

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»
Институт новых материалов и технологий


« _____ » УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
_____ 2022 г.

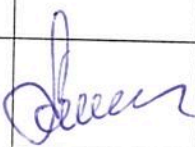


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Порошковая металлургия и композиционные материалы

Перечень сведений о программе аспирантуры	Учетные данные
Программа аспирантуры Порошковая металлургия и композиционные материалы	Код ПА 2.6.5
Группа специальностей Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Код 2.6.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

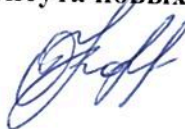
Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Финкельштейн Аркадий Борисович	Д.т.н., доцент	Профессор	Кафедра литейного производства и упрочняющих технологий	

Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий

Председатель учебно-методического совета
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.
Согласовано:



[О.Ю. Корниенко]

Начальник ОПНПК



[Е.А. Бутрина]

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

1.1. Аннотация дисциплины

Дисциплина - «Порошковая металлургия и композиционные материалы» относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель изучения дисциплины - формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, умений и навыков (компетенций) в области порошковой металлургии и композиционных материалов, ориентированного на отрасли металлургии и машиностроения.

Задачи дисциплины:

- сформировать у аспирантов представление об основных трендах развития технологий порошковой металлургии и композиционных материалов;
- определить четкие представления о взаимосвязи технологии производства порошковых и композиционных материалов с областью их применения;
- умение прогнозирования технологических, механических, функциональных свойств порошковых и композиционных материалов;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при решении конкретной научно-технической задачи при выполнении диссертационной работы.

1.2. Язык реализации дисциплины - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результаты освоения дисциплины направлены на сдачу кандидатского экзамена по специальности 2.6.5. «Порошковая металлургия и композиционные материалы», а также используются при научно-исследовательской деятельности аспирантов и выполнении квалификационных работ (диссертации).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- области применения композиционных и порошковых материалов;
- процессы производства порошковых и композиционных материалов;
- методы и приборы для контроля свойств порошков, волокон, усов, матричных материалов и их композиций;
- процессы подготовки порошков и армирующих компонентов композиционных материалов;
- процессы формования изделий из порошков;
- технологии получения композиционных материалов ex-situ
- физико-химические принципы получения композиционных материалов in-situ.

Уметь:

- правильно выбрать конкретный материал для деталей, работающих в заданных условиях;
- решать теоретические и прикладные проблемы процессов получения и применения порошковых и композиционных материалов;
- определять, систематизировать и получать необходимые данные в сфере своей деятельности с использованием новейших методов исследования и фундаментальных знаний;

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- навыками разработки новых, оригинальных и высокоэффективных технологий получения современных порошковых и композиционных материалов, в том числе наноматериалов.

1.4.Трудоемкость дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1,5	104
4.	Промежуточная аттестация	36	1	Экзамен
5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,5	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Порошковая металлургия	
P1.1	Основы производства порошков, спеченных материалов	Развернутые типовые характеристики схемы производства спеченных изделий: получение исходных порошков, их смешение, формование (прессование), спекание, последующая обработка. Сущности и назначение основных производственных операций.
P1.2	Процессы производства. Методы и приборы для контроля порошков	Классификация и основные характеристики наиболее распространенных процессов производства порошков. Основные методы исследования и контроля свойств порошков. Механические методы производства порошков (резание, размол в шаровых, вихревых, вибрационных, планетарных и других мельницах, атриторах). Роль среды при измельчении. Поверхностно-активные вещества. Принципы конструкции и действия мельниц, атриторов. Применение их при производстве порошков. Приготовление порошков распылением жидких металлов, сплавов и соединений. Общая характеристика методов распыления. Производство порошков восстановлением водородом, углеродом, металлами. Классификация методов восстановления порошков металлов по типу исходного сырья (окислы, соли), применяемых восстановителей и оборудования. Основные промышленные способы получения порошков железа, кобальта, тугоплавких металлов и их сплавов и соединений восстановлением углеродом, водородом, металлами. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Совмещение процессов восстановления и химико-термической обработки. Приготовление порошков тугоплавких соединений (карбидов, боридов, нитридов, силицидов, гидридов). Оборудование для производства порошков восстановлением. Плазменные процессы восстановления порошков, их особенности. Порошки, при-

		готовляемые этим методом, и их характеристики. Конструкции установок. Связь между физическими и технологическими свойствами порошков. Требования, предъявляемые к порошкам в производстве заготовок и изделий из них. Транспортировка и хранение порошков.
P1.3	Процессы подготовки и смешивания порошков	Отжиг, гомогенизация, довосстановление, физико-химическая сущность и практика технологии. Классификация и разделение порошков на фракции по размерам частиц, составление смесей. Смешивание порошков в смесительных барабанах, шаровых, вибрационных мельницах и другими методами. Укрупнение партий (усреднение). Введение смазывающих, пластифицирующих и склеивающих веществ для улучшения условий формования.
P1.4	Процессы формования заготовок и изделий из порошков, методы и приборы контроля	Классификация методов формования. Общая характеристика основных явлений, наблюдаемых при уплотнении порошков. Внешнее и межчастичное трение, боковое давление, распределение плотности по объему брикета, упругое последствие. Распределение напряжений и плотности при прессовании изделий сложной формы. Технология холодного прессования в закрытых пресс-формах. Дозировка и засыпка шихты в полость пресс-формы. Методы получения равномерной плотности при прессовании деталей сложной формы. Свойства спрессованных брикетов. Упругое последствие, пористость, прочность, твердость, электропроводность. Пресс-формы для холодного прессования. Классификация пресс-форм, для прессования деталей различной сложности и их особенности. Элементы конструкций пресс-форм, обеспечивающие заполнение полости матрицы порошком и выталкивание спрессованного брикета. Прессы для холодного прессования в закрытых пресс-формах. Автоматические пресс-формы. Специализированные пресс-автоматы. Виды брака при прессовании, их причины и устранение. Техника безопасности при формовании заготовок. Методы и приборы контроля. Определение усадки, пористости, механических и других свойств штабиков из формованных заготовок. Методы и приборы для контроля.
P1.5	Спекание	Сущность и технические задачи спекания. Классификация типов процессов спекания. Общие сведения о различных типах дефектов в кристаллах и причинах их возникновения: подвижность атомов, диффузия, крип и рекристаллизация в металлах и сплавах. Ползучесть кристаллических тел при высоких температурах. Механизм перемещения вакансий и дислокаций, их взаимодействия. Поверхностное натяжение как движущая сила спекания. Капиллярное давление. Изменение свободной поверхности и усадка при спекании. Закономерности усадки при спекании. Основные стадии процесса спекания. Взаимное припекание твердых тел, контактирующих по плоскости и в точке. Закономерности и кинетика спекания многокомпонентных систем без образования жидкой фазы. Особенности усадки при спекании систем с образованием твердых растворов и интерметаллических соединений с учетом влияния гетеродиффузии. Закономерности и кинетика спекания систем в присутствии жидкой фазы. Механизм спекания, поверхностное натяжение на границе твердого и расплавленного металлов, перекристал-

		лизация через жидкую фазу. Закономерности спекания под давлением, горячего прессования. Структура и свойства спеченных изделий. Их зависимость от условий спекания и характеристики исходных порошков. Различия и сходство в свойствах, структуре и составе спеченных и литых металлов и сплавов.
P2	Порошковые материалы	Подшипники. Бронзографитовые и железографитовые материалы. Основы технологии производства пористых подшипников. Эксплуатационные характеристики пористых подшипников. Металлические фильтры. Общая характеристика спеченных фильтров и их основные свойства. Уплотнительные материалы для газовых турбин. Электроды и пластины аккумуляторов для электрохимических производств. Уплотнительные материалы для химического машиностроения и зачеканки труб. Спеченные материалы для охлаждения выпотеванием, высокопористые металлические материалы (ВПЯМ). Классификация магнитных материалов, магнитодиэлектрики, магнитомягкие материалы, ферриты, получаемые методами порошковой металлургии. Технологические примеры производства конструкционных деталей: шестерни, поршневые кольца, шаблоны, детали бытовых машин. Тугоплавкие металлы. Вольфрам и молибден. Требования к исходным порошкам, применяемым для получения компактных ковких металлов. Влияние технологии прессования и спекания на свойства. Влияние искусственных присадок на свойства металлов. Общая характеристика спеченных твердых сплавов и их классификация. Области применения. Типовая технологическая схема производства спеченных твердых сплавов. Безвольфрамовые твердые сплавы. Классификация, технология изготовления, свойства, области применения. Минералокерамические твердые сплавы. Составы, технология их изготовления, свойства, области применения. Жаропрочные и жаростойкие спеченные материалы. Жаропрочные материалы и псевдосплавы. Принцип создания жаропрочных материалов. Жаропрочные соединения на основе тугоплавких металлов и соединений.
P3	Композиционные материалы	
P3.1	Классификация композиционных материалов	Дисперсно-упрочненные, многослойные, волоконные и направленно закристаллизованные композиты. Основные задачи, решаемые применением композитов в конструкциях. Понятие о матрице, и арматуре, их функции в композите и требования, предъявляемые к ним. Физико-химическое взаимодействие компонентов композита между собой. Классификация композитов по типу взаимодействия его компонентов. Понятие о термодинамической, кинетической и механической совместимости компонентов композита. Термические и фазовые напряжения в композитах. Пути оптимизации взаимодействия компонентов композита. Дисперсно-упрочненные композиты. Механизм повышения сопротивления пластической деформации и упрочнения композитов частицами. Основные принципы выбора армирующих компонентов.
P3.2	Армирующие ком-	Волокна из металлов и сплавов (сталь, бериллий, вольфрама,

	поненты компози- тов	титан и др.), неметаллов (углерод и бор), керамики (корунд, алюмосиликаты, кварц), стекла Е и стекла S; органических веществ (лавсан, кевлар, полиэтилен и др.). Технология производства волокон. Производство ткани из волокон. Технология изготовления коротких волокон (усов). Углеродные и не углеродные нанотрубки. Многослойные и однослойные, технология изготовления, применение. Технология подготовки наполнителей для обеспечения смачивания, адгезии, предотвращения химической реакции с матрицей и т.п.
Р3.3	Технологии металломатричных композиционных материалов	Технологии получения металломатричных композиционных материалов: - твердофазная - порошковая металлургия (спекание) - твердофазно – жидкофазная – пропитка, диспергирование, в том числе с химической реакцией между прекурсором и расплавом. жидкофазная – эвтектические композиты, химические реакции взаимодействия между металлом и прекурсором в шлаке жидкофазно-газофазная – химическая реакция взаимодействия при барботаже, взаимодействии с печной атмосферой. Совместимость компонентов в композиционных материалах . . . Физико-химические, гидравлические, теплофизические аспекты формирования структуры и свойств композиционных материалов. Примеры получения и применения композиционных материалов.
Р3.4	Технологии полимерноматричных композиционных материалов	Смолы для полимерноматричных композиционных материалов, литейные свойства, механизм полимеризации. Инициаторы и активаторы. Технологии пропитки: одностадийная - экструзия и «мокрая» намотка, пултрузия (протяжка), вакуумное формование; двухстадийная: Использование премиксов в виде гранул, таблеток, дозирующихся волокнитов или в виде сырьевой массы. Использование препрегов. Технология получения препрегов: – пропиткой при помощи контактного валика; – рулонной пропиткой; – центробежной пропиткой; – напылением (пульверизацией); – пропитка с использованием связующих в виде эластичных пленок. Механизм взаимодействия компонентов ПКМ Упругопрочностные свойства композитов Определение оптимальных размеров частиц наполнителя Выбор формы частиц наполнителя Подбор компонентов с оптимальным соотношением механических характеристик Определение оптимальной степени наполнения. Гибридные и градиентно-армированные пластики.
Р4	Пористые литые материалы	Материалы для пористых литых металлов. Технологии вспенивания, пропитки, шликерного литья, комбинированные технологические процессы. Физико-химические, теплофизические, гидростатические закономерности формирования пористой структуры. Влияние технологии производства на эксплуатационные свойства пористых материалов. Применение пористых материалов.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

1. Современное состояние химических технологий порошков.
2. Современное состояние получения порошков распылением.
3. Современное состояние получения порошков размолом.
4. Современное состояние технологии металлополимерных композитов.
5. Современное состояние технологии алюмоматричных дисперсно-упрочненных композитов.
6. Современное состояние технологии композиционных материалов ex situ.
7. Современное состояние технологии композиционных материалов in situ.
8. Современное состояние технологии производства нанотрубок.
9. Современное состояние технологии пропитки направленно-армированных композитов.
10. Современное состояние технологии эвтектических композитов.

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в не-	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)

	числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	предсказуемо изменяющейся ситуации	
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Роль технологии порошковой металлургии в создании материалов общемашиностроительного и специального назначения
2. Перспективные методы получения легированных металлических порошков
3. Методы получения наноразмерных металлических порошков
4. Методы получения порошков сферической формы для аддитивных технологий
5. Направления использования наноразмерных металлических порошков и порошков неметаллических материалов в технологии порошковой металлургии
6. Инжекционное формование металлических и керамических порошков
7. Современные технологии изостатического формования металлических и керамических порошков
8. Способы активирования процесса спекания металлических порошков
9. Влияние количества наноразмерной добавки на результаты изотермического спекания порошкового материала
10. Особенности формования и спекания бидисперсных (бимодальных) порошковых смесей
11. Современные аддитивные технологии 3d- производства сложно-профильных деталей и изделий. Технологии селективного лазерного плавления (СЛП), селективного лазерного спекания (прямое выращивание) (СЛС), селективного электронно-лучевого плавления (СЭЛП), гибридные аддитивные технологии.
12. Основные виды оборудования для формования металлических порошков
13. Виды дополнительной обработки порошковых материалов после спекания
14. Особенности термической и химико-термической обработки порошковых материалов по сравнению с материалами, полученными из литых заготовок
15. Методы расчета упругих характеристик композиционных материалов
16. Требования, предъявляемые к армирующим волокнам и материалу матриц.
17. Макромеханический подход к рассмотрению КМ. Закон Гука.
18. Модули нормальной упругости в направлении оси волокна и в перпендикулярном направлении.
19. Коэффициент Пуассона и модуль сдвига для однонаправлено армированных композиционных материалов.
20. Прочность КМ, армированных непрерывными и дискретными волокнами.
21. Композиционные материалы, армированные дискретными волокнами. Критическая длина волокон
22. Распределение напряжений по длине волокон
23. Статистическая модель разрушения композиционных материалов
24. Статистическая прочность композиционных материалов
25. Формирование и развитие трещин в КМ

26. Термодинамическая и кинетическая совместимость компонентов в КМ.
27. Виды межфазного взаимодействия.
28. Влияние поверхности раздела на прочность и характер разрушения
29. Типы связей между компонентами
30. Процессы диффузии между компонентами КМ. Уравнения Фика.
31. Диффузия через плоскую поверхность. Диффузия из бесконечно тонкого 10 слоя в неограниченный образец.
32. Поверхностная энергия твердых тел
33. Свободная поверхностная энергия на границе твердое тело - жидкость
34. Требования, предъявляемые к процессам получения композиционных материалов.
35. Углерод-углеродные композиционные материалы

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Кипарисов, С. С. Порошковая металлургия : учебник : / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Металлургия, 1980. – 495 с. :
2. Костиков, В. И. Технология композиционных материалов: учебное пособие / В. И. Костиков, Ж. В. Еремеева. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 484 с.
3. Физикохимия неорганических композиционных материалов : учебное пособие / А. И. Хацринов, Ю. А. Хацринова, А. З. Сулейманова, О. Ю. Хацринова ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016. – 116 с
4. Порошковая металлургия и напыленные покрытия : Учеб. для вузов / В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин и др. — М. : Металлургия, 1987. — 792 с.
5. Гессингер, Гернот Х. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов / Г. Х. Гессингер ; пер. с англ. В. С. Казанского под ред. Ю. В. Манегина, В. Н. Плечева. — Челябинск : Металлургия, 1988. — 318 с
6. Герман, Рендал М. Порошковая металлургия от А до Я : [учеб.-справ. рук.] / Р. Герман ; пер. с англ. Г. А. Либенсона, О. В. Падалко ; под ред. О. В. Падалко. — Долгопрудный : Интеллект, 2009. — 336 с.
7. Порошковая металлургия и высокотемпературные материалы / М. Кумар, С. Б. Экбоут, Р. К. Суд [и др.] ; под. ред. П. Рамакришнана ; пер. с англ. А. Н. Штейнберга. — Челябинск : Металлургия, 1990. — 351 с.
8. Композиционные материалы : Справочник / В.В. Васильев и др. ; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. — М. : Машиностроение, 1990. — 510с
9. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технологии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технол. перераб. пласт. масс и эластомеров" / [М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин и др.] ; под ред. А. А. Берлина. — Санкт-Петербург : Профессия, 2008. — 560 с.
10. Затуловский, С.С. Литые композиционные материалы / С. С. Затуловский, В. Я. Кезик, Р. К. Иванова. — Киев : Тэхника, 1990. — 235 с. :

5.1.2. Дополнительная литература

1. Семенов, С. А. Металлополимерные композиционные материалы : учебное пособие / С. А. Семенов, Г. И. Джардималиева. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 95 с.
2. Брытков, Е. В. Механика композиционных материалов : учебное пособие / Е. В. Брытков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2021. — 66 с.
3. Гаршин, А. П. Композиционные материалы в машиностроении. Керамические материалы / А. П. Гаршин, Г. П. Зайцев ; Под ред.: Гаршин А. П.. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 412 с.

4. Основные характеристики волокнистых, нитевидных и тканых наполнителей композиционных материалов : учебное пособие / Г. Г. Богатеев, К. В. Микрюков, Д. Г. Богатеев, В. Х. Абдуллина ; под ред. И. А. Абдуллина ; Казанский государственный технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2010. – 131 с. :
5. Алымов М.И. Порошковая металлургия нанокристаллических материалов / М. И. Алымов .— М. : Наука, 2007 .— 168 с
6. Костиков В.И. Композиционные материалы на основе алюминиевых сплавов, армированных углеродными волокнами / В.И. Костиков, А.Н. Варенков .— М. : ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ, 2000 .— 446 с.

5.2. Методические разработки

Не используются.

5.3. Программное обеспечение

Электронные таблицы MS Excel, MS Word, MS PowerPoint

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. – Режим доступа:

<http://study.urfu.ru/info/>, свободный. – Загл. с экрана.

- Электронная база нормативных документов ГОСТЭКСПЕРТ. – Режим доступа : <http://gostexpert.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

- Поисковые системы: www.yandex.ru, google.ru www.rambler.ru,

5.5. Электронные образовательные ресурсы

Все аспиранты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Elsevier B.V. БД Reaxys Договор № 1-3839832505 от 20.02.2013;
2. ООО «Первое Независимое Рейтинговое Агентство» ИПС FIRAPRO Договор № 43-12/370-2013 от 23.05.2013;
3. EBSCO Industries, Inc БД Business Source Complete Договор № 624 от 02.07.2013;
4. EBSCO Industries, Inc БД EBSCO Discovery Service Договор № 625 от 02.07.2013;
5. Elsevier B.V. БД Freedom Collection Договор № 1-4412061361 от 26.04.2013;
6. НП «НЭИКОН», БД компании Thomson Reuters, Web of Science в составе: БД Citation Index Expanded, БД Social Sciences Index, БД Art & Humanities Citation Index, Journal Citation Reports, Conference Proceedings Citation Index Договор № 43-12/456-2013 от 12.07.2013;
7. ЗАО «КОНЭК», БД компании ProQuest, БД диссертаций ProQuest Digital Dissertations and Theses;
8. БД библиотеки компании ProQuest, БД Emerald Journals 95, Emerald eBooks Series, Emerald Engineering Договор № 43-12/761-2013 от 12.09.2013;
9. EBSCO Industries, Inc, БД Inspec, БД Applied Science & Tech Source (upgrade CASC) Договор № 43-12/762-2013 от 30.08.2013;
10. ООО «Научная электронная библиотека» Система SCIENCEINDEX Договор № 43-12/615-2013 от 01.08.2013;
11. ООО «Издательство Лань» ЭБС Лань Договор № 43-12/808-2013 от 13.09.2013;
12. ООО «Директ-Медиа», ЭБС «Университетская библиотека онлайн» Договор № 167-07/13 от 13.09.2013;
13. НП «НЭИКОН» ЭР EBSCO Publishing Договор № 43-12/1176-2013 от 02.12.2013;
14. НО БФ «Фонд содействия развитию УГТУ-УПИ» ООО Компания «Кодекс-Люкс» Договор № 68/1354 от 25.11.2013;
15. НП «НЭИКОН» БД Questel ORBIT Договор № 43-12/1099-2013 от 06.11.2013;
16. НП «НЭИКОН» AIP Nature Journals Договор № 43-12/1354-2013 от 16.12.2013;
17. НП «НЭИКОН», ACS, Cambridge University Press Договор № 43-12/1474-2013 от 15.11.2013
18. Elsevier B.V. БД Scopus Договор № 1-5608083155 от 11.11.2013;

19. НП «НЭИКОН», БД JSTOR, БД ACM Договор № 43-12/1585-2013 от 25.12.2013;
20. НП «НЭИКОН», БДОXFORDREFERENCEONLINE Договор № 43-12/1586-2013 от 26.12.2013;
21. ООО «НЭИКОН», ООО «Ивис», ООО «Твинком», ООО «Интегрум Медиа» Договор № 43-12/1226-2013 от 01.11.2013.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

1. Лекционная аудитория Мт-133, оборудованная средствами электронной презентации.
2. Учебно-исследовательская лаборатория кафедры ОМД: прокатные станы 130, 200, 120, трубопрокатные станы, волочильные станы, гидравлический горизонтальный пресс, вертикальные гидравлические и кривошипный прессы. Рабочий и измерительный инструмент: сменные валки, бойки, матрицы, волокни, валковая арматура, линейки, штангенциркули. Измерительная аппаратура: мессдозы, блоки питания и балансировки, компьютерная техника и программное обеспечение для обработки результатов. Образцы и заготовки из специальных сплавов для моделирования процессов пластической деформации.
3. Учебно- исследовательская лаборатория кафедры ЛПиУТ: печи термические камерные 20 л до 1000 °С, печь плавильная шахтная 0,5 л до 1000 °С, печь индукционная 0,5 л до 1700 °С, печь Таммана 1 л до 2000 °С, газобаллонное оборудование для продувки, средства измерения температуры (термоэлектрические преобразователи), спектрометры Аргон – 5СФ и Spectromax, смесители лабораторные, гранулометрические анализаторы.