

Методические указания



Форма
Ф СО ПГУ 7.18.2/05

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова
Кафедра металлургии

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по изучению дисциплины

«Перспективные технологии разливки металлов и сплавов»

Павлодар



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____ Н.Э.Пфейфер
(подпись)
«___» _____ 20__ г

Составитель: к.т.н., доцент _____ Быков П.О.
(подпись)

Кафедра металлургии

Методические рекомендации

по изучению дисциплины

по дисциплине «Перспективные технологии разлива металлов и сплавов»

для студентов специальности 6М070900 «Металлургия»

Рекомендовано на заседании кафедры
«___» _____ 20__ г., протокол №___

Заведующий кафедрой _____ М.М. Суюндиков «___» _____ 20__ г.
(подпись)

Одобрена учебно-методическим советом факультета металлургии,
машиностроения и транспорта
«___» _____ 20__ г. Протокол №___

Председатель УМС _____ Ж.Е. Ахметов
(подпись)

ОДОБРЕНО:

Начальник ОПиМО _____ А.А. Варакута «___» _____ 20__ г.
(подпись)

Одобрена учебно-методическим советом университета
«___» _____ 20__ г. Протокол №___

Содержание

Введение	4
1 Программа дисциплины	5
2 Контрольные задания	7
3 Контрольные вопросы	9
Литература	11

Введение

Обучение магистрантов в университете осуществляется по кредитной системе обучения, что подразумевает большой объем самостоятельной работы по изучению дисциплины.

Работа магистранта по изучению дисциплины включает в себя такие виды работ как:

- подготовку к лекционным, практическим и лабораторным занятиям;
- посещение лекционных, лабораторных, практических занятий и СРМП;

Особенностью кредитной системы обучения является то, что на занятия (лекционные, практические и лабораторные) магистрант должен прийти подготовленным и изучивший материал по теме предстоящего занятия.

Для этого магистранту преподаватель выдает следующие материалы: силлабус, Методические рекомендации и указания для подготовки к лекциям, практическим, лабораторным занятиям, СРМП и СРМ с вопросами по которым будет проверяться уровень знаний на каждом занятии.

Тем самым магистрант, руководствуясь этими материалами, должен заранее изучать необходимый материал, для успешного и эффективного проведения занятий.

Методические рекомендации по подготовке к лекциям могут быть заменены Графиком чтения основной литературы по дисциплине, где будет указан необходимый объем материала, который должен быть прочтен перед каждым лекционным занятием.

Таким образом, видно, что Лекционные занятия будут проходить в режиме диалога преподавателя и студента по наиболее трудным и интересным вопросам каждой темы, что в итоге повысит эффективность обучения и объем изучаемого материала.

С графиком проведения занятий студент может ознакомиться в ПДМ.

1 Программа дисциплины

Тема 1. Введение. Понятие о кристаллизации и затвердевании. Основные способы разливки

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Значение проблем кристаллизации и разливки для получения высококачественного металла. Факторы, влияющие на технико-экономические показатели производства и качество электростали и электроферросплавов. Краткая характеристика основных методов разливки. Основные физико-химические, теплотехнические и гидродинамические проблемы, изучаемые в дисциплине. Понятие о кристаллизации и затвердевании.

Рекомендуемая литература: [3, с. 497, с. 554]

Тема 2. Теоретические основы кристаллизации и затвердевания. Строение слитков и заготовок из различных сплавов

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Структура и свойства жидкой стали и сплавов. Характеристика твердого, жидкого и газообразного состояния вещества. Сходство жидкого и твердого состояний. Ближний и дальний порядок. Основные теории жидкого состояния. Дырочная теория. Теория «роев» или «сиботаксисов». Гипотеза строения жидкости с учетом временного фактора. Температура и теплота кристаллизации. Понятие о переохлаждении металла. Термодинамические условия образования зародышей кристаллизации. Математическое описание процесса кристаллизации. Критический радиус зародыша. Гомогенная и гетерогенная кристаллизация. Особенности образования зародышей при гомогенной и гетерогенной кристаллизации. Влияние переохлаждения металла и поверхностного натяжения на величину критического радиуса зародыша. Роль подложки при гетерогенной кристаллизации. Модифицирование металла модификаторами I и II рода. Рост и форма кристаллов. Термодинамика процессов роста и формообразования металла. Основные уравнения.

Дендритная кристаллизация. Причины, обуславливающие появление дендритов и прекращение их роста. Рекристаллизация дендритов при последующем охлаждении. Грануляция и полигонизация структуры металла. Особенности формирования кристаллической структуры легированного металла. Основные уравнения, описывающие кристаллизационные процессы.

Теплофизические процессы при кристаллизации и затвердевании. Теплопередача от слитка к изложнице или кристаллизатору, изменение температуры поверхности слитка и внутренней части изложницы. Изменение величины зазора между слитком и изложницей. Формирование структуры слитка спокойной, полуспокойной и кипящей стали. Двухфазная зона. Фронт и скорость кристаллизации. Зоны структурной неоднородности. Теория и математическое описание процессов формирования основных структурных зон слитка. Особенности структурообразования слитков легированных сталей и ферросплавов. Транскристаллизация. Факторы, влияющие на развитие

структурной неоднородности. Методы управления процессами структурообразования.

Ликвация элементов. Сегрегация. Связь между степенью развития ликвационных процессов и диаграммами состояния железо-ликвирующий элемент. Математическое описание ликвационных процессов. Химическая неоднородность слитка. Зоны положительной и отрицательной сегрегации. Внецентренная и осевая ликвация. Конус охлаждения. Влияние на сегрегацию скорости и температуры разливки, массы и формы слитка, химического состава металла. Методы борьбы с ликвацией.

Рекомендуемая литература: [3, с. 558]

Тема 3. Классификация и природа дефектов стальных слитков

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Основные дефекты слитка. Видоизменение их при обработке металла давлением. Взаимосвязь и основные отличия дефектов сталеплавильного и прокатного производства. Усадка. Усадочные явления. Линейная и объемная усадка. Формы проявления усадочных дефектов. Механизм образования усадочной раковины и математическое описание процесса усадки. Предусадочное расширение. Баланс тепла головной части слитка. Основные направления снижения глубины усадочной раковины в литках легированной и углеродистой стали.

Трещины, образующиеся при кристаллизации и охлаждении. Механизм образования поперечных и продольных трещин. Условия возникновения трещин в слитках. Внутренние межкристаллитные трещины. Меры борьбы с трещинами. Особенности образования трещин в легированных сталях.

Ликвационные дефекты. Общая и краевая ликвация. Ликвационные квадрат. Ликвация в сталях, легированных и не легированных алюминием. Меры борьбы с ликвационными дефектами.

Плены, завороты корки, газовые пузырьки, специфичные дефекты слитков легированных сталей.

Рекомендуемая литература: [3, с. 585]

Тема 4. Технологические основы непрерывной разливки стали

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Классификация установок, их характеристика. Конструкция МНЛЗ. Основные узлы МНЛЗ. Физико-химические, теплофизические и гидродинамические процессы при непрерывной разливке. Основные технологические параметры непрерывной разливки. Защита металла от вторичного окисления. Виды смазок и защитных покрытий. Рекомендации для отдельных групп марок стали. Расчет элементов конструкции МНЛЗ и ее производительности. Расчет металлургической длины МНЛЗ и скорости разливки. Скоростная разливка на МНЛЗ.

Выбор типа МНЛЗ для отдельных видов заготовок и марок стали. Радиальные МНЛЗ. Наиболее перспективные направления развития непрерывной разливки.

Подготовка к разливке. Разливка стали одиночными плавками и методом «плавка на плавку». Особенности формирования структуры заготовки МНЛЗ.

Специфичные дефекты металла, меры борьбы с ними. Аварийные ситуации при непрерывной разливке, ликвидация их, предотвращение.

Рекомендуемая литература: [4, с. 260]

Тема 5. Технологические основы разливки стали в изложницы

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Методы разливки стали. Разливка сверху. Сифонная разливка. Достоинства и недостатки. Разливка спокойной стали под шлаками и другими защитными покрытиями. Суспензионная разливка. Разливка под регулируемым давлением. Электрошлаковая разливка.

Оборудование для разливки. Бесстопорная разливка, причины появления, достоинства и недостатки.

Изложницы и надставки. Расчет слитка и изложницы рациональной формы. Материал изложницы. Основные геометрические соотношения изложниц, форма поперечного сечения. Безнадставочные изложницы. Методы утепления головной части слитка.

Гидродинамические процессы и распределение потоков при наполнении изложниц. Математическое описание гидродинамики. Выбор рациональных значений скорости разливки и температуры металла. Регулирование скорости и температуры разливки. Влияние внепечной обработки.

Особенности разливки специальных марок сталей. Прогрессивные методы совершенствования технологии разливки электростали (экзосмеси, тепловставки, разливка под слоем жидкоподвижного шлака). Утепляющие засыпки. Скоростная разливка, определение рациональных значений длительности выдержки металла в изложницах. Горячий «всад». Подготовка слитков к прокатке и ковке. Контроль качества слитков и заготовок. Методы зачистки поверхности слитков. Характерные неисправности и аварийные ситуации при разливке стали в изложницы, меры их устранения и предотвращения. Охрана труда и окружающей среды. Новейшие разработки в области разливки стали в изложницы. Экономика и организация.

Рекомендуемая литература: [3, с. 497]

Тема 6. Современное состояние технологии разливки металлов и повышение качества слитков и заготовок

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Совершенствование технологии непрерывной разливки. Характеристика крупнейших установок МНЛЗ. Разливка с продольной резкой заготовки. Отливка фигурных и полых заготовок. Электромагнитное перемешивание металла (ЭМП) при непрерывной разливке. Влияние технологических факторов конструктивных параметров установки на выход годного и качество заготовки. Совмещение непрерывной разливки с прокаткой. Мягкое обжатие не затвердевших заготовок. Ускоренное охлаждение. Контроль качества заготовок, подготовка их к прокатке. Охрана труда и окружающей среды. Новейшие разработки непрерывной разливки. Технологические особенности разливки отдельных групп марок легированных и углеродистых сталей.

Разливка стали под шлаками и защитными покрытиями. Суспензионная разливка стали. Электрошлаковая разливка стали. Электрошлаковый переплав. Вакуумный дуговой переплав. Разливка стали под регулируемым давлением.

Другие внешние воздействия на кристаллизацию и затвердевание слитков.

Рекомендуемая литература: [3, 598]

Тема 7. Совмещенные процессы литья и прокатки заготовок

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Совмещение непрерывной разливки с прокаткой. Преимущества совмещенных процессов. Эффективность литейно-прокатных агрегатов (ЛПА). Температурный режим литья и прокатки в ЛПА. Обжатие непрерывнолитых заготовок с жидкой сердцевинной.

Различные типы литейно-прокатных агрегатов.

Рекомендуемая литература: [1, 283]

Тема 8. Технологические основы разливки ферросплавов

Краткая характеристика содержания изучаемой темы: Физико-химические и теплотехнические свойства жидких и твердых ферросплавов. Ликвационные процессы при кристаллизации ферросплавов. Методы разливки ферросплавов. Отливка в изложницы различных типов. Послойная разливка. Машинная разливка ферросплавов. Грануляция. Разливка ферросплавов и шлака на блок.

Технология разливки. Выбор температуры и скорости разливки. Борьба с ликвацией при разливке. Машины для разливки ферросплавов большой группы.

Влияние скорости разливки, температуры металла и толщины слитка на образование мелочи при машинной разливке. Способы утилизации мелочи. Суспензионная разливка. Структура слитка. Методы повышения стойкости изложниц и мульд. Аварийные ситуации, меры их предотвращения.

Разделение металла и шлака при выпуске из печи и разливке ферросплавов. Утилизация корольков металла. Получение плотных слитков. Вакуумирование и раскисление.

Технологические особенности разливки групп ферросплавов. Дробление, сортировка, контроль качества и упаковка ферросплавов.

Охрана труда и окружающей среды при разливке ферросплавов. Новейшие разработки разливки ферросплавов.

Рекомендуемая литература: [3, с. 497, с. 554]

2 Контрольные задания

Перечень и содержание практических занятий

Тема 1: Введение. Понятие о кристаллизации и затвердевании. Основные способы разливки

Занятие №1

Течение металлических расплавов в литейной форме

Приложение уравнения Бернулли к задачам разлики металлов

Занятие №2

Кристаллизация сплавов

Равновесная и неравновесная кристаллизация.

Занятие №3

Аналитический расчет теплообмена между отливкой и песчаной формой

Продолжительность выдержки отливки в форме.

Занятие №4

Расчет затвердевания отливок с использованием критериев подобия

Тема 2: Теоретические основы кристаллизации и затвердевания. Строение слитков и заготовок из различных сплавов

Занятие №5

Численный метод расчета теплообмена между плоской отливкой и песчаной формой

Определение времени затвердевания отливки. Расчет температурного поля отливки.

Тема 4: Технологические основы непрерывной разлики стали

Занятие №6

Определение допустимой глубины жидкой фазы в заготовке и максимально допустимой скорости разлики при непрерывной разлике металла

Решение задач формирования непрерывнолитого слитка.

Занятие №7

Моделирование непрерывной разлики (гидродинамика, затвердевание, компьютерное моделирование) (расчет масштабного коэффициента и т.п.)

Расчет масштаба модели кристаллизатора для гидравлического моделирования.

Тема 6: Современное состояние технологии разлики металлов и повышение качества слитков и заготовок

Занятие №8

Тепловой расчет машин непрерывного литья заготовок радиального типа.

Расчет параметров МНЛЗ и времени затвердевания непрерывнолитого слитка.

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение студентами

1 Классификация способов разлики. Основные достоинства и недостатки.

Рекомендуемая литература: [3, с. 497, с. 554]

2 Теоретическая модель процесса кристаллизации радиального непрерывнолитого слитка.

Рекомендуемая литература: [3, с. 558]

3 Макроструктура и дефекты слитков и непрерывнолитых заготовок (изучение натуральных образцов, фотографий, атласов дефектов).

Рекомендуемая литература: [3, с. 585]

4 Типы МНЛЗ и их устройство.

Рекомендуемая литература: [1, с. 128]

5 Технология непрерывной разливки заготовок на примере ПФ ТОО «KSP steel». Расчет технологических параметров непрерывной разливки.

Рекомендуемая литература: [4, с. 260]

6 Технология разливки стали в изложницы.

Рекомендуемая литература: [3, с. 497]

7 Основные способы совершенствования разливки и их характеристика

Рекомендуемая литература: [3, 598]

8 Типы литейно-прокатных станов и особенности получения проката.

Рекомендуемая литература: [1, 283]

Содержание расчетно-графической работы «Разливка стали на радиальных МНЛЗ»

В результате изучения дисциплины студенту необходимо выполнить семестровую работу на тему «Разливка стали на радиальных МНЛЗ».

Работа должна содержать следующее примерное содержание:

- Введение. Достоинства непрерывной разливки;

1 Устройство радиальной МНЛЗ. Основные механизмы и узлы, их назначение;

2 Технология непрерывной разливки;

3 Дефекты непрерывнолитых заготовок и их предотвращение;

4 Тепловой расчет радиальной МНЛЗ;

5 Пути повышения эффективности непрерывной разливки;

- Список использованных источников

В разделах 1, 2, 3 по использованным источникам кратко описываются необходимые сведения по устройству МНЛЗ, технологии непрерывной разливки, дефектам непрерывнолитых заготовок и мерам их предупреждения.

В разделе 4, по рекомендациям, приведенным в [28] и исходным данным, приведенным в таблице 1, производится тепловой расчет МНЛЗ.

Таблица 1 – Исходные данные для теплового расчета МНЛЗ

№ варианта	Скорость разливки, м/мин	Сечение отливаемого слитка, мм×мм	№ варианта	Скорость разливки, м/мин	Сечение отливаемого слитка, мм
1	2,6	125×125	13	1,0	Круг, 210 мм
2	2,5	125×125	14	0,9	Круг, 210 мм
3	2,4	125×125	15	1,1	Круг, 210 мм
4	2,3	125×125	16	1,2	Круг, 210 мм
5	2,2	125×125	17	0,8	Круг, 210 мм
6	2,1	125×125	18	0,7	Круг, 210 мм
7	1,4	150×150	19	0,5	Круг, 300 мм
8	1,5	150×150	20	0,4	Круг, 300 мм
9	1,6	150×150	21	0,3	Круг, 300 мм
10	1,7	150×150	22	0,6	Круг, 300 мм
11	1,8	150×150	23	0,7	Круг, 300 мм

12	1,9	150×150	24	0,2	Круг, 300 мм
----	-----	---------	----	-----	--------------

В разделе 5 необходимо привести анализ современных достижений в области повышения эффективности непрерывной разливки (модернизации оборудования, улучшения технологии, повышения качества непрерывнолитой заготовки и т.п.).

Для этого необходимо использовать современные научно-технические источники, научные журналы по металлургии, InterNet и т.д.

3 Контрольные вопросы

1. Схема электросталеплавильного производства. Значение разливки и кристаллизации для получения качественной металлопродукции.
2. Способы разливки стали.
3. Достоинства и недостатки разливки стали в изложницы «сверху» и «снизу» (сифонная разливка).
4. Непрерывная разливка стали. Преимущества непрерывной разливки по сравнению с разливкой в изложницы.
5. Типы машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Их достоинства и недостатки.
6. Совмещенные процессы литья и прокатки и их перспективы развития.
7. Получение высококачественных слитков. Переплавные процессы.
8. Понятие о кристаллизации.
9. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов. Рост кристаллов и интервал кристаллизации.
10. Затвердевание и скорость затвердевания слитка. Особенности затвердевания непрерывнолитых заготовок
11. Строение слитков спокойной, кипящей, полуспокойной стали
12. Химическая неоднородность слитков
13. Строение непрерывнолитых заготовок
14. Основные дефекты слитков.
15. Трещины. Виды трещин. Причины их появления и меры борьбы с ними.
16. Плены, заворот корки, осевая пористость и рыхлость, другие дефекты.
17. Дефекты непрерывной разливки. Осевая рыхлость и осевая ликвация, несимметричность структуры непрерывнолитого слитка.
18. Искажение формы слитка и трещины в непрерывнолитых заготовках.
19. Типы машин непрерывного литья заготовок.
20. Общая схема машины непрерывного литья.
21. Оборудование разливочной площадки слябовых МНЛЗ.
22. Кристаллизаторы слябовых МНЛЗ
23. Оборудование участка вторичного охлаждения сляба
24. Затравка и устройства для выполнения операций с ней

25. Устройства для разрезки слябов
26. Приводы механизмов и устройств машин непрерывного литья заготовок. Электрооборудование и автоматизация машин непрерывного литья слябов.
27. Машины непрерывного литья стальных сортовых заготовок. Различия слябовых и сортовых МНЛЗ.
28. Классификация сортовых МНЛЗ.
29. Оборудование разливочной площадки сортовых МНЛЗ.
30. Кристаллизаторы и механизмы качания кристаллизаторов сортовых МНЛЗ.
31. Оборудование зоны вторичного охлаждения сортовых МНЛЗ.
32. Тянуще-правильные машины сортовых МНЛЗ.
33. Затравки и устройства для выполнения с ними операций.
34. Устройства для разрезки заготовок.
35. Гидравлические приводы механизмов и устройств машин непрерывного литья заготовок. Электропривод и автоматизация машин непрерывного литья заготовок.
36. Технология непрерывной разливки.
37. Ковши для разливки стали. Изложницы для разливки, прибыльные надставки, поддоны.
38. Температура и скорость разливки стали в изложницы.
39. Технология разливки спокойной стали в изложницы.
40. Специальные методы теплоизоляции и обогрева верха слитка отлитого в изложницы.
41. Технология разливки кипящей стали в изложницы.
42. Совершенствование технологии непрерывного литья.
43. Основные способы внепечной обработки стали на машинах непрерывной разливки.
44. Электромагнитное перемешивание металла в жидкой лунке непрерывнолитого слитка.
45. Воздействие ультразвуком и электроразрядами при непрерывной разливке.
46. Основные переплавные процессы.
47. Листовые литейно-прокатные агрегаты.
48. Сортовые литейно-прокатные агрегаты.
49. Литейно-прокатные агрегаты для цветных металлов и сплавов.
50. Основные способы разливки ферросплавов

Литература

Основная

1. Машиностроение. Энциклопедия в 40 томах. Том IV-5 Машины и агрегаты металлургического производства. – М.: Машиностроение, 2004 – 912 с.
2. Разливка и кристаллизация: методические указания к практическим занятиям / сост. П.О. Быков, Штиль И.Э. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2007. – 57 с.
3. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия: учебник для вузов. – 6-е изд., перераб и доп. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 768 с.
4. Авдеев В.А. и др. Основы проектирования металлургических заводов: Справочное издание / В.А. Авдеев, В.М. Друян, Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 464 с.

Дополнительная

5. Фомин Б.А. Металлургия вторичного алюминия: Учебное пособие для вузов. – М.: Экомет, 2004. – 240 с.
6. Разливка и кристаллизация: методические указания к лабораторным занятиям / Сост. П.О. Быков. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2008. – 26 с.