

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

 УТВЕРЖДАЮ  
Директор  
/ С.А. Махновский  
08.02.2023г

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОП.07 Основы металлургического производства**

**для обучающихся специальности**

**22.02.05 Обработка металлов давлением**

Магнитогорск, 2023

## **ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией «Металлургии и  
ОМД»

Председатель О.В. Шелковникова

Протокол № 6 от 25.01.2023г

Методической комиссией МпК

Протокол № 4 от 08.02.2023г

### **Разработчик (и):**

преподаватель ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Многопрофильный колледж

Н.В. Мелихова

Методические указания по выполнению практических работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Основы металлургического производства».

Содержание практических работ ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессиональных модулей программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 22.02.05 Обработка металлов давлением и овладению профессиональными компетенциями.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1 Введение              | 4  |
| 2 Методические указания | 7  |
| Практическое занятие 1  | 7  |
| Практическое занятие 2  | 8  |
| Практическое занятие 3  | 9  |
| Практическое занятие 4  | 10 |
| Практическое занятие 5  | 11 |
| Практическое занятие 6  | 12 |
| Практическое занятие 7  | 17 |

## 1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой ОП 07 Основы металлургического производства предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

**уметь:**

- выбирать стали и сплавы на основе анализа их свойств для конкретного применения в производстве.

Содержание практических занятий ориентировано на формирование общих компетенций по профессиональному модулю программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.1 Планировать производство и организацию технологического процесса в цехе обработки металлов давлением.

ПК 1.2 Планировать грузопотоки продукции по участкам цеха.

ПК1.3 Координировать производственную деятельность участков цеха с использованием программного обеспечения коммуникационных средств.

ПК 1.4 Организовать работу коллектива исполнителей.

ПК 1.5. Использовать программное обеспечение по учету и складированию выпускаемой продукции.

ПК 1.6 Рассчитывать и анализировать показатели эффективности работы участка, цеха.

ПК 1.7 оформлять техническую документацию на выпускаемую продукцию.

ПК 1.8 Составлять рекламации на получаемые исходные материалы.

ПК 2.1. Выбирать соответствующее оборудование, оснастку и средства механизации для ведения технологического процесса.

ПК 2.2. Проверять исправность и оформлять техническую документацию на технологическое оборудование.

ПК 2.3. Производить настройку и профилактику технологического оборудования.

ПК 2.4. Выбирать производственные мощности и топливно-энергетические ресурсы для ведения технологического процесса.

ПК 2.5. Эксплуатировать технологическое оборудование в плановом и аварийном режимах.

ПК 2.6. Производить расчеты энергосиловых параметров оборудования.

ПК 3.1. Проверять правильность назначения технологического режима обработки металлов давлением.

ПК 3.2. Осуществлять технологические процессы в плановом и аварийном режимах.

ПК 3.3. Выбирать виды термической обработки для улучшения свойств и качества выпускаемой продукции.

ПК 3.4. Рассчитывать показатели и коэффициенты деформации обработки металлов давлением.

ПК 3.5. Рассчитывать калибровку рабочего инструмента и формоизменение выпускаемой продукции.

ПК 3.6. Производить смену сортамента выпускаемой продукции.

ПК 3.7. Осуществлять технологический процесс в плановом режиме, в том числе используя программное обеспечение, компьютерные и телекоммуникационные средства.

ПК 3.8. Оформлять техническую документацию технологического процесса.

ПК 3.9. Применять типовые методики расчета параметров обработки металлов давлением.

ПК 4.1. Выбирать методы контроля, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции.

ПК 4.2. Регистрировать и анализировать показатели автоматической системы управления технологическим процессом.

ПК 4.3. Оценивать качество выпускаемой продукции.

ПК 4.4. Предупреждать появление, обнаруживать и устранять возможные дефекты выпускаемой продукции.

ПК 4.5. Оформлять техническую документацию при отделке и контроле выпускаемой продукции.

ПК 5.1. Организовывать и проводить мероприятия по защите работников от негативного воздействия производственной среды.

ПК 5.2. Проводить анализ травмоопасных и вредных факторов на участках цехов обработки металлов давлением.

ПК 5.3. Создавать условия для безопасной работы.

ПК 5.4. Оценивать последствия технологических чрезвычайных ситуаций и стихийных явлений на безопасность работающих.

ПК 5.5. Оказывать первую медицинскую помощь пострадавшим.

А также формированию **общих компетенций**:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 04 Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках

Выполнение обучающимися практических работ по ОП07 Основы металлургического производства направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;

- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

- приобретение навыков работы с различными приборами, аппаратурой, установками и другими техническими средствами;

- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

- выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Практические занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## **2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

### **Тема 2.2 Доменная печь и её вспомогательное оборудование.**

#### **Практическое занятие № 1**

#### **Устройство и размеры основных элементов доменной печи**

**Цель:** Освоить устройство и размеры основных элементов доменной печи.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- инструктировать подчинённых о правилах эксплуатации технологического оборудования;

**Материальное обеспечение:**

Мультимедийная программа «Устройство и размеры основных элементов доменной печи»

**Задание:**

1. Ознакомиться с мультимедийной программой
2. Изучить поэтапно состав и устройство доменной печи
3. Ответить на контрольный тест.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить последовательность устройства печи
2. Провести тестирование.
3. Результаты тестирования показать преподавателю.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с мультимедийной программой.
2. Законспектировать в тетрадь основные узлы устройства и описать их назначение
3. Проработать последовательность операций при работе домны
4. Пройти тестирование.
5. Результаты тестирования предоставить преподавателю на проверку.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен быть предоставлен в виде результатов тестирования на компьютере.

**Критерии оценки:** по итогам тестирования -

ошибок 0-ставится 5

2-3 ошибки ставится 4

4-6 ошибок ставится 3

больше 6 ошибок ставится 2

## **Тема 3.2 Технология получения стали в конвертерах**

### **Практическое занятие № 2 Устройство кислородного конвертера**

**Цель:** Подробно изучить устройство кислородного конвертера.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- правильно эксплуатировать и назначать технологические операции при работе на данном устройстве.

**Материальное обеспечение:**

Мультимедийные программы «Устройство кислородного конвертера».

**Задание:**

1. Ознакомиться с мультимедийной программой
2. Отработать устройство и принцип назначения данного агрегата.
3. Пройти тестирование.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить «Устройство кислородного конвертера».
2. Пройти тестирование на компьютерах.
3. Результаты предоставить преподавателю.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с мультимедийной программой «Устройство кислородного конвертера».
2. Выделить необходимые участки и разделить их на основные и вспомогательные
3. Составить конспект
4. Пройти тестирование на компьютере.
5. Результаты тестирования предоставить преподавателю.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен быть предоставлен в виде результатов тестирования на компьютере.

**Критерии оценки:** по итогам тестирования –

ошибок 0-ставится 5

2-3 ошибки ставится 4

4-6 ошибок ставится 3

больше 6 ошибок ставится 2

## **Тема 3.2 Технология получения стали в конверторах**

### **Практическое занятие № 3**

#### **Устройство кислородной фурмы кислородного конвертера**

**Цель:** Подробно изучить устройство кислородной фурмы.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- правильно эксплуатировать и назначать технологические операции при работе на данном устройстве.

**Материальное обеспечение:**

Мультимедийные программы «Устройство кислородной фурмы кислородного конвертера».

**Задание:**

1. Ознакомится с мультимедийной программой
2. Отработать устройство и принцип назначения данного агрегата.
3. Пройти тестирование.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить «Устройство кислородной фурмы кислородного конвертера».
2. Пройти тестирование на компьютерах.
3. Результаты предоставить преподавателю.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с мультимедийной программой «Устройство кислородной фурмы кислородного конвертера».
2. Выделить необходимые участки и разделить их на основные и вспомогательные
3. Составить конспект
4. Пройти тестирование на компьютере.
5. Результаты тестирования предоставить преподавателю.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен быть предоставлен в виде результатов тестирования на компьютере.

**Критерии оценки:** по итогам тестирования –

ошибок 0-ставится 5

2-3 ошибки ставится 4

4-6 ошибок ставится 3

больше 6 ошибок ставится 2



## **Тема 3.4 Технология получения стали в электрических печах**

### **Практическое занятие № 4 Устройство дуговой сталеплавильной печи**

**Цель:** Подробно изучить устройство дуговой сталеплавильной печи.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- правильно эксплуатировать и назначать технологические операции при работе на данном устройстве.

**Материальное обеспечение:**

Мультимедийная программа «Устройство дуговой сталеплавильной печи».

**Задание:**

1. Ознакомится с мультимедийной программой
2. Отработать устройство и принцип назначения данного агрегата
3. Пройти тестирование.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить устройство дуговой сталеплавильной печи
2. Пройти тестирование на компьютерах.
3. Результаты предоставить преподавателю.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с мультимедийной программой «Устройство дуговой сталеплавильной печи».
2. Выделить необходимые участки и разделить их на основные и вспомогательные.
3. Составить конспект и записать в тетрадь основные характеристики сталеплавильной печи
4. Пройти тестирование на компьютере.
5. Результаты тестирования предоставить преподавателю.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен быть предоставлен в виде результатов тестирования на компьютере.

**Критерии оценки:** по итогам тестирования –

ошибок 0-ставится 5

2-3 ошибки ставится 4

4-6 ошибок ставится 3

больше 6 ошибок ставится 2

## **Тема 3.5 Технология разливки стали**

### **Практическое занятие № 5 Устройство слябовой и сортовой МНЛЗ**

**Цель:** Подробно изучить устройство слябовой и сортовой МНЛЗ

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- правильно эксплуатировать и назначать технологические операции при работе на данном устройстве.

**Материальное обеспечение:**

Мультимедийные программа «Устройство слябовой и сортовой МНЛЗ»

**Задание:**

1. Ознакомится с мультимедийной программой.
2. Отработать устройство и принцип назначения данного агрегата.
3. Пройти тестирование.

**Порядок выполнения работы:**

1. Изучить устройство слябовой и сортовой МНЛЗ
2. Пройти тестирование на компьютерах.
3. Результаты предоставить преподавателю.

**Ход работы:**

1. Ознакомиться с мультимедийной программой «Устройство слябовой и сортовой МНЛЗ»
2. Выделить необходимые участки и разделить их на основные и вспомогательные
3. Составить конспект и записать в тетрадь основные характеристики слябовой и сортовой МНЛЗ
4. Пройти тестирование на компьютере.
5. Результаты тестирования предоставить преподавателю.

**Форма представления результата:**

Отчет о проделанной работе должен быть предоставлен в виде результатов тестирования на компьютере.

**Критерии оценки:** по итогам тестирования –

ошибок 0-ставится 5

2-3 ошибки ставится 4

4-6 ошибок ставится 3

больше 6 ошибок ставится 2

## Тема 3.5 Технология разливки стали

### Практическое занятие № 6 Дефекты непрерывнолитой заготовки

**Цель:** Ознакомиться с основными видами дефектов непрерывнолитой заготовки.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- распознавать основные виды дефектов непрерывнолитой заготовки.

**Материальное обеспечение:**

Оборудование не используется.

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

**Задание:**

1. Ознакомиться с раздаточным материалом;
2. Заполнить таблицу;
3. Ответить на контрольные вопросы.

**Краткие теоретические сведения:**

Характерные особенности производства непрерывнолитых слитков приводят к появлению специфических видов дефектов в слябах и заготовках.

Система оценки качества непрерывнолитых слитков включает классификацию поверхностных дефектов и эталоны макроструктуры по осевой рыхлости, внутренним трещинам, ликвации и другим видам дефектов. Существуют ГОСТ 10243—75 на методы испытаний и оценки макроструктуры для сортовой заготовки и ОСТ 14-4—72 для оценки макроструктуры непрерывнолитой заготовки.

*Пояс*

Этот вид наружного дефекта образуется при застывании зеркала металла в кристаллизаторе. Он возникает в результате нарушения нормального режима разливки стали (разливка переоxygenенного кипящего металла, перерыв струи металла или остановка машины).

Устранить пояса на заготовке не удастся, поэтому участок с дефектом бракуется и его вырезают.

*Наплывы, заливины на гранях слябов и заготовок*

Эти дефекты также образуются при нарушении режимов разливки: нестабильная прерывистая струя металла, резкое изменение скорости разливки, образование корки на зеркале металла или вскипание кипящего металла. Наплывы и заливины следует удалять со слябов и заготовок. При этом их зачищают на адьюстаже на допустимую глубину.

*Ромбичность*

Ромбичность заключается в том, что нарушаются геометрические размеры профиля заготовки в сечении; квадратная становится ромбом, а круглая эллипсовидной или более сложной формы. Дефект образуется в результате неравномерного охлаждения граней и углов слитка. При этом происходит неравномерный рост кристаллизующейся твердой оболочки и в ней возникают напряжения, которые создают деформацию профиля. Значительное искажение профиля приводит к браку заготовки, если разность по диагонали превышает допустимую норму.

Для уменьшения ромбичности мелких непрерывнолитых заготовок совершенствуется зона вторичного охлаждения за счет использования мягкого водяного охлаждения и дополнительных устройств, жестко фиксирующих слиток и предотвращающих его деформацию в зоне вторичного охлаждения; в заготовках круглого сечения применяют активаторы для механического

перемешивания жидкого металла, что приводит к улучшению макроструктуры за счет повышения ее однородности.

### *Трещина*

Наиболее распространенным и многочисленным видом дефектов является трещина. По расположению их на поверхности слабов и непрерывнолитых заготовок и в зависимости от формы, а также направления трещины квалифицируются следующим образом: продольные трещины на гранях, продольные трещины по ребрам, поперечные трещины по ребрам, поперечные трещины на гранях и ребрах, сетчатые (паукообразные) трещины, поперечные и продольные ужимы на гранях.

### *Продольные и поперечные трещины*

Трудноустраняемым дефектом у листовых и сортовых заготовок из углеродистых спокойных и низколегированных сталей являются горячие трещины.

Поперечные трещины в сортовых заготовках располагаются у поверхности слитка и возникают в начальной стадии формирования оболочки заготовки.

*Продольные поверхностные горячие трещины* литых слабов возникают также в начале формирования оболочки слитка.

Установлено, что склонность непрерывнолитых слитков к образованию горячих трещин определяется возникновением значительных напряжений в начальный момент затвердевания, резким перепадом температур по толщине оболочки слитка, появлением неравномерности фронта затвердевания из-за воздействия струи стали и других факторов.

Влияние изменения большинства технологических факторов на качество слабов проявляется в небольшой степени при непрерывной разливке низкоуглеродистой спокойной стали и весьма редко при разливке стали с содержанием углерода выше 0,17 %. Брак по трещинам возрастает при увеличении ширины грани непрерывнолитой заготовки при отливке в кристаллизатор с гладкими рабочими стенками, а также увеличении концентрации усадочных напряжений на ослабленных участках формирующейся оболочки с большим развитием коробления последней. При применении кристаллизатора с рифлеными рабочими стенками обеспечивается относительно равномерное распределение усадки по участкам оболочки небольшой протяженности. Для уменьшения брака по трещинам отношение сторон в кристаллизаторах с гладкими рабочими стенками рекомендуется в пределах (2,5—1,4):

1. При отливке слабов сечением 1020X175 мм (отношение сторон 5,7: 1) и сечением 1500X200 мм (отношение сторон 7,5: 1) в кристаллизаторы с рифлеными рабочими стенками не наблюдается заметного роста брака по продольным трещинам.

Опыт отливки широких слабов из низко- и среднеуглеродистой стали показал, что образование горячих трещин сводится к минимуму при условии обеспечения: а) радиуса закругления в углах не более 10 % от размера узкой грани и рабочей длины кристаллизатора не менее 800 мм; б) беспрепятственного скольжения оболочки формирующегося слитка по рабочим стенкам кристаллизатора за счет исключения неровностей, рисок, щелей в стыках стенок и коробления последних; в) применения кристаллизаторов с глубиной волны, составляющей 1-2 % от узкой грани слэба, и расстоянием между гребнями волн, превышающим глубину в 7-10 раз.

Наиболее перспективным средством защиты зеркала металла от окисления и образования напряжений в оболочке является разливка среднеуглеродистой и легированной стали некоторых марок под слоем шлака в кристаллизаторе.

Поддержание в оптимальном режиме вторичного охлаждения также обеспечивает минимальный брак по трещинам.

### *Сетчатые (паукообразные) трещины*

Этот вид дефекта чаще выявляется на широких гранях слабов. На трубных заготовках сетчатые трещины могут возникать при увеличении содержания водорода в стали, вредных примесей, включая неметаллические включения.

Для предупреждения появления сетчатых трещин следует устранить причины, вызывающие растягивающие напряжения в оболочке слитка путем применения мягкого охлаждения в зоне вторичного охлаждения, а также в результате повышения механических свойств металла при

высоких температурах, которое достигается поверхностным легированием непрерывного слитка металлодобавками в частности марганцем.

#### *Внутренние трещины*

Причиной образования внутренних трещин являются растягивающие напряжения на границе твердой и жидкой фаз. Почти все внутренние напряжения образуются в интервале температур горячей хрупкости, находящимся ниже линии ликвидус. К внутренним трещинам наиболее чувствительны легированные стали с увеличением в них концентрации, главным образом, хрома, а также при повышенном содержании серы и фосфора.

Очень чувствительны к образованию внутренних трещин стали ферритного класса. Главным критерием, определяющим появление трещин, является отношение скоростей нарастания прочности и напряжений при формировании и охлаждении слитка.

На поперечных темплетах прямоугольных слитков углеродистой стали при высокой интенсивности вторичного охлаждения могут встретиться внутренние трещины следующих видов: перпендикулярные узким и широким граням, которые, как правило, расположены под ужимами и ближе к узким граням; направленные к углам слитка и расположенные по стыкам кристаллитов, растущих от широких и узких граней: эти трещины связаны с ромбичностью слитка и располагаются против тупых углов; осевые трещины располагаются в районе встречи фронтов затвердевания.

Внутренние трещины начинаются вблизи фронта затвердевания и распространяются в более охлажденную часть оболочки слитка. При прокатке литых слэбов на лист внутренние трещины могут выходить на кромку листов, образуя кромочные расслоения или продольные трещины у кромки листа. Для получения качественной структуры заготовки следует учитывать, что температура по высоте непрерывного слитка должна быть постоянной. При этом температурные напряжения внутренних слоев металла из-за усадки относительно поверхностных (более холодных) и прочих слоев не должны превышать допустимых значений.

#### *Физическая и химическая неоднородность*

Физическая неоднородность непрерывнолитых слитков является следствием усадочных процессов и сопровождается химической неоднородностью. Проявляется она в виде пористости и неплотности в металле, образующихся при затвердевании стали в условиях недостаточной подпитки металла, а также в виде нарушений сплошности (трещин, пор и надрывов) - результата реализации внутренних напряжений. Осевая пористость слитков может проявляться либо в виде рассеянной пористости (отдельные усадочные пустоты), расположенной вдоль оси заготовки, либо в виде сосредоточенной пустоты.

В большинстве случаев можно обнаружить оба вида пористости в одной заготовке, вырезав несколько поперечных темплетов на некотором расстоянии друг от друга.

Установлено, что между видом пористости и кристаллической структурой заготовки существует зависимость. Сосредоточенная пористость обычно обнаруживается при развитой столбчатой структуре и концентрируется вдоль вертикальной оси в виде прерывистых пустот.

Рассеянная пористость получает развитие при равноосных кристаллах ограниченной зоне столбчатых дендритов. При таком строении непрерывнолитой заготовки усадочная пористость образуется в виде многочисленных небольших пор.

Нарушения режима вторичного охлаждения (слишком интенсивное) или перегрев металла способствуют образованию концентрированной (сосредоточенной) пористости.

#### *Химическая неоднородность*

Химическая неоднородность в непрерывнолитой заготовке обусловлена ликвацией - обогащением центральной жидкой части заготовки и усадкой осевой зоны при затвердевании в замкнутом по высоте объеме заготовки.

На сортовых мелких заготовках из высокоуглеродистой стали в осевой зоне наряду с центральной пористостью наблюдается значительная неоднородность по содержанию углерода.

Осевая неоднородность квадратной заготовки при прокатке не устраняется. В узкой осевой зоне готового сортового проката обнаруживаются полосы повышенной травимости. Химическую неоднородность удастся уменьшить снижением скорости разливки. Меньшее развитие она

получает и в «холодном» металле. Снижение содержания серы и повышение отношения Mn/S также уменьшают неоднородность. С увеличением сечения заготовки до 280X320 мм отрицательная неоднородность практически исчезает. В литых слябах химическая неоднородность на поперечных макротемплетах при глубоком травлении появляется в виде прямой линии. Наличие осевой неоднородности после прокатки слябов на лист может приводить к расслоению металла. По месту расслоений обнаруживаются силикатные включения состава  $\text{CaSiO}_3$  и т. д., а также сульфиды железа и марганца.

#### *Неметаллические включения*

Степень загрязнения неметаллическими включениями непрерывнолитой заготовки, особенно легированной стали, кроме режима раскисления, во многом зависит от защиты струи и «зеркала» металла. Чем лучше защищена струя стали, тем меньше в готовой стали неметаллических включений. Поэтому при разливке сталей, содержащих титан, алюминий и другие легкоокисляющиеся элементы, применяют безнапорную разливку с затопленной струей и с защитой зеркала металла синтетическими шлаками. В непрерывнолитой заготовке встречается та же группа включений, что и в слитках: оксиды, сульфиды, нитриды. Однако в заготовке выявляются более высокая дисперсность включений и более равномерное распределение их во всем объеме. Это является существенным преимуществом непрерывной разливки, так как позволяет получить равномерные свойства деформированного металла в пределах всей плавки. Готовая продукция из такого металла (лист, сортовые профили и др.) может быть применена в ответственных конструкциях.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить дефекты непрерывнолитой заготовки;
2. Ответить на контрольные вопросы;
3. Результаты предоставить преподавателю;

#### **Ход работы:**

1. Ознакомиться с теоретическим обоснованием работы и ответить письменно на контрольные вопросы;
3. Выполнить предложенные задания;
4. Заполнить таблицу;
5. Дать характеристику дефекта;
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Результаты предоставить преподавателю.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие дефекты Вы знаете?
2. Какие из этих дефектов относятся к неисправимому браку?
3. Что представляет собой ликвация сплава и на какие виды она делится?

Таблица 1

| Вид дефекта | Причины появления дефекта | Способы устранения дефекта |
|-------------|---------------------------|----------------------------|
|             |                           |                            |
|             |                           |                            |

#### **Форма представления результата:**

Работа должна быть представлена в виде таблицы.

#### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично» выставляется* - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

*Оценка «хорошо» выставляется* - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

*Оценка «удовлетворительно» выставляется* - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется*- студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

## **Тема 8.1 Технология получения готовой продукции методом сварки**

### **Практическое занятие № 7 Ультразвуковой контроль сварных соединений**

#### **Цель:**

1. Изучить основные методы и технологию ультразвукового контроля стыковых сварных соединений.
2. Ознакомиться с критериями обоснованного выбора основных параметров контроля стыковых сварных соединений.
3. Приобрести навыки проведения контроля стыковых сварных соединений стальных образцов и оценки качества соединений по результатам контроля.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

*уметь:*

- У<sub>2</sub> выбирать методы контроля, соответствующее оборудование, аппаратуру и приборы для контроля качества продукции;
- У<sub>3</sub> применять методы предупреждения, обнаружения и устранения дефектов выпускаемой продукции;

#### **Материальное обеспечение:**

Оборудование:

Программно-аппаратный комплекс «Ультразвуковой контроль металлов» (с ПК).

Комплект стандартных образцов.

Комплект наклонных пьезоэлектрических преобразователей (далее ПЭП) на различные частоты.

Лабораторные образцы сварных соединений.

Соединительные высокочастотные кабели.

Минеральное масло (контактная жидкость).

#### **Задание:**

1. Изучить особенности ультразвукового контроля сварных соединений: методику и технологию контроля, выбор основных параметров контроля, изложенные в настоящих методических указаниях.
2. Ознакомиться с порядком настройки и проверки аппаратуры при помощи стандартных образцов.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Существуют два основных вида сварки: плавлением и давлением. Данные виды делятся, в свою очередь, на множество подвидов, зависящих от способа сварки.

Дефекты сварных соединений, а также способы выявления этих дефектов акустическими методами контроля, зависят прежде всего от вида и способа сварки.

Дуговая сварка стыковых сварных соединений – наиболее распространенный способ сварки плавлением. Свариваемые кромки располагаются на некотором расстоянии друг от друга и промежуток заполняют металлом электрода, плавящегося под действием электрической дуги. Участок, свариваемый первым называется корнем.

Ультразвуковой контроль обеспечивает выявление почти всех дефектов этой сварки. Для выявления дефектов в сварных соединениях стандартом (ГОСТ 14782-86) установлено три метода акустического контроля, отличающихся по способам обнаружения дефектов: эхо-метод, теневой и зеркально-теневой.

Основным способом контроля стыковых сварных соединений является эхо-метод с использованием наклонного совмещенного преобразователя поперечных волн (рис. 1).



Корень шва контролируется прямым (непосредственно выходящим из преобразователя) лучом (положения преобразователя 1 и 2), а верхнюю часть шва – однократно отраженным лучом (положения преобразователя 3 и 4).

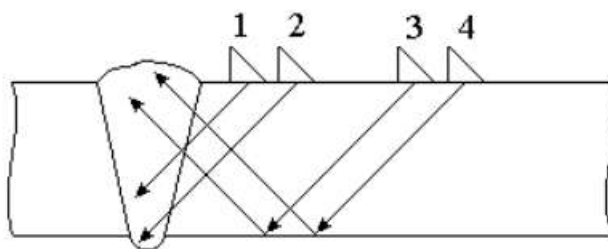


Рисунок 1 Контроль шва эхо-методом

Контроль двукратно и многократно отраженным лучом нежелателен ввиду сильного расхождения пучка лучей и его искажения при отражениях. Для проверки всего сечения сварного шва преобразователь перемещают, как показано на рис. 2, сплошными линиями вверх между крайними положениями 1 и 4 преобразователя (рис. 1). В положении 1 преобразователь либо упирается в верхний валик шва, либо находится вблизи него, а в положении 4 луч еще попадает в зону сплавления. Такая схема прозвучивания называется поперечно-продольным сканированием.

Если геометрия шва не обеспечивает полное его прозвучивание по указанной схеме, контроль производится многократно отраженным лучом. Шов контролируется слева и справа (рис. 2), при этом лучи проходят через шов в четырех направлениях, что повышает вероятность выявления различно ориентированных дефектов. С целью повышения надежности контроля преобразователь непрерывно разворачивают вправо и влево на угол  $\varphi = 10 \div 15$  градусов.

Оптимальное значение угла ввода ультразвуковых колебаний  $\alpha$  обычно выбирается так, чтобы в крайнем положении преобразователя его акустическая ось пересекала ось симметрии шва на глубине, равной половине толщины основного металла. Именно в этом случае обеспечивается прозвучивание всего сечения шва.

При контроле прямым лучом должно быть выполнено условие  $\operatorname{tg} \alpha \geq (b + 2n) / d$ , где  $b$  - ширина усиления, мм;  $n$  - стрела преобразователя, мм;  $d$  - толщина свариваемого металла, мм. При контроле однократно отраженным лучом –  $\operatorname{tg} \alpha \geq (b + 2z) / d$ , где  $z$  - расстояние от границы усиления до точки отражения, (2K8) мм.

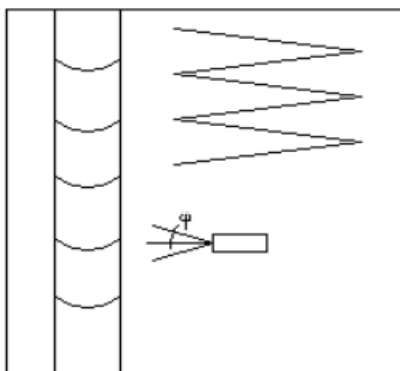


Рисунок 2 Схема сканирования шва

Определенный указанным выше способом угол ввода луча и выбранный способ прозвучивания определяют зону перемещения преобразователя.

Для контроля прямым лучом -  $L_{min} = n$  ,  $L_{max} = d \cdot \operatorname{tg} \alpha$  (рис. 3); для контроля однократно и многократно отраженным лучом -  $L_{min} = m \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha + z$  ,  $L_{max} = (m + 1) \cdot d \cdot \operatorname{tg} \alpha$  , где  $m$  определяет число отражений (рис. 4).

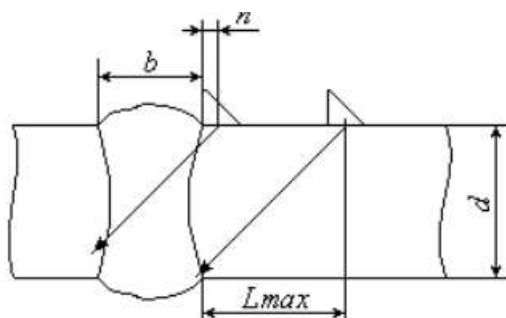


Рисунок 3 Контроль шва прямым лучом

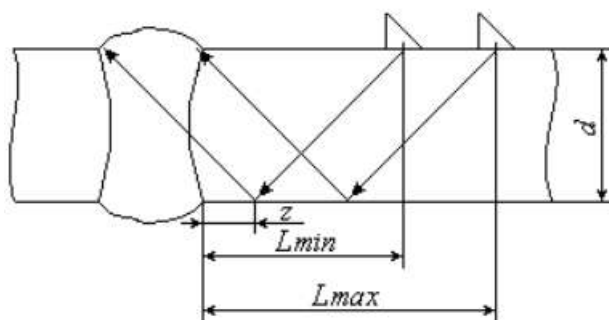


Рисунок 4 Контроль шва многократно отраженным лучом

Выбор частоты и амплитуды колебаний производится в зависимости от размеров изделия, коэффициента затухания волн в материале и уровня структурных помех. Чем больше толщина, тем ниже должна быть частота и больше амплитуда колебаний.

В табл. 1 приведены рекомендуемые параметры контроля швов различной толщины.

Таблица 1

| Толщина шва, мм | Частота, МГц | Размер пьезопластины, мм | Угол ввода, в град |
|-----------------|--------------|--------------------------|--------------------|
| 2...5           | 10           | 3...4                    | 70...75            |
| 5...10          | 4...5        | 4...6                    | 60...70            |
| 10...50         | 2...2,5      | 10...15                  | 50...70            |
| 50...200        | 1,5...2      | 15...20                  | 35...50            |
| 200...2000      | 1...1,5      | 30...50                  | 35                 |

Обоснование приведенных параметров состоит в следующем.

При контроле тонких сварных швов (10 мм и менее) возникает трудность с контролем корня шва прямым лучом, так как подойти близко к шву мешает верхний валик. Целесообразно увеличить угол ввода. Полезно также уменьшить стрелу преобразователя, однако ее ограничивает размер пьезоэлемента и условие предотвращения отражения от переднего угла призмы.

Повышение частоты при этом уменьшает расхождение лучей, даже при уменьшении размера пьезопластины, что позволяет избежать отражения от переднего угла призмы. Увеличение частоты позволяет также избежать возникновения поверхностных релеевских волн от боковых лучей пучка, в случае, если угол ввода достаточно велик. При контроле толстых сварных швов (200 мм и

более) чувствительность дефектоскопа может оказаться недостаточной, поэтому применяют понижение частоты, преобразователи с пьезопластинами большого диаметра, уменьшают угол ввода, контроль проводят только прямым лучом.

Настройка и проверка аппаратуры заключается в проверке соответствия требованиям инструкции: частоты, условной и предельной чувствительности, угла ввода, погрешности глубиномера, мертвой зоны, лучевой разрешающей способности в направлении прозвучивания, стрелы преобразователя.

Данные операции производятся с использованием стандартных образцов. В заключение отметим, что перед контролем соединение подвергают внешнему осмотру: измеряют толщину свариваемого металла и ширину усиления, устанавливают отсутствие недопустимых внешних дефектов.

### **Порядок выполнения работы**

1. Выполните предварительную настройку, проверку работоспособности дефектоскопа и настройку ВРЧ согласно методике.
2. Проведите проверку основных параметров ультразвукового контроля при помощи дефектоскопа в комплекте с используемыми наклонными ПЭП: абсолютная чувствительность, угол ввода луча, стрела преобразователя, мертвая зона, лучевая разрешающая способность, погрешность глубиномера. Данную проверку проведите при помощи комплекта стандартных образцов.
3. Исследуйте основные параметры предложенных образцов сварных соединений, проведите их внешний осмотр и подготовьте образцы к работе.
4. Проведите выбор основных параметров контроля и схем прозвучивания.
5. Выполните контроль предложенных образцов сварных соединений.
6. Выключите дефектоскоп, уберите рабочее место.
7. Оформите результаты контроля, оцените качество сварных соединений.
8. Сделайте выводы по проделанной работе.
9. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Ход работы:**

1. Изучить особенности ультразвукового контроля сварных соединений: методику и технологию контроля, выбор основных параметров контроля, изложенные в настоящих методических указаниях.
2. Ознакомиться с порядком настройки и проверки аппаратуры при помощи стандартных образцов.
3. Исследовать основные параметры предложенных образцов сварных соединений, провести их внешний осмотр и подготовить образцы к работе.
4. Выполнить контроль предложенных образцов сварных соединений.
5. Оформить результаты контроля, оценить качество сварных соединений.

### **Форма представления результата:**

Работа должна быть представлена в виде письменного изложения материала, письменных ответов на вопросы.

### **Критерии оценки:**

*Оценка «отлично»* выставляется - студент обладает системными теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), без ошибок самостоятельно демонстрирует выполнение практических умений,

*Оценка «хорошо»* выставляется - студент обладает теоретическими знаниями (знает методику выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), самостоятельно демонстрирует выполнение практических

умений, допуская некоторые неточности (малосущественные ошибки), которые самостоятельно обнаруживает и быстро исправляет,

*Оценка «удовлетворительно» выставляется* - студент обладает удовлетворительными теоретическими знаниями (знает основные положения методики выполнения практических навыков, показания и противопоказания, возможные осложнения, нормативы и проч.), демонстрирует выполнение практических умений, допуская некоторые ошибки, которые может исправить при коррекции их преподавателем,

*Оценка «неудовлетворительно» выставляется* - студент не обладает достаточным уровнем теоретических знаний (не знает методики выполнения практических навыков, показаний и противопоказаний, возможных осложнений, нормативы и проч.) и/или не может самостоятельно продемонстрировать практические умения или выполняет их, допуская грубые ошибки.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что определяет виды потенциальных дефектов сварных соединений? Назовите эти виды и дайте их характеристику.
2. Каковы основные методы акустического вида контроля сварных соединений?
3. Охарактеризуйте особенности контроля сварных соединений эхо-методом. Посредством чего реализуется контроль всего сечения сварного шва?
4. Каким образом организуется выявление дефектов с различной ориентацией?
5. В каких случаях применяется контроль многократно отраженным лучом и почему такой способ контроля нежелателен?
6. Геометрически объясните формулы расчета зоны перемещения ПЭП при поперечно-продольном сканировании.
7. Охарактеризуйте особенности выбора основных параметров контроля толстых швов.
8. Основные параметры контроля тонких швов.
9. Какое влияние оказывает размер пьезопластины на параметры диаграммы направленности ПЭП, и каким образом это сказывается на разрешающей способности?
10. Как влияет частота зондирующих импульсов на чувствительность дефектоскопа?
11. От чего зависит выбор амплитуды колебаний при контроле сварного шва эхо-методом?
12. Каким необходимым операциям подвергается объект контроля перед проведением процедуры контроля?
13. В чем заключается проверка аппаратуры перед проведением контроля сварных