

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов»

УТВЕРЖДЕНА:

на заседании кафедры металлургии цветных металлов

Протокол №9 от 14 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ»

Направление: 22.04.02 Металлургия

Совершенствование и оптимизация технологических процессов производства цветных
металлов

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Кузьмина Марина
Юрьевна
Дата подписания: 27.05.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 29.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

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

1.1 Дисциплина «Инновационные технологии в литейном производстве» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-4 Способен разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов и оборудования в области получения металлов и сплавов	ПК-4.4
ПК-8 Способен применять принципы рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов в металлургии	ПК-8.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-4.4	Демонстрирует способность разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов в области производства сплавов	Знать существующие и перспективные энерго- и ресурсосберегающие технологии литейного производства; – виды отходов металлургической промышленности, пригодных для использования в процессах получения новых сплавов (красный шлам, пыль систем газоочистки кремниевого производства и т.д.); Уметь применять принципы рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов при производстве сплавов; Владеть навыками оценки технических и организационных решений в литейном производстве сплавов с позиции повышения их энергетической и экономической эффективности.
ПК-8.5	Применяет принципы рационального природопользования для энерго- и ресурсосбережения технологических процессов при производстве сплавов	Знать основы кристаллизации металлов и сплавов, их литейные свойства; виды литья, существующие и перспективные методы получения литых изделий; существующие и новые системы легирования; влияние современных методов обработки расплава и металлической продукции на

		комплекс физико-механических свойств готовой продукции; Уметь управлять технологическими процессами литья и прокатки; разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов в области производства сплавов; Владеть навыками определения эффективных методов получения готовой продукции, корректировки технологических режимов литья, прокатки и термообработки металлопродукции с целью повышения заданного уровня её качества; знаниями в области исследования свойств готовой продукции на основе анализа химического состава, а также макро- и микроструктуры.
--	--	--

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Инновационные технологии в литейном производстве» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Управление инновациями», «Современные проблемы металлургии», «Экономика и управление проектами», «Анализ технологического цикла получения цветных металлов»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производственная практика: преддипломная практика»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	30	30
лекции	20	20
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	10	10
Контактная работа, в том числе	0	0
в форме работы в электронной информационной образовательной среде	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	78	78
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0

Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет
--	-------	-------

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Теория кристаллизации	1	3							Устный опрос
2	Ресурсосберегаю щие технологии в литейном производстве	2	3			1	2			Устный опрос
3	Новые технологии повышения качества сплавов по неметаллическим включениям и примесям	3	4			2	2	1	18	Доклад
4	Инновационные производственны е технологии повышения качества готовой металлической продукции	4	4			3	3	1, 3	38	Доклад
5	Существующие и перспективные литейные сплавы. Литейные свойства сплавов	5	4			4	3			Устный опрос
6	Аддитивные технологии и композиционные материалы	6	2					2	22	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		20				10		78	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Теория кристаллизации	Жидкое состояние. Строение и свойства металлических расплавов. Зарождение и рост кристаллов. Формирование структуры и дендритного строения сплавов. Неравновесная

		кристаллизация и ликвационные свойства сплавов. Взаимосвязь характера затвердевания и макроструктуры отливки с видом диаграммы состояния сплавов. Модифицирование сплавов.
2	Ресурсосберегающие технологии в литейном производстве	Существующие и перспективные энерго- и ресурсосберегающие технологии литейного производства. Виды отходов металлургической промышленности, пригодных для использования в процессах получения новых сплавов (пыль систем газоочистки кремниевого производства, красный шлам и т.д.). Инновационные технологии получения алюминиевых сплавов с использованием отходов алюминиевого и глинозёмного производства. Перспективные технологии повышение смачиваемости микро- и наночастиц модификаторов.
3	Новые технологии повышения качества сплавов по неметаллическим включениям и примесям	Неметаллические включения. Газы. Рафинирование расплава от неметаллических включений и газов. Механизм работы флюсов. Классификация флюсов. Реакции, протекающие в ходе обработки расплава флюсами. Способы и оборудование для обработки расплава флюсами. Инновационные способы рафинирования технического алюминия методом фракционной кристаллизации
4	Инновационные производственные технологии повышения качества готовой металлической продукции	Улучшение качества продукции из алюминия и его сплавов (чушки, катанка, слитки, рондели), а также совершенствование технологических процессов их получения. Новые способы предотвращения усадочных трещин на литниковой поверхности алюминиевых чушек. Новые технологии прокатки алюминиевых сплавов.
5	Существующие и перспективные литейные сплавы. Литейные свойства сплавов	Общая характеристика литейных свойств. Связь литейных свойств с диаграммами состояния. Жидкотекучесть сплавов. Усадочные свойства сплавов. Усадочные дефекты (раковины, поры, рыхлоты). Причины “бурления” чушек при переплавке. Образование напряжений и трещин. Трещиноустойчивость сплавов. Способы предотвращения усадочных дефектов. Типы литейных сплавов. Типы диаграмм состояния двойных систем. Диаграмма состояния Al–Si. Влияние дополнительных легирующих элементов на диаграмму состояния Al–Si и свойства сплавов.
6	Аддитивные технологии и композиционные материалы	Виды и технологии 3-D печати. Металлические порошки, применяемые для 3-D печати. Области применения порошковых материалов. Методы получения металлических порошков, технология получения заготовок из конструкционных и специальных сплавов распылением (атомизацией) металла. Основы технологий получения

		алюмоматричных композиционных материалов, модифицированных углеродными наноструктурами, а также керамическими микро- и наночастицами.
--	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Отходы металлургического производства и перспективные способы их применения в литейном производстве алюминия	2
2	Перспективы разработки литейных комплексов по производству цилиндрических слитков большого диаметра	2
3	Определение литейных свойств сплавов и их склонности к образованию усадочных дефектов на примере изучения диаграммы состояния Al-Si	3
4	Технологические аспекты производства и применения флюсов	3

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение письменных творческих работ (писем, докладов, сообщений, ЭССЕ)	36
2	Подготовка к зачёту	22
3	Подготовка к практическим занятиям	20

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия, мозговой штурм

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Инновационные технологии в литейном производстве: метод. указания к практическим занятиям / сост. М.П. Кузьмин. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2019.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Подготовка к практическим занятиям; подготовка к устному опросу по итогам прошедшего практического занятия; написание доклада.

Подготовка к практическим занятиям

Цель – формирование в ходе занятий компетенций.

Задание на СРС – изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического занятия.

Рекомендации к выполнению задания – при подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС – обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Критерии оценки качества выполнения работы – активная работа обучающегося на практическом занятии.

Доклад (как результат подготовки к практическим занятиям 3,4)

Цель – приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности, продемонстрировать способность к использованию творческого потенциала, повысить общекультурный уровень.

Задание на СРС – в начале семестра обучающийся выбирает одну из предложенных тем для подготовки доклада.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов – после самостоятельного изучения литературы на очередном занятии обучающийся должен выступить перед одногруппниками с докладом по заранее заданной теме.

Рекомендации к выполнению задания – обучающийся при выполнении данного вида СРС может пользоваться как рекомендуемой литературой и информационными ресурсами, так и подбирать, и использовать новые информационные источники по тематике доклада.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС – в начале семестра выдается задание на написание доклада.

Контроль за выполнением СРС – выступление с докладом.

Примерные тематики докладов:

- 1) Литейные свойства цветных и чёрных металлов.
- 2) Жидкотекучесть сплавов.
- 3) Усадочные свойства сплавов.
- 4) Усадочные раковины.
- 5) Усадочная пористость.
- 6) Образование напряжений и трещин, трещиностойчивость сплавов.
- 7) Типы диаграмм состояния двойных систем.
- 8) Влияние дополнительных легирующих элементов на диаграмму состояния и свойства сплавов.
- 9) Новые алюминиевые сплавы с улучшенными физико-механическими свойствами.
- 10) Новые направления и технологии в мировой алюминиевой промышленности.

Критерии оценки качества выполнения данного вида СРС – полнота раскрытия темы; качество изложения и донесения информации; уровень владения материалом; умение отвечать на вопросы.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 4 | Устный опрос

Описание процедуры.

Устный опрос обучающихся производится в начале каждого практического занятия на основе теоретического и практического материала, предоставленного на предыдущем занятии. Объявление результатов опроса осуществляется сразу после его завершения.

Теория кристаллизации (раздел 1)

Вопросы для контроля:

- 1) Почему при кристаллизации металлов и сплавов вместо кристаллов многогранной формы образуются дендриты?
- 2) Что представляет собой эвтектика?
- 3) Опишите характер затвердевания сплавов с узким и широким интервалом кристаллизации.

Ресурсосберегающие технологии в литейном производстве (раздел 2)

Вопросы для контроля:

- 1) Перечислите основные виды отходов алюминиевой промышленности.
- 2) Источником каких ценных химических элементов является красный шлам?
- 3) Опишите способы повышения смачиваемости дисперсных неметаллических частиц алюминиевым расплавом.

Новые технологии повышения качества сплавов по неметаллическим включениям и примесям (раздел 3)

Вопросы для контроля:

- 1) Назовите основные способы дегазации алюминиевого расплава.
- 2) Назовите основные химические элементы, входящие в состав флюсов.
- 3) Перечислите основные способы рафинирования алюминия.

Инновационные производственные технологии повышения качества готовой металлической продукции (раздел 4)

Вопросы для контроля:

- 1) Объясните влияние усадочных дефектов на безопасность производства фасонных отливок.
- 2) Назовите основные методы управления структурой металла.
- 3) Что такое «наследственность» металла?

Существующие и перспективные литейные сплавы. Литейные свойства сплавов (раздел 5)

Вопросы для контроля:

- 1) Назовите литейные свойства сплавов.
- 2) Дайте определение процессу модифицирования.
- 3) Опишите влияние положения сплава на диаграмме состояния протекание усадки.

Аддитивные технологии и композиционные материалы (раздел 6)

Вопросы для контроля:

- 1) Назовите основные направления получения металлических изделий с использованием аддитивных технологий.

- 2) Что такое селективное лазерное спекание?
- 3) Перечислите основные виды углеродных наноструктур, которые могут использоваться в качестве модификаторов прочности в процессе получения металломатричных композитов.

Критерии оценивания.

Правильное формулирование ответов на вопросы. Использование в ходе ответа знаний полученных в ходе практических занятий и самостоятельной подготовки (изучения дополнительной литературы).

6.1.2 семестр 4 | Доклад

Описание процедуры.

Получить задание у преподавателя, подготовить доклад, выступить перед аудиторией (студенческой группой). Ответить на вопросы.

Тема 3 – Новые технологии повышения качества сплавов по неметаллическим включениям и примесям

Вопросы для контроля:

1. Виды неметаллических включений, присутствующих в алюминиевом расплаве.
2. Виды газов, присутствующих в алюминиевом расплаве.
3. Действие каких видов флюсов основано на флотации?
4. Действие каких видов флюсов основано на химическом взаимодействии?
5. Какие химические соединения входят в состав флюсов?
6. Перечислите возможные пути предотвращения окисления (угара) алюминия.
7. Опишите механизм осушения шлака.
8. Схема очистки алюминия от примесей щелочных и щелочноземельных металлов флюсом.
9. Основные технологии рафинирования алюминия от металлических примесей.
10. Дайте определение понятию «фракционная кристаллизация».

Тема 4 – Инновационные производственные технологии повышения качества готовой металлической продукции

Вопросы для контроля:

1. Отличие чушек и фасонных отливок.
2. Назовите оптимальные технологические параметры при литье чушек алюминия и его сплавов.
3. Схема производства алюминиевой катанки.
4. Назовите преимущества технологии «СЛИП» от традиционного способа получения алюминиевой катанки.
5. Опишите схему производства ронделей.
6. Назовите основные методы управления структурой металла.
7. Что такое «наследственность» металла?
8. Перечислите факторы жидкого состояния, влияющие на образование усадочных дефектов.
9. Перечислите перспективные способы предотвращения образования усадочных дефектов.
10. Назовите основные металлические системы, предназначенных для получения

высокопрочных сплавов.

Критерии оценивания.

Полнота раскрытия темы, предлагаемой для подготовки доклада; уровень владения материалом; умение отвечать на вопросы.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-4.4	Демонстрирует знания основ кристаллизации металлов и сплавов, их литейных свойств, существующих и перспективных методов получения литых изделий, существующих и новых систем легирования, влияние современных методов обработки расплава и металлической продукции на комплекс физико-механических свойств готовой продукции. Демонстрирует навыки разработки предложений по совершенствованию технологических процессов в области производства сплавов.	Устное собеседование по вопросам к зачёту
ПК-8.5	Демонстрирует знание существующих и перспективных энерго- и ресурсосберегающих технологий литейного производства, видов отходов металлургической промышленности, пригодных для использования в процессах получения новых сплавов (красный шлак, пыль систем газоочистки кремниевого производства и т.д.). Владеет навыками оценки технических и организационных решений в литейном производстве сплавов с позиции повышения их энергетической и экономической эффективности (за счёт использования перспективных попутных продуктов и отходов металлургического производства).	Устное собеседование по вопросам к зачёту

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Устное собеседование по вопросам к зачёту

Пример задания:

1. Классификация примесей, содержащихся в техническом алюминии, исходя из их процентного содержания.
2. Описание и прогнозирование влияния примесей технического алюминия на свойства готовой продукции.
3. Понятие фракционной кристаллизации и возможности её применения в литейном производстве алюминия.
4. Методы предотвращения образования усадочных дефектов при литье чушек алюминия и его сплавов.
5. Технология совмещенного литья, прокатки и прессования.
6. Энергосберегающие технологии в литейном производстве.
7. Особенности получения термостойких проводниковых сплавов системы Al–Zr.
8. Особенности получения высокопрочных сплавов системы Al–Mg–Sc.
9. Особенности получения деформируемых сплавов системы Al–Cu–Mg–Zr.
10. Какие алюминиевые сплавы используются для получения порошков для 3-D печати?
11. Назовите особенности межфазного взаимодействия в системе «алюминий–SiO₂».
12. Понятие межфазного слоя.
13. Основные отличия твердофазных и жидкофазных способов получения композиционных материалов.
14. Что представляет собой процесс наноструктурирования сплавов?
15. Классификация примесей, содержащихся в техническом алюминии, исходя из их процентного содержания.
16. Отличие гомогенного и гетерогенного процессов образования зародышей при кристаллизации металла.
17. Что называется сплавом? Дайте определение и опишите разницу между легирующими элементами и модифицирующими добавками.
18. Классификация алюминиевых сплавов.
19. Назовите основные виды литейных алюминиевых сплавов.
20. В чём разница между модификаторами первого и второго рода?
21. Что представляет собой ликвация? Классификация видов ликвации.
22. Виды усадки.
23. Назовите принципы нахождения оптимального легирующего комплекса.
24. Способы рафинирования расплава от неметаллических включений и газов.
25. Назовите причины “бурления” чушек при их переплавке.
26. Классификация флюсов и механизм их действия.
27. Перечислите основные способы рафинирования алюминиевого расплава от неметаллических включений и газовых включений.
28. Перечислите виды термической обработки алюминиевых сплавов.
29. Что представляет собой отжиг? Виды отжига.
30. Назовите отличия термической обработки и термомеханической обработки.
31. Виды термомеханической обработки.
32. Понятие рекристаллизации, её виды.

33. Классификация прокатных станов для производства катанки.
34. Устройство и принцип действия литейно-прокатного агрегата.
35. Виды прокатных изделий.

-

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует знание существующих и перспективные энерго- и ресурсосберегающих технологий литейного производства, видов отходов металлургической промышленности, пригодных для использования в процессах получения новых сплавов (красный шлам, пыль систем газоочистки кремниевого производства и т.д.). Владеет навыками оценки технических и организационных решений в литейном производстве сплавов с позиции повышения их энергетической и экономической эффективности (за счёт использования перспективных попутных продуктов и отходов металлургического производства). Демонстрирует знания основ кристаллизации металлов и сплавов, их литейных свойств, существующих и перспективных методов получения литых изделий, существующих и новых систем легирования, влияние современных методов обработки расплава и металлической продукции на комплекс физико-механических свойств готовой продукции. Демонстрирует навыки разработки предложений по совершенствованию технологических процессов в области производства сплавов.	Не демонстрирует знание существующих и перспективные энерго- и ресурсосберегающих технологий литейного производства, видов отходов металлургической промышленности, пригодных для использования в процессах получения новых сплавов (красный шлам, пыль систем газоочистки кремниевого производства и т.д.). Не владеет навыками оценки технических и организационных решений в литейном производстве сплавов с позиции повышения их энергетической и экономической эффективности (за счёт использования перспективных попутных продуктов и отходов металлургического производства). Не демонстрирует знания основ кристаллизации металлов и сплавов, их литейных свойств, существующих и перспективных методов получения литых изделий, существующих и новых систем легирования, влияние современных методов обработки расплава и металлической продукции на комплекс физико-механических свойств готовой продукции. Не демонстрирует навыки разработки предложений по совершенствованию технологических процессов в области производства сплавов.

7 Основная учебная литература

1. Кузьмина М. Ю. Физико-химические основы литейного производства : учебное пособие / М. Ю. Кузьмина, М. П. Кузьмин, 2018. - 175.
2. Беляев А. И. Металлургия легких металлов : учебник для вузов по специальности "Металлургия цветных металлов" / А. И. Беляев, 1970. - 367.
3. Москвитин В. И. Металлургия легких металлов : учебник для вузов по специальности "Металлургия цветных металлов" направления подготовки "Металлургия" / В. И. Москвитин, И. В. Николаев, Б. А. Фомин, 2005. - 413.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Исследование литейных процессов : учебное пособие по специальности 150104 "Литейное производство черных и цветных металлов" / А. А. Усольцев [и др.], 2013. - 194.
2. Либенсон Герман Абрамович. Процессы порошковой металлургии : учеб. для вузов по специальности 110800 "Порошковая металлургия, композиц. материалы, покрытия": [В 2т.]. Т. 1. Производство металлических порошков / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий, 2001. - 366.
3. Методы и модели управления проектами в металлургии / В. С. Смирнов, С. А. Власов, Е. С. Ваулинский, Б. И. Лебедев, 2001. - 166.
4. Жильцов Новые технологии и материалы в машиностроении и металлургии : учебное пособие. Ч. 1 : Наноматериалы и нанотехнологии в машиностроении и металлургии, 2011. - 179.
5. Справочник металлурга. Производство алюминия и сплавов на его основе : монография / Б. И. Зельберг, Л. В. Рагозин, А. Г. Баранцев [и др.], 2013. - 675.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x100] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [1x100]) - поставка 2010
2. Microsoft Office Standard 2010_RUS_ поставка 2010_(артикул 021-09683)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Проектор "Epson EB-S18"