

Учреждение образования  
“Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого”

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор  
ГГТУ им. П.О. Сухого

О.Д. Асенчик

\_\_\_\_\_ (подпись)

08.12. 2021

\_\_\_\_\_ (дата утверждения)

Регистрационный № УД–33– 122 /уч.

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАЗЛИВКИ СПЛАВОВ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка  
(по направлениям)»,  
направление 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и  
материалобработка (металлургия)»,  
специализация 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и  
цветных металлов»

Учебная программа составлена на основе: образовательного стандарта РБ «ОСВО 1-42 01 01-2019 Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» и учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности

1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направление специальности 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)», специализация 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов»: № I 42-1-17/уч. 06.02.2019, I 42 1-10/ уч. 05.02.2020

#### СОСТАВИТЕЛИ:

Л.Н. Русая, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Е.А. Зюзюков – главный металлург ОАО Гомельский литейный завод «ЦЕНТРОЛИТ»

Г. В. Петришин, декан машиностроительного факультета УО «ГГТУ им. П.О. Сухого», к.т.н., доцент.

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 9 от 19.10.2021);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 4 от 02.11.2021);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 2 от 07.12.2021).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель изучения дисциплины - знание основ теории и технологии разливки сплавов черных и цветных металлов, конструкции, принципов работы и рациональной эксплуатации специализированного технологического оборудования металлургического производства.

Задачи дисциплины – сформировать у студентов навыки выбора оптимальной технологии для разливки сплавов, способов модифицирования сплавов для получения требуемой макро- и микроструктуры готовой продукции, технологических параметров процессов разливки, в зависимости от предъявляемых требований к качеству производственных процессов.

Требования к освоению учебной дисциплины соответствуют блоку обще-профессиональных и специальных дисциплин учебного плана специальности «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- физико-химические основы разливки сплавов;
- современные способы разливки сплавов;
- технологии обеспечения качества литых заготовок;
- методы и средства устранения дефектов литой структуры различного происхождения.

уметь:

- находить нестандартные решения профессиональных задач, применять современные методы и средства технологической подготовки производства и эксплуатации объектов металлургического производства;
- эксплуатировать, проводить испытания и ремонт оборудования для разливки металлов и сплавов;
- анализировать технологические, эксплуатационные и экологические требования к разливочному оборудованию, как основополагающие требования при проектировании соответствующих установок;
- управлять физико-химическими процессами, протекающими в жидком металле и шлаке.

владеть:

- навыками расчета тепловых эксплуатационных режимов работы установок непрерывного литья;
- информацией о технических параметрах установок непрерывной разливки сплавов для использования их в профессиональной деятельности;
- современными измерительными и компьютерными системами и технологиями, навыками оформления, представления и защиты результатов решения профессиональных задач.

При изучении дисциплины «Теория и технология разливки сплавов» формируется следующая специализированная компетенция: знать теорию кристаллизации стали и сплавов, теорию и технологию разливки металлов и сплавов. Уметь управлять технологией разливки и оказывать влияние на процесс

кристаллизации; описывать основные физико-химические, теплотехнические и гидродинамические закономерности уравнениями.

Изучение дисциплины «Теория и технология разливки сплавов» способствует формированию следующих профессиональных компетенций: проводить сертификацию основного технологического оборудования и продукции литейно-металлургического производства в составе группы специалистов; осуществлять оперативный контроль за функционированием основного технологического оборудования и режимами его работы; владеть методиками определения основных физико-механических свойств сплавов; владеть вопросами металлургической переработки лома и отходов производства; разрабатывать мероприятия по улучшению качества металла и повышению выхода годного металла.

Связь с другими учебными дисциплинами

Содержание дисциплины «Теория и технология разливки сплавов» опирается на знания, полученные при изучении дисциплин «Введение в специальность», «Физическая химия металлургических процессов и антикоррозионная защита», «Общая металлургия».

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий.

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Теория и технология разливки сплавов», в соответствии с учебными планами по специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направление специальности 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)», специализация 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов» составляет – 184. Трудоемкость учебной дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

| Форма получения высшего образования             | дневная |
|---|---------|
| Курс  | 3,4     |
| Семестр   | 6,7     |
| Лекции (часов)                                  | 51      |
| Лабораторные занятия (часов)                    | 17      |
| Практические занятия (часов)                    | 34      |
| Всего аудиторных часов                          | 102     |
| Форма текущей аттестации по учебной дисциплине: |         |
| Экзамен, семестр                                | 6       |
| Зачет, семестр                                  | 7       |

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Тема 1. Кристаллическое строение металлов

Металлы, их классификация. Кристаллическое строение металлов. Кристаллические решетки металлов. Анизотропия свойств кристаллов.

## Тема 2. Кристаллизация

Образование зародышей кристаллов. Условия процесса кристаллизации. Механизм процесса кристаллизации. Форма кристаллических образований. Превращения в твердом состоянии. Аллотропия. Магнитные превращения.

Тема 3. Физико-химические и литейные свойства железоуглеродистых расплавов

Физико-химические свойства расплавов. Металлография стали и чугуна. Литейные свойства чугуна и стали. Жидкотекучесть, методы определения. Усадка, способы определения усадки. Ликвация примесей при развитии химической неоднородности. Фильтрационный массоперенос ликвирующих примесей. Влияние конвективных потоков на зональную ликвацию. Литейные напряжения.

## Тема 4. Строение стальных слитков

Строение слитка кипящей стали. Строение слитка полуспокойной стали. Физическая и химическая неоднородность слитков. Поверхностные и внутренние дефекты слитков. Влияние неметаллических включений на свойства стали.

Меры, предупреждающие образование неметаллических включений. Контроль качества слитков.

## Тема 5. Кристаллическое строение непрерывнолитых заготовок

Виды дефектов. Специфические дефекты непрерывнолитых заготовок (пояс, заливины, ромбичность, трещины, физическая и химическая неоднородность, усадочная пустота, неметаллические включения). Причины образования дефектов. Меры, предупреждающие образование дефектов.

## Тема 6. Разливка стали

Температура жидкой стали. Скорость разливки. Управление струей жидкой стали при разливке. Способы улучшения разливки стали. Промежуточные разливочные устройства. Отбор пробы стали при разливке.

## Тема 7. Способы разливки стали. Разливка в изложницы

Разливка сверху. Сифонная разливка.

Характеристика изложниц. Изложницы для отливки слитков кипящей и полуспокойной стали. Изложницы для отливки слитков спокойной стали. Прибыльные надставки и крышки. Поддоны. Пробки, вставки для изложниц

и поддонов. Центровые.

Тема 8. Способы разливки стали. Непрерывная разливка

Архитектура и типы машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) -вертикальные, радиальные, криволинейные, горизонтальные.

Техника и технология доводки и передачи стали на МНЛЗ. Сталеразливочные стенды. Промежуточный ковш: функциональное назначение и конструкция. Футеровка промежуточного ковша. Агрегат ковш-печь. Вакууматоры.

Тема 9. Непрерывная разливка. Назначение и конструкция кристаллизатора

Формообразование конфигурации заготовки посредством наращивания твердой корочки.

Устройства для дозированной подачи металла в кристаллизаторы и защиты от взаимодействия с атмосферой. Конструкция и основные параметры работы кристаллизаторов сортовых МНЛЗ. Механизм качания кристаллизатора. Назначение и особенности качания кристаллизаторов.

Тема 10. Непрерывная разливка. Зона вторичного охлаждения

Основные конструктивные решения для поддержки и направления движения заготовки. Поддерживающие устройства слябовых МНЛЗ. Конструкции поддерживающих устройств блюмовых и сортовых машин. Охлаждение слитка в зоне вторичного охлаждения МНЛЗ. Система охлаждения заготовки.

Тема 11. Непрерывная разливка. Участок тянуще-правильной клетки и порезки заготовки

Тянуще-правильная машина. Затравка и устройства для ее перемещения. Система разделения заготовок на мерные длины. Достоинства и недостатки газовой резки и порезки с помощью механических гидравлических ножниц. Система механического «мягкого» обжатия заготовки с целью подавления осевой пористости и ликвации.

Тема 12. Пути улучшения качества слитков и непрерывнолитых заготовок

Разливка стали под шлаками и защитными покрытиями. Разливка сифонным способом углеродистых и легированных сталей под защитными покрытиями. Зольно-графитовая и перлитно-графитовая смеси. Расплавляющая шлакообразующая смесь. Экзотермическая смесь. Брикетты. Разливка легированной стали с использованием шлаков и экзотермических смесей. Суспензионная и электрошлаковая разливка стали.

Автоматизация процесса непрерывной разливки стали, как гарантия качества заготовки. МНЛЗ для разливки тонких слябов и литейно-прокатные модули.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы   | Количество аудиторных часов |                      |                     |                      |      | Количество часов УСР* | Форма контроля знаний |
|---------------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|-----------------------|-----------------------|
|                     |  | Лекции                      | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное |                       |                       |
| 1                   | 2  | 3                           | 4                    | 5                   | 6                    | 7    | 8                     | 9                     |
| 1                   | Введение. Кристаллическое строение металлов                                | 2                           |                      |                     |                      |      |                       | О,Э                   |
| 2                   | Кристаллизация   | 4                           |                      |                     | 4                    |      |                       | Злр, Э                |
| 3                   | Физико-химические и литейные свойства железоуглеродистых расплавов         | 6                           |                      |                     | 4                    |      |                       | Злр, Э                |
| 4                   | Строение стальных слитков  | 4                           |                      |                     | 3                    |      |                       | Злр, Э                |
| 5                   | Кристаллическое строение непрерывнолитых заготовок                         | 4                           |                      |                     | 2                    |      |                       | Злр, Э                |
| 6                   | Разливка стали   | 4                           |                      |                     |                      |      |                       | О, Э                  |
| 7                   | Способы разливки стали. Разливка в изложницы                               | 6                           |                      |                     | 4                    |      |                       | Злр, Э                |
| 8                   | Способы разливки стали. Непрерывная разливка                               | 4                           |                      |                     |                      |      |                       | О, Э                  |
|                     | Итого 6 семестр  | 34                          |                      |                     | 17                   |      |                       | экзамен               |
| 9                   | Непрерывная разливка. Назначение и конструкция кристаллизатора             | 4                           | 10                   |                     |                      |      |                       | О,З                   |
| 10                  | Непрерывная разливка. Зона вторичного охлаждения                           | 5                           | 8                    |                     |                      |      |                       | О,З                   |
| 11                  | Непрерывная разливка. Участок тянуще-правильной клетки и порезки заготовки | 4                           | 8                    |                     |                      |      |                       | О,З                   |
| 12                  | Пути улучшения качества слитков и непрерывнолитых заготовок                | 4                           | 8                    |                     |                      |      |                       | О,З                   |
|                     | Итого 7 семестр  | 17                          | 34                   |                     |                      |      |                       | зачет                 |
|                     | Всего  | 51                          | 34                   |                     | 17                   |      |                       |                       |

Принятые обозначения: О – опрос на лекционных занятиях; Злр – защита лабораторной работы; З- зачет, Э -экзамен

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Автоматизация металлургических печей [Учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Теплотехника и автоматизация металлург. печей] / под ред. О. М. Блинова. - Москва: Металлургия, 1975. - 376 с.
2. Бигеев, А. М. Металлургия стали. Теория и технология плавки стали : учебник для вузов / А. М. Бигеев. - 2-е изд. - Челябинск: Металлургия, 1988. - 480 с.
3. Выбор и применение материалов: учебное пособие/ Н.А. Свидуневич и [др.]; под ред. Н.А. Свидуневича. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 624с.
4. Габелая, Д.И. Теплофизические основы технологии непрерывной разливки стали / Д.И. Габелая, З.К. Кабаков, Ю.В. Грибкова. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 401 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564302>
4. Григорян, В. А. Теоретические основы электросталеплавильных процессов / В. А. Григорян, Л. Н. Белянчиков, А. Я. Стомахин. - изд. 2-е. - Москва: Металлургия, 1987. - 272 с.
5. Коршунов, В.В. Расчет шихты для плавки металлов : учебное пособие / В.В. Коршунов, Е.А. Шибеев, В.П. Павлов ; Минобрнауки России, Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2017. – 76 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493338>
6. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали: учебник для вузов. - Москва: Мир: АСТ, 2003. - 527с.- (Учебник для вузов).
7. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства : учеб. для вузов / В. П. Григорьев [и др.]. - Москва: МИСИС, 1995. - 512с.
8. Машины и агрегаты металлургических заводов: в 3 т.: учебник для металлург. и машиностроит. спец. вузов / А. И. Целиков и др.. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Металлургия, 1988. - 680с.
9. Попандопуло, И. К. Непрерывная разливка стали / И. К. Попандопуло, Ю. Ф. Михневич. - Москва: Металлургия, 1990. - 294 с.

## Дополнительная литература

1. Виноград, М. И. Включения в легированных сталях и сплавах / М. И. Виноград, Г. П. Громова. - Москва: Металлургия, 1972. - 216 с.
2. Воздвиженский, В. М. Контроль качества отливок: учеб. пособие для вузов / В. М. Воздвиженский, А. А. Жуков, В. К. Бастраков. - Москва: Машиностроение, 1990. - 237 с.
3. Грачев, В. А. Металлургия литейного производства : учебное пособие для студентов вузов по спец. "Машины и технология литейного производства" / В. А. Грачев, С. А. Расулов. - Ташкент: Укитувчи, 1987. - 304 с.
4. Егоров, А. В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей: учеб. пособие для вузов / А. В. Егоров. - Москва: МИСИС, 2000. - 272с.



## Учебно-методические материалы

1. ЭУМКД «Технология металлургического производства» для студентов дневного и заочного отделения специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», направление специальности 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. Режим доступа <https://elib.gstu.by/>.
2. ЭКМКД «Теория металлургических процессов» для студентов дневного и заочного отделения специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» (по направлениям). – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. Режим доступа <https://elib.gstu.by/>.
3. Жаранов В.А. Теория и технология разливки сплавов: практикум по одному курсу для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» специализации 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)» направления 1-42 01 01-01 02 «Электрометаллургия черных и цветных металлов» днев. и заоч. форм обучения / В. А. Жаранов. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – 91 с. (м/ук №457).
4. Методические указания " Теория и технология разливки сплавов" к контрольным работам по одноименному курсу для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения / Л. Е. Ровин; Каф. "Машины и технология литейного производства". - Гомель: ГГТУ, 2007. - 24с. (м/ук №3487)

Примерный перечень лабораторных работ:

Изучение кристаллизации слитков.  
 Изменение параметров кристаллизации.  
 Изучение ликвации слитков металла.  
 Изучение влияния геометрии на процессы кристаллизации.  
 Изучение дефектов структуры непрерывно-литого слитка.  
 Изучения формы неметаллических включений непрерывнолитой заготовки.  
 Изучение структурной неоднородности слитков.  
 Способы интенсификации разливки сплавов.  
 Изучение конструкций кристаллизаторов различных типов.  
 Влияние формы сечения слитка на параметры кристаллизации

Примерный перечень практических занятий:

Расчет процесса кристаллизации тел простой формы.  
 Методы влияния на скорость кристаллизации.  
 Способы гомогенизации структуры заготовок.  
 Изучение физической неоднородности слитков.  
 Расчет производительности МНЛЗ.  
 Расчеты теплообменных процессов в кристаллизаторах МНЛЗ.  
 Расчет параметров зоны вторичного охлаждения.  
 Способы устранения дефектов при непрерывном литье.  
 Технологические режимы эксплуатации МНЛЗ.  
 Факторы надежности технологического оборудования для разливки.

Диагностика компетенций студента

Учебным планом по специальности 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" предусмотрен экзамен в шестом и зачет в седьмом семестрах для студентов дневной формы обучения. Оценка учебных достижений студента осуществляется на экзамене и зачете, которые проводятся в устной форме.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

Устная форма:

- выборочный устный (блиц) опрос по пройденной теме;
- устный опрос при проведении лабораторных и практических работ.

Примерный перечень материалов и технических средств обучения

– Презентации, видеоматериалы по темам.

Методы (технологии) обучения:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических и лабораторных занятиях.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации  
Обучающиеся допускаются к сдаче экзамена и зачета по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Критерии оценки результатов учебной деятельности

При оценке знаний студента в баллах, применяются критерии оценки результатов деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десяти-балльной шкале (письмо Министерства образования РБ от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

Организация и выполнение самостоятельной работы

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием занятий;
- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных заданий с консультациями у преподавателя;
- подготовка к сдаче зачета, экзамена.

Учебно-методическое обеспечение ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, умение работать с научной и технической литературой. Изучение каждой темы помимо приведенных в учебной программе литературных источников предполагает использование материалов тематической печати, а также информационных ресурсов Internet.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы в 6 семестре

Классификация металлов.

Кристаллическое строение металлов.

Кристаллические решетки металлов.

Реальное строение металлических кристаллов.

Анизотропия свойств кристаллов.

Энергетические условия процесса кристаллизации.  
Механизм процесса кристаллизации  
Влияние условий кристаллизации на размеры кристаллов.  
Влияние скорости кристаллизации на химическую неоднородность.  
Влияние формы и размера изложницы на характер и величину усадочной раковины.  
Форма кристаллических образований  
Превращения в твердом состоянии. Аллотропия.  
Магнитные превращения.  
Превращения в твердом состоянии. Аллотропия.  
Магнитные превращения.  
Физико-химические свойства расплавов.  
Металлография стали и чугуна.  
Литейные свойства чугуна и стали.  
Литейные напряжения.  
Строение слитка спокойной стали.  
Строение слитка кипящей стали.  
Строение слитка полуспокойной стали.  
Физическая и химическая неоднородность слитков.  
Свойства неметаллических включений, поступающих с металлом в изложницу.  
Распределение включений в слитке.  
Поверхностные и внутренние дефекты слитков.  
Влияние неметаллических включений на свойства стали.  
Меры, предупреждающие образование неметаллических включений  
Контроль качества слитков.  
Виды дефектов.  
Дефекты непрерывнолитых заготовок.  
Способы разливки стали. Разливка сверху.  
Формирование наружных слоев слитка.  
Выбор оптимальной температуры и скорости разливки стали.  
Предотвращение вторичного окисления  
Управление струей. Способы улучшения разливки стали  
Условия возникновения трещин в слитках.  
Сифонная разливка.  
Отбор пробы стали при разливке  
Оборудование для разливки. Промежуточные ковши.  
Изложницы для отливки слитков кипящей и полуспокойной стали.  
Изложницы для отливки слитков спокойной стали.  
Прибыльные надставки и крышки.  
Поддоны, пробки, центровые.  
Виды непрерывнолитой заготовки.  
Сравнение технологических схем производства сортовой заготовки с непрерывной разливкой с разливкой на слитки.  
Общие принципы системы технологий непрерывной разливки.  
Архитектура МНЛЗ и ее основные функциональные узлы.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы в 7 семестре

Основные параметры разливки.

Основные функциональные узлы МНЛЗ.

Основные потери металла при непрерывной разливке стали.

Основные типы МНЛЗ. Вертикальная архитектура.

Основные типы МНЛЗ. МНЛЗ радиального типа.

Основные типы МНЛЗ. Криволинейные МНЛЗ,

Основные типы МНЛЗ. МНЛЗ для прямого получения листа

Основные типы МНЛЗ. Горизонтальные МНЛЗ.

Техника и технология доводки и передачи стали на МНЛЗ.

Современные промышленные способы вакуумирования расплава.

Промежуточный ковш: функциональное назначение и конструкция.

Методы дозирования стали при ее истечении из промковша в кристаллизатор.

Свободное истечение металла из промковша при помощи стакана-дозатора

Схемы дозирования типа «стопор»-«стакан-дозатор».

Применение трехплитного шиберного затвора.

Назначение и конструкция промковша.

Промежуточный ковш : футеровка и ее износ.

Преимущества применения наливных футеровок промковшей.

Промежуточный ковш : изостатические огнеупоры для дозирования и защиты стали от вторичного окисления.

Кристаллизатор МНЛЗ. Процесс формирования твердой корочки.

Кристаллизатор МНЛЗ. Качание (осцилляция) кристаллизатора.

Синусоидальный закон движения кристаллизатора.

Несинусоидальный режим качания кристаллизатора.

Характерный дефект при качании кристаллизатора.

Шлакообразующие смеси и особенности их работы в кристаллизаторе

Футеровка промежуточного ковша.

Конструктивные особенности кристаллизаторов.

Зона вторичного охлаждения. Основные конструктивные решения.

Зона вторичного охлаждения. Струйное охлаждение.

Зона вторичного охлаждения. Водовоздушное охлаждение.

Назначение и конструкция промковшей.

Способы порезки заготовки.

МНЛЗ для разливки сортовой заготовки.

МНЛЗ для разливки сляба.

МНЛЗ для разливки тонких слябов и литейно-прокатные модули.

МНЛЗ для разливки блюмов.

МНЛЗ для производства круглой заготовки.

Дефекты непрерывнолитой заготовки. Дефекты профиля.

Дефекты непрерывнолитой заготовки. Дефекты поверхности.

Дефекты непрерывнолитой заготовки. Дефекты внутренней структуры.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры | Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|---|------------------|--|---|
| Технологическое оборудование металлургических цехов           | МиТОМ            | Нет  |   |

Заведующий кафедрой  
«Металлургия и технологии  
обработки материалов»

Ю.Л. Бобарикин