

Проект «Инженерные кадры Зауралья»

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Инноватика и менеджмент качества»
Секция «Технология и автоматизация сварочного производства»

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 150202.65
и направления подготовки 150707.62

Курган 2013

Кафедра: «Инноватика и менеджмент качества»

Секция: «Технология и автоматизация сварочного производства»

Дисциплина: «Методология научных исследований» (специальность 150202.65, направление 150707.62)

Составил: канд. техн. наук, доц. Т.П. Сорогина

Утверждены на заседании кафедры

«28» августа 2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета в рамках проекта
«Инженерные кадры Зауралья» «22» ноября 2013 г.

Общие сведения

Освоение основ научных исследований и техники экспериментов имеет важное теоретическое и практическое значение в подготовке качества современных инженеров.

Этим целям в определенной мере отвечает цикл лабораторных работ, относящихся к курсу «Методология научных исследований». Выполнение этих работ будет способствовать получению практических навыков по использованию современных приборов, оборудования и методик для исследования сварочных процессов, а также обработке и анализу результатов эксперимента.

Каждую лабораторную работу или основные ее элементы рекомендуется выполнять звеном из 3-4 человек. Получив задание, звено изучает задачи и порядок выполнения работы, планирует и оснащает эксперимент, проводит экспериментальные исследования и обрабатывает их результаты. К практической части работы звено допускается после контрольного опроса. При опросе обращается внимание на эффективность выбранного метода исследования и средств оснащения эксперимента. После выполнения каждой работы особое внимание уделяется правильности проведенного анализа результатов эксперимента и практических выводов.

Указания по технике безопасности

Перед каждой лабораторной работой студенты проходят инструктаж по технике безопасности. Допуск к работе осуществляется после контрольного опроса по правилам техники безопасности и росписи в журнале.

Во время работы могут быть получены травмы, связанные с поражением электрическим током; ожогами световым излучением дуги; брызгами расплавленного металла и шлака; отравлениями продуктами горения сварочной дуги. Поэтому НЕОБХОДИМО соблюдать следующие требования:

1 Проверить наличие заземления установок, индивидуальных средств защиты, вентиляции. Самостоятельно не включать сеть и не начинать работу без разрешения преподавателя.

2 Сборку измерительных схем осуществлять при отключенном сетевом рубильнике. Присоединение проводов к силовому щиту выполнять в последнюю очередь.

3 Перед включением сетевого рубильника и пуском установок предупредить об этом всех участников опыта.

4 Для выполнения каких-либо изменений в схеме измерений отключить сеть. Повторное включение сети проводить только с разрешения преподавателя.

5 Не прикасаться руками к токоведущим частям установок. Применять индивидуальные средства защиты.

6 При неполадках установок и измерительных схем отключить сеть и сообщить преподавателю.

7 После окончания опыта отключить силовое питание установок и вентиляции и убрать рабочее место.

Содержание отчета

Структура отчета:

1 Название и цель работы.

2 Порядок ее выполнения.

3 Описание выбранного метода и схемы измерений.

4 Наименование и паспортные данные измерительных приборов (класс точности, заводской номер, цена делений и диапазон измерений).

5 Таблицы наблюдений, выполненные расчеты, графики, а также метод обработки полученных результатов.

6 Анализ результатов эксперимента, выводы и практические рекомендации.

ЛАБАРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИЗМЕРЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ СВАРКЕ (НАПЛАВКЕ) – 4 часа

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- 1.1 Изучить способы и приборы для измерения электрических параметров при сварке.
- 1.2 Установить взаимосвязь измеряемых параметров.

2 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Любое измерение является частью научно-исследовательской работы, основой для получения технической информации. В этой связи нужна его тщательная подготовка и проведение.

Прежде всего, необходимо установить, какие параметры должны быть измерены и их возможные максимальные значения. На основании этого анализа выбирают способ измерения, составляют схему измерений и выполняют приближенный расчет входящих в нее элементов: пределы измерений, добавочные сопротивления, цены деления шкал, погрешности измерительных приборов, а также трансформаторов тока, напряжений, наружных шунтов, измерительных проводов.

При сборке схемы измерений необходимо обращать внимание на правильность подключения электроизмерительных приборов и их принадлежностей, надежность соединений, соблюдать правила обращения с приборами и технику безопасности.

На этапе подготовки измерений заготавливают таблицы наблюдений. При экспериментах с большим количеством операций и измеряемых величин рекомендуется составлять памятку – план по их проведению.

Каждое звено студентов выбирает схему и способ измерения. Примеры таких способов представлены на рисунке 1.

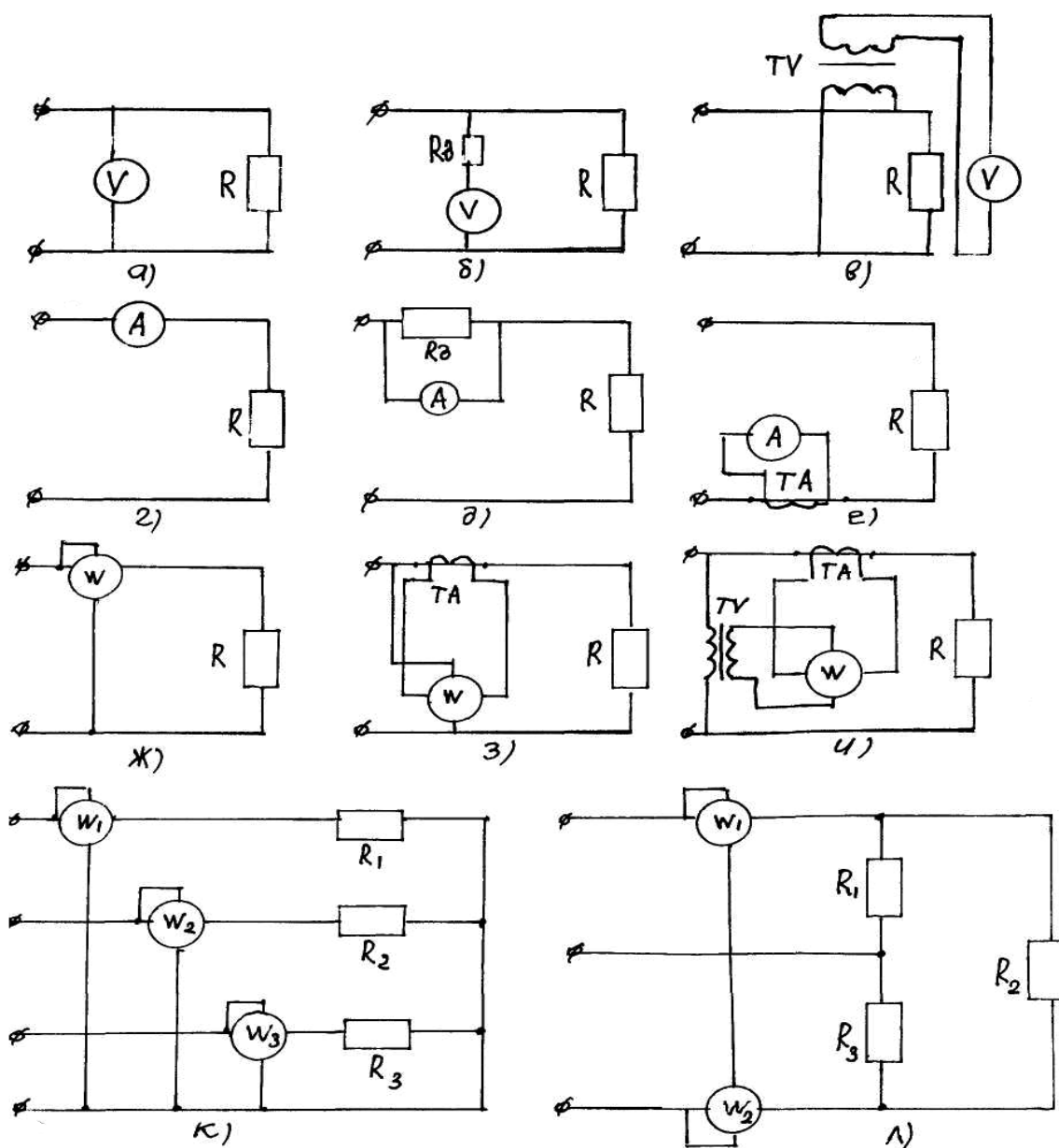
Для измерения напряжений (рисунок 1 *а*) в цепях постоянного тока используют приборы магнитоэлектрической системы, которые обычно применяют для переменного тока. Для расширения диапазонов измерений применяют добавочные сопротивления, трансформаторы напряжений (рисунок 1 *б, в*).

Измерение токов (рисунок 1 *г*) в цепях переменного тока выполняют приборами электромагнитной, электродинамической и ферродинамической систем. При постоянном токе используют приборы магнитоэлектрической системы. Для расширения диапазона измерений применяют шунты и трансформаторы тока (рисунок 1 *д, е*).

Измерение мощности в цепях постоянного тока выполняют косвенным методом. Измерив величину тока и напряжения, рассчитывают мощность как произведение этих величин.

В цепях переменного тока измерение мощности ваттметром (рисунок 1 ж) возможно только при токах менее 5 А и напряжении до 150 В. При больших нагрузках используют трансформаторы токов и напряжений (рисунок 1 з, л).

Активную мощность в трехфазных цепях с нулевым проводом измеряют как сумму мощностей в фазах. При несимметричной нагрузке в цепях без нулевого провода применяют метод двух ваттметров (рисунок 1 л). В этом случае общая мощность цепи равна сумме показаний приборов.



а, б, в – напряжений; г, д, е – токов; мощности в однофазных – ж, з, и и трехфазных – к, л цепях (R_d – добавочные сопротивления и наружные шунты, R – сопротивление сварочной дуги).

Рисунок 1– Способы и схемы измерения электрических параметров при сварке

3 ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

- 3.1 Пост для ручной дуговой сварки на постоянном или переменном токе.
- 3.2 Комплект измерительных приборов и принадлежностей к ним.
- 3.3 Пластины 400 · 200 · 5...10 мм из малоуглеродистой стали.
- 3.4 Электроды диаметром 3...5 мм (тип Э42 и др.).
- 3.5 Техническая документация на источник питания и паспортные данные на измерительные приборы и электроды.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 4.1 Изучить и кратко записать порядок подготовки и проведения опыта.
- 4.2 Получить задание от преподавателя.
- 4.3 Выбрать способ и схему измерений, провести необходимые расчеты по выбору элементов схемы.
- 4.4 Собрать измерительный стенд и выполнить сварку на разных режимах, измеряя заданные параметры.
- 4.5 Установить графические зависимости сварочного тока от напряжения на дуге, падение напряжений на балластном реостате в зависимости от сварочного тока и т.д.
- 4.6 Провести анализ полученных результатов и сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕТАЛЛА ШВА И ЕГО СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ

Целью работы является ознакомление с методикой расчета химического состава металла шва и определение его механических свойств.

1 Оборудование и материалы

1.1 Сварные образцы.

Форма шва и его размеры (рисунок 2) при дуговой сварке характеризуются глубиной провара H_{np} , шириной шва b , усилением g , толщиной шва H , коэффициентом формы усиления $\varphi_B = \frac{l}{g}$, и коэффициентом формы провара $\varphi_{np} = \frac{l}{H_{np}}$.

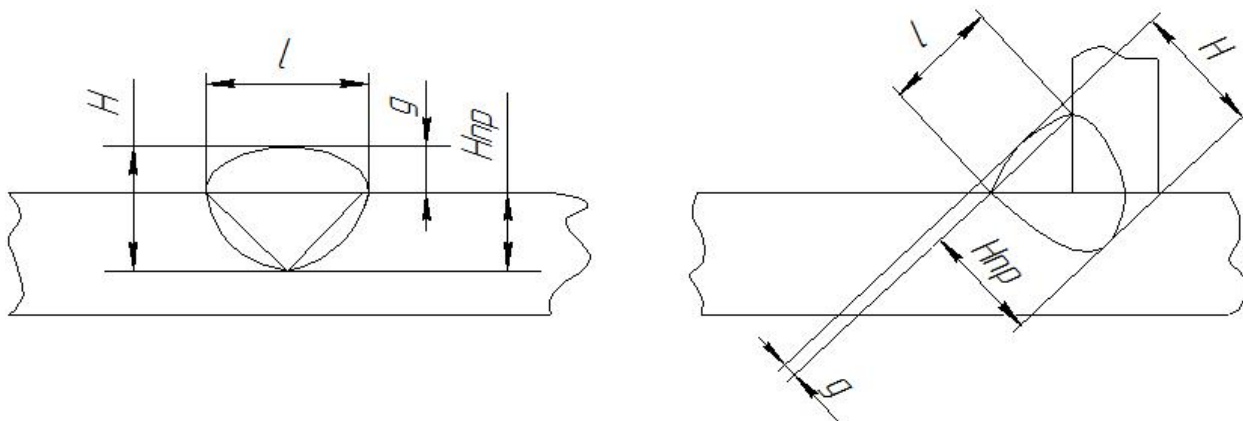


Рисунок 2 – Параметры геометрии стыкового и углового швов

От формы шва и его размеров в значительной степени зависит его стойкость против образования кристаллизационных трещин, плавность перехода от основного металла к металлу шва, образование дефектов формирования шва (непровары, подрезы, наплывы и др.)

Форма и размеры шва не зависят от вида соединения, а, в основном, определяются режимом сварки. Режимом сварки называют совокупность факторов, определяющих условия протекания процесса сварки. Сами факторы называют элементами режима сварки.

Элементы режима сварки можно разделить на основные и второстепенные. К основным элементам режима при дуговой сварке относят: ток в А, род и полярность тока, сечение электрода в мм², напряжение в В, скорость сварки в м/ч и при ручной дуговой сварке – величина поперечного перемещения конца электрода в мм.

К второстепенным элементам режима при всех способах дуговой сварки относят: величину вылета электрода в мм, состав и строение флюса или состав

и толщину покрытия, начальную температуру основного металла, положение электрода в пространстве (вертикальное, наклонное) и положение изделия при сварке.

Рассмотрим влияние некоторых элементов режима сварки на изменение формы, размеров и состава шва.

1) сварочный ток.

Увеличение сварочного тока приводит к увеличению эффективной тепловой мощности дуги q , вследствие чего увеличивается глубина проплавления, количество расплавленного основного металла и электродного металла. Расплавление основного металла идет более интенсивно. В результате этого доля основного металла в металле шва увеличивается. Доля электродного металла в металле шва – это отношение площади наплавленного металла ($F_{эл.}$) к сумме площадей проплавленного и наплавленного металла ($F_{пр.} + F_{эл.}$), т.е.

$$\gamma_{эл.} = \frac{F_{эл.}}{F_{пр.} + F_{эл.}} \quad (1)$$

2) напряжение на дуге.

Изменение напряжения на дуге вызывает незначительное изменение глубины провара и значительное изменение ширины шва. Увеличение напряжения приводит к уменьшению доли электродного металла в мм. Уменьшение напряжения к увеличению доли электродного металла в металле шва.

3) род и полярность тока.

При сварке постоянным током обратной полярности глубина проплавления на 40-50% больше, чем при сварке на прямой полярности. При сварке переменным током глубина проплавления на 15-20% ниже, чем при сварке постоянным током обратной полярности. Ширина шва при сварке током на прямой полярности уменьшается по сравнению со сваркой постоянным током на обратной полярности, также и по сравнению со сваркой переменным током. Доля электродного металла в металле шва при сварке током обратной полярности ниже, чем при сварке на прямой полярности и при сварке переменным током на тех же режимах, что и в первом случае.

4) скорость сварки.

При изменении скорости сварки глубина провара изменяется незначительно.

Ширина шва при увеличении скорости сварки уменьшается, а при уменьшении скорости сварки ширина шва увеличивается.

2 Расчет химического состава металла шва

Зная доли основного и электродного металла в металле шва при сварке под флюсом и учитывая взаимодействие металла сварочной ванны с газовой фазой и шлаком, можно определить расчетный химический состав металла шва.

Содержание элементов в металле шва определяется по формуле:

$$[R_{ш}] = \gamma_{эл.}[R_{эл.}] + (1 - \gamma_{эл.})[R_0] \pm \Delta R, \quad (2)$$

где $[R_{ш}]$ – расчетное содержание элемента в металле шва, в %;

$[R_0]$ – аналитическое содержание элемента в основном металле, в %;

$[R_{эл.}]$ – аналитическое содержание элемента в электродной проволоке, в %;

$\gamma_{эл.}$ – доля электродного металла в металле шва;

ΔR – коэффициент усвоения, определяющий переход данного элемента из составляющих флюса в металл шва (+), или из металла шва в окружающую среду или шлак (-).

Значения величин $[R_0]$, $[R_{эл.}]$ и ΔR приведены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1 – Химический состав стали $[R_0]$

Марка стали	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
ВСт 3сп	0.14-0.22	0.40-0.65	0.12-0.30	≤ 0.04	≤ 0.05	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.08
20Г	0.17-0.24	0.70-1.00	0.17-0.37	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.25	≤ 0.25	-	-
09Г2С	≤ 0.12	1.30-1.70	0.50-0.80	≤ 0.035	≤ 0.040	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.30	-
15ХСНД	0.12-0.18	0.40-0.70	0.40-0.70	≤ 0.35	≤ 0.040	0.60-0.90	0.30-0.60	0.20-0.40	-

Таблица 2 – Химический состав сварочной проволоки $[R_{эл.}]$

Марка проволоки	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Mo
Св - 08	≤ 0.10	0.35-0.60	≤ 0.03	≤ 0.15	≤ 0.30	≤ 0.040	≤ 0.040	-
Св - 10ГА	≤ 0.12	1.10-1.40	≤ 0.03	≤ 0.20	≤ 0.30	≤ 0.025	≤ 0.030	-
Св-10НМА	0.07-0.12	0.40-0.70	0.12-0.35	≤ 0.20	1.00-1.50	≤ 0.025	≤ 0.020	0.40-0.55

Таблица 3 – Значения коэффициентов усвоения при сварке под флюсом
АН – 348А [ΔR]

Значение, в %			
ΔMn	ΔSi	ΔS	ΔP
+(0.17-0.16)	+(0.12-0.13)	-(0.03-0.35)	+0.08

3 Методика определения механических свойств

Многочисленными экспериментами установлено, что в довольно широком диапазоне легирование различными элементами вызывает изменение механических свойств металла шва пропорционально концентрации легирующих элементов и что при комплексном их легировании действие всех элементов подчиняется закону аддитивности. На основании экспериментальных данных составлены эмпирические формулы для определения ожидаемых механических характеристик металла сварных легированных швов в следующем виде:

для предела прочности шва, кгс/мм²

$$G_{в.ш.} = 48 + 50C + 25.2Mn + 17.5Si + 23.9Cr + 7.7Ni + 70Ti + 8W + 17.6Cu + 29Al + 16.8Mo, \quad (3)$$

для относительного удлинения металла шва, %

$$\delta_{ш.} = 50.4 - [21.8C + 15Mn + 49Si + 2.4Ni + 5.8Cr + 6.2Cu + 2.2W + 6.6Ti] + 17.1Al + 2.7Mo, \quad (4)$$

для ударной вязкости шва при $T=20^0C$, кгс/см²

$$a_{н.ш.} = 23,3 - [25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 4Cu + 0,5W + 1,4Mo + 2,4Cr + 1,6Ni + 15,4Ti] + 18Al, \quad (5)$$

для предела текучести шва, кгс/мм²

$$G_{т.ш.} = 0.73 G_{в.ш.}, \quad (6)$$

для относительного поперечного сужения

$$\psi_{ш.} = 2.32\delta_{ш.} \quad (7)$$

Эти формулы справедливы при условии, что суммарная концентрация всех легирующих элементов не превышает 5% и скорость охлаждения металла шва не превышает 2° С/с.

4 Методика выполнения работы

1 С помощью штангенциркуля и линейки измерить глубину провара H_{np} , ширину e и усиление g валика на сварных образцах.

2 Определить площадь наплавленного (электродного) металла $F_{эл}$, площадь провара F_{np} по формулам

$$F_{эл} = 0.73 \cdot e \cdot g \quad (8)$$

$$F_{np} = 0.73 \cdot H_{np} \cdot e \quad (9)$$

и долю электродного металла в металле шва $\varphi_{эл}$. По полученным результатам построить графики измерения H_{np} , l , g и $\varphi_{эл} = f(V_{св})$.

3 С учетом практической идентичности теплофизических свойств низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей рассчитать химический состав и определить ожидаемые механические свойства металла шва, используя данные таблиц 1 и 2 в комбинации марок основного и электродного металлов по заданию преподавателя.

4 В выводах оценить равнопрочность основного металла и металла шва, соответствия их остальных механических характеристик, используя данные таблицы 4.

Таблица 4 – Механические свойства сталей

Марка стали	МПа	δ , %	a_n , $\frac{кг \cdot м}{см^2}$	МПа	φ , %
ВСт 3сп	380-490	26	7	250	-
20Г	420	25	-	250	55
15ХСНД	490	21	8.1	340	-
09Г2С	461-490	21	6.4	324	55

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ПРИ СВАРКЕ

1 Цель работы

Исследование процесса распада аустенита в металле шва и околошовной зоне при сварке.

2 Содержание работы

При сварке металл шва и некоторая часть основного металла около шва достигает температуры, превышающей критические точки A_{c1} и A_{c3} . Металл этой части сварного соединения переходит в аустенитное состояние. При охлаждении ниже температуры происходит распад аустенита. Так как термический цикл нагрева и охлаждения в каждой точке сварного соединения не одинаков, то и процесс распада аустенита в соответствующих точках имеет свой отличительный характер. В зависимости от максимальной температуры нагрева, продолжительности пребывания в аустенитном состоянии, скорости охлаждения при температуре минимальной устойчивости аустенита образуются различные по структуре и дисперсности продукты распада его. При скоростях охлаждения в интервале температур минимальной устойчивости аустенита, меньших критической скорости закалки (V_k) продуктами превращения аустенита будут перлитные структуры, а при скоростях охлаждения больших V_k продуктами превращения будет мартенсит.

Температура минимальной устойчивости аустенита и продукты его распада в изотермических условиях определяются из С-образной диаграммы превращения аустенита для данной марки стали.

В условиях сварки положение С-образных кривых и температуры мартенситного превращения зависит от степени растворения легирующих элементов в аустените и интенсивности роста зерна. Поэтому изменение параметров термического цикла (T_{max} , t_h , $V_{охл}$), зависящих в свою очередь от значения погонной энергии при сварке, может вызвать резкое изменение характера распада аустенита в сварном соединении.

Исследование распада аустенита в металле шва и околошовной зоне при сварке дает возможность судить о процессах образования холодных трещин, а также руководствоваться в выборе оптимальных режимов сварки.

Метод исследования распада аустенита при сварке основан на определении изменений магнитной проводимости сварного соединения в процессе превращения $\gamma \rightarrow \alpha$ и образования структур на основе α железа (П; С; Т; М). Магнитная проводимость зависит от интенсивности процесса превращения аустенита и количества α фазы.

Могут встретиться три различных случая распада аустенита (рисунки 3, 4, 5).

1 Во всем объеме аустенизированной части сварного соединения распад аустенита сопровождается образованием перлитных структур. В этом случае

имеется один пик кривой магнитной проводимости, лежащей в районе температур минимальной устойчивости аустенита (рисунок 3).

2 Во всем объеме аустенизированной части сварного соединения распад аустенита сопровождается образованием мартенсита. В этом случае имеется один пик кривой магнитной проводимости, лежащей в диапазоне температур между началом и концом мартенситного превращения (рисунок 4).

3 Часть объема сварного соединения, перешедшего в аустенитное состояние, претерпевает перлитное превращение, другая часть – мартенситное. Кривая магнитной проводимости будет иметь два пика, отражающих случай 1 и 2-й (рисунок 5).

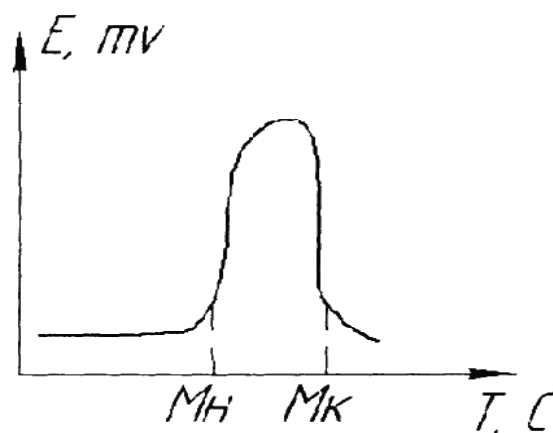
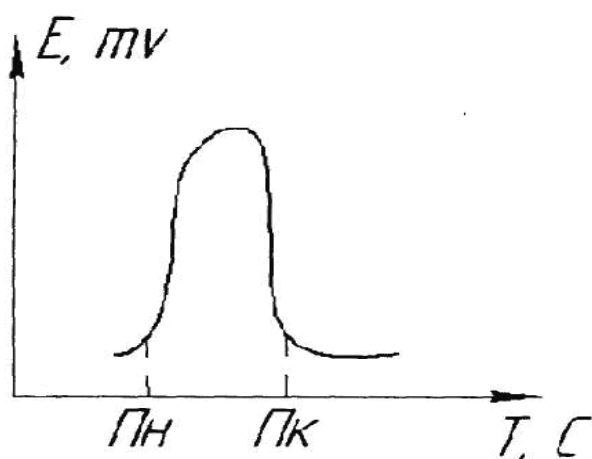


Рисунок – 3 Перлитное превращение

Рисунок – 4 Мартенситное превращение

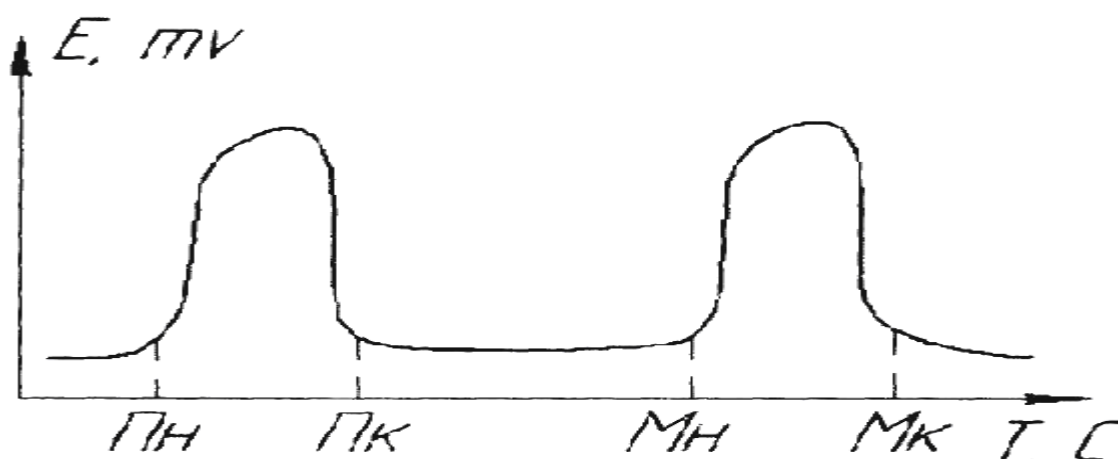


Рисунок – 5 Смешанное превращение

3 Оборудование и материалы

- 3.1 Источник питания сварочной дуги.
- 3.2 Установка для измерения ЭДС и температуры в процессе сварки.
- 3.3 Милливольтметры для замера ЭДС и температуры.
- 3.4 Стальная пластина с V-образной разделкой под сварку.
- 3.5 Аккумулятор, амперметр и реостат для создания постоянного магнитного поля в витках трансформатора.

4 Порядок выполнения работы

- 4.1 Собрать установку согласно схемы (рисунок 6).
- 4.2 Ознакомиться с приборами для измерения ЭДС и температуры.
- 4.3 Установить порядок включения и выключения установки.
- 4.4 Подготовить образцы и установить термопару.
- 4.5 Установить в прибор образцы и произвести сварку на определенном режиме.
- 4.6 Произвести запись ЭДС, температуры и свести данные в таблицу.

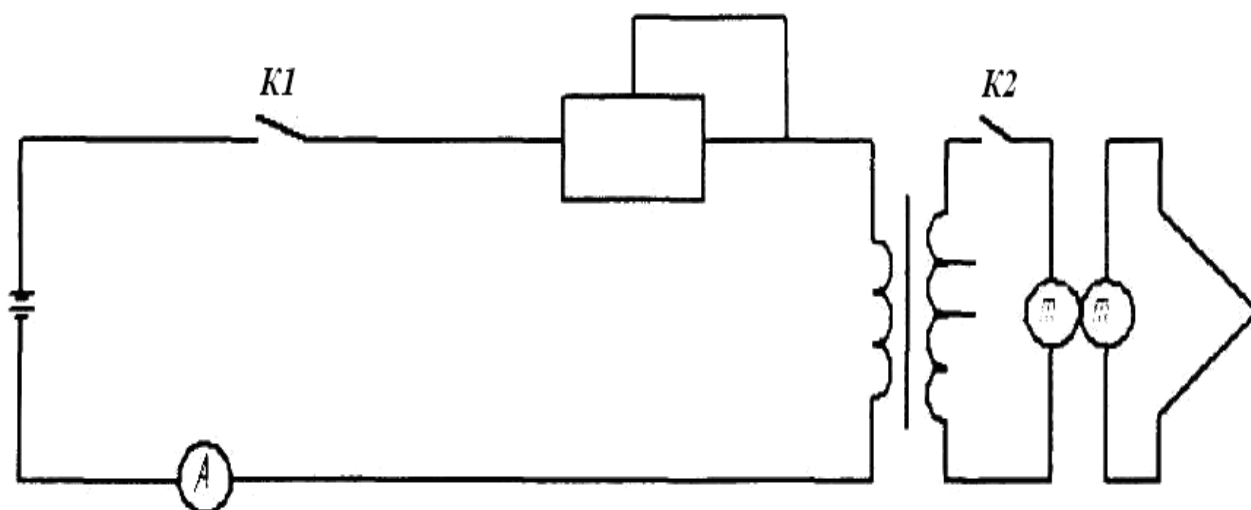


Рисунок 6 – Схема опыта

5 Содержание отчета

- 5.1 На основании полученных данных построить график зависимости $E=f(T)$.
- 5.2 Произвести анализ полученного графика, определить характер распада аустенита и продукты распада.
- 5.3 Сделать выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1 Цель работы

Изучить методику приготовления макро- и микрошлифов для выявления структуры сварных соединений из разнородных материалов.
Изучить структуру отдельных участков сварного соединения при различных методах сварки.

2 Содержание работы

При сварке методами плавления сварной шов образуется из электродного и присадочного металла, а также за счет расплавления основного металла. Следовательно, химический состав шва будет определяться составом наплавленного электродного (присадочного) и расплавленного основного металла. При этом химический состав отдельных участков шва, расположенных на различных расстояниях от линии сплавления, может отличаться.

В свою очередь, химический состав шва оказывает влияние на характер структур, а также на механические и другие свойства наплавленного металла. Но структура и свойства шва зависят во многом и от его скорости охлаждения. Изменение скоростей охлаждения может достигаться за счет изменения погонной энергии сварки или путем предварительного подогрева и охлаждения свариваемых планок. Меняется скорость охлаждения и при сварке различными способами. Вместе с тем меняется структура шва и его свойства.

При сварке плавлением сварной шов имеет литую структуру с ярко выраженным столбчатым строением. В центре и у поверхности шва зерна имеют равноосную форму. Столбчатые кристаллиты состоят из отдельных групп дендритов.

Назначение и проведение макроанализа

При макроанализе производится исследование строения металла (макроструктуры) невооруженным глазом или через лупу при небольших увеличениях
(x 30).

Макроструктурный метод исследования сварных соединений разделяют на два вида:

- изучение макрошлифов;
- изучение изломов.

Исследование макрошлифов заключается в следующем:

- а) приготовление шлифов;
- б) травление шлифов;

в) изучение (просмотр) структуры и дефектов макрошлифов.

Часто на этих шлифах производится замер твердости различных участков сварного соединения.

Макроанализ позволяет определить в металле сварного соединения величину, форму и расположение зерен, дендритность или волокнистость строения, различные дефекты: трещины, газовые поры, шлаковые включения и т.д., параметры шва и зоны термического влияния.

Исследование макрошлифов

Исследование макрошлифа начинается еще до травления, когда в первом приближении можно отметить все особенности и некоторые дефекты сварного соединения. Затем производят травление образца раствором азотной кислоты для получения общей картины.

Макроструктура шва при сварке плавлением до некоторой степени похожа на структуру отливки в изложницу. Структура шва крупно-зернистая литая. Каждый наплавленный валик (как бы отдельный слиток) состоит из столбчатых кристаллов, которые растут перпендикулярно линии сплавления. В центре и у поверхности шва зерна имеют равноосную форму. Структура однослойных швов всегда бывает значительно более мелкозернистой, чем структура стального литья.

После травления азотной кислотой места на шлифе, имеющие темный цвет, указывают на повышенное содержание углерода (и примесей) или на закалку. Места очень светлого цвета указывают обычно на обезуглероживание.

Зона термического влияния лучше протравливается у сталей с большим содержанием углерода.

Наружная часть зоны имеет мелкое зерно. У линии сплавления, где основной металл нагревается до максимальной температуры близкой к температуре плавления, зерно наиболее крупное. Размеры зоны термического влияния зависят от свойств основного металла (химсостав, структура, первоначальная температура) и от местного тепловложения в шов, т.е. от способа и режима сварки.

По макроструктуре можно определить глубину и форму провара, ширину и очертания зоны термического влияния. На макрошлифе производится замер основных параметров шва и зоны термического влияния. Макрошлиф позволяет подвергнуть тщательному изучению макродефекты шва. При изучении обращается внимание на форму, размеры и расположение дефектов, а также выясняются причины их образования.

Фотографирование макрошлифов производится при небольших увеличениях сразу же после травления, чтобы поверхность шлифа не успела окислиться.

Макроисследование изломов

Макроисследование изломов производится невооруженным глазом или с помощью лупы в следующих случаях:

а) при предварительных опытах для разработки новой технологии сварки;

б) при механических испытаниях сварных соединений с целью оценки поведения металла при разрушении;

в) при аварийных изломах сварных деталей.

Излом при исследовании должен быть чистым и неповрежденным (лучше, если он будет свежим). Исследоваться должны обе стороны излома одновременно.

Излом позволяет установить:

а) наличие внутренних дефектов; б) величину и ориентировку зерна; в) характер разрушения металла (хрупкое или вязкое); г) место и направление излома и т.д.

В сварных соединениях излом может идти по критическому сечению шва или по шву со смещением к одной из кромок детали, а иногда с вырывом основного металла.

Излом может быть хрупким (кристаллическим, зернистым), или вязким (волокнистым). Хрупкий излом происходит без значительной предварительной пластической деформации. По нему легко изучать строение металла (форму и размер зерна). Хрупкий кристаллический излом бывает межкристаллическим (интеркристаллическим) и транскристаллическим.

Вязкому волокнистому излому предшествует пластическая деформация металла, которая искажает действительную форму и размер зерна. На свежем изломе хорошо наблюдаются слоистость столбчатость, зоны крупного и мелкого зерна, а также различные дефекты: трещины, непровары, включения и т.п.

Назначение и проведение микроанализа

Микроанализ – исследование структуры и дефектов металла с помощью микроскопа (при увеличениях в 50-2000 раз). Наблюдаемая при этом структура называется микроструктурой.

При помощи микроструктуры можно установить:

1) форму и размеры кристаллических зерен;

2) изменения внутреннего строения сплава, происходящее под влиянием различных режимов термической и химикотермической обработки, а также после внешнего механического воздействия;

3) неметаллические включения – сульфиды, оксиды и т.д.;

4) дефекты металла – микротрещины, поры и т.п.;

5) химический состав некоторых структурных составляющих по их характерной форме и характерному окрашиванию специальными реактивами и в некоторых случаях приблизительно химсостав изучаемого сплава.

Микроанализ состоит из следующих этапов:

а) приготовления шлифов;

б) травление шлифов;

в) исследование структуры под микроскопом.

Травление производят путем погружения образца в реактив или нанесения реактива (с помощью капельницы или ватки на стеклянной палочке) на поверхность шлифа. Время травления определяется маркой сплава и его структурой. Обычно достаточна выдержка в несколько секунд. После травления микрошлиф промывают водой, спиртом и быстро просушивают с помощью фильтровальной бумаги или ваты. Затем шлиф помещают в сушильный шкаф.

Если после травления структура оказывается недостаточно выявленной (шлиф недотравлен), то производят повторное травление. Если структура получилась излишне темной и плохо различимой (шлиф перетравлен), то необходимо повторное полирование шлифа и новое травление с меньшей выдержкой или более слабым реактивом.

Исследование структуры под микроскопом

Между структурой сварного соединения и многими его свойствами имеется вполне определенная качественная зависимость. В ряде случаев микроанализ позволяет понять и объяснить получающиеся свойства сварного соединения при различных условиях сварки.

Исследование начинается с рассмотрения под микроскопом нетравленного шлифа, т.е. непосредственно после полирования. Под микроскопом наблюдается светлый фон, на котором могут наблюдаться включения различной окраски (неметаллические включения). Затем производится травление шлифа и исследуется структура.

Первоначально знакомятся с общей картиной структурных составляющих в сварном соединении, а также структурой неизменного основного металла. Затем, в зависимости от целей исследования, производится подробное изучение структуры, описание ее, зарисовка или фотографирование.

Исследование микроструктуры сварных соединений имеет ряд особенностей, которые определяются следующими:

1) структура сварного соединения отличается мелкостью и разнообразием в пределах одного и того же микрошлифа;

2) из-за быстрого остывания соединения в большинстве случаев имеет место неравновесный характер структур (дендритная ликвация и лишние фазы);

3) сварка сопровождается дополнительным химическим влиянием (воздух, присадочные материалы, подгорание подкладок, обгорание неплавящихся электродов и т.д.), что может привести к появлению необычных фаз (аустенит, нитриды, включения меди, вольфрамы и др.);

4) сварка давлением с нагревом может вызывать механическое разделение тугоплавких и легкоплавких фаз.

Все эти обстоятельства затрудняют исследование структуры сварных соединений и требуют более тщательного проведения анализа.

Структура зоны термического влияния при сварке малоуглеродистых сталей

Основной металл вблизи шва нагревается в процессе сварки до высоких температур. При этом в металле происходят структурные изменения и соответственно меняются его механические свойства. Эта часть основного металла называется зоной термического влияния (З.Т.В.)

Структурные изменения различных участков зоны определяются максимальной температурой нагрева данной точки металла, временем выдержки при этой температуре и скоростью охлаждения. Указанные факторы, в свою очередь зависят от материала и размеров конструкции, а также от способа и условий сварки, фактически эти же параметры влияют на размеры З.Т.В.

При сварке малоуглеродистых сталей в З.Т.В. различают следующие участки в зависимости от температуры нагрева: неполного расплавления, перегрева, нормализации, неполной кристаллизации, рекристаллизации и синеломкости.

1 Участок неполного расплавления

Металл участка нагревается до температур начала и конца плавления. Участок является переходным от наплавленного металла к основному и имеет незначительные размеры: состоит из смеси твердой и жидкой фаз с резко намечающейся крупнозернистостью. Фактически под микроскопом наблюдается граница шва (линия оплавления). От особенностей этого участка, где происходит сваривание наплавленного и основного металлов, во многом зависит качество сварного соединения.

2 Участок перегрева

На этом участке нагрев достигает температуры, близкой к температуре плавления. Поэтому здесь развивается крупное зерно и может наблюдаться структура перегрева. Такая структура способствует снижению пластических свойств металла.

3 Участок нормализации

Здесь металл нагревается при сварке несколько выше критической точки A_{c3} . При нагреве и охлаждении этого участка будет протекать процесс перекристаллизации, что приведет к измельчению зерен металла.

Мелкозернистая структура, как правило, положительно влияет на механические свойства сплава.

4 Участок неполной перекристаллизации

Температура нагрева этого участка находится от точки A_{c1} до точки A_{c3} . Металл характеризуется почти неизменяющимся ферритным зерном и некоторым дроблением и сфероидизацией перлитных участков.

Механические свойства металла, состоящего из резко различных по размеру зерен, понижены.

5 Участок рекристаллизации

Появляется при сварке стали подвергавшейся наклепу. При нагреве до температур 450-725°C раздробленные зерна сростаются в более крупные и

приобретают равноосную форму.

6 Участок синеломкости

Этот участок включает металл, нагреваемый до температур 200-500°С. Хотя участок и не имеет структурных отличий от основного металла, его следует различать, так как здесь имеет место понижение пластических свойств, это может способствовать развитию трещин при сварке.

Структура зоны термического влияния при сварке закаливаемых сталей

1 *Участок неполного расплавления* характеризуется смешанной структурой, состоящей из частично оплавленных зерен.

2 *Участок полной закалки* в свою очередь состоит из двух участков, между которыми нет резкой границы:

а) *участок перегрева* имеет строение перегретой стали. При повышенном содержании углерода наблюдается структура крупно-игольчатого мартенсита;

б) *участок нормальной закалки* равнозначен участку нормализации при сварке малоуглеродистых сталей. Имеет структуру мелкоигольчатого мартенсита, который в отдельных случаях с трудом различим под микроскопом. При малой скорости охлаждения и небольшом содержании углерода в структуре наблюдается троостит, а иногда даже сорбит.

3 *Участок неполной закалки* незначительная по размерам зона, в которой сталь приобретает неполную закалку. Имеет структуру мартенсита с сеткой феррита. При малом содержании углерода имеет строение углеродистой стали.

Участки закалки (полной и неполной) отличаются хрупкостью и большой твердостью, что затрудняет последующую механическую обработку, если такая необходима, и способствует образованию трещин.

4 *Участок рекристаллизации.*

5 *Участок синеломкости.*

Структура шва и зоны термического влияния при сварке чугуна

Металл шва при сварке чугуна может быть весьма разнообразным в зависимости от применяемых сварочных материалов. Он может иметь состав чугуна, углеродистой стали, различных цветных сплавов. Выбор того или иного состава металла шва определяется рядом причин, которые рассматриваются в курсах технологии сварки.

Зоны термического влияния при любом способе сварки плавлением (кроме сварки-пайки, с применением относительно легкоплавких цветных сплавов) подобны и различаются только шириной четырех характерных для чугуна участков.

1 *Участок неполного расплавления.* При сварке без подогрева скорость охлаждения такого металла (3% С; 2,5% Si) приводит к получению белого чугуна. Вводя в металл шва графитизаторы (С, Si, Al, Ni, Си, Со), можно усилить процесс, графитизации на первом участке З.Т.В.

2 *Участок аустенита* ограничивается температурами от 1160° до 810°С. Быстро охлажденный аустенит этого металла дает в конечном счете структуру высокоуглеродистого мартенсита большой твердости и весьма склонного к образованию трещин.

3 *Участок перекристаллизации* ограничивается диапазоном температур 810-790°С, имеет переходную структуру от второго участка к четвертому.

4 Четвертый участок характеризуется некоторой дополнительной графитизацией и коагуляцией карбидов по сравнению с исходной структурой и имеет, как правило, хорошие свойства.

Нагрев при сварке ниже 450-500°С не вызывает изменения структуры свариваемого чугуна.

3 Оборудование и материалы

3.1 Темплеты сварных соединений для макро- и микроанализа.

3.2 Реактивы и ванночки для травления, вата, спирт.

3.3 Бинокулярный микроскоп х 70, микроскоп МИМ - 7.

4 Порядок выполнения работы и содержание работы

В данной работе студенты проводят металлографические исследования сварных соединений, полученных различными способами сварки.

При проведении исследования сначала необходимо изучить структуру основного металла, а затем уже приступить к изучению структур шва и зоны термического влияния.

Получив от преподавателя набор шлифов, каждый студент обязан проделать следующее:

1 Приготовить макро- и микрошлифы.

2 Выбрать реактивы и произвести травление шлифа.

3 Просмотреть макрошлиф и дать его эскиз, измерить параметры шва и зоны термического влияния, отметить дефекты шва и особенности, измерить твердость и построить графики.

4 Изучить микроструктуру основного металла, шва зоны термического влияния, дать зарисовку структуры и сделать ее описание, дать эскиз размещения найденных участков З.Т.В. в сварном соединении.

5 Составить письменный отчет о работе, в котором привести весь материал по исследованию, сделать выводы.

Сорогина Татьяна Петровна

МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов специальности 150202.65
и направления подготовки 150707.62

Редактор Е.А. Могутова

Подписано в печать 24.01.14

Формат 60x84 1/16

Бумага тип. №1

Печать цифровая

Усл.печ.л. 1,5

Уч.-изд.л. 1,5

Заказ 28

Тираж 22

Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.

640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.

Курганский государственный университет.