



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***РАЗЛИВКА И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ СТАЛИ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Металлургия черных металлов

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

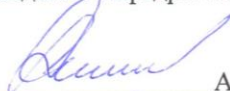
Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Металлургии и химических технологий
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 04.12.2015 г. № 1427)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Metallургии и химических технологий  
18.02.2020, протокол № 6

Зав. кафедрой  А.С. Харченко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
профессор кафедры МиХТ, д-р техн. наук  А.М. Столяров

Рецензент:  
Директор ООО "Шлаксервис", канд. техн. наук  А.Б. Великий

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от 31.08.2020 г. № 1  
Зав. кафедрой А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Металлургии и химических технологий

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.С. Харченко

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

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 (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Разливка и кристаллизация стали входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математика

Физика

Металлургическая теплотехника

Основы металлургического производства

Выплавка стали в конвертерах

Выплавка стали в электропечах

Электрометаллургия стали и сплавов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

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

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

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

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 70,4 акад. часов;
- аудиторная – 66 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,4 акад. часов
- самостоятельная работа – 37,9 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа
- в форме практической подготовки – 10 акад. часов

Форма аттестации - курсовая работа, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Затвердевание стали								
1.1 Затвердевание стальных слитков и непрерывнолитых заготовок	8	1		1	2	Изучение литературы и подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	ПК-4
1.2 Расчет затвердевания стальных слитков и непрерывнолитых заготовок		1		1	2	Ознакомление с методикой решения задач, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач. Контрольная работа	ПК-4
Итого по разделу		2		2	4			
2. Кристаллизация стали								
2.1 Современная теория кристаллизации	8	1	2	1/ИИ	2	Изучение литературы, подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	ПК-4
2.2 Кристаллическая структура литой стали		1	2	1/ИИ	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
Итого по разделу		2	4	2/ИИ	4			
3. Макроструктура металла								

3.1 Макроструктура слитков кипящей, полуспокойной и спокойной стали	8	1	1/II	1	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
3.2 Макроструктура непрерывнолитых заготовок		1	1/II	1	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
Итого по разделу		2	2/II	2	4			
4. Химическая неоднородность металла, включения и газы в стали								
4.1 Дендритная и зональная химическая неоднородность слитков и непрерывнолитых заготовок	8	1	1/II	1	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
4.2 Неметаллические включения и газы в слитках и непрерывнолитых заготовках		1	1/II	1	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
Итого по разделу		2	2/II	2	4			
5. Дефекты стальных слитков и непрерывнолитых заготовок								

5.1 Внутренние дефекты	8	0,5	0,5	1/ИИ	1	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
5.2 Поверхностные дефекты		1	1	1/ИИ	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
5.3 Дефекты формы		0,5	0,5		1	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
Итого по разделу		2	2	2/2И	4			
б. Разливочные ковши. Истечение металла из ковша								
б.1 Сталеразливочные ковши: конструкция, огнеупорная футеровка, ковшевые затворы, эксплуатация	8	0,5	1/ИИ	1	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
б.2 Промежуточные ковши: конструкция, огнеупорная футеровка, ковшевые затворы, эксплуатация		0,5			1	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4

6.3 Гидродинамика истечения металла из ковша. Скорость и продолжительность разливки стали		1	1/1И	1	1	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы, контрольная работа	ПК-4
Итого по разделу		2	2/2И	2	4			
7. Непрерывная разливка стали								
7.1 Устройство МНЛЗ	8	4	4	4/2И	3,9	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной и курсовой работам	Проверка результатов решения задач, контрольная работа. защита курсовой работы	ПК-4
7.2 Технология непрерывной разливки стали		2	2	2	4	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, оформление результатов лабораторных работ, подготовка к контрольной и курсовой работам	Проверка результатов решения задач, контрольная работа, защита курсовой работы	ПК-4
Итого по разделу		6	6	6/2И	7,9			
8. Разливка стали в изложницы								
8.1 Способы разливки стали в изложницы	8	1	2	1	2	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, контрольная работа	ПК-4
8.2 Конструкция изложниц. Технология разливки в изложницы кипящей, полуспокойной, спокойной стали		1	2/2И	1/1И		Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, подготовка к контрольной работе	Проверка результатов решения задач, контрольная работа	ПК-4
Итого по разделу		2	4/2И	2/1И	2			
9. Контроль качества литого металла								



9.1 Способы контроля качества слитков и непрерывнолитых заготовок	8	1		1	2	Изучение литературы, подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	ПК-4
9.2 Техничко-экономические показатели разливки стали		1		1/1И	2	Изучение литературы, подготовка к экзамену	Экзамен	ПК-4
Итого по разделу		2		2/1И	4			
Итого за семестр		22	22/8И	22/8И	37,9		экзамен,кр	
Итого по дисциплине		22	22/8И	22/8И	37,9		курсовая работа, экзамен	ПК-4

## **5 Образовательные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных 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. При проведении практических занятий необходимо целенаправленно переходить от репродуктивных методов обучения к частично-поисковым и исследовательским методам, развивая логическое мышление, умение аргументировать и отстаивать собственное понимание вопроса. С этой целью возможно использование как традиционной, так проблемной интерактивной образовательных технологий.

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

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

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

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.znanium.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> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

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> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**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 непрерывно-литой 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:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office Project Prof 2019(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021

MS Office Visio Prof 2019(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 10 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows Server(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Windows XP Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

- Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
- Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий «Моделирование сталеплавильных процессов» оснащена лабораторным оборудованием:
  - лабораторное оборудование: установка по моделированию истечения металла из ковша, стенд с темплетами из непрерывнолитых заготовок, стенд с темплетами из стальных слитков, стенд с образцами дефектов из слитка;
  - специализированной мебелью.
- Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
- Учебная аудитория для выполнения курсовых работ оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
- Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
- Помещение для самостоятельной работы оснащено:

- компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
- специализированной мебелью.

7. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:

- специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
- инструментами для ремонта учебного оборудования;
- шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

### **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).

#### **Примеры задач:**

1. Сталь марки 60С2А разливается из 180-тонного сталеразливочного ковша на четырехручьевого 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 четырехручьевого 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 двухручьевой 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 пятиручьевой 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 пятиручьевой МНЛЗ радиального типа. Провести классификацию данной марки стали.

В течение семестра обучающиеся пишут 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.

### Контрольная работа №3

#### ЗАДАНИЕ №1

1. Картина зональной химической неоднородности слитка кипящей стали с механическим закупориванием с пояснениями.

2. Определить толщину слоя затвердевшего металла в середине зоны вторичного охлаждения длиной 28 м при разливке стали марки 10пс на криволинейной МНЛЗ со скоростью 1,05 м/мин (кристаллизатор имеет длину 1000 мм).

3. Провести классификацию данной марки стали.



## ЗАДАНИЕ №2

1. Сталеразливочный ковш, устройство и характеристика.
2. Сталь марки 10ХСНД разливалась из 260-тонного сталеразливочного ковша на двухручьевой МНЛЗ криволинейного типа. Поперечное сечение слябов 220×1600 мм, а мерная длина 9м. Рабочая скорость вытягивания была 0,8 м/мин. Через 51 мин машина была аварийно остановлена. Сколько мерных слябов было отлито и какова их общая масса? Провести классификацию данной марки стали.

## ЗАДАНИЕ №3

1. Сталеразливочный стенд МНЛЗ: назначение, устройство, достоинства и недостатки.
2. Сталь марки 20пс разливается из 300-тонного сталеразливочного ковша на двухручьевой 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? Провести классификацию данной марки стали.

## Примерные вопросы для подготовки к устному опросу

1. Кристаллическая структура непрерывнолитых заготовок, отлитых на МНЛЗ вертикального типа.
2. Кристаллическая структура слитков спокойной стали при разливке стали в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками.
3. Макроструктура непрерывнолитого сляба при разливке стали на МНЛЗ вертикального типа, величина технологических отходов металла.
4. Факторы, влияющие на зарождение и рост кристаллов при затвердевании стали.
5. Макроструктура слитков спокойной стали при разливке в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками, величина технологических отходов при их прокатке.
6. Макроструктура сортовой заготовки при непрерывной разливке стали на МНЛЗ радиального типа, величина технологических отходов металла.
7. Макроструктура слитков спокойной стали при разливке в уширенные книзу изложницы с теплоизоляционными вставками, величина технологических отходов при прокатке.
8. Макроструктура слитков кипящей стали и технологические отходы металла при прокатке. Роль поверхностной корки плотного металла в таких слитках, механизм её формирования.
9. Макроструктура слитков полуспокойной стали и технологические отходы металла при их прокатке. Роль поверхностных пузырей в таких слитках и механизм их формирования.
10. Кристаллическая структура непрерывнолитых заготовок, отлитых на МНЛЗ криволинейного типа.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу дисциплины с проработкой материала и выполнения курсовой работы по определению технологических параметров непрерывной разливки стали на МНЛЗ конкретного типа (тема одного из вариантов заданий представлена в приложении 2).

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 разливки 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 верти-кального типа.</li> <li>2. Кристаллическая структура слитков спокойной стали при разливке стали в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками.</li> <li>3. Макроструктура непрерывнолитого сляба при разливке 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 разливке в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками, величина технологических отходов при их прокатке.</li> <li>6. Макроструктура сортовой заготовки при непрерывной разливке стали на МНЛЗ радиального типа, величина технологических отходов металла.</li> <li>7. Макроструктура слитков спокойной стали при разливке 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 разливке стали.</li> <li>13. Классификация МНЛЗ. Достоинства и недостатки МНЛЗ с изогнутой</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><i>технологической осью.</i></p> <p><i>14. Конструкции кристаллизаторов МНЛЗ.</i></p> <p><i>15. Температурно-скоростной режим непрерывной разливки стали.</i></p> <p><i>16. Промежуточный ковш МНЛЗ.</i></p> <p><i>17. Устройство зоны вторичного охлаждения МНЛЗ.</i></p> <p><i>18. Устройство сталеразливочных ковшей и ковшевых затворов.</i></p> <p><i>19. Технология непрерывной разливки стали методом “плавка на плавку”.</i></p> <p><i>20. Дефекты стальных слитков и непрерывнолитых заготовок.</i></p> <p><i>21. Режим вторичного охлаждения непрерывнолитых заготовок и слэбов.</i></p> <p><i>22. Устройство агрегатов резки заготовок на мерные длины.</i></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 на выполнение курсовой работы</b></p> <p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» Кафедра металлургии и химических технологий</p> <p><b>ЗАДАНИЕ</b> на выполнение курсовой работы по дисциплине «Разливка и кристаллизация стали»</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p style="text-align: center;">обучающемуся гр. _____</p> <p>Выполнить расчет непрерывной разливки стали на двухручьевого МНЛЗ криволинейного типа для следующих условий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вместимость сталеразливочного ковша 360 т;</li> <li>- металлургическая длина МНЛЗ 35,8 м;</li> <li>- длина кристаллизатора 950 мм;</li> <li>- радиус кривизны базовой стенки кристаллизатора 8,0 м;</li> <li>- марка стали 08;</li> <li>- размеры поперечного сечения заготовки 250×1730 мм.</li> </ul> <p>Характеристика зоны вторичного охлаждения приведена на оборотной стороне задания. Другие данные, необходимые для расчета, принять самостоятельно.</p> <p style="text-align: center;">Содержание работы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение параметров жидкого металла (<math>[S]</math>, <math>[P]</math>, <math>t</math>).</li> <li>2. Расчёт продолжительности затвердевания заготовки.</li> <li>3. Определение рабочей скорости и диапазона скоростей разливки.</li> <li>4. Определение скорости разливки и диаметра каналов стаканов в сталеразливочном и промежуточном ковшах.</li> <li>5. Определение параметров настройки кристаллизатора и зоны вторичного охлаждения (ЗВО).</li> <li>6. Определение основных параметров системы охлаждения кристаллизатора.</li> <li>7. Расчёт режима вторичного охлаждения заготовки при вытягивании её со скоростью 0,75 м/мин.</li> <li>8. Расчёт длительности разливки плавки при рабочей скорости вытягивания заготовки.</li> <li>9. Расчёт годовой производительности МНЛЗ.</li> </ol> <p style="text-align: center;">Руководитель работы: проф., д.т.н. <span style="float: right;">А.М. Столяров</span></p>

## **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, защиту 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.

### **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 ответов к проблемам;

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