

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
Тихоокеанский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ С.В. Шалобанов

"__" _____ 2008г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
по кафедре «Литейное производство и технология металлов»

ТЕПЛОВАЯ ТЕОРИЯ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВКИ

Утверждена научно-методическим советом университета для направлений подготовки (специальностей) в области металлургии и литейного производства черных и цветных металлов и сплавов. Специальность «Литейное производство черных и цветных металлов»

Хабаровск 2008г.

Программа разработана в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта, предъявляемыми к минимуму содержания дисциплины и в соответствии с примерной программой дисциплины, утвержденной департаментом образовательных программ и стандартов профессионального образования с учетом особенностей региона и условий организации учебного процесса Тихоокеанского государственного университета.

Программу составил

Ри Э.Х.

к.т.н., доцент, кафедра ЛП и ТМ

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
протокол № _____ от « ___ » _____ 2008г.

Заведующий кафедрой _____ « ___ » _____ 2008г. Ри Хосен

Программа рассмотрена и утверждена на заседании УМК и рекомендована к
изданию

Протокол № _____ от « ___ » _____ 2008г.

Председатель УМК _____ « ___ » _____ 2008г. Мащенко А.Ф.

Директор института _____ « ___ » _____ 2008г. Воронин В.В.

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели и задачи изучаемой дисциплины.

При подготовке специалистов по литейному производству важным курсом является «Теория литейных процессов». Данный курс тесно переплетается, с одной стороны, металлургическими проблемами подготовки расплава к заливке и технологией производства литейных форм, с другой стороны, затрагивает тепловые процессы получения отливок. Последние начинаются с момента соприкосновения металла с формой и заканчиваются полным затвердеванием отливки, происходит формирование всех свойств изделия, которые определяют его качество (размерно-геометрическая точность отливки, микро- и макроструктуру, усадочные и ликвационные явления, трещинообразование, остаточные напряжения и т. д.). Следовательно, умелое управление процессом формирования структур и свойств можно только при наличии отчетливых представлений о характере связей между подготовительным этапом (плавка металла и изготовление литейной формы) и процессами формирования структур и свойств отливки.

Цель преподавателя дисциплины – дать будущим инженерам-литейщикам глубокие знания тепловой теории формирования отливки, позволяющие анализировать процесс затвердевания и определить количественные связи между ним и технологическими процессами и свойствами отливки.

Таким образом, курс «Тепловая теория затвердевания отливок» закладывает основу специальных знаний по производству литых изделий с заданными свойствами, предусматривает изучение наиболее общих закономерностей формирования отливок в литейной форме.

1.2 Требования к уровню освоения содержания дисциплины

Основные задачи заключаются в формировании знания об основных законах затвердевания и охлаждения отливки для получения необходимых структуры и свойств. В результате изучения дисциплины студенты специальности 110.400 должны **знать**:

- основы теории теплообмена;
- законы затвердевания отливки в зависимости от конфигурации и теплофизических свойств металла и литейной формы;
- законы затвердевания отливки при постоянной температуре кристаллизации и в интервале температур кристаллизации;
- методы приближенных решений уравнения теплового баланса.

Студент должен **уметь**:

- правильно квалифицировать различные условия затвердевания отливки в металлической и неметаллической формах;
- в каждом конкретном случае находить строго обоснованные упрощения задачи для инженерных расчетов формирования отливки;

- применять расчетные формулы, позволяющие вычислить параметры процесса затвердевания отливки в зависимости от теплофизических свойств заливаемого металла и формы.

При изучении курса используются знания таких дисциплин, как высшая математика, физика, теория литейных процессов, физическая химия металлургических систем и производств, металловедение, моделирование и организация технологических процессов, физическая химия и т. д.

Настоящая дисциплина является частью курса «Теория литейных процессов» и взаимосвязана с такими дисциплинами как технологические основы литейного производства, производство отливок из чугуна, стали и цветных сплавов.

1.3 Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1 - Объем дисциплины и виды учебной работы

Наименование	По учебным планам основной траектории обучения	
	С максимальной трудоемкостью	С минимальной трудоемкостью
	ЛП	
Общая трудоемкость дисциплины по ГОС по УП	85	
Изучается в семестрах	7	
Вид итогового контроля по семестрам зачет экзамен	7	
Аудиторные занятия всего лекции	50	
лабораторные работы практические работы	16	
Самостоятельная работа общий объем часов (С ₂)	34	
в том числе на подготовку к лекциям	17	
на выполнение прикладных работ	17	

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Тематический план лекционных занятий

Тема 1. Некоторые вопросы теорий теплообмена.

Предмет и задачи курса. Законы Ньютона, Стефана-Больцмана и Фурье. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Стенки малой кривизны и направляющая точка. Критерий Био.

Тема 2. Классификация условий литья.

Анализ температурного поля металла, охлаждающегося в литейной форме. Частные случаи.

Тема 3. Затвердевание плоской отливки при постоянной температуре кристаллизации.

Плоская отливка:

- закон затвердевания;
- температурное поле отливки;
- количество переданной теплоты;
- выбор показателя степени n .

Тема 4. Затвердевание цилиндрической отливки при постоянной температуре кристаллизации.

Цилиндрическая отливка:

- закон затвердевания;
- температурное поле отливки;
- количество переданной теплоты;
- выбор показателя степени n .

Тема 5. Затвердевание шаровой отливки при постоянной температуре кристаллизации.

Шаровая отливка:

- закон затвердевания;
- температурное поле отливки;
- количество переданной теплоты;
- выбор показателя степени n .

Тема 6. Затвердевание отливки сложной конфигурации при постоянной температуре кристаллизации.

Приведенный размер отливки. Тонкая отливка. Начальный период затвердевания. Метод эквивалентной отливки. Отливка сложной конфигурации. Влияние холодильников. Анализ законов затвердевания.

Тема 7. Затвердевания отливки в интервале температур кристаллизации.

Теплофизические свойства сплава в интервале температур кристаллизации. Постановка задачи. Спектральная теплота кристаллизации. Удельная теплота кристаллизации. Эффективная спектральная теплота кристаллизации. Эффективная удельная теплота кристаллизации. Эффективная удельная теплоемкость. Коэффициент теплопроводности, коэффициент

температуропроводности. Удельный вес. Метод эквивалентной отливки. Последовательное и объемное затвердевание металла. Ширина переходной зоны в конце процесса затвердевания металла. Границы применимости расчетных формул.

Тема 8. Частные условия литья.

Тонкостенный кокиль. Массивный кокиль. Двухслойная форма. Неметаллическая форма.

Тема 9. Способы воздействия на процесс формирования отливки.

Влияние материала отливки. Влияние материала формы. Влияние геометрических свойств отливки и формы. Искусственное охлаждение формы. Температурные условия.

Таблица 2 – Разделы дисциплины и виды занятий и работ (8 семестр)

№	Раздел дисциплины	Л	ЛР	ПЗ	КП	РГР	ДЗ	РФ	С ₂
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Некоторые вопросы теорий теплообмена.	*							
2	Классификация условий литья.	*		*					
3	Затвердевание плоской отливки при постоянной температуре кристаллизации.	*		*					
4	Затвердевание цилиндрической отливки при постоянной температуре кристаллизации.	*							
5	Затвердевание шаровой отливки при постоянной температуре кристаллизации.	*							
6	Затвердевание отливки сложной конфигурации при постоянной температуре кристаллизации.	*		*					
7	Законы затвердевания отливки в интервале температур кристаллизации.	*		*					
8	Метод эквивалентной отливки.	*							
9	Основные законы затвердевания в тонкостенном и массивном кокиле	*		*					

2.2 Практические работы

Практическая работа № 1.

Тема: Процесс затвердевания отливки при литье в кокиле

Цель. Изучение процесса затвердевания отливки при литье в кокиле

Исполнение. С помощью ЭВМ рассчитать оптимальные параметры технологического процесса литья в кокиль.

Время выполнения работы - 4 часа.

Практическая работа № 2.

Тема: Устранение отбела при литье чугуна в кокиль

Цель. Изучить методику расчета скорости затвердевания чугунной отливки в комбинированном кокиле

Исполнение. Аналитически определить скорости затвердевания расплавленного чугуна в соответствии с индивидуальным заданием. Рассчитать требуемую технологию получения отливки из СЧ без отбела. Сформулировать и записать выводы по работе, а также указать значения параметров требуемого тех. Процесса.

Время выполнения работы - 4 часа.

Практическая работа № 3.

Тема: Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой.

Сухая песчано-глинистая форма

Цель. Анализ теплообмена между отливкой и формой

Исполнение. Самостоятельное решение задач теплообмена

Время выполнения работы - 6 часов.

Практическая работа № 4.

Тема: Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой.

Сырая песчано-глинистая форма

Цель. Анализ процессов тепло- и массообмена

Исполнение. Самостоятельное решение задач тепло- и массообмена

Время выполнения работы - 6 часов.

Лабораторная работа № 5

Тема: Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой.

Двойная форма

Цель. Анализ процессов тепло- и массообмена

Исполнение. Самостоятельное решение задач тепло- и массообмена

Время выполнения работы - 4 часа.

Таблица 3 – Лабораторный практикум и его взаимосвязь с содержанием лекционного курса

№ п/п	№ раздела по разделу лекционных занятий	Наименование лабораторной работы	Часы
1	2	Изучение процесса затвердевания отливки при литье в кокиле	4

2	3	Устранение отбела при литье чугуна в кокиле	4
3	6	Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой. Сухая песчано-глинистая форма	6
4	7	Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой. Сырая песчано-глинистая форма	6
5	9	Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой. Двойная форма	4

3. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Входной контроль – контроль остаточных знаний студентов производится в начале изучения дисциплины в письменной форме в виде вопросов по основным темам дисциплин, на которых базируется изучение дисциплины «Тепловая теория затвердевания отливки»: «Теплотехника», «Физика», «Математика» и др.

Текущий контроль производится по результатам выполнения практических работ.

Выходной контроль производится по результатам экзамена.

3.1. Вопросы входного контроля

1. Диаграммы состояния двойных сплавов.
2. Правило фаз и отрезков.
3. Кривые охлаждения металлов и их сплавов.
4. Решение дифференциальных уравнений.
5. Решение интегральных уравнений.
6. Природа металлических фаз (твердые растворы, химические соединения, электронные соединения).

3.2. Текущий контроль

Вопросы текущего контроля приведены в методических указаниях к лабораторным работам.

3.3. Вопросы выходного контроля

1. Законы Ньютона, Стефана – Больцмана и Фурье.
2. Определение коэффициента теплоотдачи соприкосновением.
3. Теплопередача через стенку.
4. Стенка малой кривизны. Направляющая точка. Критерий Био.
5. Классификация условий литья.
6. анализ температурного поля отливки.
7. Затвердевание отливки при постоянной температуре

Плоская отливка

- закон затвердевания;
- температурное поле отливки;

- количество переданной теплоты;
- линейная скорость затвердевания отливки;
- выбор показателя n .

Цилиндрическая отливка:

- закон затвердевания отливки;
- температурное поле отливки;
- количество переданной теплоты;
- линейная скорость затвердевания отливки;
- выбор показателя n .

Полая цилиндрическая отливка:

- закон затвердевания отливки;
- температурное поле отливки;
- количество переданной теплоты;
- линейная скорость затвердевания отливки;
- выбор показателя n .

Шаровая отливка:

- закон затвердевания отливки;
- температурное поле отливки;
- количество переданной теплоты;
- линейная скорость затвердевания отливки;
- выбор показателя n .

Полая шаровая отливка:

- закон затвердевания отливки;
- температурное поле отливки;
- количество переданной теплоты;
- линейная скорость затвердевания отливки;
- выбор показателя n .

8. Затвердевание отливки в интервале температур кристаллизации

- спектральная теплота кристаллизации;
- удельная теплота кристаллизации;
- эффективная спектральная теплота кристаллизации;
- эффективная удельная теплота кристаллизации;
- удельная и эффективная теплоемкость;
- коэффициент теплопроводности, коэффициент температуропроводности.

9. Метод эквивалентной отливки:

- расчетная схема процесса;
- выбор расчетного значения $\square 1$ и $t_{кр}$;
- закон затвердевания;
- объемное и последовательное затвердевание.

10. Тонкостенный кокиль.

11. Массивный кокиль.

4. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

№ п/п	Автор(автор)	Название	Год издания	Обеспеченность библиотек ой ТОГУ
1.	Г.Ф. Баландин	Теория формирования отливки	1998	
2.	А.И. Вейник	Теория затвердевания отливки	1960	
3.	Ри Э. Х., Ри Хосен	Тепловая теория затвердевания отливки	2001	20
4.	Ри Э. Х.	Тепловая теория затвердевания отливки. Пособие для практических занятий и самостоятельной работы студентов.	2001	20

5. Контроль самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов проводится по результатам выполнения практических и самостоятельных работ.

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для выполнения практических работ, их оформления студенты используют кафедральные компьютеры, множительную технику, расходные материалы, имеющиеся на кафедре.

7. Методические рекомендации изучения дисциплины

Рабочая программа разработана с учетом фактического времени, отведенного для ее изучения. В рабочей программе предусмотрено изучение основ теории теплообмена, законов затвердевания отливки в зависимости от конфигурации и теплофизических свойств металла и литейной формы, при постоянной и в интервале температур кристаллизации.

Лабораторные работы нацелены на формирование знаний студентов о различных условиях затвердевания отливки в металлической и неметаллической формах, упрощениях задач для инженерных расчетов формирования отливки, вычисления параметров процесса затвердевания отливки в зависимости от теплофизических свойств заливаемого металла и формы.

Базовыми дисциплинами являются высшая математика, физика, теория литейных процессов, физическая химия металлургических систем и производств, металловедение, моделирование и организация технологических процессов, физическая химия и т. д.

Программа рассчитана на 102 часа.

Программа составлена в соответствии с государственным стандартом высшего профессионального образования по подготовке специалистов 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов».

8. Словарь терминов

А

Адиабатические процессы – обратимые и необратимые процессы, протекающие при постоянном теплосодержании.

В

Внутренняя энергия – сумма кинетической энергии движения частиц (атомов, молекул или ионов), потенциальной энергии межмолекулярного взаимодействия, энергии взаимодействия электронов и ядер в молекулах и энергии, отвечающей массе покоя частиц согласно уравнению Эйнштейна.

Г

Гомогенная система – система, в которой нет поверхности раздела внутри системы, свойства системы изменяются непрерывно.

Гетерогенная система – система, внутри которой существует поверхность раздела, где происходят резкие скачкообразные изменения свойств (вода – лед).

З

Заполнение формы - первая стадия формирования отливки, связанная с заполнением формы расплавленным металлом. Началом первой стадии надо считать момент соприкосновения первых капель расплава с формой, концом – момент окончания заливки. Длительность первой стадии τ_1 зависит от гидродинамических условий процесса и часто может быть задана технологом.

Затвердевание металла - третья стадия охлаждения отливки, соответствующая затвердеванию металла. В течение этого процесса происходит формирование отливки.

И

Изотермические процессы – обратимые и необратимые процессы, протекающие при постоянной температуре.

Изобарические процессы – обратимые и необратимые процессы, протекающие при постоянном давлении.

Изохорические процессы – обратимые и необратимые процессы, протекающие при постоянном объеме.

K

Критерий Нуссельта N_U – критерий, характеризующий интенсивность теплоотдачи соприкосновением

Критерий Рейнольдса Re – критерий, определяющий интенсивность движения среды

Критерий Прандтля Pr – критерий, характеризующий физические свойства среды

Критерий Грасгофа Gr – критерий, характеризующий интенсивность свободного движения среды (естественная конвекция)

Критерий Bi - в случае теплопередачи через плоскую стенку при стационарном режиме численно равен отношению температурного перепада в теле к температурному напору на поверхности. Он характеризует интенсивность теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.

H

Неравновесное состояние термодинамической системы – состояние системы, изменяющееся со временем, постоянство параметров в каждой точке системы поддерживается внешними по отношению к ней процессами.

O

Однородная система – гомогенная система в состоянии равновесия.

Отвод теплоты перегрева - во второй стадии происходит отвод теплоты перегрева от расплавленного металла. Этот процесс также может сопровождаться затвердеванием отливки. Во второй стадии в отличие от первой в жидком металле вынужденная конвекция отсутствует, но может происходить более или менее интенсивная естественная конвекция, оказывающая влияние на температурное поле отливки.

Охлаждение в форме полностью затвердевшей отливки - после затвердевания всего металла начинается четвертая стадия – охлаждение в форме полностью затвердевшей отливки. При этом происходят определенные фазовые и структурные превращения, изменяются термические напряжения в металле, появляются горячие трещины и т. д. Четвертая стадия заканчивается в момент удаления отливки из формы. Концу четвертой стадии соответствует время τ_4 и определенное температурное поле отливки. Условия, сложившиеся в момент окончания четвертой стадии, являются начальными для пятой стадии.

Охлаждение отливки вне формы - после удаления отливки из формы происходит ее дальнейшее охлаждение в окружающей среде (пятая стадия) – в воздухе цеха, в специальных колодцах, печах и других устройствах. В материале отливки могут происходить различные структурные превращения, изменяться напряжение и т. д. Заканчивается эта стадия при достижении комнатной температуры.

P

Равновесное состояние термодинамической системы – состояние, которое не изменяется со временем, причем эта неизменность не обусловлена протеканием какого-либо внешнего по отношению к системе процесса (равновесное – частный случай стационарного), температура и давление не только постоянны, но и остаются одинаковыми во всех точках системы.

С

Сталь - сплав железа с углеродом и др. элементами.

Свободная энергия – термодинамическая функция для определения равновесия термодинамической системы в процессах, протекающих при постоянных температуре и объеме, поэтому иногда ее называют изохорно-изотермическим потенциалом системы.

Состояние равновесия — это такое состояние, к которому при данных внешних условиях стремится термодинамическая система. Если внешние условия неизменны, то состояние равновесия удерживается в системе сколь угодно долго.

Т

Термодинамическая система – совокупность веществ (твердых, жидких, газообразных), выбранных для изучения и физически или мысленно обособлены от окружающей среды, между которыми происходит либо обмен энергией, либо массой, либо и то, и другое вместе.

Термическое сопротивление теплоотдаче - величины $\frac{1}{\alpha_1}$ и $\frac{1}{\alpha_2}$

Термическое сопротивление стенки – величина $\frac{X}{\lambda}$

Ф

ФХА – это раздел общей химии, в основе которого лежит исследование зависимостей между составом и свойствами равновесных систем, найденные путем опыта такие соотношения изображают графически в виде диаграмм состояния и диаграмм состав – свойство.

Э

Энтальпия – термодинамической функцией состояния системы.

Энтропия – количество рассеянной энергии, отнесенное к 1К данной температуры.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
Тихоокеанский государственный университет

**Институт информационных технологий
Кафедра Литейное производство и технология металлов**

СОГЛАСОВАНО

Директор института
(декан факультета)

_____ Воронин В.В.

“ _____ ” _____ 2008г.

УТВЕРЖДАЮ

Начальник

учебно-методического управления
_____ Иванищев Ю.Г.

“ _____ ” _____ 2008г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Тепловая теория затвердевания отливки

Аббревиатура специальности	Отчетность						Часов занятий									
	экзамен	зачет	КП	КР	РГР	контрольная работа	тест (контр. задание)	учебный план основной траектории		Учебный план специальности (направления) заданной траектории						
								по ГОС	уч. план	переаг	лкц	лбр	прз	ауд	Сам раб	
													всего	на сес.		
ЛП	7								85		34		17	51	34	

Рабочая программа составлена в соответствии с содержанием и требованиями Государственных образовательных стандартов и утвержденной _____ программой дисциплины

Рабочую программу составил _____ Ри Э.Х.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры,

протокол № _____ от « _____ » _____ 2008г.

Заведующий кафедрой _____ « _____ » _____ 2008г.

Подпись

Одобрено Учебно-методической комиссией

Председатель УМКС _____ « _____ » _____ 2008г.

Подпись

Согласовано декан факультета _____ « _____ » _____ 2008г.

подпись

Таблица 1. Тематический план лекционных занятий

№	Раздел дисциплины	Объем часов 110400
1	2	3
1	Некоторые вопросы теорий теплообмена.	4
2	Классификация условий литья.	2
3	Затвердевание плоской отливки при постоянной температуре кристаллизации.	4
4	Затвердевание цилиндрической отливки при постоянной температуре кристаллизации.	4
5	Затвердевание шаровой отливки при постоянной температуре кристаллизации.	4
6	Затвердевание отливки сложной конфигурации при постоянной температуре кристаллизации.	4
7	Законы затвердевания отливки в интервале температур кристаллизации.	4
8	Метод эквивалентной отливки.	4
9	Основные законы затвердевания в тонкостенном и массивном кокиле	4
Итого		34

Таблица 2. Тематический план практических занятий

№ темы	Наименование лабораторной работы	Объем часов 110400
1	Изучение процесса затвердевания отливки при литье в кокиле	2
2	Устранение отбела при литье чугуна в кокиле	2
3	Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой. Сухая песчано-глинистая форма	4
4	Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой. Сырая песчано-глинистая форма	4
5	Изучение теплового взаимодействия между отливкой и формой. Двойная форма	4
Итого		16

