

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 И.Ю.Черникова

« 24 » декабря 20 24 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Современные технологии литейного производства
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 180 (5)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.04.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств
(код и наименование направления)

Направленность: Инновационные технологии аддитивного и литейного
производства
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

формирование комплекса знаний, умений и навыков, в области теории и технологии литья лопаток ГТД из жаропрочных никелевых сплавов, процессов формообразования, средств контроля технологии литья; получения заготовок в литейном производстве

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- системный анализ технологического процесса изготовления отливок;
- технологичность литой детали;
- основные технологические параметры;
- проектирование технологического процесса литья;
- разработка конструкции и расчет литниково-питающих систем;
- дефекты отливок, причины возникновения, способы устранения;
- контроль исходных материалов, параметров технологического процесса, показателей качества отливок.

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-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знает последовательность действий при оценке технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Знает последовательность действий при оценке технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Экзамен
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Умеет использовать САД-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Умеет использовать САД-системы для выявления нетехнологичных элементов конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Курсовой проект

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеет навыками качественной и количественной оценки технологичности конструкции литых заготовок и оснастки для производства лопаток ГТД литьем из жаропрочных никелевых сплавов	Владеет навыками качественной и количественной оценки технологичности конструкции машиностроительных изделий средней сложности	Курсовой проект
ПК-2.5	ИД-1ПК-2.5	Знает параметры технологических процессов получения отливок специальными видами литья и их особенности	Знает параметры технологических процессов получения отливок специальными видами литья и их особенности	Экзамен
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	Умеет определять технологические возможности оборудования для изготовления форм, разрабатывать технологию изготовления форм и стержней с учетом особенностей действующего и нового оборудования	Умеет определять технологические возможности оборудования для изготовления форм, разрабатывать технологию изготовления форм и стержней с учетом особенностей действующего и нового оборудования	Курсовой проект
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	Владеет навыками анализа вариантов формирования внешних и внутренних поверхностей сложной отливки	Владеет навыками анализа вариантов формирования внешних и внутренних поверхностей сложной отливки	Курсовой проект
ПК-4.2	ИД-1ПК-4.2	Знает параметры технологических процессов получения отливок литьем из жаропрочных никелевых сплавов и их особенности; способы заливки форм, их преимущества и недостатки; способы сборки форм, их преимущества и недостатки	Знает параметры технологических процессов получения отливок специальными видами литья и их особенности; способы заливки форм, их преимущества и недостатки; способы сборки форм, их преимущества и недостатки	Экзамен
ПК-4.2	ИД-2ПК-4.2	Умеет выявлять, классифицировать и анализировать дефекты пробной партии изделий литейного цеха; выявлять дефекты изделий	Умеет выявлять, классифицировать и анализировать дефекты пробной партии изделий литейного цеха; выявлять дефекты изделий пробной	Курсовой проект

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		пробной партии и определять причины их возникновения, определять причины проблем при запуске производства; разрабатывать методики и программы контроля качества на каждом из этапов изготовления отливок	партии и определять причины их возникновения, определять причины проблем при запуске производства; разрабатывать методики и программы контроля качества на каждом из этапов изготовления отливок	
ПК-4.2	ИД-ЗПК-4.2	Владеет навыками систематизация, анализа и выявления причин возникновения дефектов отливок пробной партии в литейном цехе, оценки проблем при запуске производства	Владеет навыками систематизация, анализа и выявления причин возникновения дефектов отливок пробной партии в литейном цехе, оценки проблем при запуске производства	Курсовой проект

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	48	48
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:		
- лекции (Л)	16	16
- лабораторные работы (ЛР)		
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	30	30
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
- контрольная работа		
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	96	96
2. Промежуточная аттестация		
Экзамен	36	36
Дифференцированный зачет		
Зачет		
Курсовой проект (КП)	36	36
Курсовая работа (КР)		
Общая трудоемкость дисциплины	180	180

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				
Металлургия литейных жаропрочных сплавов	2	0	4	12
1. Технологические процессы выплавки литейных жаропрочных сплавов. 2. Примеси в литейных жаропрочных сплавах и разработка эффективных способов очистки сплавов. 3. Технология легирования РЗМ литейных жаропрочных сплавов. 4. Разработка технологии производства литейных жаропрочных сплавов.				
Литье турбинных лопаток из никелевых сплавов с равноосной поликристаллической структурой	2	0	4	12
1. Современные конструкции охлаждаемых лопаток. 2. Разработка литейного чертежа лопатки и расчет литейной усадки при проектировании пресс-форм. 3. Конструкция модельного блока и методика расчета литниковой системы. 4. Расчет элементов литниково питающих систем. 5. Технология плавки металла и заливки литейных форм при литье лопаток. 6. Исследования технологии плавки жаропрочных сплавов при переплаве шихтовых заготовок. 7. Технологические свойства жаропрочных сплавов, применяемых для литья ГТД с равноосной структурой. 8. Контроль металлургического качества литых заготовок лопаток.				
Процесс поверхностного модифицирования жаропрочных сплавов	2	0	4	12
1. Теоретические основы процесса измельчения литой структуры с помощью поверхностного модифицирования. 2. Технология поверхностного модифицирования при литье лопаток. 3. Структура и свойства жаропрочных сплавов при литье с поверхностным модифицированием				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Автоматизированное проектирование технологических процессов литья лопаток	2	0	4	12
1. Применение САМ ЛП для проектирования литейной технологии. 2. Пакеты прикладных программ расчетов ЛПС для литья лопаток. 3. Интегрированные системы автоматизированного проектирования литейной технологии.				
Теоретические и экспериментальные основы направленной кристаллизации жаропрочных никелевых сплавов	2	0	4	12
1. Методы направленной кристаллизации при получении лопаток ГТД и ГТУ. 2. Формирование столбчатой структуры в отливках из жаропрочных никелевых сплавов. 3. Связь структуры жаропрочных никелевых сплавов с условиями направленной кристаллизации. 4. Особенности получения турбинных лопаток с монокристаллической структурой. 5. Эксплуатационные свойства лопаток. 6. Крупногабаритные лопатки ГТУ с направленной и монокристаллической структурой. 7. Опытные и серийные установки для направленной кристаллизации отливок из жаропрочных и коррозионностойких сплавов. 8. Отливка лопаток с монокристаллической структурой и проникающим охлаждением.				
Высокоградиентная направленная кристаллизация	2	0	4	12
1. Экспериментальные исследования по разработке процесса высокоградиентной направленной кристаллизации лопаток ГТД. 2. Общие закономерности формирования направленной структуры при высокоградиентной направленной кристаллизации жаропрочных сплавов. 3. Влияние высокоградиентной направленной кристаллизации на структуру, структурную стабильность и микропористость никелевых жаропрочных сплавов. 4. Влияние высокоградиентной направленной кристаллизации на структуру, структурную стабильность, дефекты роста и свойства эвтектических жаропрочных сплавов. 5. Технология получения лопаток ГТД методом высокоградиентной направленной кристаллизации.				
Керамические формы и стержни для литья охлаждаемых лопаток с равноосной, направленной	2	0	4	12

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>столбчатой и монокристаллической структурами</p> <p>1. Общие и специальные требования к керамическим материалам стержня, оболочковой формы и тигля.</p> <p>2. Технология изготовления, свойства и применение керамических стержней.</p> <p>3. Технология изготовления и свойства оболочковых форм.</p> <p>4. Взаимодействие оболочковых форм и керамических стержней с расплавленным металлом при равноосной и направленной кристаллизации.</p> <p>5. Обеспечение точности толщин стенок охлаждаемых лопаток.</p> <p>6. Получение и основные эксплуатационные свойства керамических тиглей.</p> <p>7. Технология и оборудование для удаления стержней и оболочковых форм.</p>				
Контроль качества литых охлаждаемых лопаток	2	0	2	12
<p>1. Рентгенографический метод.</p> <p>2. Капиллярный метод.</p> <p>3. Ультразвуковой метод.</p> <p>4. Метод рентгеновской вычислительной томографии.</p> <p>5. Тепловизионный метод.</p> <p>6. Электропотенциальный метод.</p> <p>7. Реолого-резистивный метод.</p> <p>8. Контроль керамических стержней и оболочковых форм.</p> <p>9. Контроль технологических параметров процесса изготовления керамических стержней и оболочковых форм.</p> <p>10. Контроль тиглей.</p>				
ИТОГО по 2-му семестру	16	0	30	96
ИТОГО по дисциплине	16	0	30	96

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Структура и фазовый состав жаропрочных никелевых сплавов
2	Структурная стабильность и жаропрочность
3	Термическая обработка

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
4	Разработка технологии производства литейных жаропрочных сплавов
5	Разработка литейного чертежа лопатки и расчет литейной усадки при проектировании пресс-форм
6	Расчет элементов литниково питающих систем
7	Конструирование модельного блока
8	Применение САМ ЛП для проектирования литейной технологии

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Разработка технологического процесса получения лопатки ГТД из жаропрочного никелевого сплава с равноосной поликристаллической структурой
2	Разработка технологического процесса получения лопатки ГТД из жаропрочного никелевого сплава с направленной столбчатой структурой
3	Разработка технологического процесса получения лопатки ГТД из жаропрочного никелевого сплава с монокристаллической структурой

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>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.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
--

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, 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
1. Основная литература		
1	Литые лопатки газотурбинных двигателей: сплавы, технологии, покрытия. 2-е изд. Москва : Наука, 2006. 631 с. 51,34 усл. печ. л.	3
2	Литье по выплавляемым моделям отливок авиационно-космического назначения : учебное пособие / Максютин Л. Г., Шилов А. В., Звездин В. Л., Коряковцев А. С. Пермь : ПГТУ, 2005. 139 с.	9
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Воронин Ю. Ф. Повышение качества литья. Системный подход. Москва : Машиностроение-1, 2007. 262 с.	2
2	Жаропрочные сплавы : пер. с англ. / Фоулей Р. У., Дэкер Р. Ф., Симс Ч. Т., Столофф Н. С. Москва : Металлургия, 1976. 567 с.	4
3	Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С. Т. Кишкина : научно-технический сборник. Москва : Наука, 2006. 272 с. 17,06 усл. печ. л.	2
4	Рахманкулов М. М., Парашенко В. М. Технология литья жаропрочных сплавов. Москва : Интернет Инжиниринг, 2000. 463 с.	1
2.2. Периодические издания		
1	Литейное производство : международный научно-технический журнал. Москва : Союз-Литье, 1930 - .	
2	Литейщик России. 2002. № 1 : научно-технический журнал. Москва : Рос. ассоц. литейщиков, 2002.	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		

	Не используется	
--	-----------------	--

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Гини Э. Ч. Специальные технологии литья : учебник для вузов / Э. Ч. Гини, А. М. Зарубин, В. А. Рыбкин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks147843	локальная сеть; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	Autodesk Inventor Professional 2019 Education Multi-seat Stand-alone Single-user (s/n 564-05679252)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ESI Group ProCAST (лиц.соглашение от 18.12.2009)

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	https://elib.pstu.ru/
Образовательная платформа Юрайт	https://urait.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRsmart	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	локальная сеть
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	http://325290.inkip.ru/docs

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	персональный компьютер	1
Лекция	Доска маркерная	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	20
Практическое занятие	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе