

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР

В. Л. Бибик

«26» 02 2016 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**РАЗЛИВКА И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ СТАЛИ И СПЛАВОВ**

Направление ООП: **22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ**

Профиль подготовки: **Металлургия черных металлов**

Квалификация (степень): **бакалавр**

Базовый учебный план приема **2016 г.**

Курс **4**; Семестр **8**;

Количество кредитов: **2**

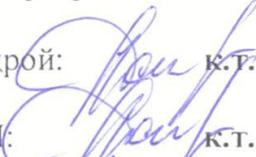
Код дисциплины **Б1.ВМ 5.1.7**

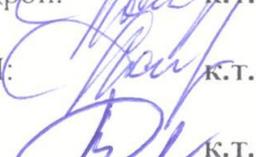
И:

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
Лекции, ч	11
Практические занятия, ч	
Лабораторные занятия, ч	11
Аудиторные занятия, ч	22
Самостоятельная работа, ч	50
Итого, ч	72

Вид промежуточной аттестации: **зачет**

Обеспечивающая кафедра: **«Металлургия черных металлов»**

Заведующий кафедрой:  к.т.н., доцент Сапрыкин А.А.

Руководитель ООП:  к.т.н., доцент Сапрыкин А.А.

Преподаватель:  к.т.н., доцент Валуев Д.В.

2016 г.

### 1. Цели освоения дисциплины

В результате освоения данной дисциплины бакалавр приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей основной образовательной программы «Металлургия».

Дисциплина нацелена на подготовку бакалавров к производственной деятельности в области разработки технологических процессов термической обработки металлов и сплавов.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Разливка и кристаллизация стали и сплавов» относится к вариативному циклу профессионального модуля ООП.

Дисциплине «Разливка и кристаллизация стали и сплавов» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.ВМ4.4.1 Физико-химические основы металлургических процессов,
- Б1.БМ13 Материаловедение,
- Б1.ВМ4.1 Основы электрометаллургии стали и производства ферросплавов.
- Б1.ВМ5.1.8.1 Внепечные и ковшовые процессы

Содержание разделов дисциплины «Разливка и кристаллизация стали и сплавов» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Б1.ВМ5.1.3 Основы проектирования и оборудование цехов,
- Б1.ВМ5.1.6 Обработка металлов давлением,

### 3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

**Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины**

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
Р2 (ОК-5; ОПК-1; ОПК-2; ОПК-3; ОПК-4;	3.2.1	Законы и понятия физической химии для анализа металлургических процессов, природу фазовых равновесий в металлургических системах, термодинамический анализ.	У.2.1	Выполнять термохимические расчеты, расчеты химического равновесия, равновесия в растворах, анализировать	В.2.1	Основными физико-химическими расчетами металлургических процессов

ОПК-5; ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-5)	3.2.5	Влияние вредных примесей, неметаллических включений, примесей цветных металлов на свойства стали и о способах снижения их концентрации; Способы рафинирования стали.	У.2.5	фазовые равновесия на основе диаграмм состояния  Закономерности процессов рафинирования стали	В.2.5	Методы повышения качества стального слитка
	3.2.8	Основы теории и практики в области разлива и кристаллизации стали и сплавов	У.2.8	Различать виды брака при разливе; способы разлива металла; представления о физико-химической природе процессов, протекающих при разливе и кристаллизации	В.2.8	Основными способами разлива и кристаллизации стали и сплавов.
	3.2.10	Теоретические основы производства стали, технологии выплавки стали в дуговых электропечах, конверторах и мартеновских печах.	У.2.10	Решать практические задачи по выплавке стали в электропечах, самостоятельно принять правильное решение в конкретной ситуации, совершенствовать действующие технологии.	В.2.10	Технологиями выплавки стали в различных металлургических агрегатах.

В результате освоения дисциплины «Разливка и кристаллизация стали и сплавов» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Результат
РД1	Уметь выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы (ПК-19)

РД2	Уметь выявлять объекты для улучшения в технике и технологии, применять базовые и специальные знания в области современных металлургических технологий для решения инженерных задач. (ПК-1, ПК-2, ПК-11)
РД3	Выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов. (ПК-21, ПК-22)

**\*\*Расшифровка кодов результатов обучения и формируемых компетенций представлена в Основной образовательной программе подготовки бакалавров по направлению «Металлургия».**

#### **4. Структура и содержание дисциплины**

##### **Раздел 1. Цели и задачи разливки и кристаллизации стали и сплавов.**

*Лекция.* Истечение струи из ковша. Влияние турбулентности на распад струи. Распространение затопленных струй. Кавитационные потоки

##### **Раздел 2. Теплообмен в процессах отливки и формирования слитка.**

*Лекция.* Температурное поле. Температурный градиент. Закон теплопроводности Фурье. Закон теплоотдачи Ньютона. Закон теплового излучения Стефана-Больцмана. Закон полной теплоотдачи. Конвективный теплообмен. Теплообмен между изложницей и слитком. Теплообмен в системе слиток – изложница – атмосфера. Зазор между изложницей и слитком.

*Лабораторная работа 1.*

Изучение кристаллизации расплавов на прозрачной модели.

##### **Раздел 3. Кристаллизация.**

*Лекция.* Основные понятия о кристаллизации. Образование зародышей кристаллов. Гетерогенное образование зародышей кристаллизации. Отвод теплоты кристаллизации. Дендритный рост кристаллов. Перераспределение примесей при кристаллизации. Влияние условий кристаллизации на размеры кристаллов. Кинетика образования центров новых фаз. Классификация модификаторов. Модифицирование стали микрохолодильниками и комплексными сплавами.

*Лабораторная работа 1.*

Изучение кристаллизации расплавов на прозрачной модели.

##### **Раздел 4. Разливка стали. Физическая и структурная неоднородность слитков.**

*Лекция.* Разливка стали сверху. Рациональные параметры затопленной

струи. Формирование наружных слоев слитка. Формирование внутренней поверхности корочки слитка. Приварка слитков к изложнице. Мероприятия по устранению плен на слитках. Гидродинамика сифонной разливки стали. Выбор оптимальной температуры и скорости разливки стали. Теплофизические условия формирования кристаллических зон слитка. Динамика перемещения и дробления кристаллов. Гравитационное перемещение металла в двухфазной зоне. Выбор рациональных параметров теплоотвода от слитка. Определение длительности выдержки слитков в изложницах. Условия возникновения трещин в слитках. Особенности гидродинамического и фильтрационного питания усадки слитков. Обогрев прибыльной части слитка.

### **Раздел 5. Химическая неоднородность слитков.**

*Лекция.* Теория возникновения химической неоднородности в слитках. Ликвация примесей при развитии химической неоднородности. Фильтрационный массоперенос ликвирующих примесей. Влияние конвективных потоков на зональную ликвацию. Влияние конвективных потоков на формирование слитка. Влияние скорости кристаллизации на химическую неоднородность. Дендритная неоднородность стали.

*Лабораторная работа №2.*

Влияние формы и размера изложницы на характер и величину усадочной раковины

### **Раздел 6. Неметаллические включения в стальных слитках. Выбор рациональных параметров изложницы и слитка.**

*Лекция* Влияние неметаллических включений на разрушение сплавов. Свойства неметаллических включений, поступающих с металлом в изложницу. Удаление оксидных включений из стали. Распределение включений в слитке. Формирование неметаллических включений при кристаллизации стали. Оксидные включения в слитке. Сульфидные включения в слитке. Расчет напряжений в затвердевшей оболочке слитка. Расчет углов и оптимальной формы донной части слитка. Температурные напряжения. Расчет слитка рациональной формы. Стойкость изложниц.

## **5. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **5.1. Виды и формы самостоятельной работы**

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;

- выполнение домашних заданий;
- опережающая самостоятельная работа;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к контрольным работам, зачету.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;

Темы, выносимые на самостоятельную проработку:

- Современные способы разливки сталей и сплавов.
- Виды брака и способы предупреждения их возникновения при разливке стали.
- Современные способы защиты струи высококачественной стали от вторичного окисления.

## 5.2. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- Промежуточный контроль знаний – теоретических и практических – производится в процессе защиты студентами лабораторных работ;
- Устный опрос на лекциях по пройденному материалу;

Проверка конспектов по самостоятельной работе

## 6. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Кол-во баллов
выполнение и защита лабораторных работ	РД1
выполнение и защита курсовой работы	РД2
выступление с докладом на конференц-неделе	РД1
тестирование	РД3

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролируемых мероприятий предусмотрены следующие средства (фонд оценочных средств):

- вопросы входного контроля
- вопросы, для текущего контроля

1. Чем отличаются друг от друга структуры стали разлитой на МНЛЗ и сифонной разливке?
2. В чем отличие влияния разливки стали на свойства расплава?

### **7. Рейтинг качества освоения дисциплины**

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Положением опровержении текущего оценивания и промежуточной аттестации в Томском политехническом университете», утвержденными приказом ректора № 88/од от 27.12.2013 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

<b>Контролирующие мероприятия</b>	<b>Кол-во баллов</b>
Защита лабораторных работ	50
Выполнение контрольных работ (конференц-неделя)	10
Зачёт	40
Итого	100

### **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **Основная литература**

1. Валуев Д.В. Разливка и кристаллизация стали и сплавов: учебное пособие / Д.В. Валуев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 235 с.
2. Козырев Н.А., Гизатулин Р.А., Валуев Д.В. Непрерывная разливка стали: учебное пособие; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 406с.

#### **Дополнительная литература**

1. А.М. Скребцов, Л.А. Большаков, А.Г. Чаповский. Снижение расхода изложниц на металлургических предприятиях. – Киев.: Вища школа, 1987. – 91с.
2. В.В. Абрамов, В.А.Курганов. Термоуравновешенная металлургическая изложница. – М.: Металлургия. 1988. – 144с.
3. А.М.Скребцов. Конвекция и кристаллизация металлического расплава в слитках и отливках. – М.: Металлургия. 1993. – 144с.
4. В.А. Ефимов. Разливка и кристаллизация стали. – М.: Металлургия, 1987. – 548с.
5. Баландин Г.Ф. Основы теории формирования отливки. Ч-2. – М.: Машиностроение, 1979. – 335с

#### **Интернет-ресурсы:**

<http://delta-grup.ru/bibliot/3k/3-4.htm> - основные понятия и определения разливки и кристаллизации стали и сплавов.

<http://stroyunid.ru/page-124.htm> - агрегаты, процессы в металлургии

<http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-38/> - рассмотрен комплекс проблем, возникающих при определении рациональной технологической схемы производства стали высокого качества.

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Лабораторная установка по внепечной выплавке марганца – 1 шт.
2. Вискозиметр - 1 шт.
3. Муфельная печь - 1 шт.
4. Весы аналитические – 1 шт.
5. Прибор для измерения температуры расплава.
6. ЦЗЛ ООО «Юргинский машиностроительный завод».

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению «Металлургия» и профилю подготовки «Металлургия черных металлов»

Программа одобрена на заседании кафедры «Металлургия черных металлов» (протокол № 128 от «09» февраля 2016 г.).

Автор(ы): к.т.н., доцент Д.В. Валуев

Рецензент к.т.н., А.А. Сапрыкин