

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 22 » мая 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Кристаллизация и литейные свойства сплавов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.01 Машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Цифровые технологии в машиностроительном производстве  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

получение студентами теоретических знаний о физико-химических процессах, протекающих при кристаллизации литейных и порошковых сплавов

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- литейные сплавы, применяемые в современном машиностроении для изготовления литых заготовок;
- способы предотвращения дефектов в отливках;
- стандартные испытания по определению показателей физико-механических свойств используемых материалов;
- теоретические положения кристаллизации в реальных условиях;
- условия кристаллизации металлов и сплавов;

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3.5	ИД-1ПК-3.5	Знает технические возможности технологического оборудования организации. и методы технологического проектирования заготовок	Знает технические возможности технологического оборудования организации. и методы технологического проектирования.	Зачет
ПК-3.5	ИД-2ПК-3.5	Умеет систематизировать и анализировать информацию о процессах кристаллизации по результатам работы профильного подразделения.	Умеет систематизировать и анализировать информацию по результатам работы профильного подразделения.	Зачет
ПК-3.5	ИД-3ПК-3.5	Владеет навыками проектирования технологических процессов передовых достижений науки и техники, учитывая особенности процессов кристаллизации	Владеет навыками проектирования технологических процессов передовых достижений науки и техники	Зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	36	36	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Кристаллизация металлов и сплавов	6	0	6	22
Тема 1. Условия кристаллизации металлов и сплавов. Термодинамические условия кристаллизации. Образование зародышей твердой фазы. Кинетика кристаллизации. Механизм кристаллизации. Образование дефектов кристаллического строения. Новые представления о строении жидкостей и их кристаллизации.				
Тема 2. Формирование кристаллического строения. Теоретические положения кристаллизации в реальных условиях. Основные положения современных теорий кристаллизации. Влияние условий кристаллизации на структуру отливок.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Свойства металлов и сплавов	12	0	10	50
<p>Тема 3. Формирование макроструктуры отливок.</p> <p>Теоретические положения кристаллизации в реальных условиях. Основные положения современных теорий кристаллизации. Влияние условий кристаллизации на структуру отливок.</p> <p>Тема 4. Управление макроструктурой.</p> <p>Получение отливок с заданной структурой. Величина зерна литых сплавов. Модифицирование сплавов.</p> <p>Тема 5. Управление микроструктурой.</p> <p>Получение отливок с заданной структурой. Модифицирование сплавов.</p> <p>Тема 6. Ликвация в сплавах.</p> <p>Дендритная ликвация. Зональная ликвация.</p> <p>Тема 7. Газы в сплавах.</p> <p>Растворимость газов в расплавленных металлах. Химическое взаимодействие газов с расплавленным металлом. Выделение газов в процессе затвердевания. Дефекты стальных отливок газового характера. Методы устранения газовых дефектов. Рафинирование расплавов. Раскисление металлических расплавов.</p> <p>Тема 8. Неметаллические включения в сплавах.</p> <p>Неметаллические включения. Рафинирование расплавов. Раскисление металлических расплавов.</p> <p>Тема 9. Кристаллизация в особых условиях.</p> <p>Кристаллизация при высоких скоростях охлаждения. Получение монокристаллических изделий. Особенности кристаллизации лопаток авиационных двигателей.</p> <p>Тема 10. Литейные свойства сплавов.</p> <p>Жидкотекучесть. Усадка литейных сплавов. Напряжения в отливках. Горячеломкость сплавов.</p>				
ИТОГО по 2-му семестру	18	0	16	72
ИТОГО по дисциплине	18	0	16	72

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение фазовых диаграмм и фазовых переходов
2	Изучение строения твердых тел
3	Определение дефектов кристаллического строения
4	Изучение макроструктурного строения отливок

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
5	Определение влияние скорости охлаждения сплава на размер его дендритной ячейки
6	Определение величины зерна литых сплавов
7	Определение количества растворенных газов в расплаве и качества рафинирования литейных сплавов
8	Определение жидкотекучести сплавов
9	Определение усадки сплавов

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		

1	Шишляев В. Н. Кристаллизация и литейные свойства сплавов : учебное пособие / В.Н. Шишляев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	74
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Липчин Т.Н. Литейные свойства сплавов : учебное пособие / Т.Н. Липчин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 1993.	12
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Литейное производство : международный научно-технический журнал / Ассоциация литейщиков Украины; Белорусская ассоциация литейщиков; Российская ассоциация литейщиков; Союз литейщиков С.-Петербурга; Камаз-Металлургия; Московский автомобильный завод им. И. А. Лихачёва; АвтоВАЗ. - Москва: Союз-Литье, 1930 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Липчин Т.Н. Литейные свойства сплавов : учебное пособие	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks7067">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks7067</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Шишляев В. Н. Кристаллизация и литейные свойства сплавов : учебное пособие	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks127691">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks127691</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
	Не требуется

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Маркерная доска	1
Практическое занятие	Маркерная доска	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное автономное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Кристаллизация и литейные свойства сплавов»**  
основной профессиональной образовательной программы высшего образования –  
программы магистратуры

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 15.04.01 Машиностроение

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Цифровые технологии в машиностроительном  
производстве

**Квалификация выпускника:** «Магистр»

**Выпускающая кафедра:** Инновационные технологии машиностроения

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 1 **Семестр:** 2

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:	3	3Е
Часов по рабочему учебному плану:	108	ч.

**Виды контроля:** Зачет: 2 - семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины

## **1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения**

### **1.1. Формируемые части компетенций**

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина Б1.В.04«Кристаллизация и литейные свойства сплавов» участвует в формировании одной компетенции: ПК-3.5. В рамках учебного плана образовательной программы на этапе освоения данной учебной дисциплины формируются дисциплинарные части компетенций (табл. 1.1)

### **1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра базового учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ПЗ	Л	РК	Зачет
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>З.1</b> Знает технические возможности технологического оборудования организации. и методы технологического проектирования заготовок	ОПЗ		РКР	РТ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1</b> Умеет систематизировать и анализировать информацию о процессах кристаллизации по результатам работы профильного подразделения.	ОПЗ		РКР	КР
<b>Приобретенные владения</b>				
<b>В.1</b> Владеет навыками проектирования технологических процессов передовых достижений науки и техники, учитывая особенности процессов кристаллизации	ОПЗ		ИКЗ	КЗ

*ОПЗ – отчет по практическому занятию; КР – контрольная работа; ИКЗ – индивидуальное комплексное задание; О – опрос; РТ – рубежный тест; КЗ – комплексное задание зачета.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

### **2.1. Текущий контроль**

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

По темам, имеющим большую теоретическую нагрузку для контроля знаний (табл. 1.1) проводятся контрольные работы. Качество и полнота ответов на вопросы

оценивается по 4-балльной шкале, заносится в книжку преподавателя и учитывается в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты практических работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита практических работ**

Всего запланировано 9 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС магистерской программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Кристаллизация металлов и сплавов», вторая КР по модулю 2 «Свойства металлов и сплавов».

#### **Типовые вопросы первой КР:**

1. Условия кристаллизации металлов и сплавов.
2. Формирование кристаллического строения.

#### **Типовые вопросы второй КР:**

3. Формирование макроструктуры отливок.
4. Управление макроструктурой.
5. Управление микроструктурой.
6. Ликвация в сплавах.
7. Газы в сплавах.
8. Неметаллические включения в сплавах.
9. Кристаллизация в особых условиях.
10. Литейные свойства сплавов.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС магистерской программы.

## **2.3. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета по дисциплине письменно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, и комплексные задания (КЗ) для проверки освоенных умений и контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС магистерской программы.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Термодинамические условия кристаллизации.
2. Влияние условий кристаллизации на структуру отливок.
3. Получение отливок с заданной структурой.
4. Ликвация в сплавах.
5. Химическое взаимодействие газов с расплавленным металлом.
6. Методы устранения газовых дефектов.
7. Раскисление металлических расплавов.
8. Кристаллизация при высоких скоростях охлаждения.
9. Получение монокристаллических изделий.
10. Усадка литейных сплавов.

**Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и контроля приобретенных владений** представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта билетов для зачета хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС магистерской программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций**

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС магистерской программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и

рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС магистерской программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС магистерской программы.

*Типовые комплексные задания для проверки умений и владений*

1. Особенности строения твердых тел
2. Термодинамические условия кристаллизации
3. Влияние условий кристаллизации на структуру отливок