св}=f(I_{св})$;

г) сравнить вольтамперную характеристику дуги и обычного проводника электрического тока;

д) опыт повторить при постоянном токе обратной полярности.

Т а б л и ц а 2

Результаты опыта

	Прямая полярность			Обратная полярность		
$I_{св}, А$						
$U_{св}, В$						

Влияние магнитного поля и ферромагнитных масс на дугу:

а) определить влияние на дуговой разряд наличия магнитного поля, которое может изменить направление легкоподвижных заряженных частиц в стебле дуги;

б) проверить влияние ферромагнитных масс на отклонение электрической дуги, возбуждая дугу на постоянном токе прямой полярности в непосредственной близости к массивному железному предмету;

в) проверить отклонение электрической дуги, возбуждая дугу между угольными электродами и стальной пластиной: в центре пластины, на ребре пластины, в углу пластины;

г) сделать эскизы дуги, полученной в опытах а), б), в).

Влияние среды активных газов на качество сварного шва

При горении дуги и плавлении свариваемого и электродного металлов необходима защита сварочной ванны от воздействия атмосферных газов – кислорода и азота, так как они могут проникать в жидкий металл и ухудшать качество металла шва. Защита сварочной ванны, самой дуги и конца нагреваемого электрода кроме всего прочего может осуществляться вдуванием через сопло горелки в зону горения струи защитного газа.

В качестве защитных газов применяют инертные газы (аргон, гелий) активные газы (углекислый газ, кислород, водород) а так же их смеси. Защитные газы оказывают различное действие на металл сварочной ванны: инертные газы создают в зоне сварки газовую защиту от внешней среды – попадания молекул воздуха, а активные газы, кроме того, изменяют химический состав металла шва:

а) Произвести наплавку валика на пластину с помощью устройства для полуавтоматической сварки с механизированной подачей электродной проволоки без вдувания в зону горения струи защитного газа;

б) Произвести наплавку валика на пластину с помощью устройства для полуавтоматической сварки с механизированной подачей электродной проволоки с вдуванием в зону горения струи защитного газа;

в) Исследовать действие среды активных газов на устойчивость дугового разряда и качество сварного шва;

г) Произвести наплавку валика на пластину покрытым электродом;

д) Выполнить сравнительный анализ качества защиты сварного шва при сварке покрытым электродом и с помощью устройства для полуавтоматической сварки с механизированной подачей электродной проволоки с вдуванием в зону горения струи защитного газа.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ СВАРОЧНЫХ ШВОВ И СОЕДИНЕНИЙ МЕТОДОМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСМОТРА

Цель работы

Исследование дефектов сварных швов и соединений судовых конструкции методом технического осмотра.

Содержание работы

В процессе образования сварных соединений в металле шва и зоне термического влияния могут возникать различные отклонения от установленных норм и технических требований, приводящие к ухудшению работоспособности сварных конструкций, снижению их эксплуатационной надёжности, ухудшению внешнего вида изделия. В зависимости от причин возникновения их можно разделить на две группы.

К первой группе относятся дефекты, связанные с металлургическими и тепловыми явлениями, происходящими в процессе кристаллизации сварочной ванны.

Ко второй группе дефектов, которые называют дефектами формирования швов, относят дефекты, происхождение которых связано в основном с нарушением режима сварки, неправильной подготовкой и сборкой элементов конструкций под сварку, неисправностью оборудования, недостаточной квалификацией сварщика. К дефектам этой группы относятся – несоответствия швов расчётным размерам, непровары, подрезы, прожёги, наплывы, не заваренные кратеры и др.

При выполнении работы будем выявлять следующие из дефектов:

Наплывы образуются в результате натекания жидкого металла на поверхность холодного основного металла без сплавления с ним. Причины образования – большой сварочный ток, слишком длинная дуга, неправильный наклон электрода, большой угол наклона изделия при сварке на спуск.

Подрезы представляют собой продолговатые углубления, образовавшиеся в основном металле вдоль края шва. Причины образования – большой сварочный ток, большая длина дуги, при выполнении угловых швов – смещение электрода в сторону вертикальной стенки.

Прожёги – это сквозные отверстия в шве, образованные в результате вытекания части металла ванны. Причины образования – большой зазор между деталями, недостаточное притупление кромок, чрезмерно высокий сварочный ток, недостаточная скорость сварки, недостаточно плотное поджатие сварочной подкладки или флюсовой подушки.

Непровар – местное несплавление кромок основного металла или несплавление между собой отдельных валиков при многослойной сварке. Причины образования – плохая зачистка металла от окалины, ржавчины и загрязнений, малый зазор при сборке, большое притупление, малый угол скоса кромок, недостаточный сварочный ток, большая скорость сварки, смещение электрода от центра стыка.

Для обнаружения наружных дефектов сварных швов применим методы контроля, не требующие разрушения сварного соединения.

К ним относятся неразрушающие методы – внешний осмотр невооружённым глазом; при помощи лупы с 5-10-кратным увеличением; измерение размеров швов специальным инструментом.

При осмотре деталей проверяются правильность формы деталей и свариваемых кромок, качество обработки и зачистки свариваемых кромок, поверхностей и прилегающих к ним участков (отсутствие трещин, выхватов, ржавчины, краски, масла и др.). Установим правильность собранной конструкции, правильность свариваемых кромок, качество зачистки шва и околошовной зоны от брызг металла, шлака и окалины, обнаружение трещин, подрезов свищей, пор, бугристости, плавность перехода шва к основному металлу.

Производят контроль измерением – для определения угла и глубины разделки кромок, размера притупления, а при проверке конструкции, собранных под сварку, - для определения угла разделки кромок, зазора между деталями, правильности совмещения и величины смещения свариваемых кромок, местоположения и размеров прихваток. На рис. 1, 2, 3 показаны наиболее часто применяемые механические угломеры, щуп и универсальный шаблон для определения размеров конструктивных элементов при подготовке кромок.

При измерениях сварных швов необходимо определить высоту, ширину и катет шва, длину и шаг прерывистых швов, размеры сварных точек и шаг

точечных швов, глубину и протяжённость подрезов, глубину западаний между валиками шва, высоту бугристости и чешуйчатости.

Для определения размеров усиления и катетов швов широко используют приспособление, показанное на рис. 4.

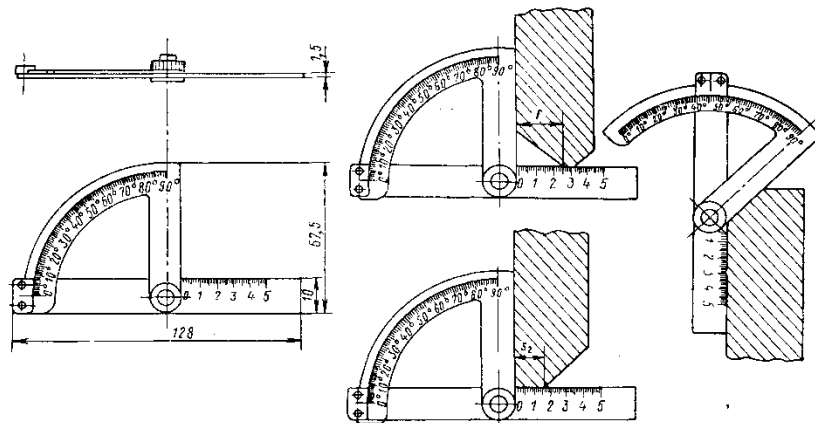


Рис. 1. Механический угломер для измерения притупления, глубины, разделки и угла скоса кромок

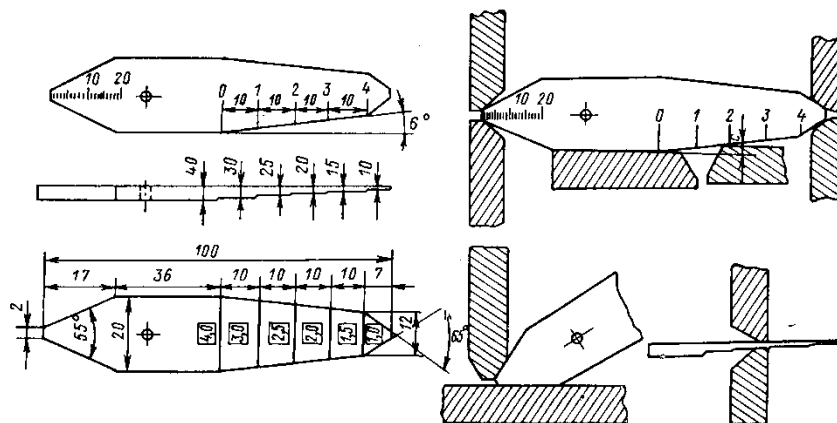
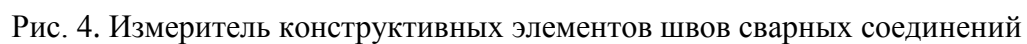


Рис. 2. Универсальный шаблон для замеров конструктивных элементов с соединений под сварку



Сварные конструкции содержащие различные дефекты, как сварных швов так и конструкции узла, железная линейка (длиной не менее 100 мм), угломер

для измерения притупления, глубины разделки и угла скоса кромок, универсальный шаблон для замеров конструктивных элементов, измеритель конструктивных элементов швов сварных соединений.

Порядок выполнения работы

Получить у преподавателя образцы сварных конструкций с различными видами дефектов, количеством не менее четырёх.

Выполнить измерения конструктивных характеристик сварочных швов, как приведено на рис. 1, 2, 3, 4.

Заполнить таблицу А.1 в приложении А, заполнив пропущенные графы измеренными величинами.

Сделать выводы по лабораторной работе.

Вопросы для проверки знаний

1. Перечислите внешние дефекты относящиеся к первой группе.
2. Перечислите внешние дефекты, относящиеся ко второй группе.
3. Дайте определение и перечислите причины образования дефекта – наплыв.
4. Дайте определение и перечислите причины образования дефекта – подрез.
5. Дайте определение и перечислите причины образования дефекта – прожог.
6. Дайте определение и перечислите причины образования дефекта – непровар.
7. Какие параметры проверяются при оценке правильности формы деталей и свариваемых кромок.
8. Какие инструменты применяются при техническом осмотре сварочных швов?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА РАСПЛАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Цель работы

Определение основных измерителей процесса расплавления электрода и выработка навыков практического расчёта расхода электродов и норм времени для получения швов заданного сечения.

Содержание работы

При выполнении расчётов расхода сварочных материалов и нормировании рабочего времени при ручной дуговой сварке используются следующие основные показатели:

1. Коэффициент расплавления α_p , показывающий количество металла электрода в граммах, расплавляемого в течении часа при силе тока в 1 А.
2. Коэффициент наплавки α_n , показывающий количество металла электрода в граммах, наплавленного на изделие в течении часа при силе тока в 1 А.
3. Коэффициент потерь на выгорание и разбрызгивание металла электрода ψ .
4. Скорость плавления электрода $v_{пл}$.
5. Коэффициент массы покрытия электрода K_n .

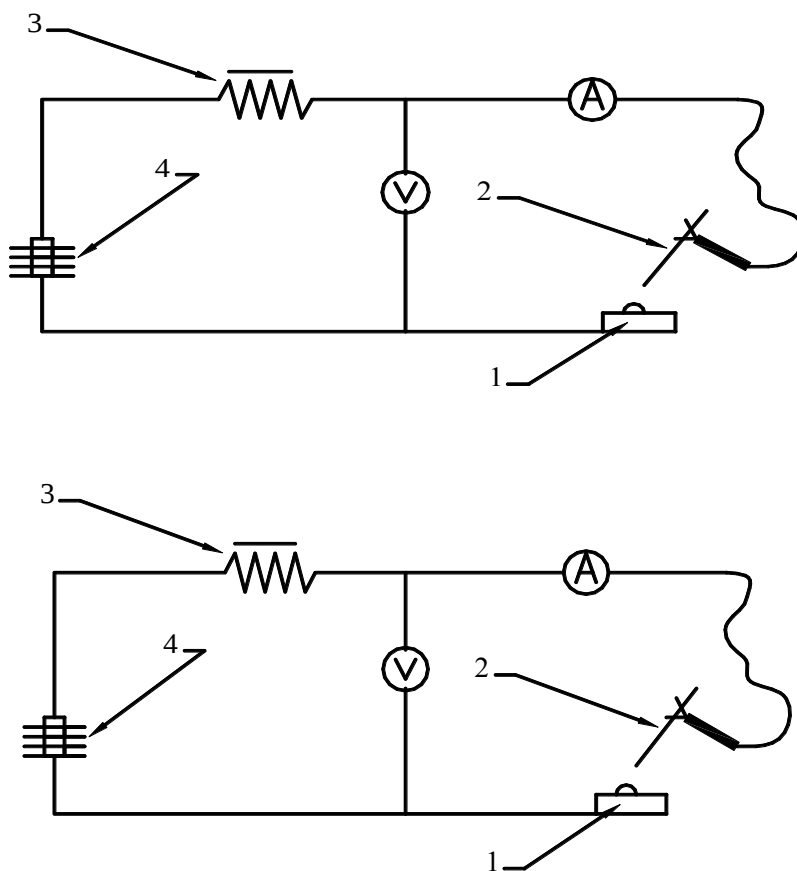
В работе необходимо рассчитывать экспериментальным путём эти показатели в зависимости от марки электрода, величины, полярности и рода сварочного тока и по имеющимся данным установить норму времени и расхода электродов для получения швов заданного сечения при известных параметрах тока.

Оборудование и материалы

Сварочные посты постоянного (выпрямитель кремниевый ВСЖ – 303, выпрямитель для дуговой сварки ВД – 306С1, многопостовой выпрямитель для дуговой сварки ВДМ – 6303С) и переменного тока (трансформатор ТДМ – 250), с измерительными приборами (амперметр и вольтметр), электроды марки УОНИ 13/45 – 6 штук, АНО – 3-4 штуки, пластины из стали СТ-3 размером 4×80×250 мм – 9 штук, щетка стальная, молоток, весы лабораторные с разновесами, линейка.

Порядок выполнения работы

1. Соединить элементы питания и измерительные приборы по схеме (рис. 1).



1 – деталь или образец; 2 – держак с электродом;
3 – балластный реостат; 4 – источник питания постоянного тока

Рис.1. Схема включения приборов

2. Взвесить пластину, на которой будет производиться наплавка, взвесить электрод УОНИ13/45 и измерить его длину.
3. Произвести наплавку валика на пластину электродом исследуемой марки при постоянном токе обратной полярности. В процессе наплавки измерять величину сварочного тока $I_{св}$, напряжение $U_{св}$ и время горения дуги t .
4. После наплавки зачистить валик от шлака и брызг до металлического блеска и взвесить пластину; замерить длину огарка электрода.
5. Опыт проделать три раза в одинаковых условиях результаты свести в таблицу 1.
6. Поменять полярность тока и повторить опыт три раза. Результаты свести в таблицу 1.

7. Прodelать опыт еще три раза с электродами марки АНО–4 на переменном токе, меняя силу сварочного тока в пределах от 110 до 200 А.

8. Рассчитать вес расплавленного G_p и наплавленного G_n металла.

9. Рассчитать значение коэффициентов α_p , α_n , ψ . Найти среднее значение этих коэффициентов для сварки на прямой и обратной полярности, сравнить эти значения с данными из справочника [4]. Построить графики зависимости этих коэффициентов от сварочного тока (для сварки на переменном токе).

10. Рассчитать значение коэффициента веса покрытия электрода K_n найти среднее значение этого коэффициента для каждой марки электродов. Сравнить эти значения с данными из справочника.

11. Рассчитать скорость плавления электрода $v_{пл}$. найти среднее значение скорости плавления для сварки на прямой и обратной полярности.

Все полученные данные занести в таблицы 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Результаты замеров

№ замера	Марка электрода и диаметр, d, мм	Род тока полярность	Режим сварки		Время расплавления, t, с	Масса электрода, G _э , г	Длина электрода		Масса пластины	
			ток, I _{св} , А	напряжение, U _{св} , В			до сварки I ₁ , м	после сварки, I ₂ м	до сварки, G ₁ , г	после сварки, G ₂ , г
1.	d3	Пост/прям.	180	35	35	60	0,45	0,07	300	343
2.	d4	Пост/прям.	190	40	65	85	0,45	0,06	300	357
3.	d5	Пост/прям.	210	45	90	90	0,45	0,08	300	377

Т а б л и ц а 2

Результаты замеров

№ замера	Масса расплавленного металла, G _p , г	Масса наплавленного металла, G _n , г	Коэф-т расплавления, α_p , г/А ч	Коэф-т наплавки, α_n , г/А ч	Коэф-т потерь на угар и разбрызгивание φ	Коэф-т веса покрытия электрода, K _n	Скорость наплавления электрода v _{пл} , м/ч
1.							
2.							
3.							

Обозначения и формулы для расчётов

В лабораторной работе приняты следующие обозначения и их единицы измерений:

$I_{св}$ - сварочный ток, А;

$U_{св}$ - напряжение сварки, В;

t - время горения дуги, с;

$G_э$ - масса электрода, г;

$G_{эп}$ - масса электродной проволоки, г;

G_1 - масса пластины до наплавки валика, г;

G_2 - масса пластины после наплавки валика, г;

G_n - масса наплавленного металла, г;

G_p - масса расплавленного металла, г;

φ - коэффициент потерь на угар и разбрызгивание;

$\gamma = 7,874 \text{ т/м}^3$ – удельная масса материала электрода;

$K_э$ - общий коэффициент перевода массы наплавленного металла при определении нормы расхода электродов;

T_0 - основное время сварки, ч;

L - длина шва, м;

d - диаметр электрода, м;

m - масса 1 пог. м. (пог. см.) электродной проволоки, г;

α_n - коэффициент наплавки, г/А ч;

α_p - коэффициент расплавления, г/А ч;

l_1 - длина электрода до сварки, м;

l_2 - длина огарка электрода после сварки, м;

K_n - коэффициент массы покрытия электрода;

$v_{пл}$ - скорость плавления электрода, м/с (см/с);

b - коэффициент, учитывающий потери в виде огарков;

F – площадь поперечного сечения шва, мм^2 .

Основные формулы для расчёта приведены ниже:

– Коэффициент расплавления электрода: $\alpha_p = \frac{G_p \cdot 3600}{I_{св} \cdot t}$

где $G_p = (l_1 - l_2) \cdot m$

– Коэффициент наплавки: $\alpha_n = \frac{G_n \cdot 3600}{I_{св} \cdot t}$

где $G_n = (G_2 - G_1)$

– Коэффициент потерь на угар и разбрызгивание: $\varphi = G_p / G_n$

– Проверка правильности расчёта коэффициентов: $\alpha_p = \varphi \cdot \alpha_n$

– Коэффициент массы покрытия: $K_n = G_{\text{э}} / G_{\text{эп}}$

где $G_{\text{эп}} = m \cdot l_1$

– Скорость плавления электрода: $v_{пл} = \frac{l_1 - l_2}{t}$

– Расход электродов на 1 пог. м. шва: $G = K_{\text{э}} \cdot G_n = K_{\text{э}} \cdot F \cdot \gamma$, г.

где $K_{\text{э}} = \psi \cdot K_n \cdot b$, здесь $b = l_1 / l_2$

– Основное время сварки: $T_0 = \frac{G_n}{\alpha_n \cdot I_{св}} = \frac{F \cdot \gamma \cdot L}{\alpha_n \cdot I_{св}}$, ч

или $T_0 = \frac{F \cdot \gamma \cdot L}{\alpha_n \cdot I_{св}} \cdot 60$, мин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы сварки судовых конструкций / Андреев С.Б. [и др.] – СПб.: Судостроение, 2006. – 552 с.
2. Сварка судовых конструкций / Бельчук Г.А. [и др.] – Л., 1980. - С. 42 - 49.
3. Методические указания к лабораторным работам по курсу: Сварка судовых конструкций / Под ред. проф. Г.А. Бельчука – Л., ЛКИ, 1973. – 23 с.
4. Лабораторные работы по сварке / Под ред. академика Г.А. Николаева – М., 1971. - С. 5 - 15.
5. Ерохин А. А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности / А. А. Ерохин – М.: Машиностроение, 1973. – 447 с.
6. Дрейзеншток З. Б. Справочник сварщика-судостроителя / З. Б. Дрейзеншток, Н. Л. Лушков. – Л., 1977. – С. 318 – 321.
7. Дрейзеншток З. Б. Сварка в судостроении / З. Б. Дрейзеншток – Л.: Судостроение, 1983. – 192 с.