

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70b1843057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет
Кафедра

горно-металлургической промышленности и строительства
металлургических технологий



УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по
учебной работе

Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Разливка стали и кристаллизация слитка
(наименование дисциплины)

22.03.02 Metallurgy
(код, наименование направления)

«Metallurgy of black metals»
(профиль)

Квалификация бакалавр
(бакалавр / специалист / магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная / заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины. Формирование у студентов профессиональных навыков по разливке стали и кристаллизации слитка.

Задачи изучения дисциплины:

– получение знаний о современном оборудовании и технологиях разливки стали и их влиянии на качество производимой металлопродукции.

Дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций (ПК-2, ПК-3) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в обязательную часть БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», подготовки бакалавров по направлению подготовки 22.03.02 Metallurgy, профиль «Metallurgy of black metals».

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Входные знания студента базируются на изученных дисциплинах: «Основы производства чугуна и стали», «Теплотехника», «Металлургическая теплотехника», «Конструкция сталеплавильных агрегатов», «Автоматизация металлургических процессов», «Электрометаллургия и производство ферросплавов».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Проектирование сталеплавильных цехов», «Научно-исследовательская работа», «Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы».

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 6 зачетных единиц, 216 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ак.ч.), лабораторные (9 ак.ч.) и практические (27 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (144 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

В 8 семестре 4 курса по дисциплине предусмотрен курсовой проект. Трудоемкость составляет 1 зачетная единица, 36 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены практические (18 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (18 ак.ч.). Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 6 зачетных единиц, 216 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак.ч.), лабораторные (4 ак.ч.) и практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (204 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 4 курсе во 2 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

По дисциплине предусмотрен курсовой проект. Трудоемкость составляет 1 зачетная единица, 36 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студента (32 ак.ч.). Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Разливка стали и кристаллизация слитка» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции по ОПОП ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Универсальные компетенции		
Профессиональные компетенции		
Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, на основе знаний основного и вспомогательного оборудования для производства черных металлов.	ПК-2	ПК-2.1 Знает последовательность технологических операций производства черных металлов; технологические процессы подготовки шихты, выплавки, внепечной обработки и разливки черных металлов; типовые конструкции основного и вспомогательного технологического оборудования, технологической оснастки; методы оценки количества оборудования, технологической оснастки; назначение и принципы применения средств измерений используемых в производстве черных металлов. ПК-2.2 Умеет решать задачи в области производства черных металлов; анализировать и разрабатывать предложения по доработке технологического оборудования, оснастки и инструмента. ПК-2.3 Владеет навыками анализа технологичности производственных процессов действующего аглодоменного и сталеплавильного производства; оформлять производственно-техническую документацию в соответствии с действующими требованиями стандартов.
Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, на основе знаний теории и практики производства черных металлов.	ПК-3	ПК-3.1 Знает технологические процессы выплавки, внепечной обработки и разливки черных металлов; технологические характеристики выпускаемой продукции; передовые достижения отечественных и зарубежных фирм в области производства черных металлов; план мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий; требования охраны труда, промышленной, экологической и пожарной безопасности при производстве черных металлов. ПК-3.2 Умеет организовывать устранение неполадок в работе технологических агрегатов; пользоваться методикой расчетов шихты; контролировать выполнение технологических инструкций производству черных металлов; пользоваться информационными интегрированными системами для заказов оборудования, запчастей и для контроля технологических процессов; анализировать отчетно-учетную документацию о ходе технологических процессов и результаты качества металлопродукции; анализировать и принимать решения по снижению брака и несоответствующей продукции; эффективно осуществ-

		лять производственную деятельность в нештатных ситуациях; применять эффективные методы мобилизации работников на выполнение производственных заданий; разрабатывать рекомендации по совершенствованию технологических процессов; производить анализ производственно-хозяйственной деятельности; выявлять резервы повышения эффективности производства. ПК-3.3 Владеет навыками планирования работы по выполнению производственных заданий; контроля технологического процесса; принятия решений для обеспечения требуемых технологических параметров процесса; контроля ведения работниками учетной документации; принятия решений о переназначении продукции в случае отклонения от технологического процесса; контроля действий работников по текущему уходу и профилактическим осмотрам оборудования; анализа хода и результатов производства; синхронизации графика производства в объеме сменного задания; выполнения графика выплавки
--	--	---

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 7 зачётных единиц, 252 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к лабораторным и практическим занятиям, текущему контролю, выполнение курсового проекта и подготовку к его защите, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам	
		7	8
Аудиторная работа, в том числе:	90	72	18
Лекции (Л)	36	36	–
Практические занятия (ПЗ)	27	27	–
Лабораторные работы (ЛР)	9	9	–
Курсовая работа/курсовой проект	18	–	18
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	162	144	18
Подготовка к лекциям	9	9	–
Подготовка к лабораторным работам	8	8	–
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	26	26	–
Выполнение курсовой работы/проекта	18	–	18
Расчетно-графическая работа (РГР)	–	–	–
Реферат (индивидуальное задание)	–	–	–
Домашнее задание	36	36	–
Подготовка к контрольной работе	–	–	–
Подготовка к коллоквиумам	6	6	–
Аналитический информационный поиск	5	5	–
Работа в библиотеке	18	18	–
Подготовка к экзамену	36	36	–
Промежуточная аттестация – экзамен (Э), дифференцированный зачет (Д/З)	Э/ Д/З	Э	Д/З
Общая трудоемкость дисциплины			
ак.ч.	252	216	36
з.е.	7	6	1

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 5 тем:

- тема 1. (Кристаллизация и структура стальных слитков и заготовок);
- тема 2. (Разливка стали в слитки);
- тема 3. (Непрерывная разливка стали);
- тема 4. (Основные дефекты слитков и заготовок);
- тема 5. (Особенности технологического процесса непрерывной разливки стали).

Для выполнения курсового проекта проводятся следующие практические работы:

- Определение температурных параметров НРС;
- Расчет и выбор скорости непрерывной разливки;
- Определение температуры поверхности и толщины корки НЛЗ на выходе из кристаллизатора и в ЗВО;
- Расчет расхода воды на заданную секцию ЗВО для равномерного охлаждения заготовки;
- Расчет и выбор формы технологической оси МНЛЗ;
- Расчет состава и производительности МНЛЗ.

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
Первый семестр							
1	Кристаллизация и структура стальных слитков и заготовок	Место разливки в технологической цепочке получения стали. Закономерности процесса кристаллизации. Образование зародышей кристаллов. Усадка и усадочные поры. Химическая неоднородность слитка. Дендритная и зональная ликвация. Формирование структурных зон слитка, и управление процессом структурообразования. Структурная неоднородность непрерывнолитых заготовок и слитков.	8	Проектирование слитка	4	–	–
2	Разливка стали в слитки	Способы слиточной разливки стали. Оборудование для разливки стали в слитки.	4	Проектирование изложницы, утеплителя и компоновка состава	4	Анализ строения слитка КП, СП и ПС стали	4
3	Непрерывная разливка стали	Сущность непрерывной разливки. Современное состояние непрерывной разливки в мире. Преимущества и недостатки непрерывного литья. Особенности непрерывной разливки стали. Оборудование МНЛЗ. Технология непрерывного литья. Технологические особенности разливки различных марок сталей.	12	Расчеты конструктивных и технологических параметров МНЛЗ	12	Моделирование потоков металла в промежуточном ковше	5
4	Основные дефекты слитков и заготовок	Дефекты профиля. Дефекты поверхности. Дефекты внутренней структуры.	6	Визуальное изучение различных дефектов	5	–	–
5	Особенности технологического процесса непре-	Подготовка МНЛЗ к разливке стали. Процесс разливки стали на МНЛЗ. Основные аварийные ситуации и возмож-	6	Расчеты эффективности различных способов разливки	2	–	–

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	рывной разливки стали	ные неполадки при непрерывной разливке стали. Основные вопросы охраны труда и техники безопасности при разливке стали на МНЛЗ. Охрана окружающей среды при непрерывной разливке стали					
	Всего аудиторных часов		36		27		9
Второй семестр							
	Курсовой проект			Определение тем- пературных пара- метров НРС	2		
				Расчет и выбор ско- рости непрерывной разливки	2		
				Определение тем- пературы поверхно- сти и толщины кор- ки НЛЗ на выходе из кристаллизатора и в ЗВО	6		
				Расчет расхода во- ды на заданную секцию ЗВО для равномерного охлаждения заго- товки	4		
				Расчет и выбор формы технологи- ческой оси МНЛЗ;	2		
				Расчет состава и производительности МНЛЗ	2		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
	Всего аудиторных часов				18		

Таблица 4– Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
2	Разливка стали в слитки	Оборудование для разливки стали в слитки.	2	Проектирование слитка	2	Анализ строения слитка КП, СП и ПС стали	4
3	Непрерывная раз- ливка стали	Оборудование МНЛЗ. Технология непре- рывного литья.	2	Расчеты констру- ктивных и техноло- гических парамет- ров МНЛЗ	2	–	–
	Всего аудиторных часов		4		4		4
	Курсовой проект			Определение тем- пературно-скорост- ных параметров НПС	2		
				Расчет расхода во- ды в ЗВО, техноло- гической оси, со- става и производи- тельности МНЛЗ	2		
	Всего аудиторных часов				4		

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-2, ПК-3	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена
	Дифференцированный зачет	Устный опрос

Всего по работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в т.ч.:

- практические занятия – всего 26 баллов;
- лабораторные работы – всего 26 баллов;
- коллоквиумы (два) – всего 48 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60 % от максимального.

Экзамен по дисциплине «проводится в форме устного опроса по вопросам, представленным ниже (п.п. 6.5). Билет включает 4 вопроса из приводимого ниже перечня. Билеты на экзамен составляется таким образом, чтобы каждый вопрос относился к различному модулю. Ответ на каждый вопрос оценивается из 25 баллов. Студент на экзамене может набрать до 100 баллов.

Общее количество баллов, которое может набрать студент по курсовому проекту составляет 100 баллов, в том числе:

- правильно выполненные расчеты, графическая часть и оформленная в соответствии с заданием пояснительная записка – до 50 баллов;
- защита курсового проекта в виде устного или письменного опроса, в том числе выполненных тестовых заданий с использованием дистанционных технологий – до 50 баллов.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

Студент выполняет 6 расчетно-графических заданий по расчету параметров непрерывного литья с изображением отдельных элементов. Варианты заданий выбираются из учебного пособия (п. 7.1).

6.3 Темы для рефератов (презентаций) – индивидуальное задание

Не предусмотрено.

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1. Кристаллизация и структура стальных слитков и заготовок.

1. Охарактеризуйте место разлива в технологической цепочке получения стали.
2. Охарактеризуйте закономерности процесса кристаллизации.
3. Охарактеризуйте процесс образования зародышей кристаллов.
4. Охарактеризуйте процесс усадки слитков и заготовок.
5. Что такое коэффициент усадки и какова его величина для промышленных марок стали?
6. Что такое усадочные поры?
7. Что такое химическая неоднородность слитка?
8. Что такое дендритная ликвация?
9. Что такое зональная ликвация?
10. Охарактеризуйте формирование структурных зон слитка.
11. Охарактеризуйте сущность управления процессом структурообразования.
12. Что такое структурная неоднородность слитков?
13. Что такое структурная неоднородность непрерывнолитых заготовок?
14. Охарактеризуйте основные структурные зоны непрерывнолитого слитка и их характерные особенности.
15. Что такое ликвация примесей и ее влияние на качество стали?
16. Охарактеризуйте особенности строения дендрита. Что такое ветви первого, второго и третьего порядка?
17. От каких основных факторов зависит характер развития зоны равноосных дендритов?

Тема 2. Разливка стали в слитки.

1. Охарактеризуйте особенности, преимущества и недостатки разли-
ливки стали сверху.
2. Охарактеризуйте особенности, преимущества и недостатки разли-
ливки стали сифоном.
3. Дайте классификацию изложниц для разливки различных видов
стали и требования к ним.
4. Охарактеризуйте оборудование для разливки стали сверху.
5. Охарактеризуйте оборудование для разливки стали сифоном.
6. Охарактеризуйте технологические параметры разливки сверху.
7. Охарактеризуйте технологические параметры разливки сифоном.
8. Охарактеризуйте назначение и особенности конструкции при-
быльных надставок.
9. Охарактеризуйте утепляющие смеси для разливки стали в слитки.
10. Охарактеризуйте формирование разливочных составов.
11. Охарактеризуйте особенности получения крупных слитков.

Тема 3. Непрерывная разливка стали.

1. Охарактеризуйте сущность непрерывной разлики.
2. Охарактеризуйте современное состояние непрерывной разлики в
мире.
3. Охарактеризуйте преимущества и недостатки непрерывного ли-
тья.
4. Охарактеризуйте классификацию МНЛЗ по форме технологиче-
ской оси.
5. Охарактеризуйте классификацию МНЛЗ по типу разливаемых за-
готовок.
6. Охарактеризуйте основные технологические параметры непре-
рывной разлики различных заготовок.
7. Охарактеризуйте назначение и конструктивные особенности
промежуточных ковшей.
8. Охарактеризуйте футеровку промежуточных ковшей.
9. Охарактеризуйте теплоизолирующие смеси для промежуточных
ковшей.
10. Охарактеризуйте способы дозирования стали из промежуточного
ковша.
11. Охарактеризуйте огнеупорные материалы для непрерывной раз-
ливки.
12. Охарактеризуйте способы обработки стали в промежуточном
ковше.
13. Охарактеризуйте назначение и конструктивные особенности кри-
сталлизаторов МНЛЗ.
14. Дайте характеристику гильзовым кристаллизаторам.
15. Дайте характеристику сборным кристаллизаторам.
16. Охарактеризуйте способы подвода металла в кристаллизатор.

17. Охарактеризуйте типы устройств для контроля уровня металла в кристаллизаторе.
18. Охарактеризуйте шлакообразующие смеси для непрерывной разливки и требования к ним.
19. Охарактеризуйте процесс формирования твердой корочки непрерывнолитой заготовки.
20. Охарактеризуйте теплообмен в кристаллизаторе.
21. Охарактеризуйте качание кристаллизатора.
22. Охарактеризуйте сырье для получения шлакообразующих смесей.
23. Охарактеризуйте способы повышения стойкости кристаллизатора.
24. Дайте характеристику зоне вторичного охлаждения МНЛЗ.
25. Охарактеризуйте конструктивные решения для поддержки и направления движения заготовок.
26. Охарактеризуйте параметры системы охлаждения заготовок.
27. Охарактеризуйте струйное охлаждение.
28. Охарактеризуйте водовоздушное охлаждение.
29. Охарактеризуйте назначение и особенности конструкции тянувшей клетки.
30. Охарактеризуйте особенности газовой резки непрерывнолитых заготовок.
31. Охарактеризуйте гидравлические ножницы.
32. Охарактеризуйте назначение и разновидности конструкции затравок.
33. Опишите, каким образом вдувается инертный газ в жидкую ванну кристаллизатора МНЛЗ.
34. В чем заключается механизм воздействия электромагнитных полей на кристаллизующийся слиток? От чего зависит характер потоков, создаваемых ЭМП?
35. В каких зонах непрерывнолитой заготовки наиболее часто применяется ЭМП и с какой целью?
36. Каким образом ЭМП влияет на условия формирования дендритов в зоне столбчатых кристаллов?
37. Каким образом ЭМП влияет на развитие дефектов ликвационного и усадочного характера?
38. Для каких сталей использование ЭМП является наиболее эффективным?
39. Раскройте сущность метода «мягкого» механического обжата непрерывнолитых заготовок.
40. Какие задачи решаются обжатием слитков с жидкой фазой?
41. В чем заключаются основные недостатки метода «мягкого» обжата заготовки с помощью специальных роликов в зоне ее выравнивания?
42. Охарактеризуйте особенности динамического воздействия метода

«мягкого» обжата на внутренние объемы затвердевающих блюмов большого сечения.

43. Назовите совокупность условий, которые необходимо соблюдать для успешной обработки заготовки методом «мягкого» обжата.

44. Охарактеризуйте особенности технологии непрерывной разливки стали.

45. Охарактеризуйте технологические особенности разливки различных марок сталей.

Тема 4. Основные дефекты слитков и заготовок.

1. Перечислите дефекты формы.
2. Какие дефекты относятся к поверхностным.
3. Назовите внутренние дефекты стальных слитков и заготовок.
4. Охарактеризуйте влияние скорости разливки на дефектообразование.
5. Охарактеризуйте влияние температуры разливки на дефектообразование.
6. Охарактеризуйте влияние интенсивности вторичного охлаждения на дефектообразование.
7. Назовите наиболее значимые дефекты, связанные с внутренними напряжениями и основные причины их развития.
8. Назовите главные параметры, влияющие на образование внутренних трещин.
9. Какими основными факторами определяется термонапряженное состояние корочки затвердевающей заготовки и основные виды дефектов, вызываемые ими?
10. Опишите влияние механических деформаций на трещинообразование.
11. Охарактеризуйте пластичность стали вблизи температуры солидус.
12. Что такое «ромбичность» заготовки? В каких случаях она возникает?
13. Каковы основные причины образования и меры предупреждения продольных трещин?
14. Каковы основные причины образования и меры предупреждения поперечных трещин?
15. Каковы причины образования и меры предупреждения поясов, заворотов корки и заливин?
16. Назовите основные виды дефектов внутренней структуры, которые характерны для непрерывнолитого слитка.
17. Назовите наиболее характерные зоны непрерывнолитой заготовки для наложения внешнего воздействия.
18. Какими физическими процессами и воздействиями сопровождается нахождение металла в кристаллизаторе?
19. Назовите основные источники возникновения центров кристал-

лизации в затвердевающем расплаве.

20. Рассмотрите особенности влияния принудительного перемешивания на затвердевание металла.

Тема 5. Особенности технологического процесса непрерывной разливки стали.

1. Назовите основные условия нормального протекания процесса непрерывной разливки стали.

2. Охарактеризуйте особенности подготовки промковша к разливке стали на МНЛЗ.

3. Опишите процесс ввода затравки в кристаллизаторы различного типа.

4. Раскройте сущность подготовки гильзовых и сборных кристаллизаторов к процессу непрерывного литья.

5. Опишите особенности подготовки ЗВО к разливке и основные параметры охлаждения непрерывнолитого металла в кристаллизаторе.

6. Назовите требования к температурному режиму металла, разливаемого на МНЛЗ.

7. Охарактеризуйте особенности начала процесса непрерывной разливки.

8. Охарактеризуйте величину уровня металла в промковше и кристаллизаторе в различные периоды процесса непрерывного литья.

9. Опишите особенности разливки металла методом «плавка на плавку» и перековшовки без замены и с заменой промежуточного ковша.

10. Охарактеризуйте особенности окончания процесса непрерывной разливки.

11. Назовите основные аварийные ситуации, связанные с сталеразливочным ковшом, меры по их предотвращению и ликвидации.

12. Назовите основные аварийные ситуации, связанные с промковшом, меры по их предотвращению и ликвидации.

13. Назовите основные аварийные ситуации, связанные с кристаллизатором, меры по их предотвращению и ликвидации.

14. Назовите основные аварийные ситуации, связанные с ЗВО, меры по их предотвращению и ликвидации.

15. Охарактеризуйте основные причины затягивания дозирующих устройств и назовите меры по предотвращению и ликвидации этой аварийной ситуации.

16. Назовите основные требования к безопасной эксплуатации МНЛЗ.

17. Опишите основные источники пылевыведения при эксплуатации МНЛЗ.

18. Охарактеризуйте требования безопасности к устройству и обслуживанию сталеразливочных и промежуточных ковшей.

19. Охарактеризуйте общие требования правил техники безопасности при непрерывной разливке стали.

20. Раскройте сущность специальных требований правил техники безопасности при разливке на МНЛЗ.

21. Охарактеризуйте основные проблемные вопросы экологии металлургических предприятий.

22. Сравните вредные факторы и влияние на экологию при непрерывной разливке и разливке в изложницы.

23. Сущность и основные характеристики систем замкнутого водоборотного цикла, используемого на МНЛЗ.

24. Охарактеризуйте экологические и санитарные проблемы, имеющие место при подготовке и использовании смесей при непрерывной разливке.

25. Оцените влияние совершенствования технологии непрерывной разливки стали и повышения производительности МНЛЗ на энерго- и ресурсосбережение, а также экологическую обстановку.

6.5 Вопросы для подготовки к коллоквиумам и экзамену

1) Охарактеризуйте место разливки в технологической цепочке получения стали.

2) Охарактеризуйте закономерности процесса кристаллизации.

3) Охарактеризуйте процесс образования зародышей кристаллов.

4) Охарактеризуйте процесс усадки слитков и заготовок.

5) Что такое коэффициент усадки и какова его величина для промышленных марок стали?

6) Что такое усадочные поры?

7) Что такое химическая неоднородность слитка?

8) Что такое дендритная ликвация?

9) Что такое зональная ликвация?

10) Охарактеризуйте формирование структурных зон слитка.

11) Охарактеризуйте сущность управления процессом структурообразования.

12) Что такое структурная неоднородность слитков?

13) Что такое структурная неоднородность непрерывнолитых заготовок?

14) Охарактеризуйте основные структурные зоны непрерывнолитого слитка и их характерные особенности.

15) Что такое ликвация примесей и ее влияние на качество стали?

16) Охарактеризуйте особенности строения дендрита. Что такое ветви первого, второго и третьего порядка?

17) От каких основных факторов зависит характер развития зоны равноосных дендритов?

18) Охарактеризуйте особенности, преимущества и недостатки разливки стали сверху.

19) Охарактеризуйте особенности, преимущества и недостатки раз-

ливки стали сифоном.

20) Дайте классификацию изложниц для разливки различных видов стали и требования к ним.

21) Охарактеризуйте оборудование для разливки стали сверху.

22) Охарактеризуйте оборудование для разливки стали сифоном.

23) Охарактеризуйте технологические параметры разливки сверху.

24) Охарактеризуйте технологические параметры разливки сифоном.

25) Охарактеризуйте назначение и особенности конструкции прибыльных надставок.

26) Охарактеризуйте утепляющие смеси для разливки стали в слитки.

27) Охарактеризуйте формирование разливочных составов.

28) Охарактеризуйте особенности получения крупных слитков.

29) Охарактеризуйте сущность непрерывной разливки.

30) Охарактеризуйте современное состояние непрерывной разливки в мире.

31) Охарактеризуйте преимущества и недостатки непрерывного литья.

32) Охарактеризуйте классификацию МНЛЗ по форме технологической оси.

33) Охарактеризуйте классификацию МНЛЗ по типу разливаемых заготовок.

34) Охарактеризуйте основные технологические параметры непрерывной разливки различных заготовок.

35) Охарактеризуйте назначение и конструктивные особенности промежуточных ковшей.

36) Охарактеризуйте футеровку промежуточных ковшей.

37) Охарактеризуйте теплоизолирующие смеси для промежуточных ковшей.

38) Охарактеризуйте способы дозирования стали из промежуточного ковша.

39) Охарактеризуйте огнеупорные материалы для непрерывной разливки.

40) Охарактеризуйте способы обработки стали в промежуточном ковше.

41) Охарактеризуйте назначение и конструктивные особенности кристаллизаторов МНЛЗ.

42) Дайте характеристику гильзовым кристаллизаторам.

43) Дайте характеристику сборным кристаллизаторам.

44) Охарактеризуйте способы подвода металла в кристаллизатор.

45) Охарактеризуйте типы устройств для контроля уровня металла в кристаллизаторе.

46) Охарактеризуйте шлакообразующие смеси для непрерывной разливки и требования к ним.

- 47) Охарактеризуйте процесс формирования твердой корочки непрерывнолитой заготовки.
- 48) Охарактеризуйте теплообмен в кристаллизаторе.
- 49) Охарактеризуйте качание кристаллизатора.
- 50) Охарактеризуйте сырье для получения шлакообразующих смесей.
- 51) Охарактеризуйте способы повышения стойкости кристаллизатора.
- 52) Дайте характеристику зоне вторичного охлаждения МНЛЗ.
- 53) Охарактеризуйте конструктивные решения для поддержки и направления движения заготовок.
- 54) Охарактеризуйте параметры системы охлаждения заготовок.
- 55) Охарактеризуйте струйное охлаждение.
- 56) Охарактеризуйте водовоздушное охлаждение.
- 57) Охарактеризуйте назначение и особенности конструкции тянувшей клетки.
- 58) Охарактеризуйте особенности газовой резки непрерывнолитых заготовок.
- 59) Охарактеризуйте гидравлические ножницы.
- 60) Охарактеризуйте назначение и разновидности конструкции затравок.
- 61) Опишите, каким образом вдувается инертный газ в жидкую ванну кристаллизатора МНЛЗ.
- 62) В чем заключается механизм воздействия электромагнитных полей на кристаллизующийся слиток? От чего зависит характер потоков, создаваемых ЭМП?
- 63) В каких зонах непрерывнолитой заготовки наиболее часто применяется ЭМП и с какой целью?
- 64) Каким образом ЭМП влияет на условия формирования дендритов в зоне столбчатых кристаллов?
- 65) Каким образом ЭМП влияет на развитие дефектов ликвационного и усадочного характера?
- 66) Для каких сталей использование ЭМП является наиболее эффективным?
- 67) Раскройте сущность метода «мягкого» механического обжата непрерывнолитых заготовок.
- 68) Какие задачи решаются обжатием слитков с жидкой фазой?
- 69) В чем заключаются основные недостатки метода «мягкого» обжата заготовки с помощью специальных роликов в зоне ее выравнивания?
- 70) Охарактеризуйте особенности динамического воздействия метода «мягкого» обжата на внутренние объемы затвердевающих блюмов большого сечения.
- 71) Назовите совокупность условий, которые необходимо соблюдать для успешной обработки заготовки методом «мягкого» обжата.

- 72) Охарактеризуйте особенности технологии непрерывной разливки стали.
- 73) Охарактеризуйте технологические особенности разливки различных марок сталей.
- 74) Перечислите дефекты формы.
- 75) Какие дефекты относятся к поверхностным.
- 76) Назовите внутренние дефекты стальных слитков и заготовок.
- 77) Охарактеризуйте влияние скорости разливки на дефектообразование.
- 78) Охарактеризуйте влияние температуры разливки на дефектообразование.
- 79) Охарактеризуйте влияние интенсивности вторичного охлаждения на дефектообразование.
- 80) Назовите наиболее значимые дефекты, связанные с внутренними напряжениями и основные причины их развития.
- 81) Назовите главные параметры, влияющие на образование внутренних трещин.
- 82) Какими основными факторами определяется термонапряженное состояние корочки затвердевающей заготовки и основные виды дефектов, вызываемые ими?
- 83) Опишите влияние механических деформаций на трещинообразование.
- 84) Охарактеризуйте пластичность стали вблизи температуры солидус.
- 85) Что такое «ромбичность» заготовки? В каких случаях она возникает?
- 86) Каковы основные причины образования и меры предупреждения продольных трещин?
- 87) Каковы основные причины образования и меры предупреждения поперечных трещин?
- 88) Каковы причины образования и меры предупреждения поясов, заворотов корки и заливин?
- 89) Назовите основные виды дефектов внутренней структуры, которые характерны для непрерывнолитого слитка.
- 90) Назовите наиболее характерные зоны непрерывнолитой заготовки для наложения внешнего воздействия.
- 91) Какими физическими процессами и воздействиями сопровождается нахождение металла в кристаллизаторе?
- 92) Назовите основные источники возникновения центров кристаллизации в затвердевающем расплаве.
- 93) Рассмотрите особенности влияния принудительного перемешивания на затвердевание металла.
- 94) Назовите основные условия нормального протекания процесса непрерывной разливки стали.

- 95) Охарактеризуйте особенности подготовки промковша к разливке стали на МНЛЗ.
- 96) Опишите процесс ввода затравки в кристаллизаторы различного типа.
- 97) Раскройте сущность подготовки гильзовых и сборных кристаллизаторов к процессу непрерывного литья.
- 98) Опишите особенности подготовки ЗВО к разливке и основные параметры охлаждения непрерывнолитого металла в кристаллизаторе.
- 99) Назовите требования к температурному режиму металла, разливаемого на МНЛЗ.
- 100) Охарактеризуйте особенности начала процесса непрерывной разливки.
- 101) Охарактеризуйте величину уровня металла в промковше и кристаллизаторе в различные периоды процесса непрерывного литья.
- 102) Опишите особенности разливки металла методом «плавка на плавку» и перековшовки без замены и с заменой промежуточного ковша.
- 103) Охарактеризуйте особенности окончания процесса непрерывной разливки.
- 104) Назовите основные аварийные ситуации, связанные с сталеразливочным ковшом, меры по их предотвращению и ликвидации.
- 105) Назовите основные аварийные ситуации, связанные с промковшом, меры по их предотвращению и ликвидации.
- 106) Назовите основные аварийные ситуации, связанные с кристаллизатором, меры по их предотвращению и ликвидации.
- 107) Назовите основные аварийные ситуации, связанные с ЗВО, меры по их предотвращению и ликвидации.
- 108) Охарактеризуйте основные причины затягивания дозирующих устройств и назовите меры по предотвращению и ликвидации этой аварийной ситуации.
- 109) Назовите основные требования к безопасной эксплуатации МНЛЗ.
- 110) Опишите основные источники пылевыведения при эксплуатации МНЛЗ.
- 111) Охарактеризуйте требования безопасности к устройству и обслуживанию сталеразливочных и промежуточных ковшей.
- 112) Охарактеризуйте общие требования правил техники безопасности при непрерывной разливке стали.
- 113) Раскройте сущность специальных требований правил техники безопасности при разливке на МНЛЗ.
- 114) Охарактеризуйте основные проблемные вопросы экологии металлургических предприятий.
- 115) Сравните вредные факторы и влияние на экологию при непрерывной разливке и разливке в изложницы.

116) Сущность и основные характеристики систем замкнутого водоборотного цикла, используемого на МНЛЗ.

117) Охарактеризуйте экологические и санитарные проблемы, имеющие место при подготовке и использовании смесей при непрерывной разливке.

118) Оцените влияние совершенствования технологии непрерывной разливки стали и повышения производительности МНЛЗ на энерго- и ресурсосбережение, а также экологическую обстановку.

6.6 Примерная тематика курсовых работ

Курсовой проект на тему «Расчет конструктивных и технологических параметров МНЛЗ». Варианты заданий представлены в учебном пособии (п. 7.1).

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендованная литература

Основная литература

1. Протасов А.В. Рафинирование стали в процессе разливки: монография / А.В. Протасов, Б.А. Сивак, Л.А. Смирнов. – Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 328 с.

https://moodle.dstu.education/pluginfile.php/235321/mod_resource/content/1/%D0%A0%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%80_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8_%D0%B2_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BA%D0%B8_%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2.pdf

Дополнительная литература

1. Смирнов, А. Н. Непрерывная разливка стали. Учебник [текст] / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, Е. В. Штепан // Донецк: ДонНТУ. – 2011. – 482 с. Электронный ресурс. Режим доступа:

<https://library.dstu.education/download.php?rec=133286> Дата обращения: 20.07.2024

2. Ботников, С. А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла [текст] / С. А. Ботников // Волгоград, 2011. – 97 с. Электронный ресурс. Режим доступа:

http://dias-ltd.ru/upload/rd/botnikov_sovremenniy_atlas_defectov.pdf Дата обращения: 20.07.2024

3. Шаповалов А.Н. Разливка и кристаллизация стали: Лабораторный практикум. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2014. – 68с. Электронный ресурс. Режим доступа:

http://nf.misis.ru/download/mt/Razlivka_i_kristallizaciya_stali.pdf Дата обращения: 20.07.2024

4. Расчеты технологических и конструктивных параметров МНЛЗ: учеб. пособие / С.В. Куберский, С.В. Семирягин, О.В. Федотов. – Алчевск: ДонГТУ, 2006. – 148 с. Электронный ресурс. Режим доступа:

<https://library.dstu.education/download.php?rec=4878> Дата обращения: 20.07.2024

5. Методические указания к выполнению задания «Проектирование технологии и оборудования разливки стали в слитки» по дисциплине «Теория разливки и кристаллизации стали» (для студентов металлургических специальностей 6.090.401) /Сост.: Д.Б. Васильев, В.С. Эссельбах - Алчевск: ДонГТУ, 2006. - 18 с. Электронный ресурс. Режим доступа:

https://moodle.dstu.education/pluginfile.php/12385/mod_resource/content/1/prakti

[cheskie_raboty_RSiKS.pdf](#) Дата обращения: 20.07.2024

6. Внепечная обработка и непрерывная разливка стали: решение практических задач: учебное пособие / П.А. Гамов, С.В. Зырянов, С.П. Салихов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 50 с.

https://moodle.dstu.education/pluginfile.php/235322/mod_resource/content/1/%D0%92%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D0%B5%D1%87_%D0%9D%D0%A0%D0%A1_%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf

7. Валуев, Д.В. Непрерывная разливка стали и сплавов: учебное пособие/ Н.А. Козырев, Р.А. Гизатулин, Д.В. Валуев; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 406с. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/6238614/posobie-nepreryvnaya-razlivka-stali-i-splavov-avtor-d-v-> Дата обращения: 20.07.2024

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.— Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.— Текст: электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.— Текст: электронный.

4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.— URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Текст: электронный.

5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система.—Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. —Текст: электронный.

6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн"<http://e.lanbook.com/>

7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. – <https://e.lanbook.com/>

8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. – <https://www.iprbookshop.ru/>

9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. – <https://rusneb.ru/>

10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. – <https://diss.rsl.ru/>

11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. – <https://cyberleninka.ru/>

12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. – <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>

13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» – <https://biblio.asu.edu.ru>

14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>

15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех» <https://library.spbstu.ru>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

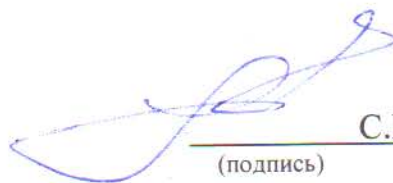
Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Проектор ЭПСОН, экран, звуковые колонки, компьютер Intel Pentium. Численность посадочных мест - 40 человек;	Аудитория 313 лабораторный корпус
Установка УМ-12 для спекания агломерата. Трансформатор. Копер лабораторный. Барабан для испытания агломерата. Электропечь индукционная ИСТ-0,06 для выплавки металла. Гранулятор тарельчатый. Дробилка щековая. Тиристорный преобразователь ТПЧТ. Печь электрическая шахтная. Физические модели для исследования металлургических процессов, свойств шихты, жидких расплавов и металлопродукции. Численность посадочных мест - 30 человек	Аудитория 117 лабораторный корпус, учебно-исследовательская лаборатория металлургии чугуна и стали

Лист согласования РПД

Разработал
Профессор кафедры
металлургических технологий
(должность)



С.В. Куберский
(подпись) (Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой МТ



Н.Г. Митичкина
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
металлургических технологий

от 30.08.2024г.

Декан факультета ГМПИС



О.В. Князьков
(подпись) (Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
22.04.02 Metallurgy



Н.Г. Митичкина
(подпись) (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра



О.А. Коваленко
(подпись) (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	