

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института металлургии,  
машиностроения и материаловедения  
А.С. Савинов  
«12» сентября 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«РАЗЛИВКА И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ СТАЛИ»**

Направление подготовки  
22.03.02 Металлургия

Профиль программы  
Металлургия черных металлов

Уровень высшего образования – бакалавриат  
Программа подготовки - прикладной бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт  
Кафедра  
Курс

Металлургии, машиностроения и материаловедения  
Технологии металлургии и литейных процессов  
5


Магнитогорск  
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия для профиля Metallургия черных металлов, утвержденного приказом №1427 от 04.12.2015 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии metallургии и литейных процессов (ТМиЛП) с внесенными изменениями и дополнениями «31» 08 2017 (протокол № 1)

Зав. кафедрой  / К.Н. Вдовин /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института metallургии, машиностроения и материалообработки «11» 09 2017 (протокол №    )

Председатель  / А.С. Савинов /

Рабочая программа составлена:

д.т.н., проф. каф. ТМиЛП  / А.М. Столяров /

Рецензент:

Директор ЗАО «Шлаксервис», к.т.н.

 / А.Б. Великий /



## 1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Разливка и кристаллизация стали» являются ознакомление обучающихся с процессами формирования стальных слитков и непрерывнолитых заготовок, их строением, изучение способов и технологий получения, качества производимой продукции.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина «Разливка и кристаллизация стали» является дисциплиной по выбору, входящей в вариативную часть первого блока базовых дисциплин.

Успешное усвоение материала предполагает знание обучающимися основных положений следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Металлургическая теплотехника», «Основы металлургического производства», «Моделирование процессов и объектов в металлургии», «Выплавка стали в конвертерах», «Электрометаллургия стали и сплавов», «Ковшовая обработка стали»

Знания и умения обучающихся, полученные при изучении дисциплины «Разливка и кристаллизация стали» будут необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Разливка и кристаллизация стали» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ПК-4 - готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы</b>	
Знать	<i>основные закономерности процессов массопереноса применительно к процессам разливки стали, описывать, рассчитывать и анализировать процессы переноса тепла и массы, выделять факторы, определяющие их интенсивность</i>
Уметь	<i>распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена</i>
Владеть	<i>методами расчета процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью</i>

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 122,1 акад. часа;
- аудиторная – 117 акад. часа;
- внеаудиторная – 5,1 акад. часа;
- самостоятельная работа – 94,2 акад. часа;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа
- в формате практической подготовки - 10 акад. часа

Предусматривается написание курсовой работы

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Затвердевание стальных слитков и непрерывнолитых заготовок. Расчет затвердевания стальных слитков и непрерывнолитых заготовок	8	4	4	6/2И	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач	ПК-4-зув
2. Кристаллическая структура литой стали и современная теория кристаллизации	8	2	4/2И	6/2И	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы 1	ПК-4-зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
3. Макроструктура непрерывнолитых заготовок и слитков спокойной, полуспокойной и кипящей стали	8	2	4/2И	4/2И	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач, контрольная работа 1	ПК-4-зув
4. Дендритная и зональная химическая неоднородность. Неметаллические включения и газы в стальных слитках и непрерывнолитых заготовках.	8	2	4/2И	6/2И	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач	ПК-4-зув
5. Дефекты стальных слитков и непрерывнолитых заготовок, причины их образования и способы устранения	8	4	4	4/4И	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы 2	ПК-4-зув
6. Сталеразливочные и промежуточные ковши: конструкция, огнеупорная футеровка, ковшевые затворы, эксплуатация. Гидродинамика истечения металла из ковша. Скорость и продолжительность разлива стали	8	4	4/2И	4/4И	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач	ПК-4-зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
7. Непрерывная разливка стали. Конструкции машин непрерывного литья заготовок. Кристаллизаторы, устройство и работа зоны вторичного охлаждения, агрегаты резки, транспортно-отгрузочные линии. Технология непрерывной разливки стали	8	10	6/2И	6/4И	14,2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач	ПК-4-зув
8. Способы разливки стали в изложницы. Конструкции изложниц и комплектующего оборудования. Подготовка изложниц к разливке. Технология разливки в изложницы спокойной, кипящей и полуспокойной стали. Особенности сифонной разливки стали	8	6	4/2И	6/2И	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы 3, контрольная работа 2	ПК-4-зув
9. Контроль качества слитков и непрерывнолитых слябов. Технико-экономические показатели разливки стали в изложницы и непрерывной разливки стали	8	2	2/2И	3	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к курсовой и контрольной работам	Проверка результатов решения задач, защита курсовой работы	ПК-4-зув
<b>Итого по дисциплине</b>		<b>36</b>	<b>36/14И</b>	<b>45/18И</b>	<b>94,2</b>		<b>Экзамен/курсовая работа</b>	

## **5 Образовательные и информационные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных и информационных технологий в преподавании дисциплины «Разливка и кристаллизация стали» используются традиционная и информационно-коммуникационная технологии.

Лекции проходят как в традиционной информационной форме, так и в форме лекций-визуализаций с использованием презентаций в виде видеоматериалов.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ и практических занятий, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. На практических занятиях используются компьютерные тренажеры по непрерывной разливке стали в слябовые и сортовые заготовки.

Самостоятельная работа студентов необходима при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, контрольным работам, выполнению курсовой работы и итоговой аттестации в форме экзамена.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Разливка и кристаллизация стали» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение лабораторных работ, решение задач и работу на имитаторах-тренажерах на практических занятиях, а также написание контрольных работ.

**Лабораторная работа №1** «Изучение истечения стали из ковша на модели».

На лабораторной установке изучается влияние высоты металла в ковше и диаметра отверстия стакана сталеразливочного ковша на величину весовой скорости разливки стали, истекающей из ковша. Результаты моделирования пересчитываются на реальный ковш определенной вместимости с использованием специальных масштабов. Анализируется и сравнивается влияние каждого фактора на весовую скорость разливки стали.

**Лабораторная работа №2** «Изучение внутреннего строения стальной непрерывнолитой заготовки».

По поперечным темплетам путем эскизирования изучаются кристаллическое строение, дефекты макроструктуры непрерывнолитых заготовок различных видов: слябовой, сортовой, блюмовой.

**Лабораторная работа №3** «Дефекты стального слитка».

С использованием лабораторных образцов, методических указаний и атласа изучается несколько заданных преподавателем внутренних и поверхностных дефектов стальных слитков разной степени раскисленности, причины их образования и меры по предотвращению.

На практических занятиях обучающиеся решают задачи по различной тематике и выполняют задания на имитаторах-тренажерах по непрерывной разливке стали (знакомство с оборудованием МНЛЗ и технологией разливки стали).

В течение семестра обучающиеся пишут две контрольные работы, каждый раз отвечая на один теоретический вопрос, выполняя одно практическое задание по решению задачи согласно тематики практических занятий, классифицируя сталь заданной марки.

Классификация стали заданной марки производится по следующим группам:

- содержание углерода;
- качество;
- степень легирования;
- степень раскисленности.



## **Примеры контрольных заданий**

### **Контрольная работа №1**

#### **ЗАДАНИЕ №1**

1. Кристаллическая структура непрерывнолитых заготовок, отлитых на МНЛЗ вертикального типа.
2. Определить продолжительность затвердевания и глубину лунки жидкого металла в непрерывнолитой заготовке с размерами поперечного сечения 190×1500 мм из стали марки 18ГС при вытягивании со скоростью 1,3 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

#### **ЗАДАНИЕ №2**

1. Кристаллическая структура слитков спокойной стали при разливке стали в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками.
2. Определить продолжительность затвердевания и глубину лунки жидкого металла в непрерывнолитой заготовке с размерами поперечного сечения 124×124 мм из стали марки 60С2А при вытягивании со скоростью 4,1 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

#### **ЗАДАНИЕ №3**

1. Факторы, влияющие на зарождение и рост кристаллов при затвердевании стали.
2. Определить продолжительность затвердевания и глубину лунки жидкого металла в непрерывнолитой заготовке с размерами поперечного сечения 160×180 мм из стали марки 38ХГНМ при вытягивании со скоростью 2,6 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

#### **ЗАДАНИЕ №4**

1. Макроструктура слитков спокойной стали при разливке в уширенные книзу изложницы с теплоизоляционными вставками, величина технологических отходов при прокатке.
2. Определить толщину слоя затвердевшего металла на выходе из кристаллизатора длиной 950 мм при разливке стали марки 18ГС на криволинейной МНЛЗ со скоростью 0,8 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

#### **ЗАДАНИЕ №5**

1. Макроструктура слитков кипящей стали с механическим закупориванием и технологические отходы металла при прокатке. Роль поверхностной корки плотного металла в таких слитках, механизм ее формирования.
2. Определить толщину слоя затвердевшего металла на выходе из кристаллизатора длиной 1100 мм при разливке стали марки 15ХСНД на криволинейной МНЛЗ со скоростью 0,9 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

### **Контрольная работа №2**

#### **ЗАДАНИЕ №1**

1. Макроструктура слитков кипящей стали с химическим закупориванием и технологические отходы металла при прокатке. Роль поверхностной корки плотного металла в таких слитках, механизм ее формирования.
2. Определить глубину лунки жидкого металла в непрерывнолитой заготовке с размерами поперечного сечения 152×170 мм из стали марки 35ХН при вытягивании со скоростью 2,4 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

#### **ЗАДАНИЕ №2**

1. Макроструктура слитков полуспокойной стали и технологические отходы металла при их прокатке. Роль поверхностных пузырей в таких слитках и механизм их формирования.
2. Определить глубину лунки жидкого металла в непрерывнолитой заготовке с размерами поперечного сечения 120×150 мм из стали марки 80Р при вытягивании со скоростью 3,3 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

### ЗАДАНИЕ №3

1. Дефекты макроструктуры непрерывнолитой заготовки усадочного происхождения.
2. Определить глубину лунки жидкого металла в непрерывнолитой заготовке с размерами поперечного сечения 270×1200 мм из стали марки 17Г1С при вытягивании со скоростью 0,95 м/мин.
3. Провести классификацию данной марки стали.

### ЗАДАНИЕ №4

1. Картина зональной химической неоднородности уширенного кверху слитка спокойной стали с пояснениями.
2. Определить толщину слоя затвердевшего металла в середине зоны вторичного охлаждения длиной 35,8 м при разливке стали марки Ст. 3пс на криволинейной МНЛЗ со скоростью 1,2 м/мин (кристаллизатор имеет высоту 1200 мм).
3. Провести классификацию данной марки стали.

#### Примерные задачи:

1. Сталь марки 60С2А разливается из 180-тонного сталеразливочного ковша на четырехручьева МНЛЗ радиального типа. Поперечное сечение слябов 150×150 мм. Каким должен быть диаметр канала стаканов в промежуточном ковше для того, чтобы можно было поддерживать скорость вытягивания заготовок из кристаллизатора в пределах 1,9... 3,1 м/мин? Провести классификацию данной марки стали.
2. Сталь марки 80 разливается из 120-тонного сталеразливочного ковша на четырехручьева МНЛЗ вертикального типа. Поперечное сечение заготовок 180×250 мм. Каким должен быть диаметр канала стакана в сталеразливочном ковше для того, чтобы можно было поддерживать скорость вытягивания заготовок из кристаллизатора в пределах 1,4... 2,3 м/мин? Провести классификацию данной марки стали.
3. Сталь марки 15пс разливалась из 220-тонного сталеразливочного ковша на двухручьева МНЛЗ криволинейного типа. Поперечное сечение слябов 190×1200 мм, а мерная длина 7 м. Рабочая скорость вытягивания была 1,25 м/мин. Через 34 мин машина была аварийно остановлена. Сколько мерных слябов было отлито и какова их общая масса? Провести классификацию данной марки стали.
4. Определить толщину слоя затвердевшего металла в середине зоны вторичного охлаждения длиной 9,8 м при разливке стали марки Св08А в заготовки сечением 150×150 мм со скоростью 2,6 м/мин. Кристаллизатор пятиручьева МНЛЗ радиального типа имеет высоту 900 мм. Провести классификацию данной марки стали.
5. Определить длину лунки жидкой стали марки 38ХМ внутри заготовок сечением 152×170 мм при скорости вытягивания 2,8 м/мин на пятиручьева МНЛЗ радиального типа. Провести классификацию данной марки стали.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала и выполнения курсовой работы.

**Курсовая работа** выполняется обучающимся самостоятельно в соответствии с заданием, выданным преподавателем. При выполнении курсовой работы обучающийся должен определить основные технологические параметры непрерывной разливки стали заданной марки на конкретной МНЛЗ.

Курсовая работа должна быть оформлена в соответствии с СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

**Пример задания к курсовой работе**  
Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

### З А Д А Н И Е

на выполнение курсовой работы по дисциплине  
«Разливка и кристаллизация стали»  
на тему «Определение основных технологических параметров  
непрерывной разливки стали»

студенту \_\_\_\_\_

Выполнить расчет непрерывной разливки стали на двухручьевой  
МНЛЗ криволинейного типа для следующих условий:

- вместимость сталеразливочного ковша 365 т;
- металлургическая длина МНЛЗ 35,8 м;
- длина кристаллизатора 1200 мм;
- радиус кривизны базовой стенки кристаллизатора 8,0 м;
- марка стали 10пс;
- размеры поперечного сечения заготовки 250×1830 мм;

Характеристика зоны вторичного охлаждения приведена на оборотной стороне задания. Другие данные, необходимые для расчета, принять самостоятельно.

#### Содержание работы

- 1 Определение параметров жидкого металла ([S], [P], t).
- 2 Расчет продолжительности затвердевания заготовки.
- 3 Определение рабочей скорости и диапазона скоростей разливки.
- 4 Определение скорости разливки и диаметра каналов стаканов в сталеразливочном и промежуточном ковшах.
- 5 Определение параметров настройки кристаллизатора и зоны вторичного охлаждения (ЗВО).
- 6 Определение основных параметров системы охлаждения кристаллизатора.
- 7 Расчет режима вторичного охлаждения заготовки при вытягивании ее со скоростью 0,7 м/мин.
- 8 Расчет длительности разливки плавки при рабочей скорости вытягивания заготовки.
- 9 Расчет годовой производительности МНЛЗ.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-4 - готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы</b>		
Знать	<i>основные закономерности процессов массопереноса применительно к процессам разлива стали, описывать, рассчитывать и анализировать процессы переноса тепла и массы, выделять факторы, определяющие их интенсивность</i>	<p style="text-align: center;"><b>Теоретические вопросы к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кристаллическая структура непрерывнолитых заготовок, отлитых на МНЛЗ вертикального типа.</li> <li>2. Кристаллическая структура слитков спокойной стали при разливе стали в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками.</li> <li>3. Макроструктура непрерывнолитого сляба при разливе стали на МНЛЗ вертикального типа, величина технологических отходов металла.</li> <li>4. Факторы, влияющие на зарождение и рост кристаллов при затвердевании стали.</li> <li>5. Макроструктура слитков спокойной стали при разливе в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками, величина технологических отходов при их прокатке.</li> <li>6. Макроструктура сортовой заготовки при непрерывной разливе стали на МНЛЗ радиального типа, величина технологических отходов металла.</li> <li>7. Макроструктура слитков спокойной стали при разливе в уширенные книзу изложницы с теплоизоляционными вставками, величина технологических отходов при прокатке.</li> <li>8. Макроструктура слитков кипящей стали и технологические отходы металла при прокатке. Роль поверхностной корки плотного металла в таких слитках, механизм её формирования.</li> <li>9. Макроструктура слитков полуспокойной стали и технологические отходы металла при их прокатке. Роль поверхностных пузырей в таких слитках и механизм их формирования.</li> <li>10. Кристаллическая структура непрерывнолитых заготовок, отлитых на МНЛЗ криволинейного типа.</li> <li>11. Гидродинамика истечения металла из сталеразливочного ковша.</li> <li>12. Подготовка МНЛЗ к разливу стали.</li> <li>13. Классификация МНЛЗ. Достоинства и недостатки МНЛЗ с изогнутой технологиче-</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ской осью.</p> <p>14. Конструкции кристаллизаторов МНЛЗ.</p> <p>15. Температурно-скоростной режим непрерывной разливки стали.</p> <p>16. Промежуточный ковш МНЛЗ.</p> <p>17. Устройство зоны вторичного охлаждения МНЛЗ.</p> <p>18. Устройство сталеразливочных ковшей и ковшевых затворов.</p> <p>19. Технология непрерывной разливки стали методом “плавка на плавку”.</p> <p>20. Дефекты стальных слитков и непрерывнолитых заготовок.</p> <p>21. Режим вторичного охлаждения непрерывнолитых заготовок и слэбов.</p> <p>22. Устройство агрегатов резки заготовок на мерные длины.</p>
Уметь	распознавать эффективное решение от неэффективного, при решении задач сложного теплообмена	<p><b>На практических занятиях решаются задачи по определению:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– толщины слоя затвердевшего металла в непрерывнолитой заготовке для различных мест технологического канала МНЛЗ;</li> <li>– толщины поверхностной корки плотного металла в слитке кипящей стали;</li> <li>– глубины залегания поверхностных пузырей в слитке полуспокойной стали;</li> <li>– продолжительности затвердевания стальных слитков и непрерывнолитых заготовок различного сечения;</li> <li>– продолжительности разливки металла в изложницы и на МНЛЗ;</li> <li>– протяженности лунки жидкого металла внутри непрерывнолитых заготовок;</li> <li>– диаметра отверстия канала разливочного стакана в сталеразливочном или промежуточном ковше для условий разливки стали в изложницы и на МНЛЗ;</li> <li>– производительности МНЛЗ.</li> </ul>
Владеть	методами расчета процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью	<p><b>Пример задания контрольной работы</b></p> <p>1. Макроструктура слитков кипящей стали с механическим закупориванием и технологические отходы металла при прокатке. Роль поверхностной корки плотного металла в таких слитках, механизм ее формирования.</p> <p>2. Определить толщину слоя затвердевшего металла на выходе из кристаллизатора длиной 1100 мм при разливке стали марки 15ХСНД на криволинейной МНЛЗ со скоро-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства				
		<p>стью 0,9 м/мин.  3. Провести классификацию данной марки стали.</p> <p style="text-align: center;"><b>Пример задания контрольной работы</b></p> <p>1. Сталеразливочный стенд МНЛЗ: назначение, устройство, достоинства и недостатки.  2. Сталь марки 20пс разливается из 300-тонного сталеразливочного ковша на двухручье-вой МНЛЗ криволинейного типа. Поперечное сечение слябов 240×1100 мм. Каким должен быть диаметр канала стаканов в промежуточном ковше для того, чтобы можно было поддерживать скорость вытягивания слябов из кристаллизатора в пределах 0,4..1,1 м/мин?  3. Провести классификацию данной марки стали.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;"><b>Пример задания к курсовой работе</b></p> <p style="text-align: center;">Министерство образования и науки Российской Федерации  Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»  Кафедра технологии металлургии и литейных процессов</p> <p style="text-align: center;"><b>ЗАДАНИЕ</b></p> <p style="text-align: center;">на выполнение курсовой работы по дисциплине  «Разливка и кристаллизация стали»  на тему «Определение основных технологических параметров  непрерывной разливки стали»  студенту _____</p> <p style="text-align: center;">Выполнить расчет непрерывной разливки стали на двухручье-вой  МНЛЗ криволинейного типа для следующих условий:</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>- вместимость сталеразливочного ковша</td> <td style="text-align: right;">365 т;</td> </tr> <tr> <td>- металлургическая длина МНЛЗ</td> <td style="text-align: right;">35,8 м;</td> </tr> </table> </div>	- вместимость сталеразливочного ковша	365 т;	- металлургическая длина МНЛЗ	35,8 м;
- вместимость сталеразливочного ковша	365 т;					
- металлургическая длина МНЛЗ	35,8 м;					

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>- длина кристаллизатора <i>1200 мм;</i>  - радиус кривизны базовой стенки кристаллизатора <i>8,0 м;</i>  - марка стали <i>10пс;</i>  - размеры поперечного сечения заготовки <i>250×1830 мм;</i></p> <p><i>Характеристика зоны вторичного охлаждения приведена на оборотной стороне задания. Другие данные, необходимые для расчета, принять самостоятельно.</i></p> <p><i>Содержание работы</i></p> <p><i>1 Определение параметров жидкого металла ([S], [P], t).</i>  <i>2 Расчет продолжительности затвердевания заготовки.</i>  <i>3 Определение рабочей скорости и диапазона скоростей разливки.</i>  <i>4 Определение скорости разливки и диаметра каналов стаканов в сталеразливочном и промежуточном ковшах.</i>  <i>5 Определение параметров настройки кристаллизатора и зоны вторичного охлаждения (ЗВО).</i>  <i>6 Определение основных параметров системы охлаждения кристаллизатора.</i>  <i>7 Расчет режима вторичного охлаждения заготовки при вытягивании ее со скоростью 0,7 м/мин.</i>  <i>8 Расчет длительности разливки плавки при рабочей скорости вытягивания заготовки.</i>  <i>9 Расчет годовой производительности МНЛЗ.</i></p> <p><i>Список рекомендуемых источников</i></p> <p><i>1 Селиванов В.Н., Столяров А.М. Определение технологических параметров разливки стали на слябовой МНЛЗ / Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Разливка и кристаллизация стали» студентами специальности 150101 «Металлургия черных металлов». Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. 20 с.</i>  <i>2 Селиванов В.Н., Столяров А.М. Определение технологических параметров разливки стали на сортовой МНЛЗ / Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Разливка и кристаллизация стали» студентами специальности 150101 «Металлургия черных металлов». Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. 22 с.</i></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																					
		<p data-bbox="943 355 2154 424">3 Столяров А.М., Селиванов В.Н. <i>Непрерывная разливка стали. Машины непрерывного литья заготовок: Учебное пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2017. 193 с.</i></p> <p data-bbox="943 427 2154 496">4 Столяров А.М., Селиванов В.Н. <i>Технология непрерывной разливки стали: Учебное пособие. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. 78 с.</i></p> <p data-bbox="1160 499 2154 536">Руководитель работы: проф., д.т.н. <span style="float: right;">А.М. Столяров</span></p> <p data-bbox="943 539 994 576">ров</p> <p data-bbox="1285 612 1946 649" style="text-align: center;"><i>Характеристика зоны вторичного охлаждения</i></p> <table border="1" data-bbox="1088 683 2154 1021"> <thead> <tr> <th data-bbox="1088 683 1366 759"><i>Номер секции</i></th> <th data-bbox="1366 683 1722 759"><i>Длина, м</i></th> <th data-bbox="1722 683 2154 759"><i>Охлаждающий реагент</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1088 759 1366 836">1</td> <td data-bbox="1366 759 1722 836">0,15</td> <td data-bbox="1722 759 2154 836">Вода</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1088 836 1366 879">2</td> <td data-bbox="1366 836 1722 879">0,72</td> <td data-bbox="1722 836 2154 879">Вода</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1088 879 1366 922">3</td> <td data-bbox="1366 879 1722 922">1,29</td> <td data-bbox="1722 879 2154 922">Вода + воздух</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1088 922 1366 965">4</td> <td data-bbox="1366 922 1722 965">2,90</td> <td data-bbox="1722 922 2154 965">Вода + воздух</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1088 965 1366 1008">5</td> <td data-bbox="1366 965 1722 1008">2,56</td> <td data-bbox="1722 965 2154 1008">Вода + воздух</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1088 1008 1366 1021">6</td> <td data-bbox="1366 1008 1722 1021">3,90</td> <td data-bbox="1722 1008 2154 1021">Вода + воздух</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Номер секции</i>	<i>Длина, м</i>	<i>Охлаждающий реагент</i>	1	0,15	Вода	2	0,72	Вода	3	1,29	Вода + воздух	4	2,90	Вода + воздух	5	2,56	Вода + воздух	6	3,90	Вода + воздух
<i>Номер секции</i>	<i>Длина, м</i>	<i>Охлаждающий реагент</i>																					
1	0,15	Вода																					
2	0,72	Вода																					
3	1,29	Вода + воздух																					
4	2,90	Вода + воздух																					
5	2,56	Вода + воздух																					
6	3,90	Вода + воздух																					



**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Разливка и кристаллизация стали» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена и в форме выполнения защиты курсовой работы.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает два теоретических вопроса и одно практическое задание в виде задачи.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Разливка и кристаллизация стали». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.

**Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения ин-

формации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Основы металлургического производства : учебник / В. А. Бигеев, К. Н. Вдовин, В. М. Колокольцев [и др.] ; под общей редакцией В. М. Колокольцева. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 616 с. — ISBN 978-5-8114-4960-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129223>

### **б) Дополнительная литература:**

1. Булгакова, А.И. Основы получения отливок из сплавов на основе железа [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. И. Булгакова, Т. Р. Гильманшина, В. Н. Баранов, Т. Н. Степанова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. - 220 с. - ISBN 978-5-7638-2926-6. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/507978>

2. Столяров, А. М. Технологические расчеты по непрерывной разливке стали : учебное пособие / А. М. Столяров, В. Н. Селиванов ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2011 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1556.pdf&show=dcatalogues/1/1124795/1556.pdf&view=true> .

3. Колесников, Ю. А. Металлургические технологии в высокопроизводительном конвертерном цехе : учебное пособие / Ю. А. Колесников, Б. А. Буданов, А. М. Столяров ; под ред. В. А. Бигеева; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2015 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2674.pdf&show=dcatalogues/1/1131421/2674.pdf&view=true> .

### **в) Методические указания:**

1. Селиванов В.Н., Столяров А.М. Изучение истечения стали из ковша на модели: Методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Разливка и кристаллизация стали» для студентов специальности 22.03.02 специализации «Металлургия стали»: Магнитогорск, МГТУ, 2016. 8 с.

2. Столяров А.М., Селиванов В.Н. Изучение внутреннего строения стальной непрерывнолитой заготовки: Методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Разливка и кристаллизация стали» для студентов направления 22.03.02 «Металлургия» квалификации «бакалавр» – Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2016. 19с.

### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2017	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

	ПО	
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

#### Интернет-ресурсы

- Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp).
- Поисковая система Академия Google (Google Scholar) – URL: <https://scholar.google.ru/>.
- Информационная система – Единое окно доступа к информационным системам – URL: <http://window.edu.ru/>.
- Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – Режим доступа: <https://www1.fips.ru/>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель
Учебная аудитория для проведения практических занятий	Технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийные средства хранения, передачи и представления учебной информации. Специализированная мебель
Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий. Лаборатория моделирования сталеплавильных процессов	Специализированная мебель Физические модели изложниц, сталеразливочного ковша. Темплеты слитков стали с различной степенью раскисленности, отлитых в изложницу Темплеты слябовых и сортовых непрерывнолитых заготовок
Учебная аудитория для выполнения курсовых проектов (работ)	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель. Инструмент для профилактики лабораторных установок