



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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
«02» 10 2018 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 - академический бакалавриат

Форма обучения
заочная

Институт
Кафедра
Курс

Металлургии, машиностроения и материаловедения
Технологии металлургии и литейных процессов
5

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе требований ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия, утвержденного приказом 1427 от 04.12.2015 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологии металлургии и литейных процессов (ТМиЛП) с внесенными изменениями и дополнениями « 04 » « 09 » 2018 (протокол № 1)

Зав. кафедрой  / К.Н. Вловин /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материаловедения « 02 » « 10 » 2018 (протокол № 2)

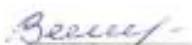
Председатель  / А.С. Савинов /

Рабочая программа составлена:

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

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 Б1.В.ДВ.10.01 «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».

Знания и умения обучающихся, полученные при изучении дисциплины «Разливка и кристаллизация стали» будут необходимы в 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
ПК-4 - готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы	
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>
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 4 зачетных единицы 144 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 16,9 акад. часа:
 - аудиторная – 14 акад. часов;
 - внеаудиторная – 2,9 акад. часа;
- самостоятельная работа – 118,4 акад. часа;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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	5	0,5		1	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач	Проверка результатов решения задач	ПК-4-зув
2. Кристаллическая структура литой стали и современная теория кристаллизации	5	0,5			10	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-4-зув
3. Макроструктура непрерывнолитых заготовок и слитков спокойной, полуспокойной и кипящей стали	5	0,5			10	Изучение литературы	Устный опрос	ПК-4-зув
4. Дендритная и зональная химическая неоднородность.	5	0,5			10	Изучение литературы	Устный опрос, выдача индивидуального задания	ПК-4-зув
5. Дефекты стальных слитков и непрерывнолитых заготовок, причины их образования и способы устранения	5	0,5			10	Изучение литературы	Проверка результатов решения задач	ПК-4-зув
6. Сталеразливочные и промежуточные	5		2	2/2И	10	Изучение литературы, озна-	Проверка результатов реше-	ПК-4-зув

Раздел/ тема дисциплины	Курс	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				
ковши: конструкция, огнеупорная футеровка, ковшевые затворы, эксплуатация.						комление с методикой решения задач, подготовка к лабораторной работе	ния задач, защита лабораторной работы №1	
7. Непрерывная разливка стали. Конструкции машин непрерывного литья заготовок.	5	0,5	2	2/2И	38,4	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач, подготовка к лабораторной работе	Проверка результатов решения задач, защита лабораторной работы №2	<i>ПК-4-зув</i>
8. Способы разливки стали в изложницы. Конструкции изложниц и комплектующего оборудования.	5	0,5		1	10	Изучение литературы, ознакомление с методикой решения задач	Проверка результатов решения задач	<i>ПК-4-зув</i>
9. Контроль качества слитков и непрерывнолитых слябов.	5	0,5			10	Изучение литературы	Собеседование, защита индивидуального задания	<i>ПК-4-зув</i>
Итого по дисциплине		4	4	6/4И	118,4		Экзамен	

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, контрольной работе, 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.

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.

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).

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

Пример индивидуального задания:

Вариант №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.

Примерные вопросы для собеседования (устный опрос):

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.

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
ПК-4 - готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы		
Знать	основные закономерности процессов массопереноса применительно к процессам разлива стали, описывать, рассчитывать и анализировать процессы переноса тепла и массы, выделять факторы, определяющие их интенсивность	<p style="text-align: center;">Теоретические вопросы к экзамену:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Кристаллическая структура непрерывнолитых заготовок, отлитых на МНЛЗ вертикального типа. 2. Кристаллическая структура слитков спокойной стали при разливе стали в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками. 3. Макроструктура непрерывнолитого сляба при разливе 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 разливе в уширенные кверху изложницы с прибыльными надставками, величина технологических отходов при их прокатке. 6. Макроструктура сортовой заготовки при непрерывной разливе стали на МНЛЗ радиального типа, величина технологических отходов металла. 7. Макроструктура слитков спокойной стали при разливе 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. 11. Гидродинамика истечения металла из сталеразливочного ковша. 12. Подготовка МНЛЗ к разливу стали. 13. Классификация МНЛЗ. Достоинства и недостатки МНЛЗ с изогнутой технологической осью. 14. Конструкции кристаллизаторов МНЛЗ.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		15. Температурно-скоростной режим непрерывной разливки стали. 16. Промежуточный ковш МНЛЗ. 17. Устройство зоны вторичного охлаждения МНЛЗ. 18. Устройство сталеразливочных ковшей и ковшевых затворов. 19. Технология непрерывной разливки стали методом “плавка на плавку”. 20. Дефекты стальных слитков и непрерывнолитых заготовок. 21. Режим вторичного охлаждения непрерывнолитых заготовок и слябов. 22. Устройство агрегатов резки заготовок на мерные длины.
Уметь	распознавать эффективное решение от не-эффективного, при решении задач сложного теплообмена	<p style="text-align: center;">На практических занятиях решаются задачи по определению:</p> <ul style="list-style-type: none"> – толщины слоя затвердевшего металла в непрерывнолитой заготовке для различных мест технологического канала МНЛЗ; – толщины поверхностной корки плотного металла в слитке кипящей стали; – глубины залегания поверхностных пузырей в слитке полуспокойной стали; – продолжительности затвердевания стальных слитков и непрерывнолитых заготовок различного сечения; – продолжительности разливки металла в изложницы и на МНЛЗ; – протяженности лунки жидкого металла внутри непрерывнолитых заготовок; – диаметра отверстия канала разливочного стакана в сталеразливочном или промежуточном ковше для условий разливки стали в изложницы и на МНЛЗ; – производительности МНЛЗ.
Владеть	методами расчета процессов конвективного тепло- и массопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью	<p style="text-align: center;">Примеры заданий к практическим занятиям</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 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 и провести классификацию данной марки стали. 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? Провести классификацию данной марки стали.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. Сталь марки 18ГС разливалась из 250-тонного сталеразливочного ковша на двухручье-евой МНЛЗ криволинейного типа. Поперечное сечение слябов 200×1100 мм, а мерная длина 8м. Рабочая скорость вытягивания была 0,9 м/мин. Через 55 мин машина была аварийно остановлена. Сколько мерных слябов было отлито и какова их общая масса? Провести классификацию данной марки стали.</p> <p>4. 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. Провести классификацию данной марки стали.</p> <p>5. 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. Провести классификацию данной марки стали.</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, проводится в форме экзамена.

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.

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.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>.

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 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:

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

Интернет-ресурсы

– Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: 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

<p>Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий. Лаборатория моделирования сталеплавильных процессов</p>	<p>Специализированная мебель Физические модели изложниц, сталеразливочного ковша. Темплеты слитков стали с различной степенью раскисленности, отлитых в изложницу Темплеты слябовых и сортовых непрерывнолитых заготовок</p>
<p>Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы</p>	<p>Компьютерная техника с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Специализированная мебель</p>
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>	<p>Специализированная мебель. Инструмент для профилактики лабораторных установок</p>
<p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>	<p>Специализированная мебель. Инструмент для профилактики лабораторных установок</p>