

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  
12 2022 г.

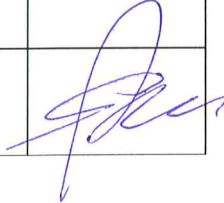
## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Технологии и машины обработки давлением

Перечень сведений о программе аспирантуры	Учетные данные
<b>Программа аспирантуры</b> Технологии и машины обработки давлением	<b>Код ПА</b> 2.5.7.
<b>Группа специальностей</b> Машиностроение	<b>Код</b> 2.5.
<b>Федеральные государственные требования (ФГТ)</b>	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
<b>Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)</b>	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	Раскатов Евгений Юрьевич	Д.т.н., доцент	Заведующий кафедрой	Кафедра металлургических и роторных машин	

**Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий**

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



О.Ю. Корниенко

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ»

## 1.1. Аннотация дисциплины

Дисциплина «Технологии и машины обработки давлением» относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель дисциплины – формирование у аспиранта углубленных профессиональных знаний, умений и навыков в области технологий и оборудования обработки давлением, применяемых в машиностроении.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- сформировать у аспиранта комплекс фундаментальных знаний в области наук, составляющих теоретическую основу специальности, умения прогнозировать развитие научных исследований, технологий и технологического оборудования, обладающих новизной и практической ценностью;

- обучить аспиранта методологии теоретического и экспериментального исследования, диагностирования, моделирования и оптимизации процессов обработки давлением и технологического оборудования;

- обучить аспиранта методологии инженерно-технического творчества, сформировать у него навыки генерации инновационных идей в создании новых технологий и технологического оборудования.

## 1.2. Язык реализации дисциплины – русский

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Результаты освоения дисциплины направлены на сдачу кандидатского экзамена по специальности 2.5.7. «Технологии и машины обработки давлением», а также используются при научно-исследовательской деятельности и подготовке аспирантами диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### **Знать:**

- теоретические и технологические основы процессов обработки металлов давлением;
- теорию и основы проектирования машин для обработки металлов давлением.

### **Уметь:**

- строить математические модели процессов обработки давлением с применением современных прикладных программных средств;
- производить оценку напряженного и деформированного состояния инструмента для обработки давлением;
- выполнять экспериментальные исследования в области пластической деформации.

### **Владеть:**

- методикой построения математических моделей процессов обработки давлением;
- современными прикладными программными средствами для решения практических задач выбора технологий обработки давлением и средств их технологического оснащения;
- методикой экспериментальных исследования пластической деформации.

#### 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	Теория и технологические основы процессов обработки металлов давлением	<p>Физические основы пластической деформации. Строение металлов. Типы кристаллических решеток. Дефекты кристаллических решеток. Математическая модель взаимодействия двух атомов в кристаллической структуре: изменение потенциальной энергии и сил взаимодействия в зависимости от расстояния между атомами. Вычисление на основе математической модели взаимодействий двух атомов модуля упругости, частоты собственных колебаний атомов, коэффициента линейного расширения, критического касательного напряжения, необходимого для пластической деформации скольжения.</p> <p>Дислокации, их виды. Возникновение дислокаций. Силы взаимодействия двух дислокаций, расположенных в параллельных плоскостях, источники появления дислокаций в результате пластической деформации. Плотность дислокаций. Взаимодействие пересекающихся дислокаций.</p> <p>Холодная пластическая деформация моно- и поликристаллов. Влияние границ зерен. Упрочнение металлов, кривые упрочнения. Эффект Баушингера, остаточные напряжения и накопление потенциальной энергии, текстуры пластической деформации, анизотропия свойств.</p> <p>Температурный фактор. Влияние температуры на процессы, протекающие в кристаллических структурах. Второй закон термодинамики и направленная диффузия атомов. Рост зерен. Факторы, влияющие на размер зерен: температура, степень пластической деформации. Диаграммы рекристаллизации.</p> <p>Виды деформации. Понятия холодной, неполной холодной, горячей и неполной горячей пластической деформации, преимущества и недостатки указанных видов деформаций.</p> <p>Пластичность и деформируемость металлов и сплавов.</p>

		<p>Влияние химического и фазового состава на пластичность металлов и сплавов. Влияние структуры и ее неоднородности на пластичность металлов и сплавов. Влияние на пластичность температурно-скоростных режимов пластического деформирования; схемы напряженного состояния. Пластичность металлов в поле сверхвысокого гидростатического давления. Особенности поведения тел с нанокристаллической структурой при обработке давлением. Сверхпластичность сплавов и возможности ее использования при обработке давлением.</p> <p>Основы механики обработки металлов давлением, теплофизики. Элементы теории напряженно-деформированного состояния. Компоненты тензоров напряжений, деформаций, скоростей деформаций, их инвариантные характеристики. Круги Мора для напряжений и деформаций. Условие сплошности материала. Дифференциальные уравнения равновесия. Соотношения между напряжениями, относительными деформациями и скоростями относительных деформаций при упругой и пластической деформации. Обобщенный закон Гука. Условия пластичности: энергетическое, постоянства максимальных касательных напряжений. Учет упрочнения в условиях пластичности. Частные случаи напряженно-деформированного состояния: плоская деформация, плосконапряженное состояние.</p> <p>Трение при ОМД. Механизм контактного трения. Влияние физико-химического состояния поверхностей заготовки и инструмента, температуры, скорости деформирования и нагрузок на величину сил, вызываемых трением. Законы трения. Жидкостное трение и гидродинамический эффект. Технологические смазывающие материалы.</p> <p>Разрушение при пластическом деформировании. Накопление повреждений. Предельные диаграммы пластичности и их использование при расчетах технологических процессов обработки давлением. Восстановление запаса пластичности. Пластичность металла в условиях горячей деформации.</p> <p>Уравнения теплопроводности и их использование при решении технологических задач.</p> <p>Граничные условия при решении задачи нагрева и охлаждения. Методы решения задачи расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) при развитом пластическом течении.</p> <p>Граничные условия при решении задачи расчета НДС.</p> <p>Инженерный метод. Метод приближенных (одномерных) уравнений пластического равновесия. Основные допущения при построении приближенных уравнений равновесия и состояния пластичности. Определение деформирующей силы на примере операции осадки цилиндрической заготовки.</p> <p>Метод линий скольжения (характеристик). Способы построения сеток линий скольжения на основе теорем Генки, Прандтля и матрично-операторный метод. Свойства линий скольжения, годограф скоростей. Определение напряжения и удельной деформирующей силы для осадки бесконечно длинной заготовки между двумя шероховатыми плитами.</p> <p>Вариационный энергетический метод. Понятие функционала, функционалы Лагранжа, Костельяно, Колмогорова. Постановка задачи, основное вариационное уравнение. Примеры выбора кинематически возможных полей скоростей. Граничные условия, разрывы скоростей. Верхняя и нижняя оценки деформирующих сил. Решение краевой задачи дискретизацией очага деформации. Конечно-разностный метод. Метод конечного элемента. Применение метода конечных элементов в поле переменных температур. Метод граничного элемента.</p> <p>Динамические задачи обработки давлением.</p>
--	--	---

		<p>Моделирование процессов ОМД. Математическое и физическое моделирование технологических процессов обработки давлением, их оптимизация. Управление процессами.</p> <p>Особенности технологических процессов пластической деформации. Характерные особенности термомеханических режимов пластического деформирования специальных сплавов: быстрорежущих, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей, алюминиевых сплавов, медных сплавов, титановых сплавов.</p> <p>Основные положения для выбора материала инструмента. Учет температурных и силовых условий его эксплуатации.</p> <p>Экспериментальные методы исследования пластической деформации.</p> <p>Метод координатных сеток. Методика обработки измерения деформаций, поляризационно-оптический и метод муара, их использование при расчете напряжений методом «визиопластичности». Методы и аппаратура для измерения сил деформирования, моментов, контактных напряжений. Методы и средства измерения температуры деформируемого металла. Влияние силового, теплового, скоростного (импульсного или динамического), электроэнергетического и магнитосилового и др. возможных воздействий на механические характеристики материалов и их технологические свойства.</p>
P2	Теория и основы проектирования машин для обработки металлов давлением	<p>Основы механики машин. Классификация типовых исполнительных механизмов машин дискретного и непрерывного действия для обработки металлов давлением.</p> <p>Кинематика кривошипно-шатунного механизма кривошипного пресса, влияние конструктивных параметров. Кинематика универсальных шарниров в шпинделях прокатных станков. Учет сил трения в кинематических парах, учет сил инерции. Статика кривошипно-шатунного механизма пресса. Расчет передаваемого крутящего момента. Анализ условий заклинивания. Этапы энергетических расчетов механизмов, приведение сил и масс к начальному звену, составление уравнений движения механизма. Энергетический расчет кривошипно-шатунного механизма пресса. Влияние конструктивных параметров на коэффициент полезного действия кривошипного пресса. Расчет маховика.</p> <p>Виды фрикционных связей и законы трения.</p> <p>Влияние скоростей скольжения и нагрузок на условия трения. Механизм действия смазок, эффект Ребиндера. Износ при трении. Требования к фрикционным материалам в связи с их использованием во фрикционных муфтах включения и тормозах прессов. Основные положения расчета фрикционных муфт включения и тормозов прессов. Удар и колебания.</p> <p>Теоремы о сохранении количества движений и главного момента количества движения в замкнутой системе при ударе. Прямой центральный удар. Коэффициент восстановления. Потеря кинетической энергии при неупругом ударе. Расчеты энергии, силы и к.п.д. удара молотов. Расчет рабочей клетки стана на опрокидывание в момент захвата заготовки. Основные характеристики механических колебаний. Дифференциальные уравнения свободных и вынужденных колебаний одно- и многомассовых систем. Условия резонанса.</p> <p>Основы прочности и динамики машин.</p> <p>Теории прочности, учет различного сопротивления материалов сжатию и растяжению. Усталостная прочность. Факторы, влияющие на предел выносливости. Концентрация напряжений. Основные положения для выбора допускаемых напряжений и коэффициентов запаса прочности при статическом и переменном нагружении.</p> <p>Расчеты напряжений и деформаций в деталях и узлах. Основные положения расчета на прочность и жесткость плоских и пространствен-</p>

		<p>ных рам. Их применение к расчетам станин прессов, станин рабочих клетей прокатных станов.</p> <p>Расчеты балок, изгибаемых на упругом основании. Расчеты круглых валов, подвергаемых изгибу с кручением. Их применение к расчетам на прочность и жесткость коленчатых валов кривошипных прессов и валков станов дуо и кварто.</p> <p>Расчеты сжатых стержней на устойчивость и определение критической силы. Их применение к расчетам шатунов, предварительно напряженных станин прессов и рабочих клетей прокатных станов.</p> <p>Расчеты напряжений и деформаций в толстостенных цилиндрах под действием радиального давления. Их применение к расчетам рабочих цилиндров гидравлических прессов. Метод расчета динамических напряжений при ударе и его применение к расчету напряжений в штоках молотов.</p> <p>Основы термодинамики и гидродинамики.</p> <p>Уравнение состояния идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Термодинамические процессы в идеальных газах: адиабатический, изохорический, политропический, изобатический. Второй закон термодинамики. Цикл Карно. Понятие об энтропии системы. Расчеты индикаторных диаграмм паровоздушных молотов. Расчеты систем воздушных баллонов насосно-аккумуляторных станций гидравлических прессов. Расчет пневматической системы пневматических молотов. Термодинамический расчет паровоздушных молотов (ковочных и штамповочных).</p> <p>Движение идеальной вязкой жидкости, уравнение Эйлера и Навье-Стокса. Уравнение Бернулли для стационарного и нестационарного движений идеальной жидкости. Потери энергии при внезапном расширении и сжатии идеальной жидкости в потоке и гидравлические сопротивления. Гидравлический удар, теория Жуковского. Структура потока в трубах, переход от ламинарного потока к турбулентному. Основные этапы динамического расчета гидравлических прессов с насосно-аккумуляторным приводом.</p>
--	--	---

### **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)**

Не предусмотрено.

##### **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
<b>Знания</b>	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.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	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. Строение металлов. Типы кристаллических решеток.
2. Дефекты кристаллических решеток.
3. Математическая модель взаимодействия двух атомов в кристаллической структуре: изменение потенциальной энергии и сил взаимодействия в зависимости от расстояния между атомами.
4. Вычисление на основе математической модели взаимодействий двух атомов модуля упругости, частоты собственных колебаний атомов, коэффициента линейного расширения, критического касательного напряжения, необходимого для пластической деформации скольжения.
5. Возникновение дислокаций.
6. Силы взаимодействия двух дислокаций, расположенных в параллельных плоскостях, источники появления дислокаций в результате пластической деформации.



7. Плотность дислокаций.
8. Взаимодействие пересекающихся дислокаций.
9. Влияние границ зерен.
10. Упрочнение металлов, кривые упрочнения.
11. Эффект Баушингера, остаточные напряжения и накопление потенциальной энергии, текстуры пластической деформации, анизотропия свойств.
12. Влияние температуры на процессы, протекающие в кристаллических структурах.
13. Второй закон термодинамики и направленная диффузия атомов.
14. Рост зерен.
15. Факторы, влияющие на размер зерен: температура, степень пластической деформации.
16. Диаграммы рекристаллизации.
17. Понятия холодной, неполной холодной, горячей и неполной горячей пластической деформации, преимущества и недостатки указанных видов деформаций.
18. Влияние химического и фазового состава на пластичность металлов и сплавов.
19. Влияние структуры и ее неоднородности на пластичность металлов и сплавов.
20. Влияние на пластичность температурно-скоростных режимов пластического деформирования; схемы напряженного состояния.
21. Пластичность металлов в поле сверхвысокого гидростатического давления.
22. Особенности поведения тел с нанокристаллической структурой при обработке давлением.
23. Сверхпластичность сплавов и возможности ее использования при обработке давлением.
24. Элементы теории напряженно-деформированного состояния.
25. Компоненты тензоров напряжений, деформаций, скоростей деформаций, их инвариантные характеристики.
26. Круги Мора для напряжений и деформаций.
27. Условие сплошности материала.
28. Дифференциальные уравнения равновесия.
29. Соотношения между напряжениями, относительными деформациями и скоростями относительных деформаций при упругой и пластической деформации.
30. Обобщенный закон Гука.
31. Условия пластичности: энергетическое, постоянства максимальных касательных напряжений.
32. Учет упрочнения в условиях пластичности.
33. Частные случаи напряженно-деформированного состояния: плоская деформация, плоско-напряженное состояние.
34. Механизм контактного трения.
35. Влияние физико-химического состояния поверхностей заготовки и инструмента, температуры, скорости деформирования и нагрузок на величину сил, вызываемых трением.
36. Законы трения.
37. Жидкостное трение и гидродинамический эффект.
38. Технологические смазывающие материалы.
39. Накопление повреждений.
40. Предельные диаграммы пластичности и их использование при расчетах технологических процессов обработки давлением.
41. Восстановление запаса пластичности.
42. Пластичность металла в условиях горячей деформации.
43. Граничные условия при решении задачи нагрева и охлаждения.
44. Методы решения задачи расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) при развитии пластическом течении.
45. Инженерный метод.
46. Метод приближенных (одномерных) уравнений пластического равновесия.
47. Основные допущения при построении приближенных уравнений равновесия и состояния пластичности.

48. Определение деформирующей силы на примере операции осадки цилиндрической заготовки.
49. Метод линий скольжения (характеристик).
50. Способы построения сеток линий скольжения на основе теорем Генки, Прандтля и матрично-операторный метод.
51. Свойства линий скольжения, годограф скоростей.
52. Определение напряжения и удельной деформирующей силы для осадки бесконечно длинной заготовки между двумя шероховатыми плитами.
53. Вариационный энергетический метод.
54. Понятие функционала, функционалы Лагранжа, Костельяно, Колмогорова.
55. Постановка задачи, основное вариационное уравнение.
56. Примеры выбора кинематически возможных полей скоростей.
57. Граничные условия, разрывы скоростей.
58. Верхняя и нижняя оценки деформирующих сил.
59. Решение краевой задачи дискретизацией очага деформации.
60. Конечно-разностный метод.
61. Метод конечного элемента.
62. Применение метода конечных элементов в поле переменных температур.
63. Метод граничного элемента.
64. Моделирование процессов ОМД.
65. Математическое и физическое моделирование технологических процессов обработки давлением, их оптимизация. Управление процессами.
66. Характерные особенности термомеханических режимов пластического деформирования специальных сплавов: быстрорежущих, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей, алюминиевых сплавов, медных сплавов, титановых сплавов.
67. Основные положения для выбора материала инструмента.
68. Учет температурных и силовых условий его эксплуатации.
69. Метод координатных сеток.
70. Методика обработки измерения деформаций, поляризационно-оптический и метод муара, их использование при расчете напряжений методом «визиопластичности».
71. Методы и аппаратура для измерения сил деформирования, моментов, контактных напряжений.
72. Методы и средства измерения температуры деформируемого металла.
73. Влияние силового, теплового, скоростного (импульсного или динамического), электроэнергетического и магнитосилового и др. возможных воздействий на механические характеристики материалов и их технологические свойства.
74. Классификация типовых исполнительных механизмов машин дискретного и непрерывного действия для обработки металлов давлением.
75. Кинематика кривошипно-шатунного механизма кривошипного пресса, влияние конструктивных параметров.
76. Кинематика универсальных шарниров в шпинделях прокатных станков.
77. Учет сил трения в кинематических парах, учет сил инерции.
78. Статика кривошипно-шатунного механизма пресса.
79. Расчет передаваемого крутящего момента.
80. Анализ условий заклинивания.
81. Этапы энергетических расчетов механизмов, приведение сил и масс к начальному звену, составление уравнений движения механизма.
82. Энергетический расчет кривошипно-шатунного механизма пресса.
83. Влияние конструктивных параметров на коэффициент полезного действия кривошипного пресса.
84. Расчет маховика.
85. Влияние скоростей скольжения и нагрузок на условия трения.
86. Механизм действия смазок, эффект Ребиндера.

87. Износ при трении.
88. Требования к фрикционным материалам в связи с их использованием во фрикционных муфтах включения и тормозах прессов.
89. Основные положения расчета фрикционных муфт включения и тормозов прессов.
90. Теоремы о сохранении количества движений и главного момента количества движения в замкнутой системе при ударе.
91. Прямой центральный удар.
92. Коэффициент восстановления.
93. Потеря кинетической энергии при неупругом ударе.
94. Расчеты энергии, силы и к.п.д. удара молотов.
95. Расчет рабочей клетки стана на опрокидывание в момент захвата заготовки.
96. Основные характеристики механических колебаний.
97. Дифференциальные уравнения свободных и вынужденных колебаний одно- и многомассовых систем. Условия резонанса.
98. Теории прочности, учет различного сопротивления материалов сжатию и растяжению.
99. Усталостная прочность.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Рекомендуемая литература**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Живов, Лев Иванович. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Машины и технология обраб. металлов давлением" / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков ; под ред. Л. И. Живова .— Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006 .— 560 с.
2. Попов, Евгений Александрович. Технология и автоматизация листовой штамповки : учебник для вузов / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин .— 2-е изд., стер. — М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003 .— 480 с.
3. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 1. Материалы и нагрев, оборудование, ковка / [А. Ю. Аверкиев и др.] ; под ред. Е. И. Семенова / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 716 с.
4. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 2. Горячая объемная штамповка / [А. П. Агрощенко и др.] ; под ред. Е. И. Семенова / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 719 с.
5. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 3. Холодная объемная штамповка. Штамповка металлических порошков / [Е. Г. Белков и др.] ; под ред. А. М. Дмитриева / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 348 с.
6. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / [А. Ю. Аверкиев и др.] ; под ред. С. С. Яковлева / ред. совет: Е. И. Семенов (пред.) [и др.] .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2010 .— 731 с.
7. Гун, Геннадий Яковлевич. Теоретические основы обработки металлов давлением. (Теория пластичности) : учеб. для вузов по специальности "Обраб. металлов давлением" / Г. Я. Гун ; под ред. П. И. Полухина .— Москва : Металлургия, 1980 .— 456 с.
8. Громов, Николай Павлович. Теория обработки металлов давлением : Учебник для вузов .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Металлургия, 1978 .— 360 с.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Сторожев, Михаил Васильевич. Теория обработки металлов давлением : [учебник для машиностроительных и политехнических вузов] / М. В. Сторожев, Е. А. Попов ; под ред. Е. П. Унксова .— 2-е изд., перераб. — Москва : Высшая школа, 1963 .— 389 с.

2. Полухин, Петр Иванович. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов : Справочник / П.И. Полухин, Г.Я. Гун, А.М. Галкин .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Металлургия, 1983 .— 351 с.
3. Зыков, Юрий Сергеевич. Теория волочения сплошных профилей : Учеб. пособие .— Киев : УМК ВО, 1991 .— 114 с.
4. Экспериментальные методы механики деформируемых твердых тел. Технологические задачи обработки давлением / [В. К. Воронцов, П. И. Полухин, В. А. Белевитин, В. В. Бриза] .— Москва. : Металлургия, 1990 .— 479 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**

1. Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. – Режим доступа: <http://study.urfu.ru/info/>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Электронная база нормативных документов ГОСТЭКСПЕРТ. – Режим доступа : <http://gostexpert.ru/> , свободный. – Загл. с экрана.
3. Поисковые системы: [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [google.ru](http://google.ru) [www.rambler.ru](http://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. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.