

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Д.П. Ильященко, М.А. Кузнецов, А.А. Ермаков

СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

*Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия
Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета*

Издательство
Томского политехнического университета
2022

УДК 621.79+620.79.1(075.8)

ББК 34.641-3я73

И49

Ильященко Д.П.

И49 Сварочное производство. Неразрушающий контроль : учебно-методическое пособие / Д.П. Ильященко, М.А. Кузнецов, А.А. Ермаков ; Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2022. – 109 с.

ISBN 978-5-4387-1066-0

Учебно-методическое пособие по сварочному производству и неразрушающему контролю может быть использовано для проведения практических занятий и семинаров. Оно сочетает теоретический, методологический, методический и практический материал.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям: 15.03.01 «Машиностроение», образовательная программа «Оборудование и технология сварочного производства»; 15.04.01 «Машиностроение», образовательная программа «Машины и технологии сварочного производства».

УДК 621.79+620.79.1(075.8)

ББК 34.641-3я73

Рецензенты

Доктор технических наук, доцент
директор Института металлургии и материаловедения СибГИУ
Д.А. Чинахов

Кандидат технических наук, доцент
заведующий кафедрой технологии машиностроения
Тюменского индустриального университета
Р.Ю. Некрасов

ISBN 978-5-4387-1066-0

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2022
© Ильященко Д.П., Кузнецов М.А.,
Ермаков А.А., 2022
© Оформление. Издательство Томского
политехнического университета, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЧАСТЬ 1. СИСТЕМА АТТЕСТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ И ТЕХНОЛОГИЙ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА	5
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. Аттестация сварщиков и специалистов	5
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. Аттестация сварочных технологий	7
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. Аттестация сварочных материалов	10
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. Аттестация сварочного оборудования	12
ЧАСТЬ 2. ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ	15
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. Определение свариваемости сталей	15
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. Определение параметров переносимых капель электродного металла при РДС	22
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. Оценка влияния параметров режима сварки и наличия порошков модификатора в защитном газе на параметры переносимых капель электродного металла	27
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. Распределение температурных полей по поверхности свариваемого изделия при дуговой сварке плавлением	31
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5. Определение геометрических размеров, площади сварного шва и ЗТВ с использованием САД-системы «Компас-3D»	34
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6. Исследование влияние параметров режима механизированной сварки в среде защитных газов CO ₂ с импульсной подачи сварочной проволоки на объем переносимых капель электродного металла	39
ЧАСТЬ 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	42
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1. Формирование технологической карты визуального и измерительного контроля (ВИК) и проведение ВИК сварных соединений, выполненных точечной сваркой (ТС)	42
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2. Формирование технологической карты капиллярного контроля (КК) и проведение КК сварных соединений, выполненных точечной сваркой (ТС)	46
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3. Дефекты сварного соединения, выполненного контактной сваркой	51
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4. Дефекты сварного соединения, выполненного дуговой сваркой плавлением	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	79
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	80
ПРИЛОЖЕНИЯ	82

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции в области сварочного производства и неразрушающего контроля существенно изменили запросы общества в отношении компетенций специалистов, принимающих участие в организации и управлении производством. Возросла потребность в специалистах, хорошо владеющих нормативной документацией в своей отрасли производства. Нормативная документация является хранилищем накопленного практического опыта решения инженерных проблем. Опора на опыт, систематизированный в нормативной документации, позволяет избежать ошибок при освоении новой продукции и создает доверие к ее качеству.

ЧАСТЬ 1

СИСТЕМА АТТЕСТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ И ТЕХНОЛОГИЙ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Аттестация сварщиков и специалистов

1. Цель работы

Получение практических навыков в области сертификации и аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства.

Задача: изучение порядка аттестации, перечня документов и составление заявки на аттестацию сварщика и специалистов сварочного производства.

2. Теоретическая часть

Нормативно-техническая документация для проведения процедуры аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства приведена на сайте НАКС [1].

Перед аттестацией для сварщиков и специалистов проводится объектно-ориентированная консультация (специальная подготовка), для лиц, не имеющих диплома (СПО – сварщики, ВПО – специалисты) по специальности (профилю) «Оборудование и технология сварочного производства».

Аттестацию сварщиков согласно ГОСТ Р 59604.2–2021 [2] «Система аттестации сварочного производства. Часть 2. Аттестация персонала. Правила» проводят путем проверки их практических навыков и теоретических знаний в соответствии с видом сварки, по которому он аттестуется, и направлением его производственной деятельности (группа или наименование технических устройств, сварку которых выполняет сварщик на производстве, вид выполняемых работ – изготовление, монтаж, ремонт).

После аттестации сварщику присваивается I уровень профессиональной подготовки (аттестованный сварщик) в зависимости от подведомственности объектов опасных технических устройств Ростехнадзору РФ (прил. А).

Аттестация сварщиков подразделяется [1,2]:

- на первичную;
- дополнительную;
- периодическую;
- внеочередную.

Первичную аттестацию проходят сварщики, не имевшие ранее допуска к сварке и/или наплавке (далее по тексту – сварке) соединений оборудования, конструкций и трубопроводов, подконтрольных Ростехнадзору. При первичной аттестации сварщики сдают общий, специальный и практический экзамены.

Дополнительную аттестацию проходят сварщики, прошедшие первичную аттестацию, перед их допуском к сварочным работам, не указанным в их аттестационных удостоверениях, а также после перерыва свыше шести месяцев в выполнении сварочных работ, указанных в их аттестационных удостоверениях. При дополнительной аттестации сварщики сдают специальный и практический экзамены.

Периодическую аттестацию проходят все сварщики в целях продления указанного срока действия (при истечении срока действия) их аттестационных удостоверений на выполнение соответствующих сварочных работ. При периодической аттестации сварщики сдают специальный и практический экзамены.

Внеочередную аттестацию должны проходить сварщики перед их допуском к выполнению сварки после их временного отстранения от работы за нарушение технологии сварки или повторяющееся неудовлетворительное качество выполненных ими производственных сварных соединений. При внеочередной аттестации сварщики сдают общий, специальный и практический экзамены.

Аттестация специалистов сварочного производства включает в себя проведение двух экзаменов: общего и специального (включающего практическое задание).

При успешном прохождении аттестации Аттестационный пункт выдает [1]:

- 1) аттестационное удостоверение, зарегистрированное в Реестре персонала системы аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства Национального аттестационного комитета по сварочному производству (НАКС);
- 2) протокол аттестации, подписанный аттестационной комиссией.

3. Порядок выполнения работы

Практическая работа выполняется в два этапа:

- 1) изучаются теоретические положения, уясняются требования аттестации (сертификации) сварщиков и специалистов сварочного производства;
- 2) студент самостоятельно составляет отчет, в котором описывает требования определенных разделов (ГОСТ Р 59604.2–2021 «Система аттестации сварочного производства. Часть 2. Аттестация персонала. Правила» [2]), а также заполняет формы – заявки (прил. Б, В).

4. Оформление отчета

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- 1) название и цель занятия;

2) изложение требований определенных разделов ГОСТ Р 59604.2–2021 «Система аттестации сварочного производства. Часть 2. Аттестация персонала. Правила» [2] и оформленные заявки (прил. Б, В).

5. Контрольные вопросы

1. С какой целью разработаны и приняты «Правила аттестации (сертификации) сварщиков и специалистов сварочного производства»?
2. Что такое Система аттестации (Сертификации) сварочного производства (САС_В)?
3. Что устанавливает и определяет САС_В?
4. Какая разница между специальной и профессиональной подготовкой?
5. Что такое НАКС, какие функции она обеспечивает при аттестации персонала?
6. Какие функции у головного аттестационного центра (ГАЦ), аттестационного центра (АЦ) и аттестационного пункта (АП)?
7. Какие специалисты входят в состав аттестационных комиссий по аттестации сварщиков и специалистов?
8. Какие существуют требования к профессиональной подготовке сварщиков и специалистов сварочной организации?
9. Какие существуют требования к минимальному стажу работы по специальности, необходимому для допуска сварщика к первичной аттестации?
10. Какие требования к минимальному стажу работы по специальности, необходимому для допуска специалиста сварочного производства к первичной аттестации?
11. На какие виды подразделяется аттестация сварщиков?
12. Какие сварщики проходят дополнительную аттестацию?
13. В каком документе изложен порядок аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Аттестация сварочных технологий

1. Цель работы

Изучение основ сертификации и порядка применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств опасных производственных объектов.

Задача: составить заявку для проведения процедуры аттестации технологии изготовления сварной конструкции.

2. Этапы проведения аттестации технологии сварки

Нормативно-техническая документация для проведения процедуры аттестации технологий приведена на сайте НАКС [1].

Аттестационные центры сварочных технологий осуществляют производственную аттестацию сварочных технологий в соответствии с ГОСТ Р 59604.3–2021 [3] «Система аттестации сварочного производства. Часть 3. Проверка готовности организаций к выполнению сварочных работ. Правила».

Согласно ГОСТ Р 59604.3–2021 [3] аттестации подлежат технологии выполнения сварки и наплавки, используемые при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств, оборудования и сооружений опасных производственных объектов. Эта аттестация осуществляется с целью подтверждения того, что организация обладает техническими, организационными возможностями и квалифицированными кадрами для производства сварочных работ по аттестуемым технологиям и что сварные соединения (наплавки), выполненные в условиях конкретного производства по аттестуемой технологии, обеспечивают соответствие требованиям к опасным производственным объектам общих и специальных технических регламентов, а до их вступление в силу – нормативных документов, утвержденных или согласованных Ростехнадзором.

Деятельность по аттестации сварочных технологий проводится на основании аттестата соответствия и свидетельства о допуске.

Процедура аттестации технологии сварки включает в себя несколько этапов:

- предоставление заказчиком необходимой документации;
- разработка Программы аттестации технологии сварки (аттестационный центр сварочных технологий (АЦСТ) совместно с заказчиком);
- сварка контрольных сварных соединений (КСС) (заказчик);
- контроль качества КСС;
- составление аттестационным центром Заключения о готовности организации-заявителя к использованию аттестованной технологии сварки и отправка в НАКС (г. Москва).

При удовлетворительных результатах производственной аттестации выдается свидетельство НАКС о готовности организации-заявителя к использованию аттестованной технологии сварки (наплавки) в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59604.3–2021 [3].

3. Порядок выполнения работы

Практическая работа выполняется в два этапа:

- 1) изучаются теоретические положения, уясняются требования сертификации и аттестации сварочных технологий;
- 2) студент самостоятельно составляет отчет, в котором описывает требования определенного раздела ГОСТ Р 59604.3–2021 «Система аттестации сварочного производства. Часть 3. Проверка готовности организаций к выполнению сварочных работ. Правила» [3], и подготавливает заявку (прил. Г).

4. Оформление отчета

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- 1) название и цель занятия;
- 2) изложение требований заданного студенту раздела ГОСТ Р 59604.3–2021 [3] и оформленную заявку (прил. Г).

5. Контрольные вопросы

1. С какой целью разработан и принят ГОСТ Р 59604.3–2021 «Система аттестации сварочного производства. Часть 3. Проверка готовности организаций к выполнению сварочных работ. Правила»?
2. Что такое САС_В (для сварочных технологий)?
3. Чем исследовательская аттестация отличается от производственной?
4. Что включает область распространения аттестации технологий сварки?
5. Какие функции обеспечивает НАКС при аттестации сварочных технологий.
6. Какие функции у АЦ?
7. Какие виды аттестации определены при сертификации сварочных технологий?
8. Когда и каким образом проводится первичная аттестация?
9. В какие сроки и каким образом проводится периодическая аттестация?
10. Какие технологии подлежат исследовательской аттестации?
11. Какие организации являются специализированными? Назовите их функции.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Аттестация сварочных материалов

1. Цель работы

Получение практических навыков в области документооборота в аттестационных требованиях и порядка применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов.

2. Теоретическая часть

Нормативный документ для проведения процедуры аттестации сварочных материалов ГОСТ Р 59604.4–2021 [4] «Система аттестации сварочного производства. Часть 4. Аттестация сварочных материалов. Правила».

Организацией-заявителем аттестации сварочных материалов (далее – СМ) может быть:

- 1) предприятие-производитель СМ (СМ_{ПР});
- 2) предприятие-поставщик СМ, уполномоченный производителем;
- 3) предприятие-поставщик импортных СМ (СМ_{ПО});
- 4) предприятие-потребитель СМ (отечественных или импортных).

Первичную аттестацию проходят сварочные материалы, которые ранее не были аттестованы для сварки технических устройств, по заявкам, получаемым от организации-изготовителя СМ (для импортных – от поставщика) или потребителя СМ. Срок действия свидетельства НАКС об аттестации СМ – 3 года.

При этом предприятие-поставщик СМ, если он уполномочен производителем СМ, должен представить документ, в котором указывают:

- перечень аттестуемых марок сварочных материалов;
- группы технических устройств и основных материалов, для сварки (наплавки) которых предназначены аттестуемые СМ;
- гарантии предоставления проведения инспекционного контроля соответствия аттестованных марок СМ установленным параметрам.

При аттестации марок СМ по заявке поставщика, уполномоченного производителем, свидетельство об аттестации марок СМ_{ПР} оформляется на имя организации-производителя.

При аттестации СМ по заявке поставщика, не уполномоченного производителем, свидетельство об аттестации марок СМ_{ПО} оформляется на имя организации-заявителя, как потребителя СМ, и распространяется только на заявляемую партию СМ.

Следует иметь в виду, что контроль соответствия аттестованных СМ, выпускаемых производителем в течение срока действия свидетельства

об аттестации, указанным в сопроводительной документации показателям, выполняется АЦ, проводившим аттестацию данного сварочного материала, не чаще двух раз в год в форме инспекционного контроля за соблюдением производителем технических условий, технологического процесса и основных показателей и характеристик выборочных партий СМ.

Объём испытаний и контролируемые параметры СМ при проведении инспекционных проверок определяются программами, разработанными АЦ, и согласовываются с производителем.

3. Порядок выполнения работы

Практическая работа выполняется в два этапа:

- 1) изучаются теоретические положения, уясняются требования сертификации и аттестации сварочных материалов;
- 2) студент самостоятельно составляет отчет, в котором описывает требования определенного раздела ГОСТ Р 59604.4–2021 [4] «Система аттестации сварочного производства. Часть 4. Аттестация сварочных материалов. Правила».

4. Оформление отчета

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- 1) название и цель занятия;
- 2) изложение требований заданного студенту раздела ГОСТ Р 59604.4–2021 [4] и составление заявки (прил. Д).

5. Контрольные вопросы

1. С какой целью разработан и принят «Порядок применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств опасных производственных объектов»?
2. Что такое САС_В (для сварочных материалов)?
3. Что определяет САС_В?
4. В чем заключается организационная структура САС_В?
5. Какие функции обеспечивает НАКС при аттестации сварочных материалов?
6. В чем заключаются функции АЦ при аттестации сварочных материалов?
7. Какие функции обеспечивает Ростехнадзор?
8. Какие существуют требования к АЦ по аттестации сварочных материалов?
9. Какие специалисты должны входить в состав аттестационных комиссий?

10. Какие существуют требования к испытательным лабораториям?
11. С какой целью ведется Реестр АЦ по сварочным материалам?
12. Проведение каких работ предусматривает ведение реестра?
13. Проведение каких работ предусматривает Технологический регламент?
14. Какие документы необходимо представить в НАКС для получения аттестата соответствия?
15. Какие документы должны быть приложены к Положению об АЦ для получения аттестата соответствия?
16. Каким образом проводится экспертиза АЦ?
17. Как определяется область распространения деятельности АЦ?
18. На основании каких документов проводится аттестация СМ?
19. Какой существует порядок оформления аттестации сварочных материалов?
20. Какие существуют виды испытаний сварочных материалов?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Аттестация сварочного оборудования

1. Цель работы

Изучение основ сертификации и порядка применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств опасных производственных объектов.

2. Теоретические положения

Нормативно-техническая документация для проведения процедуры аттестации технологий приведена на сайте НАКС [1].

Аттестацию сварочного оборудования согласно ГОСТ Р 59604.5–2021 «Система аттестации сварочного производства. Часть 5. Аттестация сварочного оборудования. Правила» [5] проводят в целях проверки его возможности обеспечивать заданные характеристики для различных способов сварки, определяющие требуемое качество сварных соединений, применяемых на опасных производственных объектах.

Для аттестации сварочного оборудования необходимо предоставить в аттестационный центр НАКС следующие документы:

- 1) заявку на аттестацию сварочного оборудования (далее – СО);
- 2) копия технической документации на СО на русском языке (возможна подача в электронном виде);
- 3) копия документов, подтверждающих гарантийные обязательства СО (при наличии);

4) документы, необходимые для аттестации СО на объектах ПАО «Газпром»;

5) копия сертификата или декларации соответствия (для сварочного оборудования производителя, подлежащего обязательной сертификации или декларированию соответствия);

6) документы, подтверждающие ввоз СО на территорию РФ всего заявляемого оборудования (при аттестации СО производителя – иностранной организации).

Процедура аттестации сварочного оборудования проводится в следующей последовательности:

- 1) прием и экспертиза заявочных документов;
- 2) подготовка к проведению аттестации;
- 3) специальные и практические испытания СО согласно разработанной программы;
- 4) оценка и оформление результатов аттестации;
- 5) экспертиза результатов аттестации сварочного оборудования;
- 6) выдача свидетельства об аттестации СО.

3. Порядок выполнения работы

Практическая работа выполняется в два этапа:

1) изучаются теоретические положения, уясняются требования сертификации и аттестации сварочного оборудования;

2) студент самостоятельно составляет отчет, в котором освещает требования определенного раздела ГОСТ Р 59604.5–2021 «Система аттестации сварочного производства. Часть 5. Аттестация сварочного оборудования. Правила» [5].

4. Оформление отчета

Отчет по практической работе оформляется на листах формата А4 и должен содержать:

- 1) название и цель занятия;
- 2) изложение требований заданного студенту раздела ГОСТ Р 59604.5–2021 [5] и подготовки заявки на аттестацию сварочного производства (прил. Е).

5. Контрольные вопросы

1. С какой целью разработан и принят ГОСТ Р 59604.5–2021 «Система аттестации сварочного производства. Часть 5. Аттестация сварочного оборудования. Правила» [5]?

2. Что такое САС_В (для сварочного оборудования)?

3. Что устанавливает и определяет САС_В?

4. Какие функции определены для Ростехнадзора в системе аттестации сварочного оборудования?
5. Какие функции обеспечивает НАКС при аттестации сварочного оборудования?
6. Какие функции у АЦ и АП?
7. Какие виды аттестации определены при сертификации сварочного оборудования?
8. Какие виды оборудования подлежат первичной аттестации?
9. Какое оборудование подлежит дополнительной аттестации?
10. Какое оборудование подлежит периодической аттестации?
11. Какие существуют требования к аттестационному центру?
12. Каким оборудованием должна быть оснащена ПИБ?
13. В каких организациях могут быть созданы АП?
14. Какие специалисты должны входить в состав аттестационных комиссий?
15. Какие документы необходимо представить в НАКС для получения аттестата соответствия?
16. Какие документы должны быть приложены к Положению об АЦ для получения аттестата соответствия?
17. Каким образом проводится экспертиза АЦ и АП?
18. Как определяется область распространения деятельности АЦ?
19. Какие документы должны содержаться в архиве АЦ на каждую единицу аттестованного сварочного оборудования?
20. Для каких целей ведется Реестр сварочного оборудования?

ЧАСТЬ 2

ТЕОРИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Определение свариваемости сталей

1. Цель работы

Определение свариваемости конструкционных сталей.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- 1) при помощи расчетов эквивалентного содержания углерода, фактора склонности, критической скорости деформирования, хромоникелевого эквивалента теоретически определить свариваемость;
- 2) по расчетным параметрам классифицировать стали по группам свариваемости.

2. Краткая характеристика объекта исследования

Свариваемость (ГОСТ 29273–92) – металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, чтобы свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют [6].

Основными показателями свариваемости являются:

- 1) сопротивление образованию горячих и холодных трещин при сварке;
- 2) сопротивление замедленному разрушению;
- 3) окисляемость металла при сварке. Окисляемость зависит от того, какой химической активностью обладает металл;
- 4) чувствительность металла к тепловому воздействию сварки. Данный показатель напрямую оказывает влияние на склонность к увеличению структурных составляющих (зерна, дендрита), структурные и фазовые изменения в сварном шве и зоне термического влияния, изменение механических свойств;
- 5) чувствительность к образованию пор;
- 6) сопротивление образованию горячих и холодных трещин при повторных нагревах;
- 7) соответствие эксплуатационных свойств (жаростойкость, жаропрочность, коррозионная стойкость, износостойкость) сварного соединения предъявляемым требованиям.

Основным методом оценки склонности металла сварных соединений к холодным трещинам является определение эквивалентного содержания углерода $C_{\text{э}}$.

Эквивалентное содержание углерода можно рассчитать по формуле

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{V}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{Ni}}{15} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{P}}{2}, \quad (2.1)$$

где символы химических элементов обозначают их содержание в стали, %.

Если при расчетах использовать формулу (2.1), содержание меди учитывается 0,05 %, а фосфора > 0,05 %.

В зависимости от толщины свариваемого металла и если $C_{\text{э}} > 0,45 \dots 0,55$ %, рекомендуется применять предварительный подогрев зоны сварки.

В других литературных источниках встречается формула

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{10} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{V}}{14} + 5 \text{B}. \quad (2.2)$$

Стали, у которых $C_{\text{э}} > 0,45$ %, считаются склонными к образованию холодных трещин. При сварке данных сталей возможно образование закалочных структур в сварном соединении. Если стали $C_{\text{э}} > 0,45$ % насытятся водородом и в них останутся высокие сварочные напряжения, это приведет к образованию трещин.

В формулах (2.1), (2.2) при расчете эквивалентного содержания углерода в учет не берется толщина металла. От толщины металла зависит термический цикл сварки и величина остаточных сварочных напряжений.

А.И. Красовский [7, 8] приводит формулу, в которой учитывается толщина свариваемого металла:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{10} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{P}}{2} + 0,0024S, \quad (2.3)$$

где S – толщина металла, мм.

Расчетные значения, полученные по формуле (2.3), определяют технологию сварки и дополнительные технологические решения (табл. 2.1).

А.И. Красовский [7, 8] также приводит формулу в сокращенном виде:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Ni}}{15} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4}. \quad (2.4)$$

В своей формуле Д. Сефериан при расчете эквивалентного содержания углерода учитывает толщину и химический состав свариваемой стали.

Согласно методике в первую очередь рассчитывается значение эквивалентного содержания углерода без учета толщины свариваемого металла по формуле

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Ni}}{18} + \frac{\text{Cr}}{9} + \frac{\text{Mo}}{13}. \quad (2.5)$$

Таблица 2.1

*Технологические приемы сварки сталей
в зависимости от эквивалентного содержания углерода*

Эквивалентное содержание углерода в стали, %	Условия сварки
$C_{\text{Э}} \leq 0,25$	Сварка производится без предварительного подогрева зоны сварки
$0,25 \leq C_{\text{Э}} \leq 0,35$	Сварка производится с предварительным подогревом зоны сварки до 150...200 °С и с последующей термообработкой (нормализация или отпуск)
$0,35 \leq C_{\text{Э}} \leq 0,5$	Сварка производится с предварительным подогревом зоны сварки до 500...600 °С и последующей термообработкой (нормализация или отпуск). В случае когда $C_{\text{Э}}$ приближается к 0,5, сварку производить с сопутствующим подогревом зоны сварки

Влияние толщины свариваемого металла на свариваемость рассчитывается по формуле

$$C'_{\text{Э}} = 0,005\delta \cdot C_{\text{Э}}. \quad (2.6)$$

Затем рассчитываем полный эквивалент углерода по формуле

$$C''_{\text{Э}} = C_{\text{Э}} + C'_{\text{Э}} = (1 + 0,005\delta) \cdot C_{\text{Э}}. \quad (2.7)$$

Температуру предварительного подогрева рассчитываем по формуле

$$T_{\text{под}} = 350\sqrt{C''_{\text{Э}}}. \quad (2.8)$$

$C_{\text{Э}}$ рассчитываем по формуле:

$$C_{\text{Э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Ni}}{12} + \frac{\text{Cr}}{6} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{Si}}{5} + \frac{\text{V}}{5} + \frac{\text{Cu}}{7} + \frac{\text{P}}{2}. \quad (2.9)$$

3. Методика выполнения практической работы

1. По табл. 2.2 выбрать марку стали по последней цифре зачетки.
2. Расшифровать марку стали при помощи марочников стали.
3. По формулам, приведенным в табл. 2.3, рассчитать свариваемость стали и сопоставить с онлайн-расчетом с использованием сайта [9]. Для этого необходимо выбрать свариваемую сталь (рис. 2.1).

Таблица 2.2

Химический состав сталей

	Марка стали	ГОСТ	Содержание элементов, %							
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Другие элементы	
1	Ст3пс	380–94	0,14...0,22	0,05...0,17	0,40...0,85	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,05 P-0,04
2	20	1050–88	0,17...0,24	0,17...0,37	0,35...0,65	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	S-0,040 P-0,040
3	45	1050–88	0,42...0,50	0,17...0,37	0,50...0,80	0,25	0,30	0,30	<0,3	S-0,040 P-0,035
4	09Г2	19281–89	<0,12	0,17...0,38	1,40...1,80	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035
5	09Г2С	19281–89	<0,12	0,50...0,80	1,30...1,70	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035
6	14Г2	19281–89	0,12...0,18	0,17...0,37	1,20...1,60	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035
7	12ГС	19281–89	0,09...0,15	0,5...0,8	0,8...1,2	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035
8	16ГС	19281–89	0,12...0,18	0,4...0,7	0,9...1,2	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035
9	17ГС	19281–89	0,14...0,20	0,40...0,60	1,0...1,40	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035
10	10Г2С1	19281–89	<0,12	0,9...1,2	1,30...1,65	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035
11	10ХСНД	19281–89	<0,12	0,80...1,10	0,50...0,80	0,6...0,9	0,5...0,8	0,4...0,6	0,4...0,6	S-0,040 P-0,035

Окончание табл. 2.2

	Марка стали	ГОСТ	Содержание элементов, %							
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	Другие элементы	
12	14Г2АФ	19281-89	0,12...0,18	0,3...0,5	1,2...1,6	<0,4	<0,3	<0,3	V-0,1 S-0,040 P-0,035	
13	30X	4543-71	0,24...0,32	0,17...0,37	0,5...0,8	0,8...1,1	<0,3	<0,3	S-0,035 P-0,035	
14	40X	4543-71	0,36...0,44	0,17...0,37	0,50...0,80	0,80...1,10			S-0,035 P-0,035	
15	40XH	4543-71	0,36...0,44	0,17...0,37	0,50...0,80	0,45...0,75	1,00...1,40		S-0,035 P-0,035	
16	14XГC	4543-71	0,11...0,16	0,4...0,7	0,9...1,3	0,5...0,8	<0,3	<0,3	S-0,040 P-0,035	
17	20XГC	4543-71	0,17...0,23	0,9...1,2	0,8...1,1	0,8...1,1	<0,3	<0,3	S-0,025 P-0,025	
18	12XH2	19281-89	0,09...0,16	0,17...0,37	0,3...0,6	0,6...0,9	1,5...1,9		S-0,035 P-0,035	
19	15XCHД	19281-89	0,12...0,18	0,4...0,7	0,4...0,7	0,6...0,9	0,3...0,6	0,2...0,4	S-0,040 P-0,035	
20	15XMA	4543-71	0,11...0,18	0,17...0,37	0,40...0,70	0,80...1,10	<0,3	<0,3	Mo-0,4-0,55 S-0,035 P-0,035	

Согласно выбранной свариваемой стали из базы данных подгружается химический состав, соответствующий выбранной стали, который и используется при проведении онлайн-расчета (рис. 2.2).

№	Параметрическое уравнение	Вид оценки	Область применения
1	$HCS = \frac{C \cdot (S+P+Si/25+Ni/100) \cdot 10^3}{3Mn+Cr+Mo+V}$	<4 - не склонная	Для сталей с $\sigma_b < 700$ МПа
		<2 - не склонная	Для сталей с $\sigma_b > 700$ МПа
2	$UCS = 230C + 190S + 75P + 4.5Nb - 12.3Si - 5.4Mn - 1$	<10 - стойкая	Nb-микролегированные стали
3	$V_{kp} = 19 - 4.2C - 4.11S - 3.3Si + 5.6Mn + 6.7Mo$	0 - склонная 0 - стойкая 8 - склонная	Легированные стали
4	$\frac{Cr}{Ni} = \frac{Cr + 1.37Mo + 1.5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 2.2C + 0.31Mn + 14.2N_2 + Cu}$	=0,02-0,035-стойкая +S>0,02-склонная	Cr-Ni-аустенитные стали
5	$L = 299C + 8Ni + 14.2Nb - 5.5(\% \sigma - Fe)^2$	0 - склонная	Аустенитно-ферритные стали

Выберите материал

- Сталь 08Г2С
- Сталь 10Г2С
- Сталь 10ГТ
- Сталь 18Г2С
- Сталь 20ГС
- Сталь 20Г2С
- Сталь 20Х22СР
- Сталь 20Х21
- Сталь 20ХГ2С
- Сталь 22С
- Сталь 22Х2Г2АЮ
- Сталь 22Х2Г2Р
- Сталь 23Х2Г2Т
- Сталь 25С2Р
- Сталь 25Г2С
- Сталь 27ГС
- Сталь 28С
- Сталь 30ХС2
- Сталь 32Г2

Выберите материал

C= % Mn= %
S= % Cr= %
P= % Mo= %

Рис. 2.1. Выбор свариваемого материала

№	Параметрическое уравнение	Вид оценки	Область применения
1	$HCS = \frac{C(S+P+Si/25+N/100) \cdot 1000}{3Mn+Cr+Mo+V} = \frac{0.14(0.045+0.045+21/25+0/100) \cdot 1000}{3 \cdot 15+0.3+0+0} = 5.075$	<4 - не склонная	Для сталей с $\sigma_b < 700$ МПа
		<2 - не склонная	Для сталей с $\sigma_b > 700$ МПа
1	$UCS = 230C + 190S + 75P + 4.5Nb - 12.3Si - 5.4Mn - 1 = 230 \cdot 0.14 + 190 \cdot 0.045 + 75 \cdot 0.045 + 4.50 - 12.3 \cdot 2.1 - 5.4 \cdot 15 - 1 = 10.195$	<10 - стойкая ≥30 - склонная	Nb-микролегированные стали
2	$V_{kp} = 19 - 4.2C - 4.11S - 3.3Si + 5.6Mn + 6.7Mo = 19 - 4.2 \cdot 0.14 - 4.11 \cdot 0.045 - 3.3 \cdot 2.1 + 5.6 \cdot 15 + 6.7 \cdot 0 = 3.905$	>6,0 - стойкая <1,8 - склонная	Легированные стали
3	$\frac{Cr}{Ni} = \frac{Cr + 1.37Mo + 1.5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 2.2C + 0.31Mn + 14.2N_2 + Cu} = \frac{0.3 + 1.37 \cdot 0 + 1.5 \cdot 2.1 + 2 \cdot 0 + 3 \cdot 0}{0 + 2.2 \cdot 0.14 + 0.31 \cdot 15 + 14.2 \cdot 0 + 0} = 0.973$	>1,5 при P+S=0,02-0,035 - стойкая <1,5 при P+S>0,02 - склонная	Cr-Ni-аустенитные стали
4	$L = 299C + 8Ni + 14.2Nb - 5.5(\% \sigma - Fe)^2 - 105 = 299 \cdot 0.14 + 8 \cdot 0 + 14.2 \cdot 0 - 5.5 \cdot 0^2 - 105 = 63.140$	L>0 - склонная	Аустенитно-ферритные стали

Ввод данных для расчетов

Сталь 10Г2С

C= % Mn= %
S= % Cr= %
P= % Mo= %
Si= % V= %
Ni= % N= %

Рис. 2.2. Химический состав свариваемой стали

Таблица 2.3

Критерии свариваемости в зависимости от материала

Наименование показателя	Параметрическое уравнение	Вид оценки	Область применения
Эквивалент углерода	$C_3'' = C + 2S + \frac{P}{3} + \frac{(Si-0,4)}{4} + \frac{Ni}{8} + \frac{(Mn-0,8)}{8} + \frac{Cu}{10} + \frac{(Cr-0,8)}{10}$	<0,35±0,4 не склонен	Низкоуглеродистые и низколегированные стали общего назначения
Фактор склонности	$HSC = \frac{C(S+P+0,04Si+0,01Ni) \cdot 10^3}{3Mn+Cr+Mo+V}$	<4 не склонен	Стали с пределом прочности <700 МПа
		<2 не склонен	Стали с пределом прочности >700 МПа
Единица склонности	$USC = 230C + 190S + 75P + 45Nb - 12,3Si - 5,4Mn - 1$	<10 стойкий	Микролегированные с Nb
Критическая скорость деформирования мм/мин	$V_{кр} = 19 - 42C - 411S - 3,3Si + 5,6Mn + 6,7Mo$	>6 стойкий <1,8 склонный	Легированные стали
Хромоникелевый эквивалент	$\frac{Cr_3}{Ni_3} = \frac{Cr + 1,37Mo + 1,5Si + 2Nb + 3Ti}{Ni + 0,31Mn + 22C + 14,2N + Cu}$	<1,5 склонный >1,5 склонный	Высоколегированные стали аустенитного класса
Фактор склонности	$L + 299C + 8Ni + 142Nb - 5,5 \cdot (\% \delta Fe)^2 - 105$	<0 склонный >0 не склонный	Стали аустенитно-ферритного класса

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Определение параметров переносимых капель электродного металла при РДС

1. Цель работы

Оценка параметров каплепереноса электродного металла при РДС.

Для достижения поставленной цели необходимо определить параметры переноса электродных капель путем обработки осциллограмм процесса сварки.

2. Краткая характеристика объекта исследования

Качество дуговой сварки плавящимся электродом при использовании источников питания с различными динамическими характеристиками зависит от стабильности протекания процесса. От стабильности протекания процесса дуговой сварки зависят разбрызгивание электродного металла и устойчивость формирования сварного соединения. В настоящее время не существует общепринятой формулировки понятия стабильности процесса сварки. Каждый исследователь понимает термин «стабильность процесса сварки» по-своему, и поэтому использует различные показатели стабильности [10–12].

Существует несколько определений стабильности.

Одни исследователи под термином «стабильный процесс сварки» понимают: «... процесс, обеспечивающий получение качественно сформированного сварного соединения с достаточно гладкой поверхностью и практически неизменными по всей длине основными параметрами – глубиной провара, шириной и высотой валика» [13, 14].

Другие утверждают, что «...Стабильным процессом дуговой сварки принято считать процесс, обеспечивающий постоянство геометрических размеров сварного шва или отклонение последних в допустимых пределах» [15].

С точки зрения третьих, стабильность – это «... свойство последнего, обуславливающего постоянство распределения вероятностей для его параметров в течение некоторого интервала времени без вмешательства извне [16]».

Ю.Н. Ланкин в своей статье [11] говорит: «Процесс сварки, отклонение параметров которого от средних значений не превышает заданного уровня, называется стабильным. Мерой стабильности является отклонение от параметра среднего значения. В качестве отклонения параметра от среднего значения принимается его дисперсия, среднеквадратичное отклонение или коэффициент вариации».

Последняя формулировка, по-нашему мнению, наиболее точно определяет физический смысл этого довольно сложного и многофакторного понятия.

Параметры режимов сварки плавящимся электродом, такие как:

- 1) длительность короткого замыкания дугового промежутка, $\tau_{к.з.}$, мс;
- 2) длительность цикла (период образования и переноса капли), $T_{к.з.}$, мс;
- 3) значения тока: максимальное – I_{max} и минимальное – I_{min} , А;
- 4) скорость нарастания тока: $V_{нарастания} I_{св.}$ и $V_{спада} I_{св.}$, А/с,

являются основными для оценки стабильности тепло-массопереноса при дугой сварке плавящимся электродом. При этом авторами работ [11, 15, 16] в качестве критериев стабильности предлагается выбирать: среднеквадратичные отклонения длительностей короткого замыкания (КЗ) ($\sigma_{тк.з.}$) и частоты КЗ ($\sigma_{тк.}$). А авторами работы [17] – по среднеквадратичному отклонению амплитудного значения тока короткого замыкания ($\sigma_{I_{св.маx}}$) и коэффициенту вариации скорости нарастания тока короткого замыкания ($K_{V I_{св.маx}}$).

3. Методика практической работы

1. Получить осциллограммы согласно схеме, представленной на рис. 2.3.

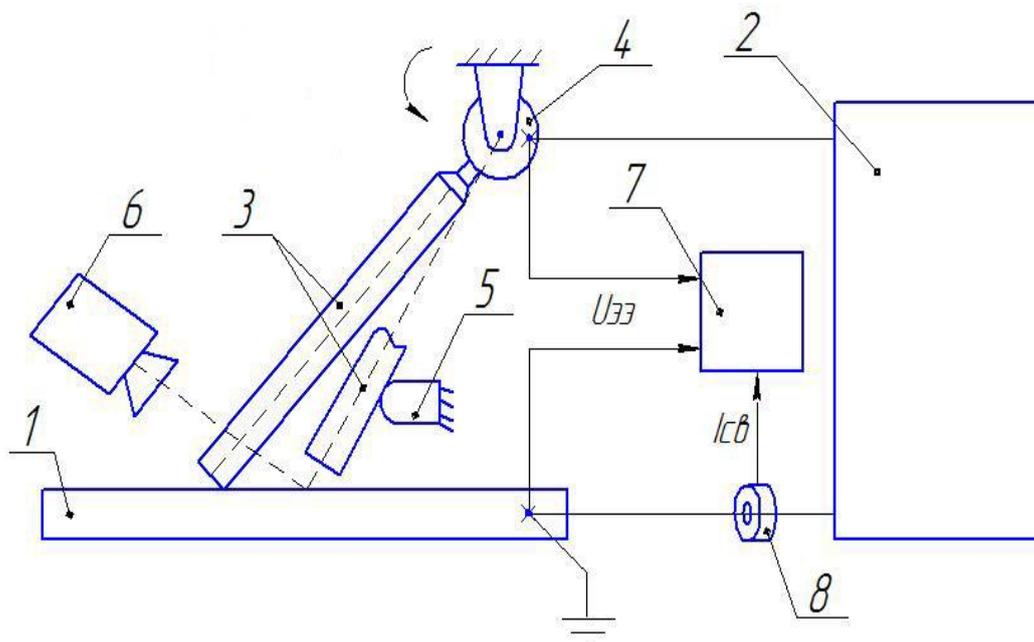


Рис. 2.3. Экспериментальная установка для высокоскоростной съемки и осциллографирования процесса сварки:
 1 – металлическая пластина; 2 – источник питания;
 3 – покрытый электрод; 4 – вращающийся держатель электрода;
 5 – ограничитель перемещения электрода; 6 – цифровая высокоскоростная видеокамера; 7 – электронный осциллограф; 8 – датчик тока

2. Определить параметры, характеризующее каплеперенос электродного металла.

3. Определение параметров (представленных на рис. 2.4) необходимо производить в программе Oscilloscope Software, пример определения параметров представлен на рис. 2.5, 2.6.

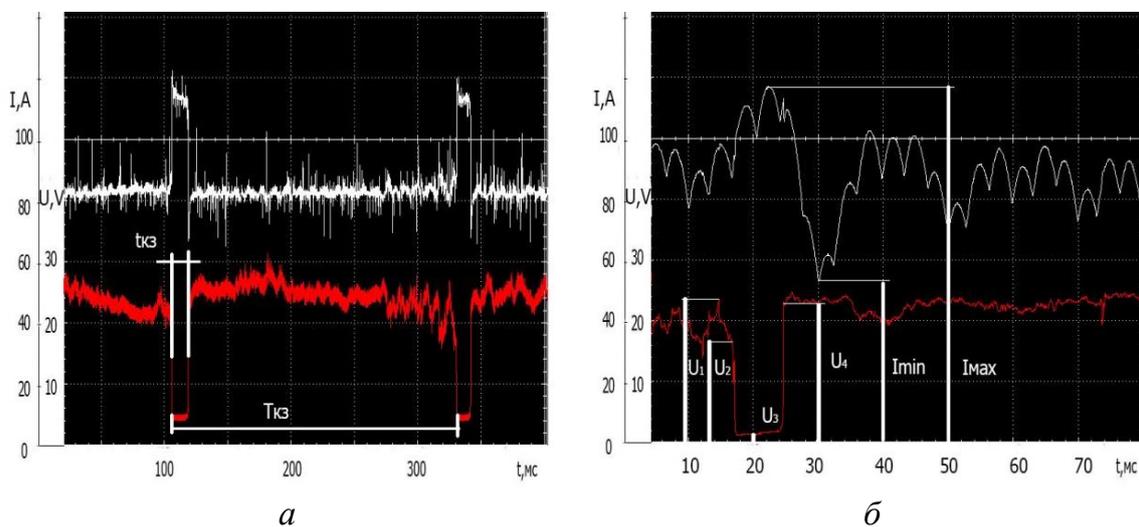


Рис. 2.4. Схема определения параметров каплепереноса электродного металла:

$a - \tau_{кз}$ – длительность короткого замыкания дугового промежутка, мс;

$T_{к.з}$ – длительность цикла – период образования и переноса капли, мс;

$b - I_{max}$ – максимальное значение тока при КЗ, А;

I_{min} – максимальное значение тока при КЗ, А;

U_1 – напряжение перед зарождением капли, В; U_2 – напряжение перед КЗ, В;

U_3 – напряжение в момент КЗ, В; U_4 – напряжение после КЗ, В

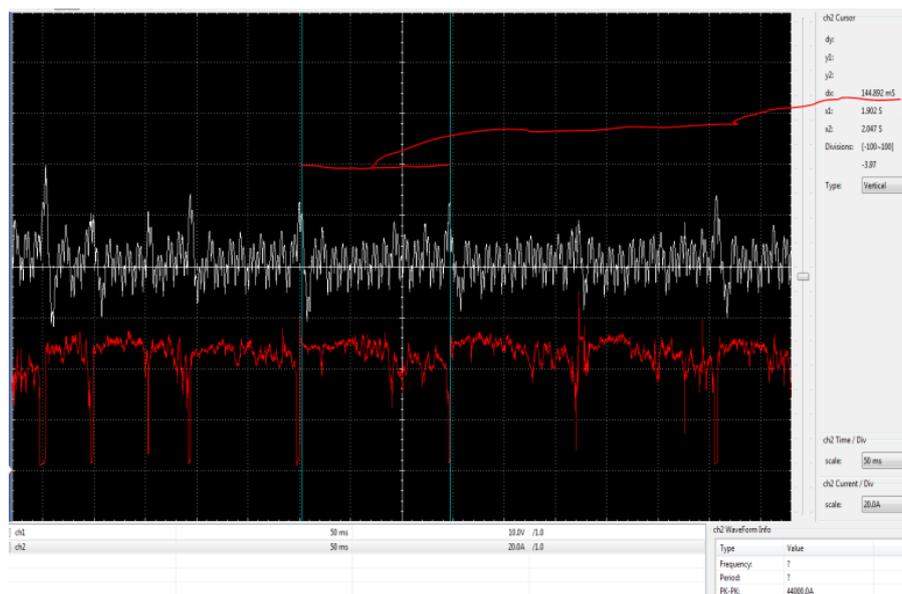


Рис. 2.5. Определение параметра $T_{к.з}$ в окне программы Oscilloscope Software

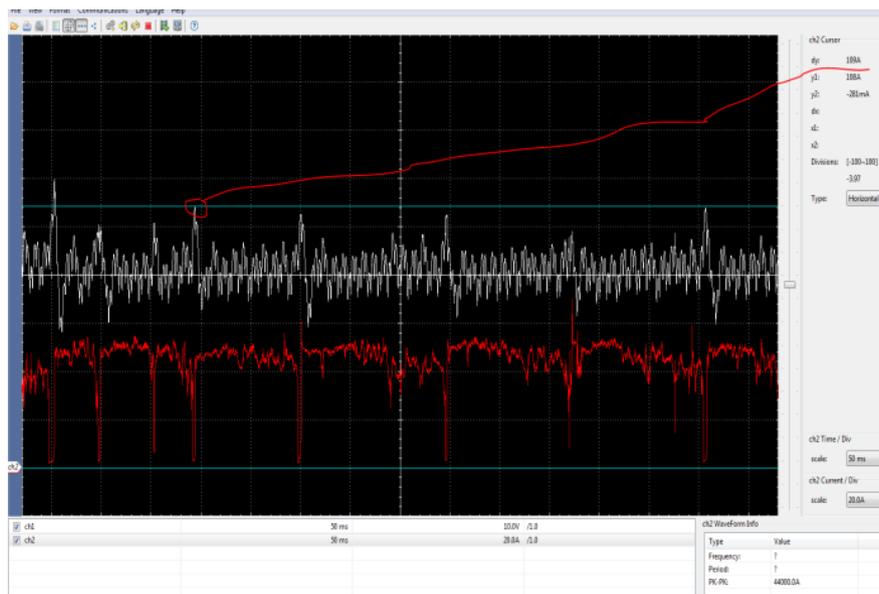


Рис. 2.6. Определение параметра I_{max} в окне программы Oscilloscope Software

4. Произвести статистическую обработку полученных экспериментальных данных параметров каплепереноса.

Согласно ГОСТ Р 8.563–2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений» методика обработки результатов экспериментальных исследований содержит следующие этапы:

- предотвращение появления систематических погрешностей и исключение грубых выбросов;
- вычисление среднеарифметических значений (рис. 2.7):

$$x' = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}, \quad (2.10)$$

где $x_1 \dots x_n$ – результаты измерения величины; x' – среднее значение измеряемой величины;

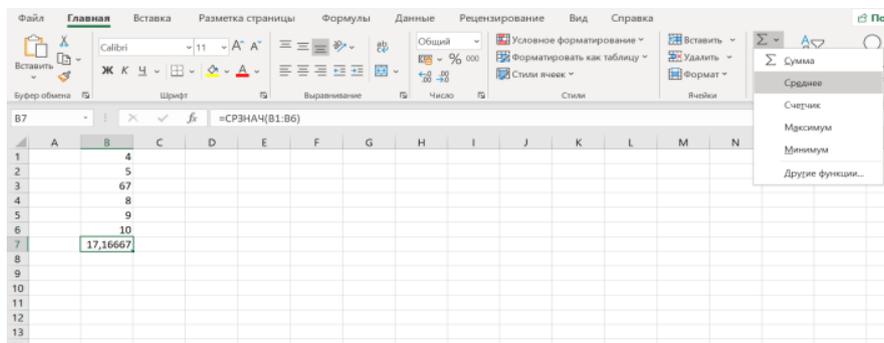


Рис. 2.7. Вычисление среднеарифметических значений экспериментальных данных в программе Excel

- вычисление среднеквадратичного отклонения (самый распространенный критерий для оценки стабильности энергетических параметров режима): сварочного тока и напряжения, длительностей короткого замыкания дугового промежутка, длительностей полного цикла образования и переноса капли [4]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - x')^2 + \dots + (x_n - x')^2}{n}}, \quad (2.11)$$

где $x_1 \dots x_n$ – результаты измерения величины; x' – среднее значение измеряемой величины (формула (2.10), рис. 2.8), n – число измерений;

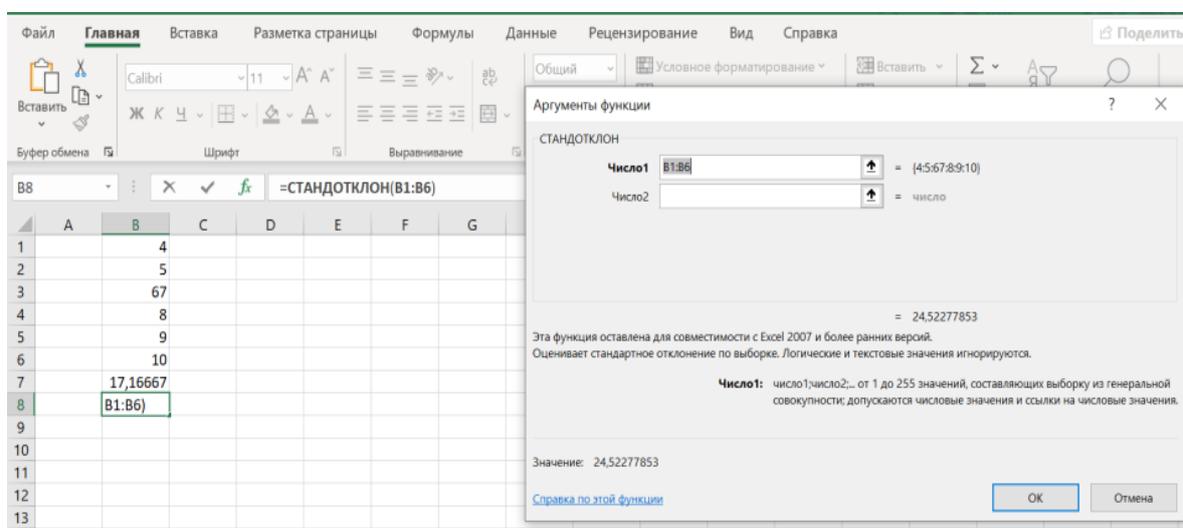


Рис. 2.8. Вычисление среднеквадратичного отклонения в программе Excel

- вычисление коэффициента вариации параметра K_v – относительный непосредственный критерий стабильности параметра (рис. 2.6):

$$K_{vX} = \frac{\sigma}{x'}, \quad (2.12)$$

где K_{vX} – коэффициент вариации; σ – среднеквадратичное отклонение (формула (2.11)); x' – среднее значение измеряемой величины (формула (2.1)).

Встроенная функция в программе Excel определения параметра коэффициента вариации отсутствует, поэтому задаем ее формулой (рис. 2.9).

5. Заполнить табл. 2.4 экспериментальных данных представленных в разделе 4.

6. По полученным экспериментальным данным табл. 2.3 сделать выводы.

7. Ответить на типовые вопросы для контроля и самоконтроля.

8. Оформить отчет в соответствии с требованиями и представить его для защиты преподавателю.

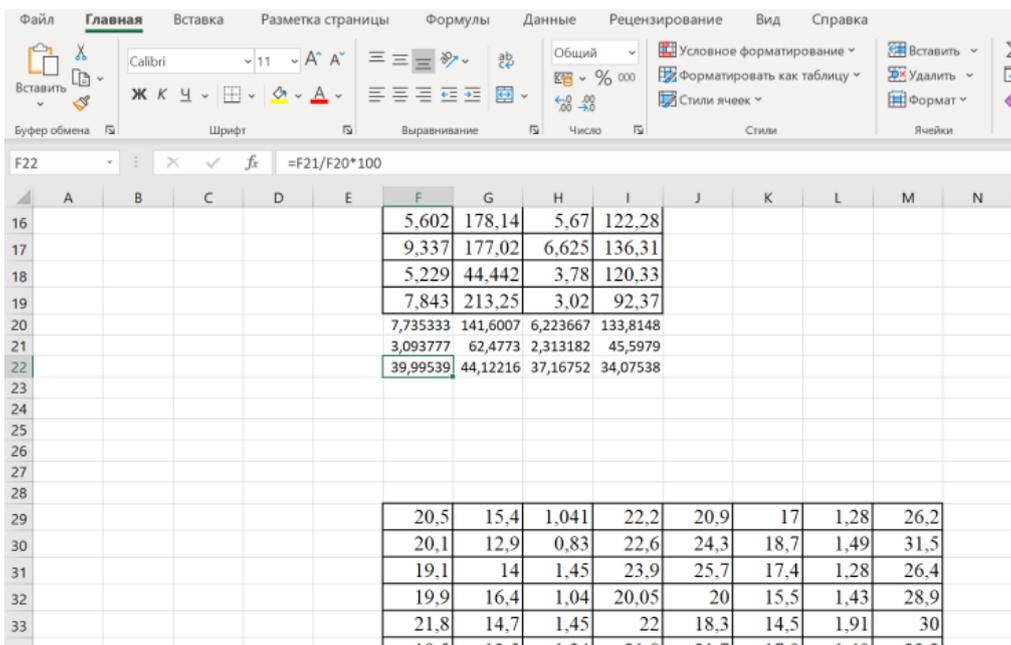


Рис. 2.9. Вычисление коэффициента вариации

4. Формы таблиц, рекомендуемых для записи измеряемых свойств объекта исследования

Таблица 2.4

Результаты статистической обработки осциллограмм тока и напряжения, записанных при осуществлении технологических исследований

Тип источника питания – выпрямитель	Определяемый параметр (рис. 2.2)							
	$T_{кз}, мс \pm \sigma_{кз}, мс$	$T_{кз}, мс \pm \sigma_{Ткз}, мс$	$I_{max}, А$	$I_{min}, А$	$U_1, В$	$U_2, В$	$U_3, В$	$U_4, В$
Диодный								
Инверторный								

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Оценка влияния параметров режима сварки и наличия порошков модификатора в защитном газе на параметры переносимых капель электродного металла

1. Цель работы

Оценка параметров каплепереноса электродного металла при механизированной сварке в среде защитных газов.

Для достижения поставленной цели необходимо определить параметры переноса электродных капель путем изменения параметров режима сварки в программе для ЭВМ.

2. Краткая характеристика объекта исследования

Сегодня сварка плавлением является одной из ключевых технологий во всех отраслях индустрии. Вместе с тем качественные показатели сварных соединений и наплавленных поверхностей зависят не только от технических возможностей механической части используемого оборудования, но и от гибкости реализуемого технологического процесса – способности поддерживать неизменными или периодически изменяющимися по определенной программе электрические и тепловые характеристики на уровне мгновенных значений. Актуальность решения данной задачи постоянно возрастает, поскольку технический прогресс предъявляет все более высокие требования к качеству сварных конструкций и экономичности сварочного производства.

Частота переноса жидкой капли расплавленного металла с торца электродной проволоки в сварочную ванну относится к одной из важных характеристик процесса сварки плавящимся электродом в среде инертных защитных газов (MIG). Частота переноса капель, размер и форма капли расплавленного электродного металла определяют технологические характеристики и области применения процессов сварки.

Традиционная MIG-сварка обеспечивает достаточно хорошее формирование и качество сварных швов, но имеет низкую производительность из-за малой глубины проплавления металла. Инновационным направлением для повышения производительности и увеличения глубины проплавления является разработка технологий на основе применения наноструктурированных материалов.

3. Методика практической работы

1. В окне программы для ЭВМ необходимо выбрать тип порошка модификатора (рис. 2.10).

Приложение расчета параметра объема капли

Начать расчет Изменить постоянные значения Сбросить

Постоянные значения

1,2	Диаметр электродной проволоки, мм
12	Вылет электродной проволоки, мм
Ar	Защитный газ
6,4	Скорость сварки, мм/с

Выберите порошок модификатор

- Al (Алюминий)
- W (Вольфрам)
- Mo (Модибден)

Вводимые значения

<input type="text"/>	Сила тока, А
<input type="text"/>	Напряжение, В
<input type="text"/>	Концентрация, мг/м

Рассчитать

Рис. 2.10. Введение типа порошка модификатора

2. Ввести параметры режима механизированной сварки в среде защитного газа в окно программы (рис. 2.11).

Рис. 2.11. Изменение параметров режима сварки

3. Необходимо, изменяя вводимые параметры режима сварки и наличия нанопорошков в защитном газе, определить их влияние на параметры переносимых капель электродного металла. Данные занести в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Экспериментальные данные

Диаметр электродной проволоки, мм	Вылет электродной проволоки, мм	Защитный газ	Тип порошка модификатора	Концентрация, гр/м	$I_{св}, A$	$U_{св}, B$	Объем капли, мм ³	Толщина дендрита, мм	Ширина дендрита, мм

4. Необходимо построить графики зависимости и описать полученные закономерности. Объяснить полученные данные. Ниже приведены примеры (рис. 2.12–2.14) графического отображения зависимостей.

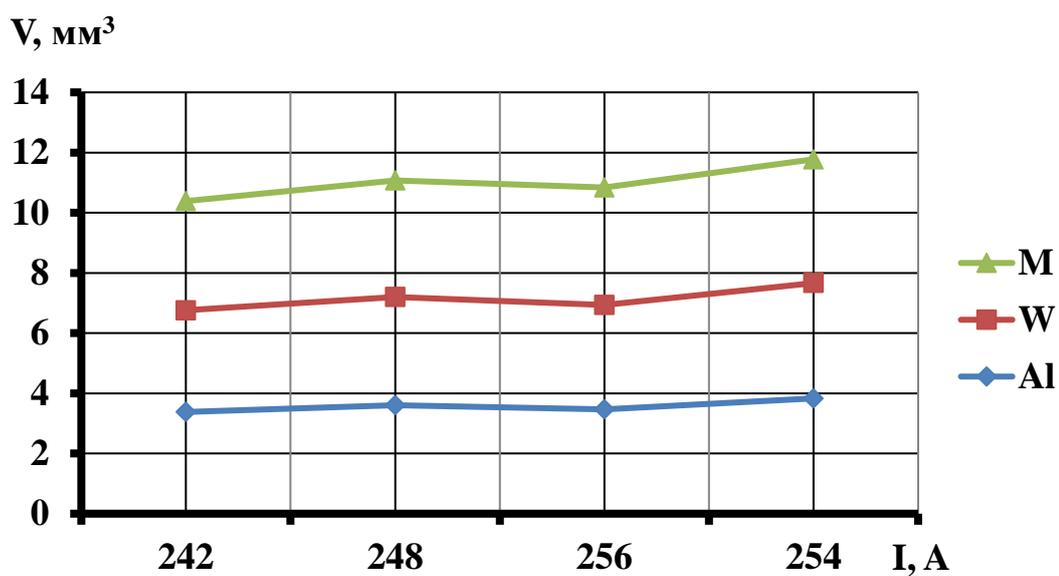


Рис. 2.12. Зависимость влияния силы тока и порошка модификатора на размеры переносимых капель электродного металла

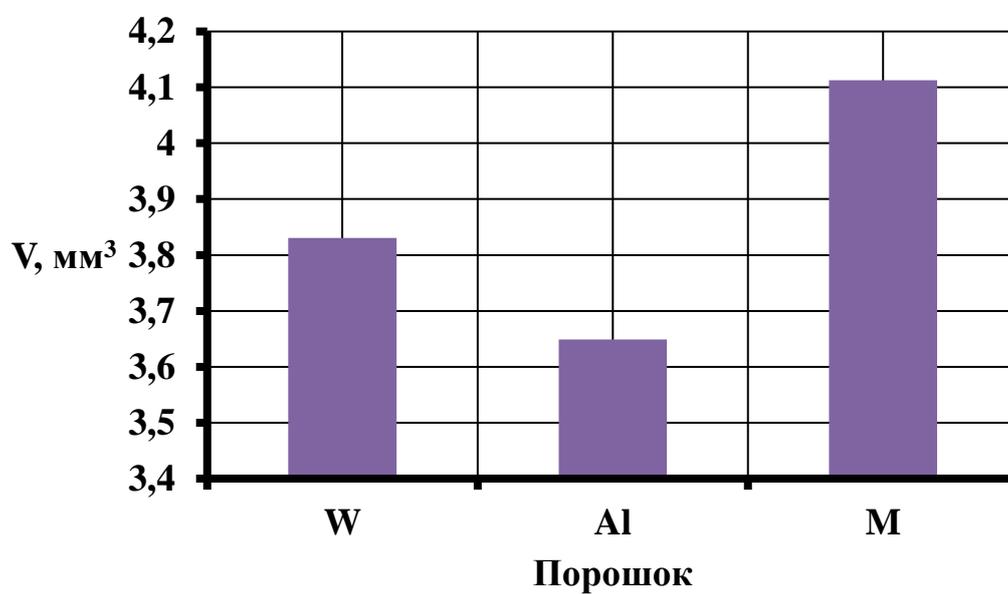


Рис. 2.13. Зависимость порошка модификатора на размеры переносимых капель электродного металла

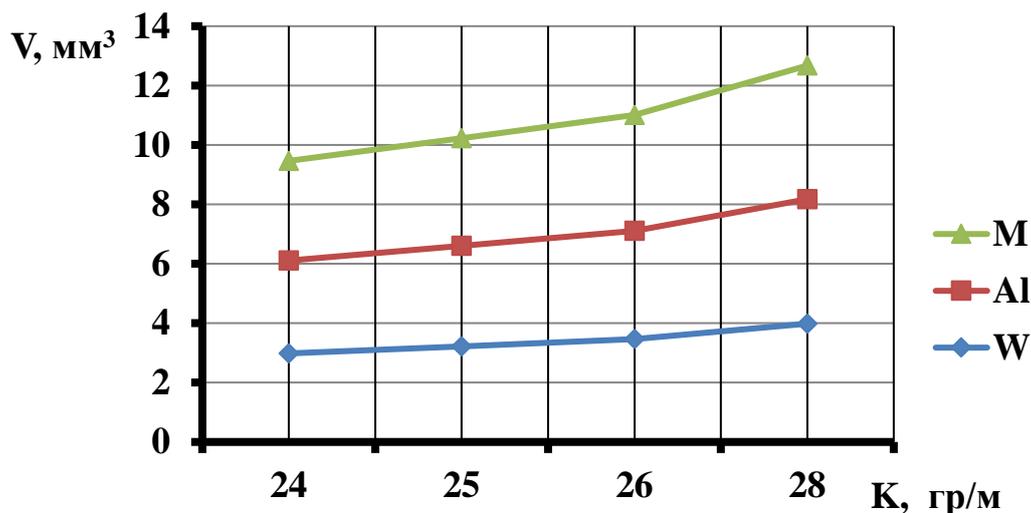


Рис. 2.14. Зависимость влияния концентрации и типа порошка модификатора на размеры переносимых капель электродного металла

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Распределение температурных полей по поверхности свариваемого изделия при дуговой сварке плавлением

1. Цель работы

Оценка картины распределения температурных полей по поверхности свариваемого изделия при дуговой сварке плавлением.

2. Краткая характеристика объекта исследования

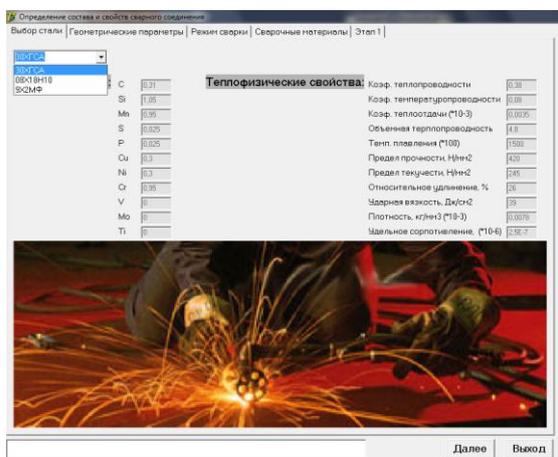
Процесс сварки предполагает нагрев свариваемых деталей разными видами источников энергии. В связи с этим качество сварного соединения во многом зависит от того, при каких условиях происходит нагрев и охлаждение. В зависимости от того какой характер протекания тепловых процессов имеет тот или иной способ сварки, определяются производительность плавления основного и электродного металлов, направление и полнота протекания металлургических процессов в сварочной ванне, условия формирования структуры металла шва и зоны термического влияния, механические и эксплуатационные свойства сварных соединений.

Управление термическим циклом в соединяемом материале является одной из основных задач сварочного производства при изготовлении ответственных конструкций из высокопрочных сталей.

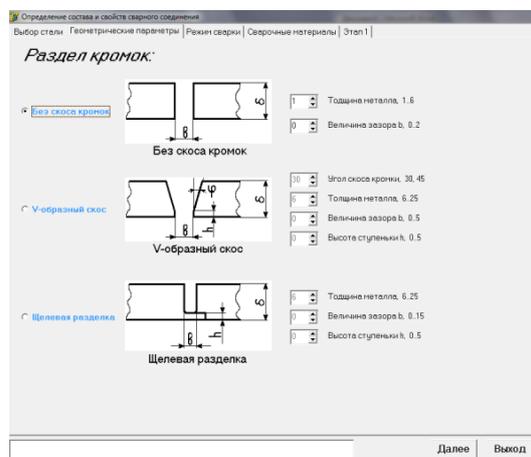
Наглядно увидеть влияние параметров режима сварки, геометрических размеров соединяемых материалов и т. д. на картины распределения позволяют программы: COMSOL Multiphysics, ANSYS и др.

3. Методика выполнения практической работы

1. Запустить программу на ПК.
2. В окне программы выбрать:
 - 2.1. Свариваемый материал (рис. 2.15, а) и форму подготовки кромок (рис. 2.15, б).
 - 2.2. Параметры режимов сварки (рис. 2.16, а) и сварочные материалы (рис. 2.16, б).

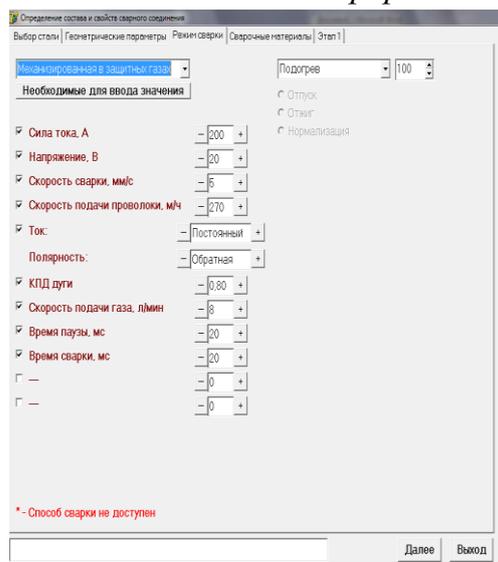


а

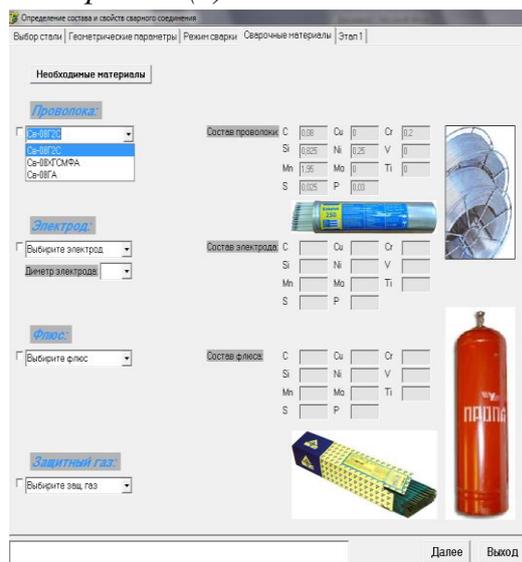


б

Рис. 2.15. Окно программы: выбор свариваемого материал (а) и формы подготовки кромок (б)



а



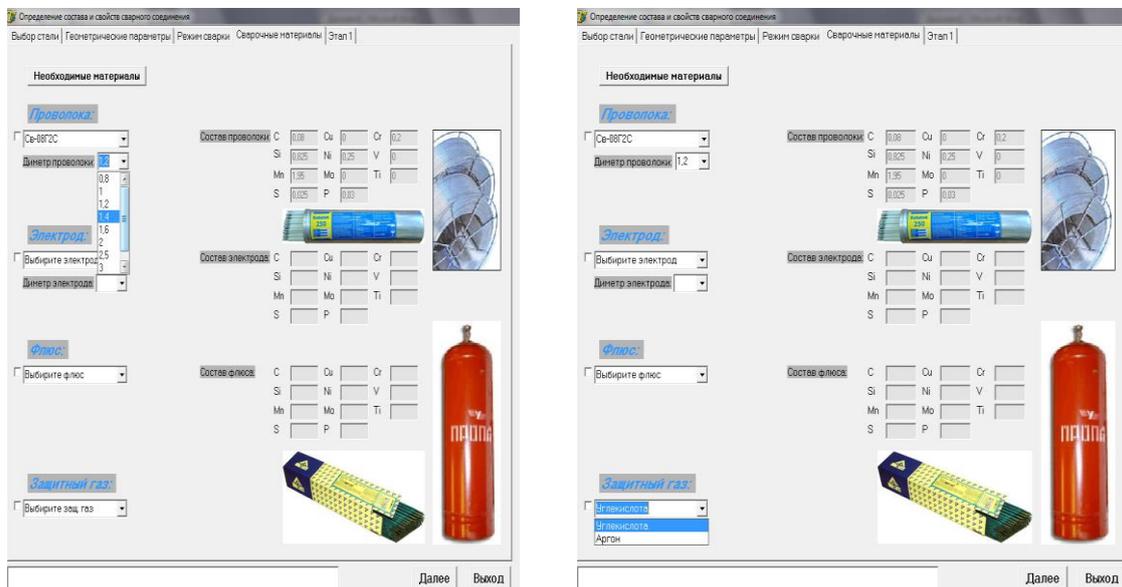
б

Рис. 2.16. Окно программы: выбор параметров режима сварки (а) и марки сварочной проволоки (б)

2.3. Диаметр проволоки (рис. 2.17, а) и марки защитного газа (рис. 2.17, б).

2.4. Произвести построение картины распределения полей (рис. 2.18).

3. Полученные данные записать в табл. 2.5.



а

б

Рис. 2.17. Окно программы: выбор диаметра проволоки (а) и марки защитного газа (б)

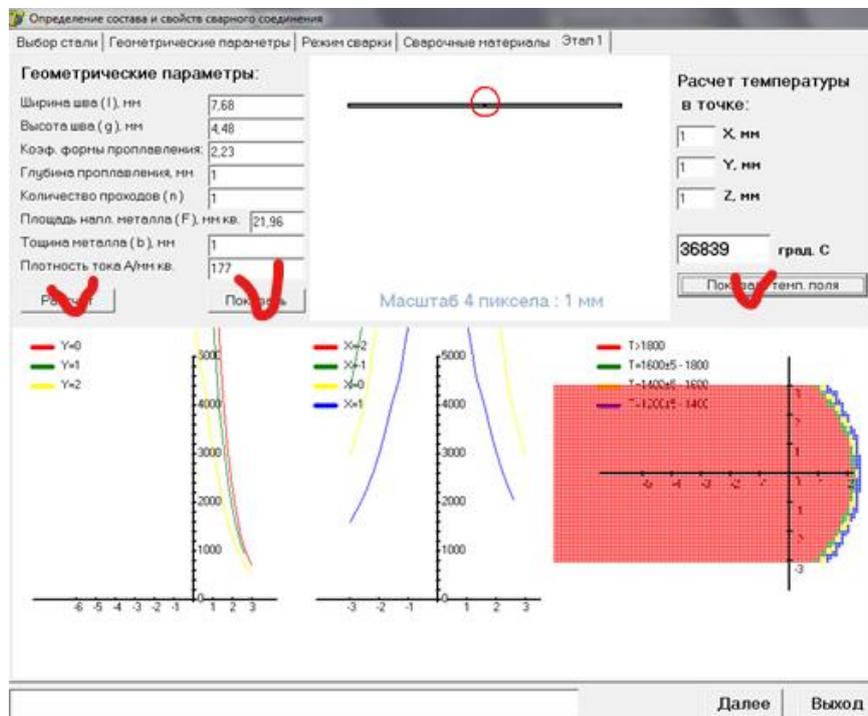


Рис. 2.18. Окно программы с построенной картиной распределения температурных полей

4. Формы таблиц, рекомендуемых для записи измеряемых свойств объекта исследования

Таблица 2.6

*Расчетные данные, полученные с помощью программы
«Определение состава и свойств сварного соединения»*

	Форма подготовки кромки	Толщина металла, мм	Марка сталь	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, мм/с	Диаметр проволоки, мм	Защитный газ	Площадь наплавленного металла, мм	Температура в точке °С (с координатами 1,1,1)	Ширина температурного поля, мм	Температура подогрев °С
1												
2												
15												

4. По результатам табл. 2.6 написать вывод, что оказывает влияние (какие параметры) на распределение температурных полей по поверхности свариваемого изделия.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Определение геометрических размеров, площади сварного шва и ЗТВ с использованием САD-системы «Компас-3D»

1. Цель работы

Оценка площади и протяженности наплавленного металла и ЗТВ.

2. Краткая характеристика объекта исследования

Проблема повышения прочности и эксплуатационной надежности сварных соединений труб из низколегированных и высоколегированных сталей связана с необходимостью обеспечения комплекса физико-механических свойств и равнопрочности зон соединения, предотвращения образования холодных трещин, а также структур, снижающих сопротивляемость соединений замедленному и хрупкому разрушению.

Трубы, используемые при строительстве магистральных трубопроводов, изготавливают из углеродистых (марки 09Г2С, 45) и легированных

сталей (марки 12X18Н10Т). Химический состав зависит от климатических условий и химического состава транспортируемого по ним вещества.

Для качественной сварки неповоротных стыков трубопроводов в условиях непрерывно изменяющегося пространственного положения сварочной ванны источник тока должен иметь хорошие динамические свойства, обеспечивать быстрый рост напряжения при переходе от короткого замыкания к горению дуги, оптимальную скорость изменения тока для снижения разбрызгивания, связанного с переходом капель расплавленного электрода в сварочную ванну, и выполнять ряд других требований [10].

Одним из главных эксплуатационных качеств магистральных трубопроводов из хромоникелевых аустенитных сталей (например, сталь 12X18Н10Т) является высокая химическая стойкость и в солевых водных растворах, и в щелочных, и в кислотных средах в широком диапазоне температур. Сочетая при этом достаточную прочность и чрезвычайно высокую пластичность, данные стали являются уникальным конструкционным материалом, применяемым во многих отраслях промышленности и народного хозяйства. Подавляющее большинство изделий из аустенитных сталей изготавливают с использованием дуговой сварки. Хромоникелевые аустенитные стали с точки зрения требований прочности, пластичности, отсутствия трещин и пор свариваются без ограничений. Однако специфические условия работы конструкций предъявляют дополнительные требования к коррозионной стойкости сварных соединений, что является нетривиальной задачей. Известно, что коррозионное разрушение реализуется либо в наплавленном металле из-за электрохимической гетерогенности, обусловленной неоднородностью структуры и химического состава, либо в зоне термического влияния – также из-за структурной неоднородности и неравновесности напряженного состояния. Повысить коррозионную стойкость сварных швов пытаются в первую очередь путем воздействия на состояние наплавленного металла. Так, сварку осуществляют электродами с основным покрытием и с повышенным содержанием аустенитообразующих элементов никеля и марганца, что предотвращает образование дельта-феррита, который преимущественно подвергается коррозионному разрушению. С этой же целью модифицируют наплавленный металл редкоземельными элементами, например иттрием. Наконец, в сварочную ванну вводят нанопорошки, чтобы измельчить структуру наплавленного металла и сделать его состояние более равновесным. Все эти способы на состояние зоны термического влияния кардинально не воздействуют и ее коррозионную стойкость не меняют. Практически единственным способом изменения состояния зоны термического влияния является изменение тепловложения

в сварное соединение. В последнее время перспективным представляется использование инверторных выпрямительных источников питания в виде новых технологий, которые позволяют уменьшить тепловложение в сварное соединение, тем самым сократить протяженность зоны термического влияния и понизить возможность коррозионного разрушения в этой зоне.

3. Методика выполнения практической работы [10]

1. Макрошлифы сварных соединений фотографировали при большом увеличении (10×), для того чтобы увеличить степень точности.
2. Изображения макрошлифов открывали в окне программного обеспечения «Компас-3D» и производили измерение подложки (рис. 2.19). При помощи команды «Масштабирование» выставляем размер подложки 10 мм (рис. 2.20). Проводили вспомогательную линии и край изображения выставляли по ней, затем проводили перпендикулярные линии в местах нахождения кромок сварных соединений.

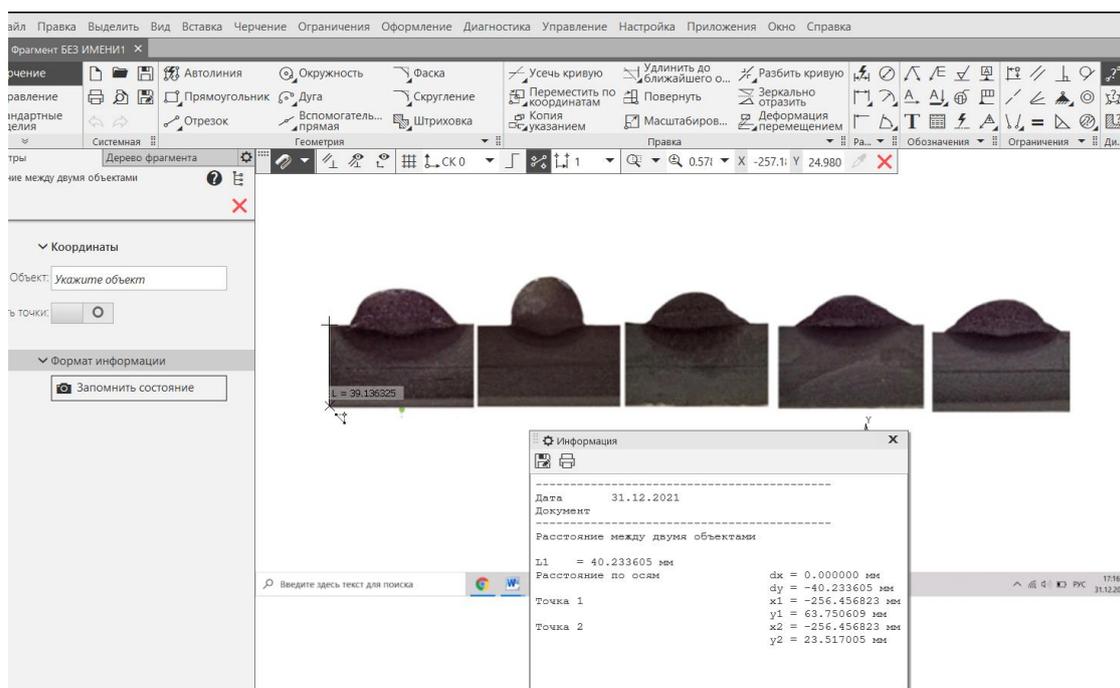


Рис. 2.19. Измерение размера подложки загруженного изображения

3. Производим фиксацию слоя с изображениями, далее накладывали новый слой и производили измерения. Для того чтобы произвести измерение размеров сварного соединения его обводили, используя стандартные инструменты (рис. 2.21).

4. Определяем площадь и ширину сварного шва и ЗТВ. Выбираем начало координат и, используя инструмент «Информация», снимаем значения точек кривой линии, описывающей контур сварного шва (рис. 2.22).

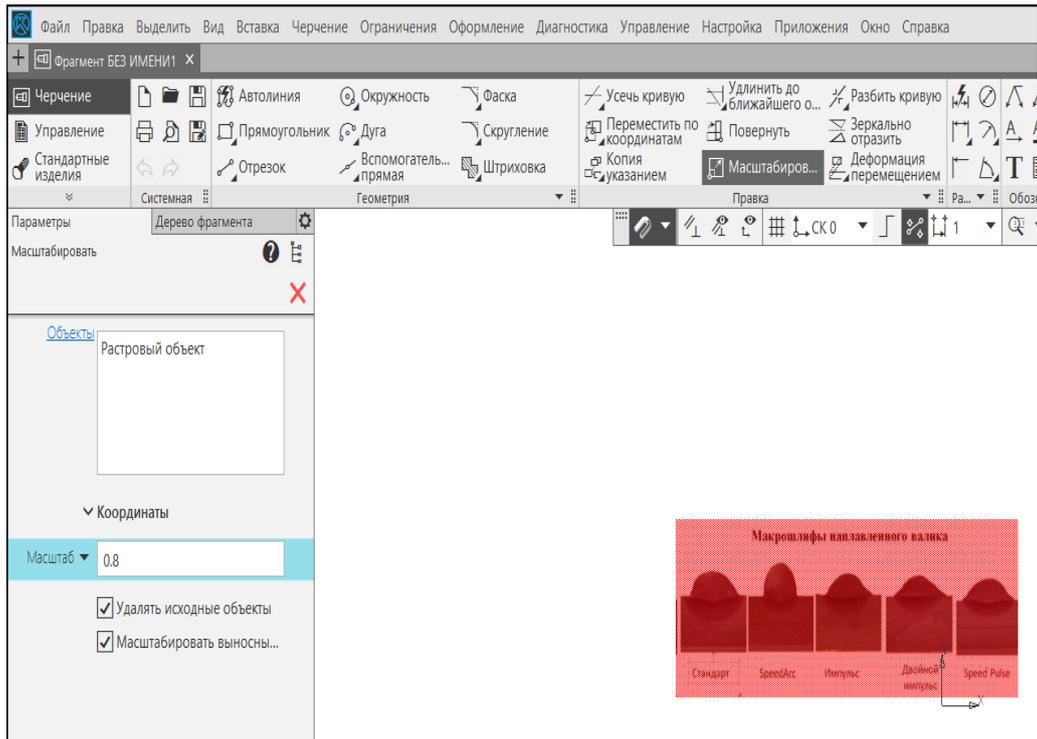


Рис. 2.20. Масштабирование изображение под нужный размер

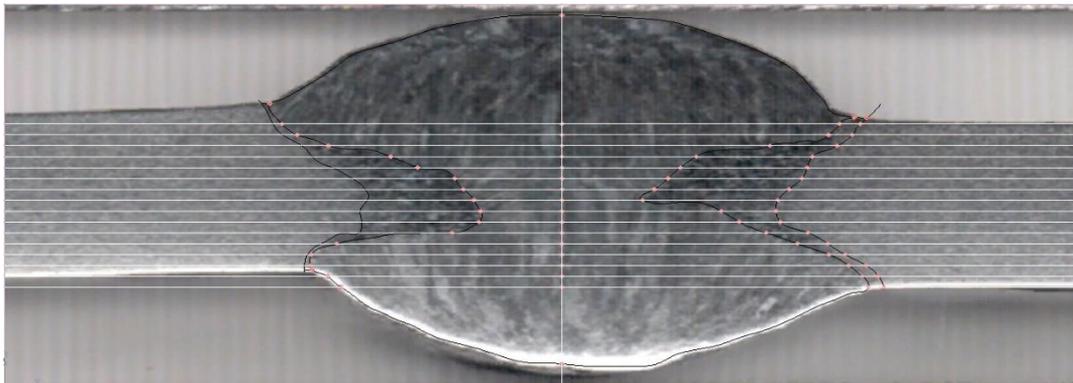


Рис. 2.21. Изображение микрошлифа с нанесёнными линиями для измерения

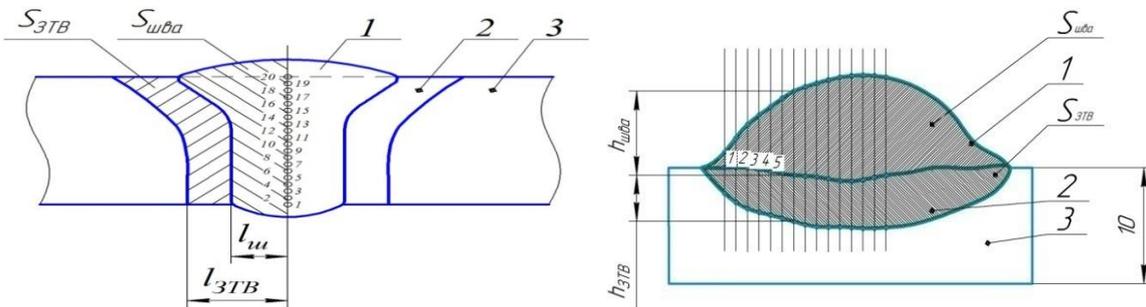


Рис. 2.22. Схема проведения замеров (шаг между точками – 0,5 мм):

1 – сварной шов; 2 – ЗТВ; 3 – основной металл;

$l_{ш}$ – длина сварного шва; $h_{ш}$ – высота наплавленного металла; $l_{ЗТВ}$ – ширина ЗТВ; $h_{ЗТВ}$ – высота наплавленного ЗТВ; $S_{шва}$ – площадь сварного шва; $S_{ЗТВ}$ – площадь ЗТВ

5. По полученным расчетным данным (табл. 2.7) сделать выводы.
6. Ответить на типовые вопросы для контроля и самоконтроля.
7. Оформить отчет в соответствии с требованиями и представить его для защиты преподавателю.

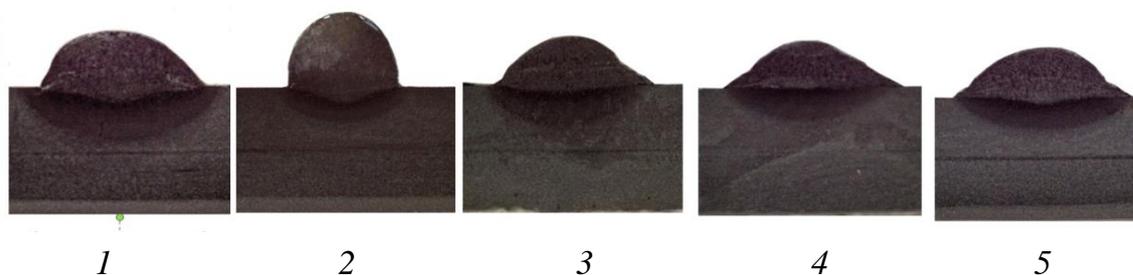
4. Формы таблиц, рекомендуемых для записи измеряемых свойств объекта исследования

Таблица 2.7

Экспериментальные данные обработки макрошлифов

Источник питания – выпрямитель	Режим сварки	Площадь наплавленного металла, мм ²	Ширина наплавленного металла (сварка), мм/ Высота наплавленного металла (наплавка), мм		Площадь ЗТВ, мм ²	Ширина ЗТВ (сварка), мм/ Высота ЗТВ (наплавка), мм	
			Измер. знач.	Ср. знач.		Измер. знач.	Ср. знач.

Необходимо по предложенной методике (раздел 3) данной практической работы оценить параметры наплавленного металла (рис. 2.23), выполненного механизированной сваркой в среде защитного газа с использованием сварочного аппарата LORCH СЕРИИ S SPEEDPULSE XT, и ЗТВ.



*Рис. 2.23. Микрошлифы наплавленного валика,
полученные на различных режимах процесса сварки:
1 – стандартный; 2 – SpeedArc; 3 – импульс; 4 – двойной импульс, 5 – Speed Pulse*

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

Исследование влияние параметров режима механизированной сварки в среде защитных газов CO₂ с импульсной подачи сварочной проволоки на объем переносимых капель электродного металла

1. Цель работы

Установление зависимости между параметрами механизированной сварки с импульсной подачи сварочной проволоки, размерами переносимых капель электродного металла и геометрическими размерами наплавленного металла.

2. Краткая характеристика объекта исследования

На сегодняшний день сварка в CO₂ является одним из наиболее распространенных способов сварки в нашей стране. Основными достоинствами способа сварки в CO₂ являются: высокая производительность, легкая механизация, обеспечение высоких механических свойства сварного соединения. Однако у данного способа сварки имеется существенный недостаток – нестабильность переноса расплавленного металла стержня электродной проволоки в сварочную ванну. Для повышения стабильности процесса и расширения технологических возможностей используют различные методы, одним из которых является сварка с программным периодическим изменением сварочного тока. Импульсно-дуговой сварке в CO₂ посвящены работы многих авторов [18–20]: Б.Е. Патона, Д.А. Дудко, И.И. Зарубы, А.Г. Потапьевского, Н.Г. Дюргерова, А.Ф. Князькова, Ю.Н. Сараева и др. Одним из способов реализации импульсно-дуговых процессов является сварка с ИПСП. Этой проблемой занимались В.А. Лебедев, Н.М. Воропай, С.П. Ковешников, В.В. Красношарпа и др.

3. Методика выполнения практической работы

1. Необходимо установить влияние каждого параметра режима сварки (рис. 2.24, 2.25) на искомые величины и представить это в цифровом отображении в виде табл. 2.8 и графика. Пример отображения представлен на рис. 2.26.

2. По полученным расчетным данным (табл. 2.8) сделать выводы.
3. Ответить на типовые вопросы для контроля и самоконтроля.
4. Оформить отчет в соответствии с требованиями и представить его для защиты преподавателю.

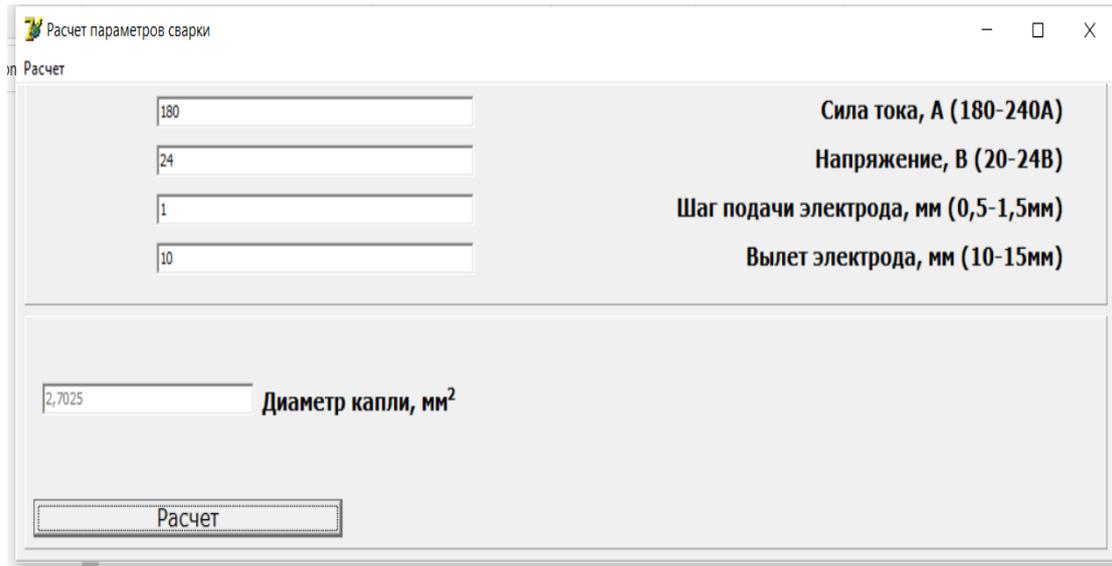


Рис. 2.24. Окно программы для определения объёма переносимых капель

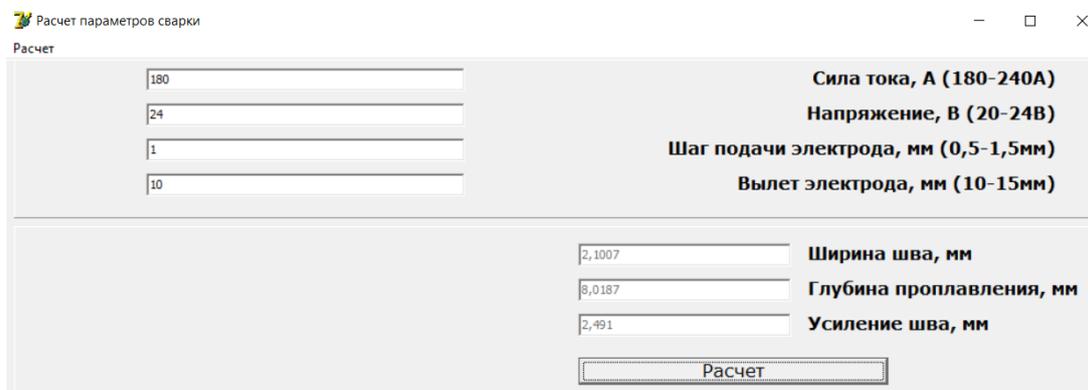


Рис. 2.25. Окно программы для определения геометрических параметров наплавленного металла

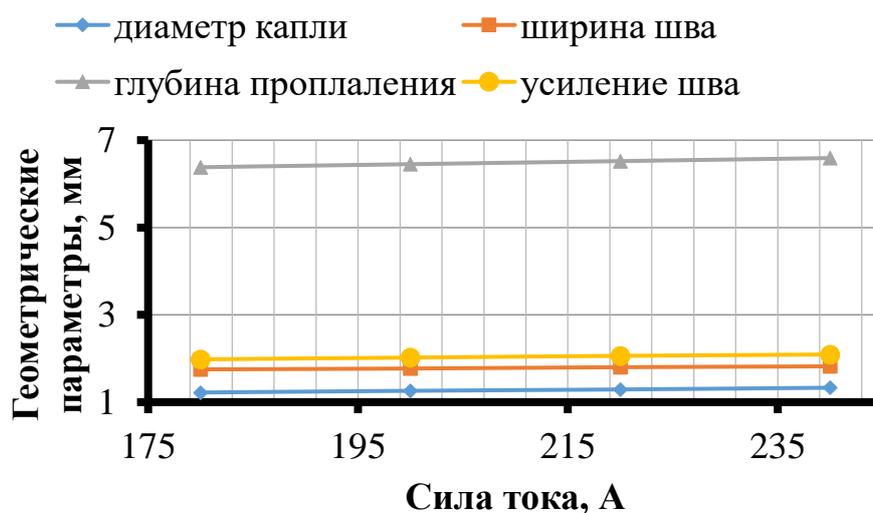


Рис. 2.26. Пример графического представления информации

**4. Формы таблиц, рекомендуемых
для записи измеряемых свойств объекта исследования**

Таблица 2.8

*Расчетные данные, полученные с помощью программы
«Расчет параметров сварки»*

№	Сила тока, А	Напряжение, В	Шаг подачи электрода, мм	Вылет электрода, мм	Диаметр капли, мм ²	Ширина шва, мм	Глубина проплавления, мм	Усиление шва, мм
1	I_1	const	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
2	I_2	const	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
3	I_3	const	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
4	I_4	const	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
5	const	U_1	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
6	const	U_2	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
7	const	U_3	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
8	const	U_4	const	const	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина	Определяемая величина
и т. д. для двух других параметров								

ЧАСТЬ 3

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Формирование технологической карты визуального и измерительного контроля (ВИК) и проведение ВИК сварных соединений, выполненных точечной сваркой (ТС)

1. Цель работы

Получение навыков заполнения технологической карты визуально и измерительного контроля (ВИК) и проведение ВИК сварных соединений, выполненных точечной сваркой.

2. Оборудование, приборы и материалы

1. Люксметр ТКА ПКМ (61).
2. Штангельциркуль ШЦ I-150.
3. Шаблон УШС-3.
4. Шаблон Ушера–Маршака.
5. МЛ 150 (рулетка 3М)
6. Лупа 4× (просмотровая).
7. Лупа 10× (измерительная).
8. Эталоны меры шероховатости.
9. Сварные образцы, выполненные ТС.

3. Теоретическая часть

Визуальный и измерительный контроль (ВИК) относится к числу базовых и предшествующих всем остальным методам дефектоскопии. Методом (ВИК) проверяют качество подготовки и сборки заготовок под сварку, качество выполнения швов в процессе сварки, а также качество основного металла.

ВИК проводится с применением простейших измерительных средств, в том числе невооруженным глазом или с помощью визуально-оптических приборов до 20-кратного увеличения, таких как лупы, эндоскопы и зеркала. Несмотря на техническую простоту, основательный подход к проведению визуального контроля предусматривает разработку технологической карты – документа, в котором излагаются наиболее рациональные способы и последовательность выполнения работ.

Проведение ВИК измерительного контроля регламентируется: ГОСТ Р ИСО 17637–2014 «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением»; СТО 9701105632-003–2021 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю». В них содержатся

требования к квалификации персонала, средствам и процессу контроля, а также к способам оценки и регистрации его результатов.

Современные средства ВИК дают возможность выявления мелких дефектов, обнаружение которых ранее было ограничено недостаточной мощностью используемых оптических средств.

ВИК при оценке состояния материала и сварных соединений в процессе эксплуатации технических устройств и сооружений выполняют в соответствии с требованиями руководящих документов (методических указаний) по оценке (экспертизе) конкретных технических устройств и сооружений.

К проведению ВИК допускаются только квалифицированные специалисты, аттестованные в соответствии с правилами аттестации персонала в области неразрушающего контроля – СДАНК-02–2020 (НТЦ ПРОМ. БЕЗОПАСНОСТЬ) или СНК ОПО РОНКТД-03-2021 (НАКС). Специалисты НК в зависимости от их подготовки и производственного опыта аттестуются по трем уровням профессиональной квалификации – I, II, III. Квалификация I уровня не дает права подписи заключений о результатах контроля, такую возможность имеют специалисты II уровня квалификации и выше. Аттестацию специалистов неразрушающего контроля проводят независимые органы по аттестации персонала в сфере НК.

4. Порядок выполнения работы

К самостоятельному выполнению ПР допускаются студенты, прошедшие инструктаж по ТБ и положительно прошедшие входное тестирование по материалу необходимому для выполнения лабораторной работы.

1. Подготовка объекта контроля (ОК).
 - 1.1. Проведение замера освещенности.
 - 1.2. Очистка объекта контроля (снега, грязи, ржавчины).
 - 1.3. Определение шероховатости поверхности, используют эталонные образцы шероховатости.
 - 1.4. Обеспечение доступа к ОК.
2. Оценка соответствия сварного соединения требованиям: ГОСТ 15878–79 «Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры».
 - 2.1. Определение соответствию виду сварки.
 - 2.2. Определение соответствия геометрических параметров формы шва.
3. Проведение визуального контроля: ГОСТ Р ИСО 17637–2014 «Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением»; СТО 9701105632-003–2021 «Инструкция по визуальному и измерительному контролю».

3.1. Определение, обнаружение несплошностей, несоответствий и отклонений.

3.2. Классификация обнаруженных дефектов, ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 «Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии в металлических материалах. Часть 2. Сварка давлением».

3.3. Маркировка обнаруженных дефектов при необходимости.

4. Проведение измерительного контроля ГОСТ 8.051–81 (СТ СЭВ 303-76) «Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

4.1. Определение всех геометрических параметров обнаруженных дефектов:

4.1.1. Прямым измерением (диаметр, протяженность, высота, ширина, глубина).

4.1.2. Косвенными измерениями (протяженность перемежающихся дефектов, глубина, отклонение соосности).

4.2. Определение координат привязки (либо в часах, либо в мм).

5. Оформление результатов контроля.

5.1. Составление дефектограмм.

5.2. Сравнительный анализ полученных результатов по нормам браковки.

5.3. Оформление заключений, актов, протоколов (прил. Ж, З).

5. Оформление отчета

По результатам выполнения ЛР студентам необходимо заполнить технологическую карту ВИК (прил. Ж) и заключение по результатам ВИК (прил. З).

6. Структура отчета по практической работе и правила его оформления

Отчет является документом, свидетельствующим о выполнении студентом ПР, и должен включать:

- 1) титульный лист;
- 2) цель выполняемой ПР;
- 3) основную часть (краткая постановка задачи ПР; краткая характеристика ОИ; методика или программа ПР; результаты практических измерений, обработанные с использованием элементов статистики и математических расчетов, представленные в форме таблиц, графиков, диаграмм и т. д.);
- 4) выводы по ПР, с обоснованием полученных закономерностей и зависимостей.

ВНИМАНИЕ! Оформление отчета по ПР, выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 2.105–2019 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам». Оформленные отчеты, не соответствующие требованиям ГОСТА, к защите не допускаются.

7. Типовое тестовое задание для контроля и самоконтроля студентов

Перед началом проведения практической части ПР студент должен пройти входное тестирование на знание теоретических основ ВИК. Ниже приведен примерный перечень вопросов, содержащихся в тесте.

1. Участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке или наплавке, называется ...?

- зона синеломкости;
- переходная зона;
- зона сплавления;
- зона термического влияния.

2. Для выполнения контроля должен быть обеспечен достаточный обзор для глаз специалиста. Подлежащая контролю поверхность должна рассматриваться под углом ...?

- не менее 30° к плоскости ОК;
- не менее 45° к плоскости ОК;
- не менее 50° к плоскости ОК;
- не более 70° к плоскости ОК.

3. В какой цвет рекомендуется окрашивать поверхность стен на участках визуального и измерительного контроля?

- бело-голубой или светло-серый;
- красный;
- оранжевый;
- все перечисленное.

4. Какой дефект подлежит выявлению при визуально-измерительном контроле технических устройств и металлоконструкций в процессе их эксплуатации?

- перпендикулярность осей и поверхностей элементов под сварку;
- расслоение, выходящее на поверхность;
- коррозионные и эрозионные повреждения;
- кратер;
- все вышеперечисленные.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Формирование технологической карты капиллярного контроля (КК) и проведение КК сварных соединений, выполненных точечной сваркой (ТС)

1. Цель работы

Получение навыков заполнения технологической карты капиллярного контроля (КК) и проведение КК сварных соединений, выполненных точечной сваркой (ТС).

2. Оборудование, приборы и материалы

1. Гигрометр ТКА ПКМ (61).
2. Таймер.
3. Рулетка (3 м).
4. Лупа 7×.
5. Линейка МЛ-150.
6. Фонарик с голубым спектром.
7. Штангенциркуль ШЦ-I-150.
8. Эталоны меры шероховатости.
9. Пенетрант.
10. Очиститель.
11. Проявитель.
12. Контрольный образец для проверки дефектоскопических материалов (эталон трещина II класса).
13. Контрольный образец для проверки дефектоскопических материалов (арбитражный КО).
14. Обтирочный материал (ветошь).
15. Сварные образцы, выполненные ТС.

3. Теоретическая часть

Капиллярный контроль – самый чувствительный метод НК. К капиллярным методам неразрушающего контроля относят методы, основанные на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей (пенетрантов) в поверхностные и сквозные дефекты. Образующиеся индикаторные следы обычно регистрируются визуальным способом. С помощью капиллярных методов определяется расположение дефектов, их протяженность и ориентация на поверхности. Капиллярная дефектоскопия применяется при необходимости выявления малых по величине дефектов, к которым не может быть применен визуальный контроль. Контроль капиллярным методом проводится в соответствии с ГОСТ 18442 «Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие

требования». Простейшей разновидностью капиллярного контроля является метод «мел–керосин».

Капиллярные методы используются для контроля объектов любых размеров и форм, изготовленных из черных и цветных металлов и сплавов, стекла, керамики, пластмасс и других неферромагнитных материалов. С помощью капиллярной дефектоскопии возможен контроль объектов из ферромагнитных материалов в случае, если применение магнитопорошкового метода невозможно.

Капиллярная дефектоскопия применяется в таких отраслях промышленности, как энергетика, авиация, ракетная техника, судостроение, металлургия, химическая промышленность, автомобилестроение. Капиллярная дефектоскопия используется при мониторинге ответственных объектов перед приемкой и в процессе эксплуатации.

В зависимости от способов получения первичной информации капиллярные методы подразделяют:

- на цветной (хроматический);
- яркостный (ахроматический);
- люминесцентный;
- люминесцентно-цветной.

4. Порядок выполнения работы

Способ контроля: контроль проникающими веществами (цветная дефектоскопия).

Место проведения контроля: лабораторные условия.

Условия контроля (в лаборатории):

1. Температура – от 5 до 40 °С.
2. Относительная влажность – не более 80 %.
3. Чувствительность – II класс.
4. Освещенность общая – не менее 750 Лк (освещенность комбинированная – от 2500 Лк).
5. Шероховатость – не грубее Rz 20.
6. Расстояние, максимальное до ОК, – не более 600 мм; доступ к ОК в вертикальной и горизонтальной плоскости – 360°.
7. Расстояние нанесения дефектоскопических материалов – 250...300 мм.

Требования безопасности:

1. Местная приточно-вытяжная вентиляция.
2. Средства индивидуальной защиты: перчатки резиновые; очки защитные; халат хб; респиратор «лепесток».
3. Использованную ветошь утилизировать в специальный контейнер с крышкой.

Подготовка к контролю:

1. Обеспечить доступ к ОК.
2. Проверка освещенности не менее 750 Лк.
3. Замер шероховатости.
4. Очистка поверхности ОК от загрязнений, препятствующих контролю.
5. Обезжиривание или промывка поверхностей, подлежащих контролю.
6. Сушка контролируемых поверхностей.

Контроль качества дефектоскопических материалов:

1. Проверка соответствия срока годности и работоспособности дефектоскопических материалов.
2. Проверка пенетранта проявителя и очистителя на контрольном образце.
3. Проверка на наличие паспорта на контрольный образец и проверка полученных результатов.

Параметры контроля:

1. Расстояние от распылительной головки до контролируемой поверхности:
 - для пенетранта – до 350 мм;
 - проявителя – до 350 мм;
 - очистителя – до 350 мм.
2. *Количество слоев:*
 - Пенетранта – 2–5 слоев;
 - Проявителя – 1 слой.
3. *Время выдержки:*
 - под пенетрантом – 5...10 минут;
 - под проявителем – до полного высыхания;
 - под очистителем – до полного высыхания;
 - время от момента обезжиривания до нанесения пенетранта: до полного высыхания.

Подробные указания по выполнению контроля (последовательность технологических операций):

1. Подготовка ОК.
 - 1.1. Проверка шероховатости (не более Rz20); проверка освещенности не менее 750 Лк.
 - 1.2. Обезжиривание ОК; до полного высыхания обезжиривающего вещества.

2. Нанести пенетрант 2–5 слоев и выдержать 5...10 минут, не допуская высыхания; индикаторный пенетрант удаляют до полного отсутствия на поверхности окрашенного фона.

3. Удаление пенетранта с использованием очистителя и ветоши.

4. Сушка контролируемой поверхности путем протирки чистой сухой ветошью.

5. Нанести проявитель (натеки, потеки недопустимы).

6. Исследование ОК на наличие индикаторных следов.

7. Определение вида дефекта, его величины и координат привязки.

8. Удаление проявителя.

9. Оформление результатов контроля.

Содержание Протокола (Заключения) по результатам контроля:

1. Объект контроля.

2. Параметры контроля.

3. Режим контроля.

4. Результаты контроля.

5. Заключение результата контроля проникающими веществами.

5. Оформление отчета

По результатам выполнения лабораторной работы студентам необходимо заполнить технологическую карту капиллярного контроля (прил. И) и заключение по результатам капиллярного контроля (прил. К).

6. Структура отчета по практической работе и правила его оформления

Отчет является документом, свидетельствующим о выполнении студентом ПР, и должен включать:

- титульный лист;
- цель выполняемой ПР;
- основную часть (краткая постановка задачи ПР; краткая характеристика ОИ; методика или программа ПР; результаты практических измерений, обработанные с использованием элементов статистики и математических расчетов, представленные в форме таблиц, графиков, диаграмм и т. д.);

- выводы по ПР, с обоснованием полученных закономерностей и зависимостей.

ВНИМАНИЕ! Оформление отчета по ПР выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 2.105–2019 «ЕСКД. Общие требования к тестовым документам». Оформленные отчеты, не соответствующие требованиям ГОСТа, к защите не допускаются.

7. Типовое тестовое задание для контроля и самоконтроля студентов

Перед началом выполнения практической работы студент должен пройти входное тестирование на знание теоретических основ КК.

Ниже приведен примерный перечень вопросов, которые содержит тест.

1. Как необходимо подготовить поверхность к проведению капиллярного контроля в условиях низких температур по РД 13-06-2006?

- 1) обезжирить бензином;
- 2) осушить спиртом;
- 3) 1) и 2);
- 4) нет правильного ответа.

2. Как следует определять вид дефекта и оценивать его величину при капиллярном контроле по РД 13-06-2006?

- 1) по форме наблюдаемого рисунка;
- 2) по степени растекания индикаторного пенетранта на проявителе;
- 3) 1) и 2);
- 4) нет правильного ответа.

3. На выявляемость дефектов оказывает влияние:

- 1) выбор дефектоскопических материалов;
- 2) состояние поверхности контроля;
- 3) ни 1), ни 2);
- 4) 1) + 2).

4. Какой должна быть минимальная освещенность поверхности люминесцентными лампами при контроле по I и II классам чувствительности по ГОСТ 18442 и РД 13-06–2006?

- 1) 500 Лк;
- 2) 750 Лк;
- 3) 2000 Лк;
- 4) 2500 Лк.

5. Чем не допускается обезжиривать поверхность, подлежащую капиллярному контролю по РД 13-06-2006?

- 1) органическим растворителем (бензином, ацетоном);
- 2) 5%-м водным раствором порошкообразного синтетического моющего средства (СМС);
- 3) керосином;
- 4) нет правильного ответа.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Дефекты сварного соединения, выполненного контактной сваркой

1. Цель работы

Изучение нормативно-технической документации в области неразрушающего контроля.

2. Порядок выполнения работы

Выбор варианта для выполнения практической работы 1 проводить согласно табл. 3.1, по двум последним цифрам зачетки. Пример: последним цифрам 55 зачетки соответствует номер варианта 15.

Таблица 3.1

Выбор варианта

Последние две цифры зачетки					Номер варианта
1	21	41	61	81	1
2	22	42	62	82	2
3	23	43	63	83	3
4	24	44	64	84	4
5	25	45	65	85	5
6	26	46	66	86	6
7	27	47	67	87	7
8	28	48	68	88	8
9	29	49	69	89	9
10	30	50	70	90	10
11	31	51	71	91	11
12	32	52	72	92	12
13	33	53	73	93	13
14	34	54	74	94	14
15	35	55	75	95	15
16	36	56	76	96	16
17	37	57	77	97	17
18	38	58	78	98	18
19	39	59	79	99	19
20	40	60	80		20

Соотношение дефекта и вида сварки представлено в табл. 3.2.

Таблица 3.2

*Соотношение дефекта и вида сварки ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021
«Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии
в металлических материалах. Часть 2. Сварка давлением» [21]*

ЕН ИСО 4063	Способ сварки		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
21	Точечная сварки																				
221	Роликовая сварки внахлестку																				
222	Роликовая сварки раздавливанием кромок																				
225	Роликовая сварки встык с ленточными накладками из фольги																				
23	Рельефная сварка																				
24	Стыковая сварки оплавление																				
25	Стыковая сварки с сопротивлением																				
291	Высокочастотная сварки с сопротивлением																				
41	Ультразвуковая сварка																				
42	Сварка трением																				
43	Кузнечная сварка																				
441	Сварка взрывом																				
45	Диффузионная сварка																				
47	Газопрессовая сварка																				
48	Холодная сварка давлением																				
781	Дуговая приварка шпилек																				
782	Контактная приварка шпилек																				
74	Индукционная сварка																				
P400																					
P401			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P403			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
P404						+															
P500																					
P501			+	+	+	+	+		+	+	+									+	+
P502									+	+	+		+	+			+	+			+
P503						+															
P507						+			+	+	+		+	+			+	+			+
P508						+			+	+			+	+			+				
P520			+	+	+	+	+		+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+
P521																					
P5211			+	+					+	+	+		+	+			+	+	+	+	+
P5212			+					+													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
P5213	+				+														
P5214	+				+														
P5215	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
P5216	+				+														
P522	+	+		+	+	+	+	+									+		
P523	+	+																+	+
P524	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+			+	+	+
P525	+	+		++														+	
P526																		+	+
P5261	+	+		+	+				+										
P5262	+	+	+	+	+				+										+
P5263	+	+	+	+	+				+										
P5264																			
P5265				+															
P5266	+	+	+	+	+	+	+	+									+	+	+
P5267						+	+	+		+				+	+			+	
P5268	+	+	+	+	+				+										
P527		+																	+
P528			+				++	+		+	+			+	+				+
P530						+	+	+		+				+					+
P600																			
P602	+	+	+		+	+												+	+
P6011	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+	+			+	+	+
P612	+	+		+	+														

Вариант 1

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.1.

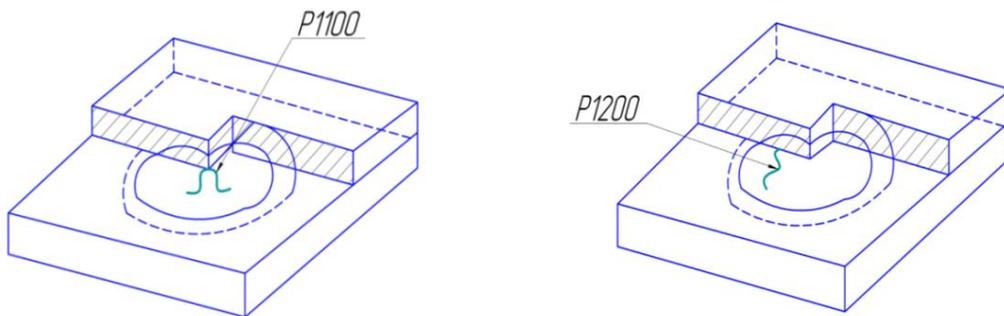


Рис. 3.1. Обозначение сварного соединения:
P1100, P1200 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.1. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

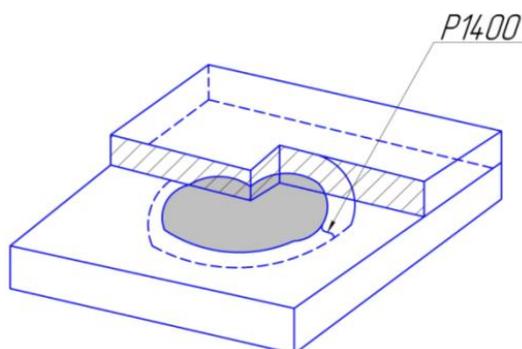
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.1) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22] «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов; обосновать выбор метода контроля по физическим основами данного метода и методику проведения контроля».

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 2

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.2.



*Рис. 3.2. Обозначение сварного соединения:
P1400 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.2. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

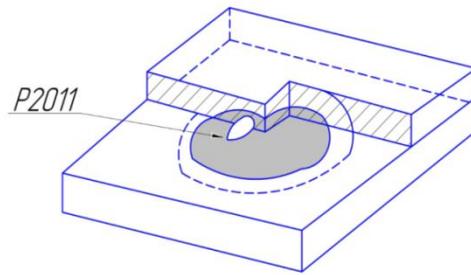
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.2) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 3

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.3.



*Рис. 3.3. Обозначение сварного соединения:
P2011 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.3. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

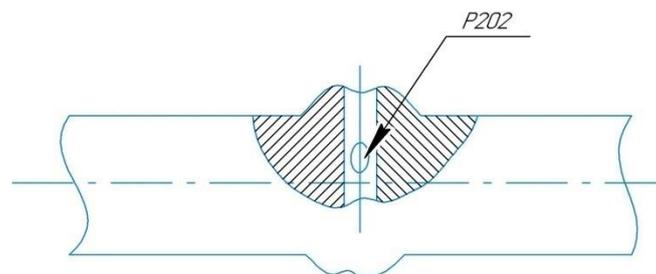
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.3) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 4

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.4.



*Рис. 3.4. Обозначение сварного соединения:
P1400 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.4. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

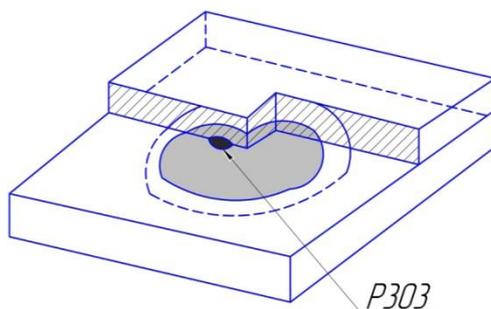
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.4) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 5

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.5.

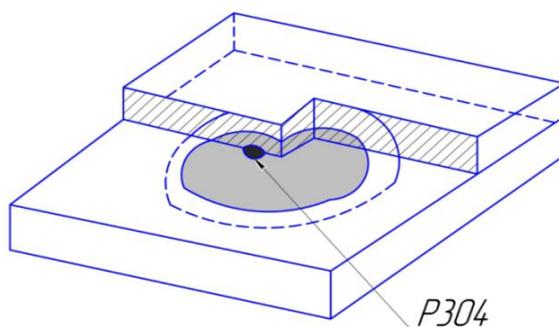


*Рис. 3.5. Обозначение сварного соединения:
P303 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.5. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [22].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.5) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 6

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.6.



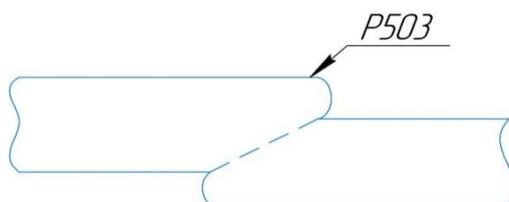
*Рис. 3.6. Обозначение сварного соединения:
P304 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.6. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.6) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 7

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.7.

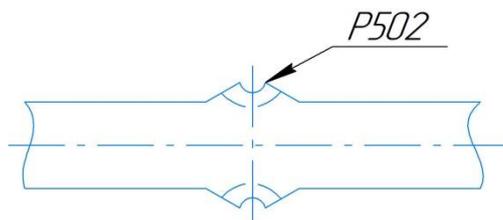


*Рис. 3.7. Обозначение сварного соединения:
P503 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.7. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.7) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 8

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.8.



*Рис. 3.8. Обозначение сварного соединения:
P502 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.8. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.8) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 9

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.9.

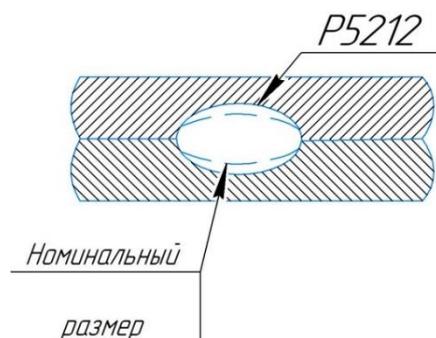


Рис. 3.9. Обозначение сварного соединения:
P5212 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.9. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.9) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 10

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.10.

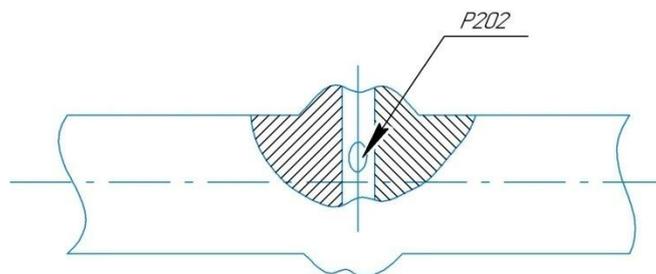


Рис. 3.10. Обозначение сварного соединения:
P202 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.10. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.10) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 11

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.11.

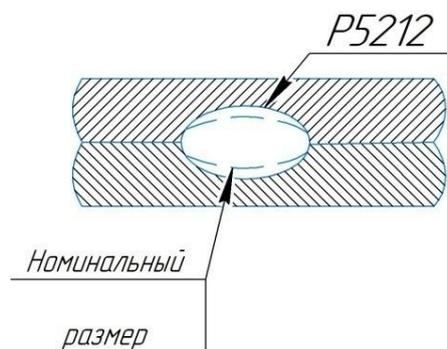


Рис. 3.11. Обозначение сварного соединения:
P5212 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.11. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.11) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 12

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.12.

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.12. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.12) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

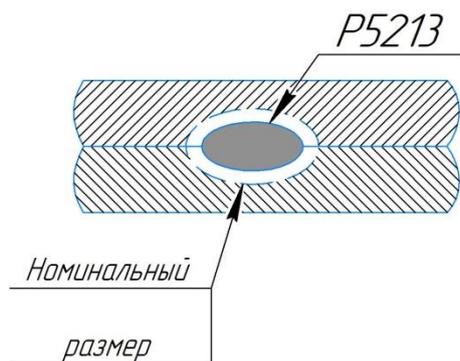


Рис. 3.12. Обозначение сварного соединения:
P5213 – обозначение дефекта [21]

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 13

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.13.

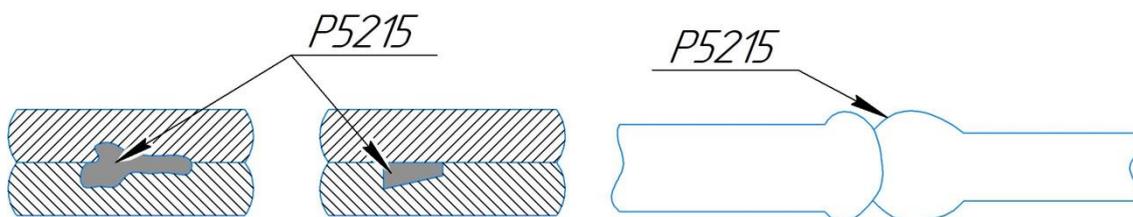


Рис. 3.13. Обозначение сварного соединения:
P5215 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.13. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

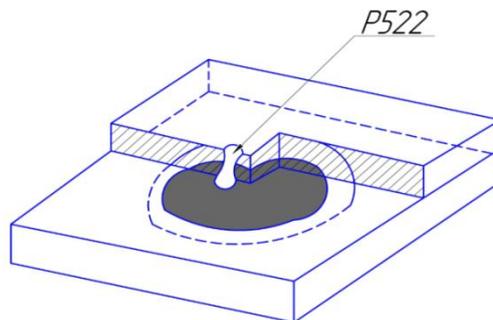
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.13) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 14

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.14.



*Рис. 3.14. Обозначение сварного соединения:
P522 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.14. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

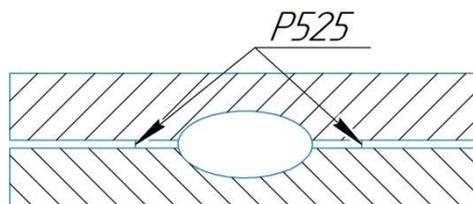
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.14) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 15

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.15.



*Рис. 3.15. Обозначение сварного соединения:
P1400 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 15. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.15) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 16

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.16.

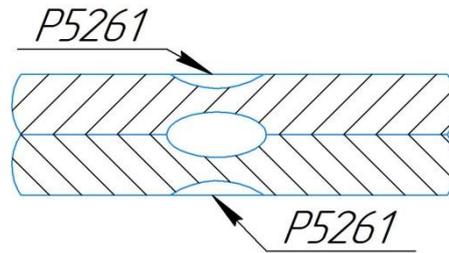


Рис. 3.16. Обозначение сварного соединения:
P5261 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.16. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.16) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 17

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.17.

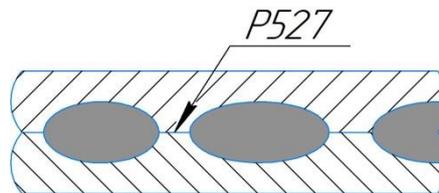


Рис. 3.17. Обозначение сварного соединения:
P527 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.17. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.17) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 18

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.18.

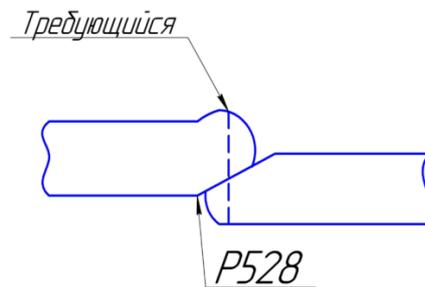


Рис. 3.18. Обозначение сварного соединения:
P528 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.18. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.18) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 19

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.19.

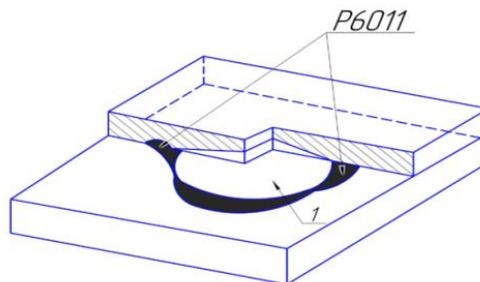


Рис. 3.19. Обозначение сварного соединения:
P6011 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.19. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.19) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 20

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.20.

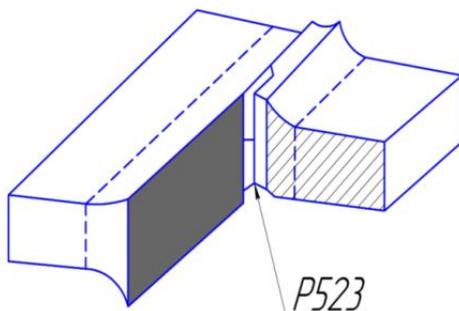


Рис. 3.20. Обозначение сварного соединения:
P523 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.20. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021 [21].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.20) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Дефекты сварного соединения, выполненного дуговой сваркой плавлением

1. Цель работы

Изучение нормативно-технической документации в области неразрушающего контроля.

2. Порядок выполнения работы

Выбор варианта для выполнения практической работы проводить согласно табл. 3.3, по двум последним цифрам зачетки. Пример: последним цифрам 55 зачетки соответствует номер варианта 15.

Таблица 3.3

Выбор варианта

Последние две цифры зачетки					Номер варианта
1	21	41	61	81	1
2	22	42	62	82	2
3	23	43	63	83	3
4	24	44	64	84	4
5	25	45	65	85	5
6	26	46	66	86	6
7	27	47	67	87	7
8	28	48	68	88	8
9	29	49	69	89	9
10	30	50	70	90	10
11	31	51	71	91	11
12	32	52	72	92	12
13	33	53	73	93	13
14	34	54	74	94	14
15	35	55	75	95	15
16	36	56	76	96	16
17	37	57	77	97	17
18	38	58	78	98	18
19	39	59	79	99	19
20	40	60	80		20

В табл. 3.4 [23] приведено соотношение вид «дефекта – метод контроля».

Таблица 3.4

Вид дефекта – метод НК

Вид дефекта	Вид неразрушающего контроля					
	Визуальный	Радиационный	Магнитный	Капиллярный	Вихреговой	Акустический
Включения неметаллические и шлаковые	0	4	0	0	2	4
Газовая пористость	0	4	2	2	4	3
Волосовины	0	0	5	0	3	0
Вмятины	4	0	0	0	2	0
Заковы	2	0	2	2	3	3
Закаты	2	0	0	2	3	3
Заливины	4	0	0	0	2	0

Вид дефекта	Вид неразрушающего контроля					
	Визуальный	Радиационный	Магнитный	Капиллярный	Вихрековый	Акустический
Коррозия атмосферная и межкристаллитная	3	0	0	3	4	4
Ликвация	0	2	0	0	0	0
Непровар	0	3	3	0	0	4
Непроклей	0	0	0	0	0	4
Непропай	0	3	0	0	0	4
Несоответствие толщины закаленного слоя	0	0	4	0	4	4
Несоответствие толщины слоя после химико-термической обработки	0	0	3	0	4	3
Несоответствие толщины слоя покрытия	0	0	4	0	4	0
Оксидные пленки	0	0	0	2	2	3
Перегрев, пережог металла	0	0	3	0	3	3

Вариант 1

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.21.

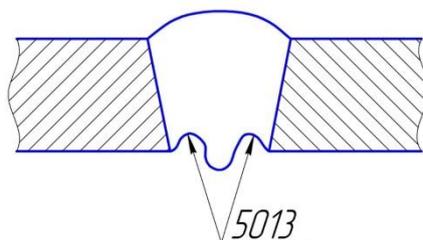


Рис. 3.21. Обозначение сварного соединения:
5013 – обозначение дефекта [21]

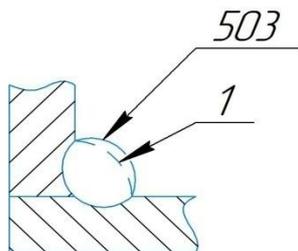
2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.21. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] «Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и несплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением» и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25] «Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества».

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.21) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 2

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.22.

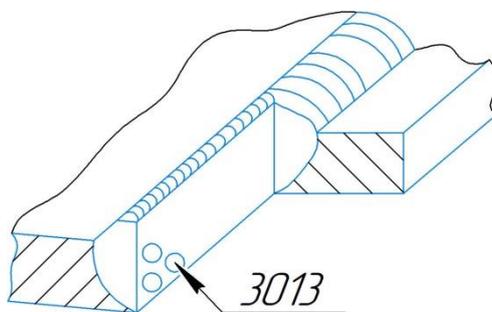


*Рис. 3.22. Обозначение сварного соединения:
1 – нормальный шов; 503 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.22. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.22) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 3

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.23.



*Рис. 3.23. Обозначение сварного соединения:
3013 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.23. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.23) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 4

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.24.

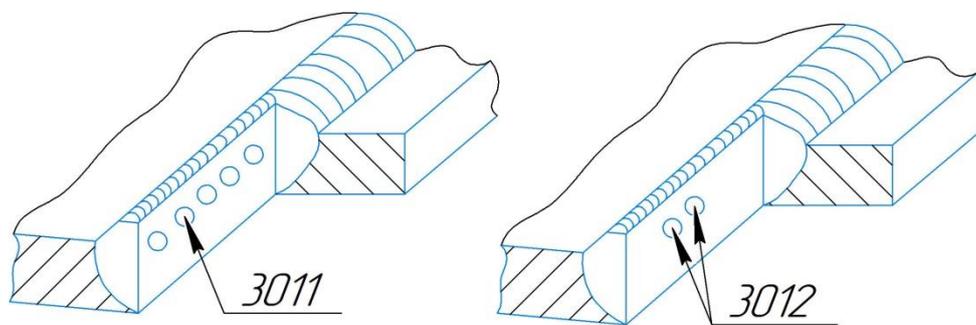


Рис. 3.24. Обозначение сварного соединения:
3011, 3012 – разновидности дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.24. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.24) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

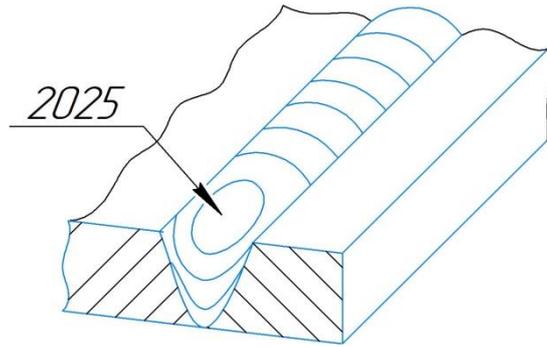
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 5

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.25.

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.25. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

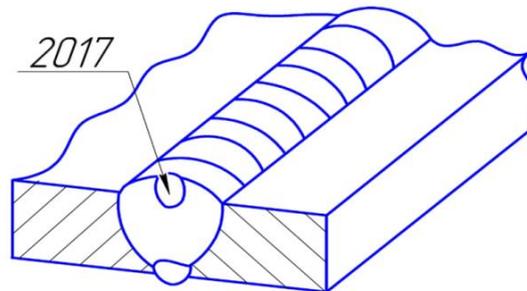


*Рис. 3.25. Обозначение сварного соединения:
2025 – обозначение дефекта [21]*

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.25) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 6

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.26.



*Рис. 3.26. Обозначение сварного соединения:
2017 – обозначение дефекта [21]*

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.26. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.26) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 7

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.27.

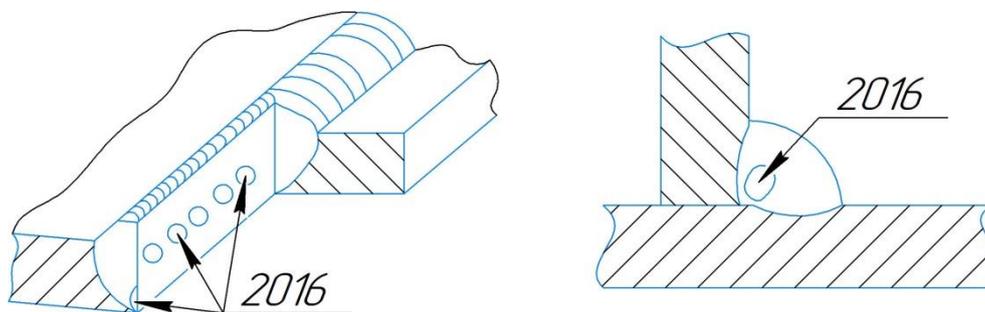


Рис. 3.27. Обозначение сварного соединения:
2016 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.27. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.27) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 8

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.28.

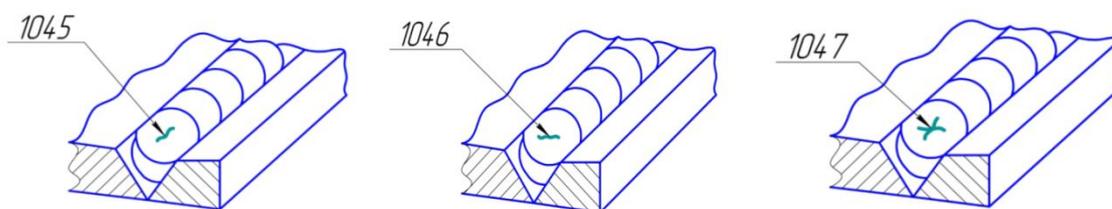


Рис. 3.28. Обозначение сварного соединения:
1045, 1046, 1047 – разновидности дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.28. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.28) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 9

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.29.

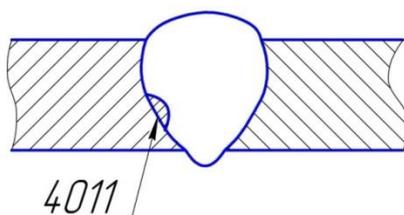


Рис. 3.29. Обозначение сварного соединения:
4011 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.29. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.29) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 10

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.30.

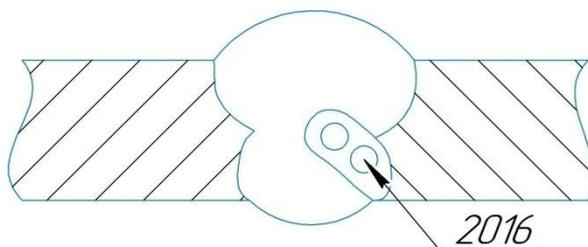


Рис. 3.30. Обозначение сварного соединения:
2016 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.30. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно

ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.30) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 11

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.31.

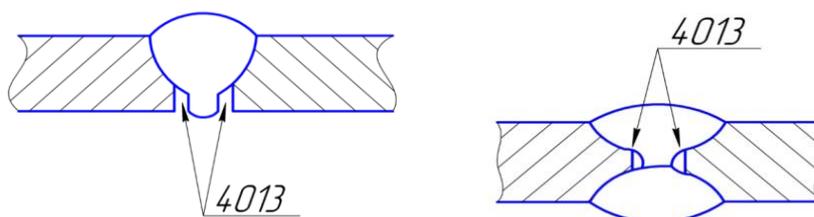


Рис. 3.31. Обозначение сварного соединения:
4013 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.31. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.31) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 12

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.12.

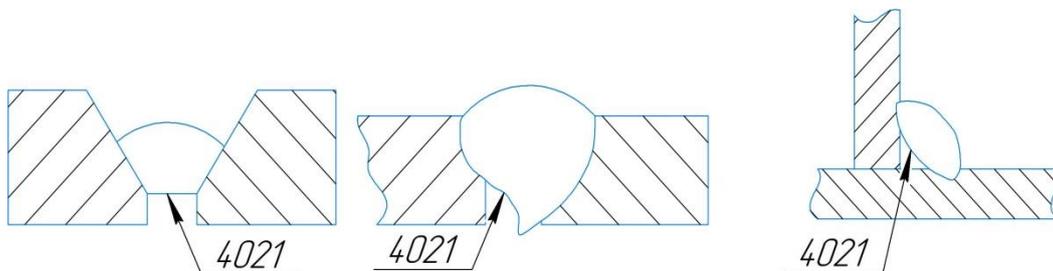


Рис. 3.32. Обозначение сварного соединения:
4021 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.32. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.32) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 13

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.33.

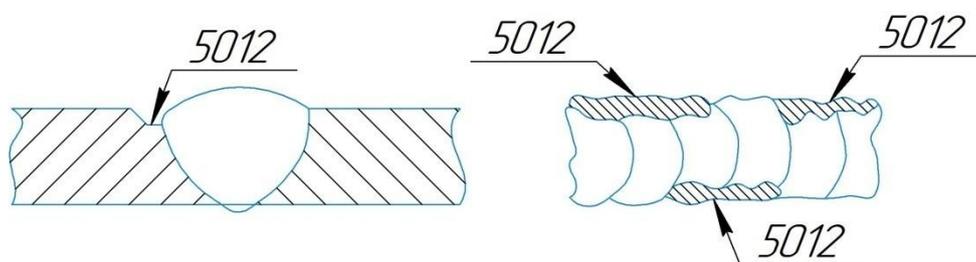


Рис. 3.33. Обозначение сварного соединения:
5012 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.33. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.33) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 14

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.34.

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.34. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.34) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].

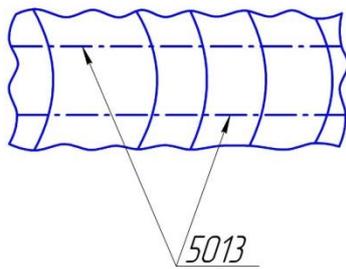


Рис. 3.34. Обозначение сварного соединения:
5013 – обозначение дефекта [21]

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 15

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.35.

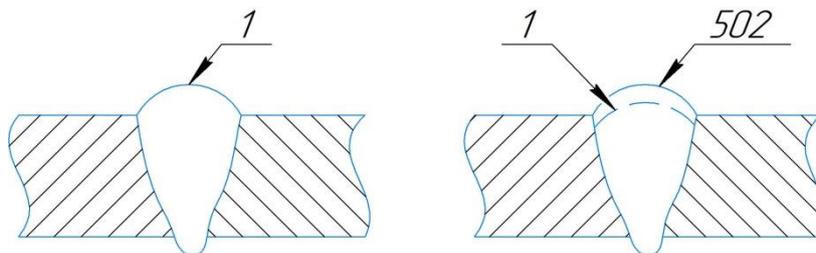


Рис. 3.35. Обозначение сварного соединения:
1 – нормальный шов; 503 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.35. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.28) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 16

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.36.
2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.36. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно

ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].

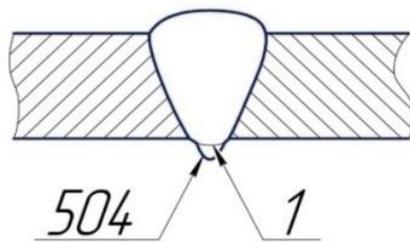


Рис. 3.36. Обозначение сварного соединения:
1 – нормальный шов; 503 – обозначение дефекта [21]

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.36) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 17

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.37.

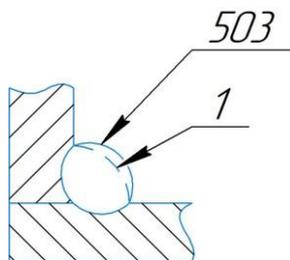


Рис. 3.37. Обозначение сварного соединения:
1 – нормальный шов; 503 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.37. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817–2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.37) согласно ГОСТ Р 56542–2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 18

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.38.

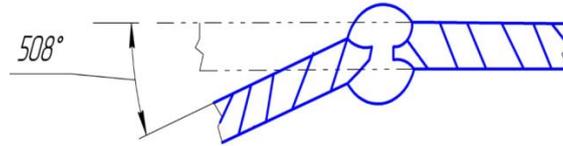


Рис. 3.38. Обозначение сварного соединения:
508 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.38. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.38) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].
4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.
5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 19

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.39.

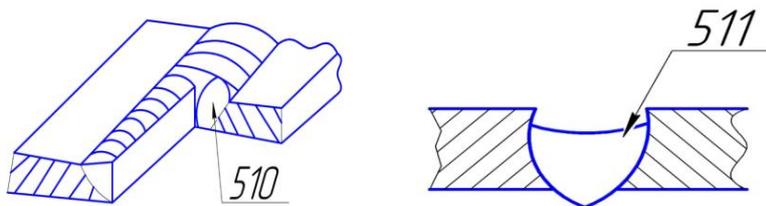


Рис. 3.39. Обозначение сварного соединения:
510, 511 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.39. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25].
3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.39) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

Вариант 20

1. Выполнить анализ сварного шва, представленного на рис. 3.40.

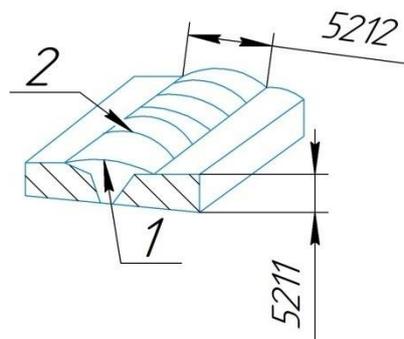


Рис. 3.40. Обозначение сварного соединения:

1 – нормативная толщина шва; 2 – фактическая толщина шва;
5211, 5212 – обозначение дефекта [21]

2. Зарисовать эскизно сварное соединение, представленное на рис. 3.40. Указать вид дефекта; дать определение данному дефекту согласно ГОСТ Р ИСО 6520-1-2012 [24] и оценить его согласно ГОСТ Р ИСО 5817-2021 [25].

3. Подобрать метод неразрушающего контроля для выявления дефекта (рис. 3.40) согласно ГОСТ Р 56542-2019 [22].

4. Провести анализ факторов (условий), лежащих в основе образования (зарождения) дефекта.

5. Выбрать технологию исправления дефекта сварного шва, подробно указать методику (операции) выполнения ремонта сварного соединения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенный в данном учебно-методическом пособии обзор актуальных НТД, регламентирующих проведение работ в области сварочного производства и неразрушающего контроля, затронул лишь часть наиболее общих понятий и значимых для специалистов сварочного производства документов. Еще раз необходимо подчеркнуть важность знакомства инженеров-сварщиков с нормативной базой технического регулирования в сварочном производстве – процессом, который призван стать гарантией высокого качества продукции, в том числе продукции сварочного производства.

Выполнение практических работ, описанных выше, позволяет на практике закрепить теоретические знания по дисциплинам «Система аттестации специалистов и технологий сварочного производства», «Теория сварочных процессов», «Основы неразрушающего контроля сварных соединений», «Технология сварки давлением».

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АЦ – аттестационный центр НАКС.
АП – аттестационный пункт НАКС.
ВИК – визуальный и измерительный контроль.
ГОСТ – государственный стандарт.
ГАЦ – головной аттестационный центр НАКС.
ЗТВ – зона термического влияния.
КК – капиллярный контроль.
КИС – контрольно-измерительные средства.
НК – неразрушающий контроль.
НАКС – Национальное агентство контроля сварки.
ОК – объект контроля.
ПР – практическая работа.
САС_В – система аттестации (сертификации) сварочного производства НАКС.
РДС – ручная дуговая сварка покрытыми электродами.
ТС – точечная сварка.
УШС-3 – универсальный шаблон сварщика.
ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саморегулируемая организация Ассоциация «Национальное Агентство Контроля Сварки». – URL: <http://www.naks.ru/ast/docs/>.
2. ГОСТ Р 59604.2–2021. Система аттестации сварочного производства. Часть 2. Аттестация персонала. Правила. – URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=0&month=11&year=-1&search=&id=241512>.
3. ГОСТ Р 59604.3–2021. Система аттестации сварочного производства. Часть 3. Проверка готовности организаций к выполнению сварочных работ. Правила. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181144>.
4. ГОСТ Р 59604.4–2021. Система аттестации сварочного производства. Часть 4. Аттестация сварочных материалов. Правила. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181145>.
5. ГОСТ Р 59604.5–2021. Система аттестации сварочного производства. Часть 5. Аттестация сварочного оборудования. Правила. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/572733821>.
6. ГОСТ 29273-92 (ИСО 581-80). Свариваемость. Определение. Weldability. Definition». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200001362>.
7. Теория сварочных процессов : учебник для вузов / А.В. Коновалов, А.С. Куркин, Э.Л. Неровный и др. ; под ред. В.М. Неровного. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
8. Фролов В.В. Теория сварочных процессов / В.В. Фролов. – Москва : Высшая школа, 1988. – 559 с.
9. Online расчет склонности сталей к образованию горячих трещин. – URL: <http://oitsp.ru/develop/online-raschet-sklonnosti-staley-k-obrazovaniyu-goryachih-treshchin>.
10. Ильященко Д.П. Влияние энергетических параметров инверторных источников питания на структуру и свойства неразъемных соединений при ручной дуговой сварке : автореф. дис. ... канд. тех. наук / Д.П. Ильященко. – Томск, 2017. – 18 с.
11. Ланкин Ю.Н. Показатели стабильности процесса дуговой сварки плавящимся электродом / Ю.Н. Ланкин // Автоматическая сварка. – 2011. – № 1. – С. 7–15.
12. Критерии оценки стабильности процесса дуговой сварки на постоянном токе / И.К. Походня, И.И. Заруба, В.Е. Пономарев и др. // Автоматическая сварка. – 1989. – № 8. – С. 1–4.
13. Заруба И.И. Статистические показатели стабильности при оценке сварочных свойств источников питания для дуговой сварки / И.И. Заруба, В.П. Латанский, Н.В. Троицкая // Новые сварочные источники питания : сб. научных трудов. – Киев : ИЭС им. Е.О. Патона, 1992. – С. 86–94.

14. Ленивкин В.А. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах / В.А. Ленивкин, И.Г. Дюргеров, Х.Н. Сагиров. – Москва : Машиностроение, 1989. – 264 с.
15. Оборудование для дуговой сварки : справочное пособие / под ред. В.В. Смирнова. – Ленинград : Энергоатомиздат, 1986. – 656 с.
16. Технологические свойства монтажной сварки трубопроводов / В.Д. Макаренко, Р.В. Палий, М.Ю. Мухин и др. – Москва : Недра-Бизнес-центр, 2001. – 118 с.
17. Металлургия дуговой сварки: процессы в дуге и плавление электродов / под ред. И.К. Походня. – Киев : Наукова думка, 1990. – 222 с.
18. Крюков А.В. Повышение эффективности механизированной сварки в углекислом газе за счет применения импульсной подачи электродной проволоки : дис. ... канд. техн. наук / А.В. Крюков. – Барнаул, 2008. – 118 с.
19. Солодский С.А. Разработка автоматизированной системы для сварки в CO₂ с импульсной подачей проволоки и модуляцией сварочного тока : дис. ... канд. техн. наук / С.А. Солодский. – Челябинск, 2010. – 129 с.
20. New mechanisms of electrode and filling wire feed / V.A. Lebedev, S.Yu. Maksimov, V.V. Rymsha et al. // Welding production. – 2011. – № 5. – P. 35–39.
21. ГОСТ Р ИСО 6520-2–2021. Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии в металлических материалах. Часть 2. Сварка давлением. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179986>.
22. ГОСТ Р 56542–2019. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200169346>.
23. Маслов Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении : учебное пособие для вузов / Б.Г. Маслов. – Москва : Академия, 2008. – 272 с.
24. ГОСТ Р ИСО 6520-1–2012. Сварка и родственные процессы. Классификация дефектов геометрии и несплошности в металлических материалах. Часть 1. Сварка плавлением. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103148>.
25. ГОСТ Р ИСО 5817–2021. Сварка. Сварные соединения из стали, никеля, титана и их сплавов, полученные сваркой плавлением (исключая лучевые способы сварки). Уровни качества. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179985>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

*Перечень групп технических устройств
опасных производственных объектов [1]*

Группа технических устройств	Перечень входящих в группу технических устройств
Подъемно-транспортное оборудование (ПТО)	1) грузоподъемные краны; 2) краны-трубоукладчики; 3) краны-манипуляторы; 4) лифты; 5) тали; 6) лебедки; 7) устройства грузозахватные; 8) подъемники (вышки); 9) эскалаторы; 10) дороги канатные, их агрегаты, механизмы и детали; 11) цепи для подъемно-транспортного оборудования; 12) строительные подъемники; 13) конвейеры пассажирские; 14) металлические конструкции для подъемно-транспортного оборудования
Котельное оборудование (КО)	1) паровые котлы с давлением пара более 0,07 МПа и водогрейные котлы с температурой воды выше 115 °С; 2) трубопроводы пара и горячей воды с рабочим давлением пара более 0,07 МПа и температурой воды свыше 115 °С; 3) сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа; 4) арматура и предохранительные устройства; 5) металлические конструкции для котельного оборудования
Газовое оборудование (ГО)	1) трубопроводы систем внутреннего газоснабжения; 2) Наружные газопроводы низкого, среднего и высокого давления: <ul style="list-style-type: none">• стальные;• неметаллических материалов. 3) газовое оборудование котлов, технологических линий и агрегатов; 4) газогорелочные устройства; 5) емкостные и проточные водонагреватели; 6) аппараты и печи; 7) арматура из металлических материалов и предохранительные устройства

<p>Нефтегазодобывающее оборудование (НГДО)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) промысловые и магистральные нефтепродуктопроводы, трубопроводы нефтеперекачивающих станций (НПС), обеспечивающие транспорт нефти и нефтепродуктов при сооружении, реконструкции и капитальном ремонте; 2) промысловые и магистральные нефтепродуктопроводы, трубопроводы нефтеперекачивающих станций (НПС), обеспечивающие транспорт нефти и нефтепродуктов при текущем ремонте в процессе эксплуатации; 3) промысловые и магистральные газопроводы и конденсатопроводы; трубопроводы для транспортировки товарной продукции, импульсного, топливного и пускового газа в пределах: установок комплексной подготовки газа (УКПГ), компрессорных станций (КС), дожимных компрессорных станций (ДКС), станций подземного хранения газа (СПХГ), газораспределительных станций (ГРС), узлов замера расхода газа (УЗРГ) и пунктов редуцирования газа (ПРГ); 4) трубопроводы в пределах УКПГ, КС; НПС; СПХГ; ДКС; ГРС; УЗРГ; ПРГ и др., за исключением трубопроводов, обеспечивающих транспорт газа, нефти и нефтепродуктов; 5) резервуары для хранения нефти и нефтепродуктов, газгольдеры газовых хранилищ при сооружении и ремонте; 6) морские трубопроводы, объекты на шельфе (трубопроводы на платформах, а также сварные основания морских платформ) при сооружении, реконструкции и ремонте; 7) уникальные объекты нефтяной и газовой промышленности при сооружении и ремонте (рабочие параметры объектов, не предусмотрены действующей нормативной документацией); 8) запорная арматура при изготовлении и ремонте в заводских условиях; 9) детали трубопроводов при изготовлении и ремонте в заводских условиях; 10) насосы, компрессоры и другое оборудование при изготовлении и ремонте в заводских условиях; 11) нефтегазопроводные трубы при изготовлении и ремонте в заводских условиях; 12) оборудование нефтегазопромысловое, буровое и нефтеперерабатывающее; 13) трубопроводы автоматизированных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС)
------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Группа технических устройств	Перечень входящих в группу технических устройств
Металлургическое оборудование (МО)	<ol style="list-style-type: none"> 1) доменное, коксовое, сталеплавильное оборудование; 2) технологическое оборудование и трубопроводы для черной и цветной металлургии; 3) технические устройства для производства черных и цветных металлов и сплавов на их основе; 4) машины для литья стали и цветных металлов; 5) агрегаты трубопрокатные; 6) станы обжимные, заготовочные, сортопрокатные и листопрокатные
Оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих и взрывопожароопасных производств (ОХНВП)	<ol style="list-style-type: none"> 1) оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств, работающее под давлением до 16 МПа; 2) оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств, работающее под давлением более 16 МПа; 3) оборудование химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств, работающее под вакуумом; 4) резервуары для хранения взрывопожароопасных и токсичных веществ; 5) изотермические хранилища; 6) криогенное оборудование; 7) оборудование аммиачных холодильных установок; 8) печи; 9) компрессорное и насосное оборудование; 10) центрифуги, сепараторы; 11) цистерны, контейнеры (бочки), баллоны для взрывопожароопасных и токсичных веществ; 12) котлы-утилизаторы; 13) энерготехнологические котлы; 14) котлы ВОТ; 15) трубопроводная арматура и предохранительные устройства; 16) технологические трубопроводы и детали трубопроводов
Горнодобывающее оборудование (ГДО)	технические устройства для горнодобывающих, горно-обогачительных производств и подземных объектов
Оборудование для транспортировки опасных грузов (ОТОГ)	<ol style="list-style-type: none"> 1) контейнеры специализированные и тара, используемые для транспортировки опасных грузов и строительных материалов; 2) цистерны; 3) экипажная часть

Группа технических устройств	Перечень входящих в группу технических устройств
Строительные конструкции (СК)	<ol style="list-style-type: none"> 1) металлические строительные конструкции; 2) арматура, арматурные и закладные изделия железобетонных конструкций; 3) металлические трубопроводы; 4) конструкции и трубопроводы из полимерных материалов
Конструкции стальных мостов (КСМ)	<ol style="list-style-type: none"> 1) металлические конструкции пролётных строений, опор и пилонов стальных мостов при изготовлении в заводских условиях; 2) металлические конструкции пролётных строений, опор и пилонов стальных мостов при сборке, сварке и ремонте в монтажных условиях

Приложение Б

Фамилия, имя, отчество заявителя	
Место регистрации (по данным паспорта)	
Идентификационный признак (ИНН) (при наличии)	
Телефон	
E-mail (при наличии)	
Дата оформления заявки	

ЗАЯВКА НА ПРОВЕДЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ СВАРЩИКА [1]

№ _____ от « ____ » _____ 20__ г.

1. Общие сведения о сварщике

1.1. Фамилия, имя, отчество	
1.2. Дата рождения	
1.3. Место работы (сокращенное наименование)	
1.4. Стаж работы по сварке	
1.5. Квалификационный разряд (при наличии)	
1.6. Сведения о независимой оценке квалификации (при наличии)	
1.7. Наличие уровня профессиональной подготовки	
1.8. Специальная подготовка	
1.9. Гражданство	

2. Аттестационные требования

2.1. Вид аттестации	
2.2. Способ сварки (наплавки)	
2.3. Наименование технических устройств опасных производственных объектов (ТУ ОПО)	
2.4. Шифр НД по сварке	
2.5. Группа основного материала	

2.6. Вид свариваемых деталей	
2.7. Тип сварного шва	
2.8. Тип и вид соединения	
2.9. Диапазон толщин деталей	
2.10. Диапазон диаметров деталей	
2.11. Положение при сварке	
2.12. Сварочные материалы	
2.13. Тип сварного соединения по ГОСТ 14098–2014 (для сварки арматуры железобетонных конструкций)	
2.14. Диапазон диаметров стержней	
2.15. Положение осей стержней при сварке	
2.16. Степень автоматизации оборудования (для сварки неметаллических материалов)	
2.17. Дополнительные сведения	

3. Требования к оценке качества контрольных сварных соединений и наплавки

3.1. Шифр НД, регламентирующих нормы оценки качества (ТУ ОПО)

Заявитель _____ Ф. И. О.
подпись

Примечания:

1. Характеристики сварных соединений (вид свариваемых деталей, тип сварного шва, тип и вид соединений, диапазоны толщин и диаметров деталей, положение при сварке), а также применяемые сварочные материалы необходимо указывать для каждой группы основных материалов (или сочетания групп). Допускается указывать перечисленные характеристики для нескольких групп основных материалов при их идентичности.

2. Нормативные документы, регламентирующие нормы оценки качества сварных соединений, необходимо указывать отдельно для каждого заявленного технического устройства.

При наличии необходимости проведения аттестации с учетом дополнительных требований ПАО «Газпром» или ПАО «Транснефть» заявки должны быть оформлены с учетом требований соответствующих документов.

3. Сведения о стаже работы и должности в заявке указываются на основании соответствующих записей в трудовой книжке. Оригинал или заверенная работодателем копия трудовой книжки заявителя предъявляется в АЦСП для проверки указанных сведений.

4. В случае если Заявитель состоит в трудовых отношениях с Работодателем, в графе «Место работы» указывается полное наименование, адрес места нахождения (город или населенный пункт) и телефон Работодателя (для внесения корректных сведений о месте работы в Реестр САСв после аттестации).

5. В случае если Заявитель не состоит в трудовых отношениях с Работодателем (не работает в настоящее время), в графе «Место работы» указывает «Не работаю».

Приложение В

Полное наименование предприятия	
Сокращенное наименование предприятия	
Юридический адрес	
Почтовый адрес	
Идентификационный признак (ИНН)	
Телефон/факс	
E-mail	
Контактное лицо (Ф. И. О., телефон)	
Дата оформления заявки	

ЗАЯВКА НА ПРОВЕДЕНИЕ АТТЕСТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТА СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА [1]

(от организации-заявителя – юридического лица)

№ _____ от _____ 20__ г.

1. Общие сведения о специалисте

1.1. Фамилия, имя, отчество	
1.2. Дата рождения	
1.3. Образование и специальность	
1.4. Учебное заведение (наименование, номер и дата выдачи документа)	
1.5. Место работы (сокращенное наименование)	
1.6. Должность	
1.7. Стаж работы в области сварочного производства	
1.8. Переподготовка (профессиональное обучение, повышение квалификации) по сварочному производству (наименование учебного заведения, номер и дата выдачи документа)	
1.9. Наличие уровня профессиональной подготовки	
1.10. Специальная подготовка	
1.11. Сведения о независимой оценке квалификации	
1.12. Гражданство	

2. Аттестационные требования

2.1. Вид аттестации	
2.2. Вид производственной деятельности	
2.3. Уровень профессиональной	

подготовки	
2.4. Наименование технических устройств опасных производственных объектов	

Руководитель организации-заявителя

(Ф. И. О.)

(подпись)

М.П.

ЗАЯВКА
на проведение проверки готовности организации-заявителя
к применению аттестованной технологии сварки [1]
(производственная аттестация сварочной технологии)

Номер и дата регистрации заявки в АЦ № _____ «__» _____ 2020 г.

Сведения об организации-заявителе

Наименование организации-заявителя	
Наличие обособленных подразделений (филиалов)	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Адрес места нахождения	
Страна	
ИНН (или иной уникальный регистрационный признак)	
Ф. И. О. контактного лица	
Телефон, факс	
Электронная почта	
Сайт	

Сведения о наличии обособленных подразделений (филиалов)
в составе организации-заявителя, выполняющих сварочные работы

Организация-заявитель без участия обособленных подразделений (филиалов)	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Организация-заявитель с участием одного, нескольких или всех обособленных подразделений (филиалов) (<i>указать наименования и адреса местонахождения обособленных подразделений (филиалов)</i>)	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Одно обособленное подразделение (филиал), несколько или все обособленные подразделения (филиалы) (<i>указать наименования и адреса местонахождения обособленных подразделений (филиалов)</i>)	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)

Общие сведения о сварочном производстве организации-заявителя

Наименование технологии сварки (наплавки), шифр	
Дата утверждения технологии сварки (наплавки)	
Объект, где осуществляется производство сварочных работ или производственная база организации-заявителя (указать наименование и адрес)	
Характер выполняемых работ (указывается в соответствии с ПТД)	
Вид проверки готовности (вид производственной аттестации сварочной технологии)	
Номер свидетельства предыдущей аттестации/проверки готовности (при наличии)	
Наличие аттестованного сварочного оборудования	
Наличие аттестованных (прошедших проверку готовности) сварщиков, специалистов сварочного производства и специалистов по контролю качества сварных соединений	
Наличие аттестованной лаборатории	
Должность, Ф. И. О. и телефон уполномоченного специалиста организации-заявителя	

Параметры, характеризующие технологию сварки

Способ сварки (наплавки)	
Группы технических устройств	
Перечень групп однотипных производственных сварных соединений	

Документы, регламентирующие выполнение сварочных работ

НД по сварке	
НД с нормами оценки качества	

Приложение Г.1

Сведения о сварочном оборудовании

№ п/п	Шифр СО	Марки СО	Способы сварки (наплавки)	Количество единиц	Номер свидетельства об аттестации СО и дата окончания действия	Примечание

Приложение Г.2

Сведения о сварщиках, специалистах сварочного производства и специалистах по контролю качества сварных соединений

№ п/п	Ф. И. О.	Место работы (организация), должность	Номер аттестационного удостоверения (клеймо)	Срок действия удостоверения	Область действия удостоверения (группы и технические устройства)	Примечание (для сварщиков указать способ сварки и материал, для контролеров – метод контроля)

Приложение Г.3

Сведения о лаборатории контроля качества сварных соединений

№ п/п	Данные об аттестации лаборатории организации-заявителя и/или субподрядной организации			Область действия		Примечание (указать № договора с субподрядной организацией)
	Наименование организации	Номер свидетельства	Дата выдачи	Группы технических устройств	Методы контроля (виды испытаний)	

Приложение Г.4

Перечень групп однотипных производственных сварных соединений

№ п/п	Группы (марки) основного материала	Сварочные материалы	Диапазон диаметров, мм	Диапазон толщин, мм	Тип соединения	Вид соединения	Угол разделки кромок	Положение при сварке	Наличие подогрева	Наличие термобработки	Прочие параметры (вид и назначение наплавки; вид ремонта, тип центра и т. п.)

Приложение Г.5

Производственно-технологическая документация (ПТД) или все данные технологического процесса, необходимые для разработки программы

95

№ п/п	Шифр и дата утверждения	Наименование

Приложение Г.6

Сварочные материалы, применяемые на предприятии для выполнения работ по указанной в заявке технологии

№ п/п	Марка сварочных материалов	Способ сварки	Группы ОТУ	Группы свариваемых материалов	Свидетельство НАКС, срок действия

(Должность руководителя сварочного производства организации-заявителя)

(Подпись)

(И.О. Фамилия)

Приложение Д

ЗАЯВКА

на проведение аттестации сварочных материалов потребителя

Наименование организации-потребителя

Юридический адрес

ИНН

Ф.И.О. контактного лица

Телефон, факс

Электронная почта

Номер и дата регистрации заявки в АЦ

_____ «____» _____ г.

Общие сведения о сварочных материалах	
Вид аттестации	
Номер свидетельства о предыдущей аттестации СМ (при наличии)	
Вид СМ	
Производитель СМ	
Марка СМ	
Классификация (тип) (при наличии)	
Диаметр, мм / Сечение, мм / Состав, % (при наличии)	
Партия	
Дата выпуска	
Сертификат качества (номер, дата)	
Марка сочетаемого СМ (при наличии)	
НД на изготовление сварочного материала (стандарт, ТУ и т. п.) (при наличии)	
Аттестационные требования	
Способы сварки (наплавки)	
Группы основных материалов	
Группы технических устройств	
НД, регламентирующие проведение сварочных работ (СНиП, РД и др.)	
Аттестация с учетом «Положения об аттестации ... на объектах ПАО "Газпром"»	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Номер записи в реестре ПАО «Газпром» (при наличии СМ в реестре ПАО «Газпром»)	
Аттестация с учетом РД-03.120.10-КТН-007-16	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Номер записи Реестра ОВП ПАО «Транснефть» (при наличии СМ в реестре ОВП)	
Номер и дата ТУ в Реестре ОВП ПАО «Транснефть» (при наличии СМ в реестре ОВП)	

Общие сведения о сварочных материалах	
Вид аттестации	первичный
Номер Свидетельства о предыдущей аттестации СМ (при наличии)	
Вид СМ	
Производитель СМ	
Марка СМ	
Классификация (тип) (при наличии)	
Диаметр, мм / Сечение, мм / Состав, % (при наличии)	
Партия	
Дата выпуска	
Сертификат качества (номер, дата)	
Марка сочетаемого СМ (при наличии)	
НД на изготовление сварочного материала (стандарт, ТУ и т. п.) (при наличии)	
Аттестационные требования	
Способы сварки (наплавки)	
Группы основных материалов	
Группы технических устройств	
НД, регламентирующие проведение сварочных работ (СНиП, РД и др.)	
Аттестация с учетом «Положения об аттестации... на объектах ПАО "Газпром"»	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Номер записи в реестре ПАО «Газпром» (при наличии СМ в реестре ПАО «Газпром»)	
Аттестация с учетом РД-03.120.10-КТН-007-16	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Номер записи Реестра ОВП ПАО «Транснефть» (при наличии СМ в реестре ОВП)	
Номер и дата ТУ в Реестре ОВП ПАО «Транснефть» (при наличии СМ в реестре ОВП)	

(Должность руководителя организации-заявителя)

(Подпись)

(И.О. Фамилия)

(Должность руководителя организации-заявителя)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Приложение Е

ЗАЯВКА

на проведение аттестации сварочного оборудования потребителя [1]

Наименование организации-потребителя

Адрес (место нахождения)

Страна

ИНН (или иной уникальный
регистрационный признак)

Ф. И. О. контактного лица

Телефон, факс

Электронная почта

Сайт

Номер и дата регистрации заявки в АЦ № ____ «____» _____ 20 ____ г.

Общие сведения о сварочном оборудовании		Дата(ы) выпуска	Заводские номера	Дата(ы) ввода в эксплуатацию
Марка и шифр сварочного оборудования	<i>СО № 1</i>			
Производитель СО	<i>СО № 1</i>			
Номер свидетельства о предыдущей аттестации СО (при наличии)	<i>СО № 1</i>			
Сертификат соответствия РФ (при наличии)	<i>СО № 1</i>			
Ф. И. О., должность ответственного лица	<i>СО № 1</i>			
Аттестационные требования				
Вид аттестации				
Способы сварки (наплавки)	<i>СО № 1</i>			
Группы технических устройств	<i>СО № 1</i>			
Аттестация с учетом «По- ложения об аттестации на объектах ПАО "Газпром"»	<i>СО № 1</i>		НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)	

Номер записи в реестре ПАО «Газпром» (при наличии СО в реестре ПАО «Газпром»)	<i>СО № 1</i>	
Аттестация с учетом РД-03.120.10-КТН-007-16	<i>СО № 1</i>	НЕТ / ДА (ненужное зачеркнуть)
Номер записи Реестра ОВП ПАО «Транснефть» (при наличии СО в реестре ОВП)	<i>СО № 1</i>	
Номер и дата ТУ в Реестре ОВП ПАО «Транснефть» (при наличии СО в реестре ОВП)	<i>СО № 1</i>	

(Должность руководителя организации-заявителя)

(Подпись)

(И.О. Фамилия)

Приложение Ж

Технологическая карта визуального и измерительного метода контроля

Образец № _____

Наименование объекта контроля	
Тип сварного соединения. Вид (способ) сварки	
Геометрические размеры, мм	
Марка материала	
Область применения	
Цель контроля: <input type="checkbox"/>	
Нормативные документы: <input type="checkbox"/>	
Требования к персоналу: <input type="checkbox"/>	
Средства контроля	Проверка средств контроля
	<input type="checkbox"/>
Условия проведения контроля: <input type="checkbox"/>	
Схема освещения	

Программа выполнения работы (последовательность технологических операций)

Значение параметров, подлежащих контролю по НД		
Наименование параметра	Условное обозначение	Значение параметра
		<input type="checkbox"/>

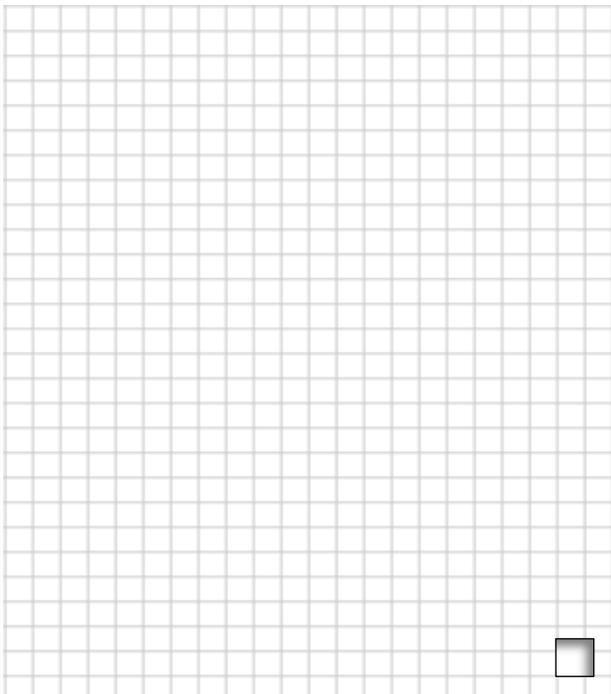
Оценка	
	по ГОСТ 15878–79
	<i>d</i> , не менее =
	<i>B</i> , не менее =
	<i>t</i> , не менее =
	<i>C</i> , не менее =
	<input type="checkbox"/>

Требования к оформлению результатов контроля:

Группа _____

_____ (Ф. И. О., подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Дефектограмма																	
Наружная сторона объекта контроля																	
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Параметр</th> <th style="padding: 5px;">Значение по ГОСТ</th> <th style="padding: 5px;">Измеренное значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;"><i>d</i>, не менее</td> <td style="width: 50px;"></td> <td style="width: 50px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><i>B</i>, не менее</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><i>t</i>, не менее</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><i>C</i>, не менее</td> <td></td> <td style="text-align: right;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	Параметр	Значение по ГОСТ	Измеренное значение	<i>d</i> , не менее			<i>B</i> , не менее			<i>t</i> , не менее			<i>C</i> , не менее		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Параметр	Значение по ГОСТ	Измеренное значение															
<i>d</i> , не менее																	
<i>B</i> , не менее																	
<i>t</i> , не менее																	
<i>C</i> , не менее		<input type="checkbox"/>															
Внутренняя сторона объекта контроля																	
		<input type="checkbox"/>															
		<input type="checkbox"/>															

Группа _____

_____ (Ф. И. О., подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Заключение № _____

от « ____ » _____ 20__ г.

по результатам визуального и измерительного контроля

1. Объект контроля <input type="checkbox"/>	
Наименование объекта контроля	
Номер объекта контроля	
Методика контроля по НД	
Оценка качества по НД	
Марка материала	
Габаритные размеры, мм	
Тип сварного соединения. Вид сварки	

2. Результаты контроля <input type="checkbox"/>				
№ п/п	Описание выявленных дефектов			Оценка (допустим/ не допустим)
	Наименование/ усл. обознач.	Координаты	Измеренные значения	
	<i>d</i> , не менее			
	<i>B</i> , не менее			
	<i>t</i> , не менее			
	<i>C</i> , не менее			

3. Заключение по результатам визуального и измерительного контроля: <input type="checkbox"/>

Группа _____

(Ф.И.О., подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

Приложение И

Технологическая карта капиллярного метода контроля

Образец № _____

Наименование объекта контроля	
Тип сварного соединения. Вид (способ) сварки	
Геометрические размеры, мм	
Марка материала	
Область применения	
Цель контроля:	<input type="checkbox"/>
Нормативные документы:	<input type="checkbox"/>
Требования к качеству:	<input type="checkbox"/>
Требования к персоналу:	<input type="checkbox"/>
Объем контроля:	<input type="checkbox"/>
Эскиз (зона контроля):	<input type="checkbox"/>
Приборы и средства контроля:	
Способ контроля:	

Условия контроля:
Требования безопасности:
Подготовка к контролю
Контроль качества дефектоскопических материалов

Параметры контроля: <input type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> • Расстояние от распылительной головки до контролируемой поверхности: <ul style="list-style-type: none"> для пенетранта – для проявителя – для очистителя – • Количество слоев: <ul style="list-style-type: none"> пенетранта – проявителя – • Время выдержки: <ul style="list-style-type: none"> под пенетрантом – под проявителем – под очистителем – • Время от момента обезжиривания до нанесения пенетранта:
Подробные указания по выполнению контроля (последовательность технологических операций)
Содержание Протокола (Заключения) по результатам контроля <input type="checkbox"/>

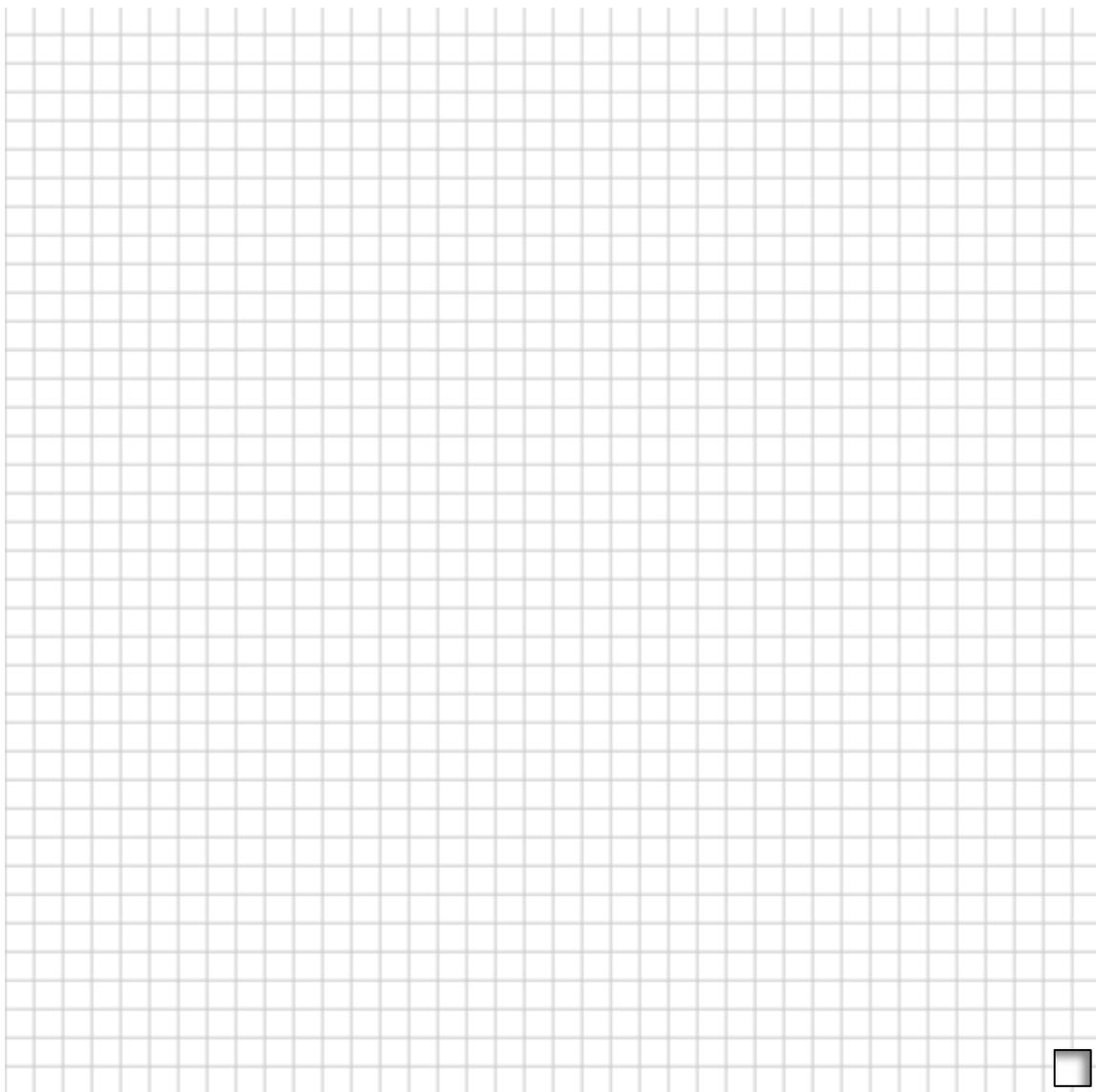
Группа _____

(Ф. И. О., подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Дефектограмма

Образец № _____



Группа _____

(Ф. И. О., подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Протокол (Заключение) № _____

от «____» _____ 20____ г.

по результатам контроля проникающими веществами (капиллярный)

1. Объект контроля <input type="checkbox"/>	
Наименование объекта контроля	
Номер объекта контроля	
Методика контроля по НД	
Оценка качества по НД	
Марка материала	
Габаритные размеры, мм	
Тип сварного соединения. Вид сварки	
2. Параметры контроля <input type="checkbox"/>	
2.1. Метод контроля:	
2.2. Средства контроля	
Оборудование:	
Дефектоскопические материалы:	
3. Режимы контроля <input type="checkbox"/>	
3.1. Условия контроля	
3.2. Проверка качества дефектоскопических материалов	
3.3. При обработке пенетрантом:	
3.4. При удалении избытка пенетранта:	
3.5. При проявлении:	
3.6. Окончательная очистка:	

4. Результаты контроля



Выявлены недопустимые дефекты:

5. Заключение по результатам контроля проникающими веществами:



ОК признан годным / не годным в соответствии с

Группа _____

(Ф. И. О., подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Учебное издание

ИЛЬЯЩЕНКО Дмитрий Павлович
КУЗНЕЦОВ Максим Александрович
ЕРМАКОВ Алексей Алексеевич

СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Учебно-методическое пособие

Корректурa *Е.Л. Тен*
Компьютерная верстка *К.С. Чечельницкая*
Дизайн обложки *А.И. Сидоренко*

Подписано к печати 21.03.2022. Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать CANON. Усл. печ. л. 6,34. Уч.-изд. л. 5,73.
Заказ 54-22. Тираж 100 экз.



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ