

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор  
ГГТУ им. П.О. Сухого

О.Д. Асенчик

\_\_\_\_\_

(подпись)

01.07. 2021

\_\_\_\_\_

(дата утверждения)

Регистрационный № УД– 33 – 115 /уч.

## **ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

- |               |  |
|---------------|--|
| 1-36 01 08    | Конструирование и производство изделий из композиционных материалов                            |
|               | специализация:   |
| 1-36 01 08 02 | Технология производства изделий из композиционных материалов и средства технического оснащения |

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-36 01 08-2019;  
учебного плана учреждения образования «Гомельский государственный техни-  
ческий университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 08 «Конструи-  
рование и производство изделий из композиционных материалов»:  
рег. № I 36-1-07/уч. от 05.02.2020

### **СОСТАВИТЕЛИ**

М.Н.Верещагин, профессор кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный техниче-  
ский университет имени П.О. Сухого», доктор технических наук, профессор.  
И.В. Агунович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии  
обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государствен-  
ный технический университет имени П.О. Сухого»

### **РЕЦЕНЗЕНТ:**

Д.М. Станецкий, главный инженер СП ОАО «ГЭТЗ»

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения об-  
разования «Гомельский государственный технический университет имени  
П.О. Сухого»  
(протокол № 9 от 19.10.2021);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учре-  
ждения образования «Гомельский государственный технический университет  
имени П.О. Сухого»  
(протокол № 4 от 02.11.2021); УД-1-03/уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государ-  
ственный технический университет имени П.О. Сухого»  
(протокол № 2 от 07.12.2021).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Теория обработки материалов давлением» подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта образовательного стандарта ОСВО 1-36 01 08-2019; учебного плана учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»: рег. № I 36-1-07/уч. от 05.02.2020.

Целью изучения дисциплины «Теория обработки материалов давлением» является изучение особенностей пластического деформирования металлов и сплавов, условий перехода деформируемого вещества из упругого в пластическое состояние, методов решения прикладных задач обработки давлением сплошных сред, влияния пластической деформации на механические свойства и структуру металла. Дисциплина непрерывно развивается в соответствии с совершенствованием и прогрессом в машиностроении, в частности, металлообработке.

Для достижения цели дисциплины необходимо решить следующие задачи:

- изучить теоретические основы физики и механики деформируемого твердого тела с учетом температурно-скоростных факторов деформации;
- изучить и исследовать факторы, оказывающие влияние на сопротивление деформированию, пластичность и формоизменение заготовок;
- научиться рассчитывать напряженно-деформированное состояние в точке произвольно выбранной площадки тела, усвоить методику расчета технологических задач обработки металлов давлением.

В результате изучения учебной дисциплины студенты должны **знать:**

- теоретические основы обработки металлов давлением;
- методы расчета основных технологических задач;
- физико-химические процессы, сопровождающие процесс пластической деформации;

**уметь:**

- рассчитывать технологическое усилие и работу деформации;
- оценивать возможность построения технологического процесса обработки металлов давлением с учетом налагаемых граничных условий и прогнозируемых эксплуатационных характеристик получаемых изделий;
- самостоятельно построить технологический процесс получения изделий методами пластического формообразования;

**владеть:**

- методами решения прикладных задач для оценки пластического формоизменения;
- навыками исследования расчетных методов для определения энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением;

- методиками расчета важнейших технологических параметров процессов обработки металлов давлением.

Освоение данной учебной дисциплины обеспечивает формирование следующей специализированной компетенции:

знать теоретические основы обработки металлов давлением, методы расчета основных технологических задач, физико-химические процессы, сопровождающие процесс пластической деформации.

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

-выбирать критерии оптимального построения технологических процессов пластического формообразования деталей;

- владеть практическими навыками выбора материала и его структуры в зависимости от условий эксплуатации, определения основных показателей механических свойств, назначения режимов термической и химико-термической обработки;

-определять причины и намечать пути предотвращения брака заготовок и деталей (поковок, штамповок и пр.);

-анализировать перспективы развития новых технологий обработки металлов давлением, соответствующего оборудования и технологической оснастки, осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития кузнечно-штамповочных, прокатных, прессовых и волочильных цехов, инновационным технологиям, работать с научной, технической и патентной литературой;

-работать с научной литературой, словарями, справочными материалами, рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий их обработки, обеспечивающей необходимые показатели свойств

### **Связь с другими учебными дисциплинами**

Для успешного изучения дисциплины необходимо усвоение естественно-научных и специальных дисциплин, таких как «Физика», «Высшая математика», «Механика материалов и конструкций» и др.

### **Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий**

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Теория обработки материалов давлением», в соответствии с учебным планом по специальности 1-36 01 08 «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов» специализации 1-36 01 08 02 «Технология производства изделий из композиционных материалов и средства технического оснащения» составляет – 128.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

Виды занятий	Специальность
	Дневная форма
	1-36 01 08 02
Курс	2
Семестр	4
Лекции (часов)	34
Практические занятия (часов)	18
Лабораторные занятия (часов)	16
Всего аудиторных (часов)	68

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен, семестр	нет
Зачет	4
Тестирование	нет
Курсовая работа	нет

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. Введение.

Тема 1.1. Сущность и задачи теории пластической деформации.

Развитие механики, физики и физико-химической пластической деформации. Вклад отечественных ученых в науку о пластической деформации и решение практических задач.

### Раздел 2. Природа пластической деформации.

Тема 2.1. Понятие о пластической деформации.

Упругая и пластическая составляющие деформаций при растяжении и сжатии.

Тема 2.2. Строение металлов и сплавов.

Кристаллическая решетка. Виды ячеек кристаллической решетки. Кристаллографические плоскости и направления. Исследования структуры кристаллов. несовершенства в кристаллах. Тепловые колебания. Точечные дефекты кристаллической решетки. Линейные дефекты кристаллической решетки. Элементы теории дислокаций. Типы дислокаций. Движение и переползание дислокаций. Вектор Бюргерса. Возникновение, накопление и взаимодействие дислокаций. Источник Франка-Рида. Энергия дислокаций.

Тема 2.3. Холодная пластическая деформация монокристалла.

Механизмы пластической деформации. Холодная пластическая деформация поликристалла. Полосчатость макроструктуры и текстура.

Упрочнение и физическая природа этого явления. Кривые упрочнения. Их свойства. Особенности пластического деформирования поликристаллических твердых тел. Упругое последствие. Упругий гистерезис. Эффект Баушингера.

Раздел 3. Влияние температуры и скорости деформации на свойства металла.

Тема 3.1. Возврат и рекристаллизация.

Диаграммы рекристаллизации. Влияние температуры на механические показатели металлов. Закон Курнакова. Влияние скорости деформации на пластичность и сопротивление деформированию. Виды деформации при ОМД.

Тема 3.2. Условие постоянства объема.

Смещенный объем.

### Раздел 4. Напряжения.

Тема 4.1. Напряжения в координатных площадках.

Напряжения в наклонной к осям координат площадке. Главные оси, главные плоскости и главные нормальные напряжения. Понятие о тензоре напряжений. Инварианты тензора напряжений.

Тема 4.2. Эллипсоид напряжений и его особенности.

Главные касательные напряжения. Октаэдрические напряжения. Схемы напряженного состояния. Дифференциальные уравнения равновесия при объемном напряженном состоянии.

### Раздел 5. Деформации и скорость деформации

Тема 5.1. Малые деформации.

Компоненты перемещений и деформаций в элементарном объеме. Уравнения О.Коши. Тензор деформации. Неразрывность деформаций.

Тема 5.2.Схемы деформированного состояния.

Скорости перемещений и скорости деформаций. Тензор скоростей деформации. Однородная деформация.

Раздел 6.Условие пластичности.

Тема 6.1.Переход из упругого в пластическое состояние при однородном растяжении или сжатии.

Физический и геометрический смысл энергетического условия пластичности. Частные выражения условия пластичности.

Тема 6.2. Влияние среднего по величине главного нормального напряжения.

Параметры Лодэ. Влияние среднего по величине главного нормального напряжения.

Раздел 7. Связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформации

Тема 7.1. Механические схемы деформаций.

Механические схемы деформаций и их влияние на пластичность и сопротивление деформированию.

Раздел 8. Контактное трение при пластическом деформировании.

Тема 8.1.Особенности пластического трения.

Основные факторы, влияющие на контактное трение.

Тема 8.2. Законы трения.

Методы определения коэффициента трения при пластической деформации.

Раздел 9. Основные законы пластической деформации

Тема 9.1. Законы обработки металлов давлением

Закон наименьшего сопротивления. Закон неравномерности деформаций и дополнительных напряжений. Закон подобия при моделировании процесса пластической деформации. Закон наличия упругой деформации при пластическом формоизменении.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(дневная форма получения образования)

специальность 1-36 01 08 “Конструирование и производство изделий из композиционных материалов”

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов устно	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение.							
1.1.	Сущность и задачи теории пластической деформации.	2						3
2	Природа пластической деформации.							
2.1	Понятие о пластической деформации.	2			2			3, О, ЗЛР,
2.2	Строение металлов и сплавов.	2						3
2.3.	Холодная пластическая деформация монокристалла.	4	2		2			3, О, ЗЛР
3	Влияние температуры и скорости деформации на свойства металла							3
3.1.	Возврат и рекристаллизация.	2						3
3.2	Условие постоянства объема.	2						3
4	Напряжения.							
4.1	Напряжения в координатных площадках	4	2		2			3, О, ЗЛР, ЗЛР
4.2	Эллипсоид напряжений и его особенности.	2	2					3, ЗЛР
5	Деформации и скорость деформации							
5.1	Малые деформации.	2			2			3, ЗЛР
5.2	Схемы деформированного состояния.				2			3, ЗЛР
6	Условие пластичности.							
6.1	Переход из упругого в пластическое состояние при однородном растяжении или сжатии.	2						3
6.2	Влияние среднего по величине главного нормального напряжения.	2	2		2			О, ЗЛР, ЗЛР
7	Связь между напряжениями, деформациями и скоростями деформации							
7.1	Механические схемы деформаций.	2	2					3, О, ЗЛР
8	Контактное трение при пластическом деформировании							
8.1	Особенности пластического трения.	2	4		2			3, О, ЗЛР, ЗЛР

8.2	Законы трения.	2	2		2			3, О, ЗПР, ЗЛР
9	Основные законы пластической деформации							
9.1	Законы обработки металлов давлением	2	2					3, ЗПР
Итого:		34	18		16			

Принятые обозначения: О - отчет, ЗЛР – защита лабораторных работ, ЗПР – защита практических работ, З – зачет

Библиотека ГГТУ им. П.О.Скуридина

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Константинов, И.Л. Основы технологических процессов обработки металлов давлением: учебник / И.Л. Константинов, С.Б. Сидельников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. – 488 с. : табл., схем., граф., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435694> (дата обращения: 11.12.2019). – Библиогр.: с. 467-471. – ISBN 978-5-7638-3166-5. – Текст : электронный.
2. Рудской, А.И. Теория и технология прокатного производства / А.И. Рудской, В.А. Лунев ; Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. - Санкт-Петербург : Наука, 2008. - 527 с. : схем., ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-02-025302-5 ; [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363045>
3. Обработка металлов давлением / Ю. Ф. Шевакин [и др.]. - Москва : Интермет Инжиниринг, 2005. - 492с. : ил. - Библиогр.: с.489-492. - ISBN 5-89594-109-5.

### Дополнительная литература

1. Брюханов, А. Н. Ковка и объемная штамповка : учебное пособие для вузов / А. Н. Брюханов. - Изд. 2-е. - Москва : Машиностроение, 1975. - 408 с УДК [621.73.01 + 621.735.043](075.8) ББК 31
2. Зубцов, М. Е. Листовая штамповка : учебник для вузов / М. Е. Зубцов. - 3-е изд.. - Ленинград : Машиностроение, 1980. - 431 с УДК 621.983(075.8) ББК 34
3. Лазаренков, А. М. Охрана труда : учебник / А. М. Лазаренков. - Минск : БНТУ, 2004. - 497 с. ББК [65.246+67.405.115(4Бей)]я73
4. Норицын, И. А. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов / И. А. Норицын, В. Я. Шехтер, А. М. Мансуров. - Москва : Высшая школа, 1977. - 424 с УДК 621.733.006.3(075.8) ББК 31
5. Громов, Н. П. Теория обработки металлов давлением / Н. П. Громов. - 2-е изд. . - Москва : Metallurgy, 1978. - 360 с УДК 621.73.01 ББК 31
6. Гун, Г. Я. Теоретические основы обработки металлов давлением (теория пластичности) : учеб. пособие для вузов / Г. Я. Гун ; под ред. П. И. Полушина. - Москва : Metallurgy, 1980. - 455 с УДК 621.73.011:539.374(075.8) ББК 34
7. Колмогоров, В. Л. Механика обработки металлов давлением : учебник для вузов / В. Л. Колмогоров. - Москва : Metallurgy, 1986. - 688 с УДК 621.73.01:531(075.8) ББК 31

8. Сторожев, М. В. Теория обработки металлов давлением : учебник для вузов / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. - 4-е изд.. - Москва : Машиностроение, 1977. - 423 с УДК 621.73.01(075.8) ББК 31
9. Суворов, И. К. Обработка металлов давлением : учеб. для вузов / И. К. Суворов. - Изд. 3-е. - Москва : Высшая школа, 1980. - 368 с УДК 621.73(075.8) ББК 34
10. Теория пластических деформаций металлов / Е. П. Унксов [и др.] ; под ред. Е. П. Унксова, А. Г. Овчинникова. - Москва : Машиностроение, 1983. - 600 с УДК 621.7.011:539.374 ББК 31

#### Электронные учебно-методические комплексы

1. Теория обработки металлов давлением : практикум по выполнению лабораторных работ по одноименной дисциплине для студентов специальностей 1-36 01 05 "Машины и технология обработки материалов давлением", 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)" специализации 1-42 01 01-02 01 "Обработка металлов давлением" дневной и заочной форм обучения / И. В. Агунович. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 66 с. УДК: 621.77(075.8) ББК: 34.62я73
2. Верещагин, М. Н. Теория обработки материалов давлением. Теория обработки металлов давлением: электронный учебно-методический комплекс дисциплин / М. Н. Верещагин, Ю. Л. Бобарикин, И. В. Агунович. - Гомель: ГГТУ, 2011. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск. УДК 621.7(075.8) ББК 34. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1947>

Характеристика (описание) инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

Основными методами (технологиями) обучения в соответствии с целью, задачами дисциплины и направлениями развития современной системы образования являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы интерактивного обучения, реализуемые на лекционных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при управляемой самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии, реализуемые на практических занятиях.

При преподавании дисциплины в современных условиях является необходимым применение мультимедийных, информационно-коммуникационных технологий и цифровых информационных ресурсов. Лекционные занятия рекомендуется проводить с использованием компьютерных презентаций, видеофильмов и других информационно-иллюстративно-демонстрационных средств компьютерных информационных технологий в интерактивном режиме.

## Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

При изучении дисциплины должна использоваться такая форма самостоятельной работы, как выполнение индивидуальных заданий в аудитории на лабораторных и практических занятиях под контролем преподавателя.

С целью развития у обучающихся навыков работы с учебной и научной литературой, исследовательской работы часть разделов дисциплины они могут изучать самостоятельно по литературе, указанной в программе. Вопросы для самостоятельного изучения включаются в перечень вопросов к экзамену.

Для организации самостоятельной работы студентов необходимо использовать современные информационные технологии: информационные ресурсы учебного портала или электронной библиотеки университета.

Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего (рубежного) контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового контроля по темам и разделам курса (модулям).

### Средства диагностики и контроля качества усвоения знаний

Контроль знаний студентов осуществляется путем устного опроса при выполнении лабораторных работ и при приеме отчетов по лабораторным работам, тестирования; устного опроса, письменного и устного опроса на зачете.

### Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче зачета по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

### Примерный перечень лабораторных занятий

1. Изучение внутрикристаллических линий сдвигов.
2. Изучение линий текучести.
3. Построение кривой истинных напряжений в деформируемом металле.
4. Изучение влияния температуры на пластичность и сопротивление металла деформированию.
5. Изучение зависимости пластичности материала от напряженного состояния.
6. Исследование контактного трения при обработке металлов давлением.
7. Исследование распределения нормальных контактных напряжений при открытом осаживании заготовок.
8. Экспериментальное изучение закона наименьшего сопротивления при обработке металлов давлением.
9. Анализ характера действия дополнительных и остаточных напряжений при прокатке.

## Примерный перечень практических занятий

1. Деформации, виды деформаций
2. Напряженное состояние в точке и наклонной площадке
3. Главные нормальные и главные касательные напряжения
4. Тензор напряжений и его составляющие, инварианты тензора
5. Тензор деформации и его составляющие, инварианты тензора
6. Скорость деформации, связь между напряжениями и деформациями
7. Анализ уравнений пластичности
8. Анализ процесса осадки прямоугольной полосы
9. Анализ процесса листовой вытяжки плоской заготовки
10. Анализ процесса прямого выдавливания круглого профиля
11. Анализ процесса объемной штамповки круглой поковки

## Перечень вопросов для самостоятельной работы студентов:

1. Сущность и задачи теории ОМД.
2. Понятие о пластической деформации.
3. Симметрия кристаллов.
4. Кристаллические системы.
5. Индексы направлений и плоскостей в кристаллической решетке.
6. Элементарные ячейки.
7. несовершенства в кристаллах. Тепловые колебания.
8. Определение структуры кристаллов.
9. Понятие о пластической деформации.
10. Строение металлов.
11. Точечные дефекты. Механизмы пластической деформации.
12. Холодная пластическая деформация монокристалла. Скольжение.
13. Пластическая деформация поликристалла.
14. Элементы теории дислокаций. Краевая дислокация.
15. Винтовая дислокация.
16. Перемещение дислокаций. Вектор Бюргера.
17. Возникновение и движение дислокации, их взаимодействие.
18. Упрочнение при холодной деформации.
19. Эффект Баушингера.
20. Упругое последствие.
21. Кривые упрочнения. Кривая упрочнения 1-го рода.
22. Деформация при повышенных температурах. Возврат и рекристаллизация.
23. Особенности пластической деформации металлов.
24. Диаграммы рекристаллизации.
25. Виды деформации при ОМД.
26. Влияние температуры деформации на свойства металлов.
27. Условие постоянства объема.
28. Скорость деформации.
29. Напряжения в координатных площадках.
30. Напряжения в наклонной площадке.

31. Главные нормальные напряжения.
32. Понятие о тензоре напряжений.
33. Инварианты тензора напряжений.
34. Эллипсоид напряжений.
35. Главные касательные напряжения.
36. Октаэдрические напряжения.
37. Условие равновесия для объемного напряженного состояния.
38. Компоненты перемещений и деформаций в элементарном объеме.
39. Тензор деформации.
40. Неразрывность деформации.
41. Условие пластичности.
42. Физический смысл условия пластичности.
43. Геометрический смысл условия пластичности.
44. Частные случаи выражения условия пластичности.
45. Влияние среднего по величине главного нормального напряжения.
46. Механические схемы деформации.
47. Принцип наименьшего сопротивления.
48. Неравномерность деформаций и дополнительные напряжения.
49. Принцип подобия.
50. Особенности пластического трения.
51. Факторы, влияющие на величину сил контактного трения.
52. Законы трения.
53. Методы определения коэффициента контактного трения.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Специальность 1-36 01 08			
Конструирование и расчет изделий из полимерных и композиционных материалов	МиТОМ	нет	протокол №9 от 19.10.2021