

КОНТРОЛЬНЫЙ
ЭКЗЕМПЛЯР

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра процессов и машин обработки металлов давлением

621.73(07)
В923

А.В. Выдрин

**ТЕОРИЯ
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

Учебное пособие

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2020

*Одобрено
учебно-методической комиссией факультета
металловедения и металлургических технологий*

Рецензенты:

*В.П. Швейкин – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой
металловедения института новых материалов и технологий Уральского
федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина;*

*А.Г. Корчунов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования
Магнитогорского государственного технического университета имени Г.И. Носова*

Выдрин, А.В.

Теория пластической деформации металлов и сплавов: учебное
В923 пособие /А.В. Выдрин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ,
2020. – 218 с.

ISBN 978-5-696-05112-3

Учебное пособие состоит из трех разделов. В первом разделе изложены основные понятия механики сплошных сред применительно к процессам пластической деформации металлов и сплавов. Во втором разделе приводятся сведения о физических процессах, протекающих при пластической деформации металлов и сплавов. Рассмотрены закономерности кристаллического строения металлов и сплавов, механизмы пластической деформации кристаллических тел, их влияние на структуру и свойства металлов. Также описаны процессы формирования свойств при интенсивной пластической деформации; процессы, протекающие на наноуровне. Третий раздел посвящен вопросам математического моделирования процессов пластической деформации. Рассмотрены методы решения задач по определению интегральных характеристик процесса, методы решения 1-, 2- и 3-мерных задач. Список рекомендованной литературы по всем трем разделам приведен в библиографическом списке.

Пособие предназначено для студентов всех форм обучения профиля «Обработка металлов давлением» и программы магистерской подготовки по направлению 150400 «Металлургия».

УДК 621.73(075.8) + 539.3(075.8)

© Выдрин А.В., 2020

© Издательский центр ЮУрГУ, 2020

ISBN 978-5-696-05112-3

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	8
Раздел I. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД	
Глава 1. Основные понятия тензорного исчисления.....	14
Глава 2. Основные понятия теории напряженного состояния	
2.1. Тензор напряжений.....	19
2.2. Дифференциальные уравнения движения.....	23
2.3. Главные оси, главные напряжения, инварианты тензора напряжений.....	28
Глава 3. Деформированное состояние и кинематика сплошной среды	
3.1. Абсолютная производная векторного поля скорости.....	33
3.2. Тензор скорости деформации.....	38
3.3. Закон сохранения массы и условие неразрывности.....	43
3.4. Подходы Эйлера и Лагранжа к описанию движения деформируемой среды.....	45
3.5. Тензоры конечных деформаций.....	49
Глава 4. Физические уравнения связи напряжений и деформаций.....	50
Глава 5. Упругое и пластическое формоизменение металлов и сплавов	
5.1. Обобщенный закон Гука.....	54
5.2. Условие пластичности.....	56
5.3. Дифференциальное уравнение теплопроводности.....	60
Глава 6. Общая постановка задачи теории пластической деформации металлов и сплавов	
6.1. Краевая задача механики сплошных сред.....	66
6.2. Граничные условия.....	70
Раздел II. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ	
Глава 7. Механизмы пластической деформации	
7.1. Кристаллическое строение металлов и сплавов.....	74
7.2. Дефекты кристаллического строения.....	77
7.3. Пластическая деформация монокристалла.....	80
7.4. Пластическая деформация поликристаллических тел.....	85
Глава 8. Сопротивление металлов пластической деформации	
8.1. Понятие сопротивления металлов и сплавов пластической деформации.....	88
8.2. Влияние термомеханических параметров на сопротивление металлов пластической деформации.....	92
8.3. Функциональные свойства сопротивления металлов пластической деформации.....	98

Глава 9. Пластичность и разрушение металлов и сплавов при пластической деформации	
9.1. Механизм разрушения металлов и сплавов при пластической деформации	101
9.2. Характеристики пластичности металлов и сплавов	105
9.3. Критерии разрушения металлов при пластической деформации	111
Глава 10. Влияние пластической деформации на физико-механические свойства металлов и сплавов	
10.1. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлов и сплавов	114
10.2. Термомеханическая обработка металлов и сплавов	117
10.3. Нанотехнологии при пластической деформации металлов и сплавов	119
10.4. Влияние интенсивной пластической деформации на структуру и свойства металлов и сплавов	122
Глава 11. Физические условия взаимодействия с внешней средой при пластической деформации металлов и сплавов	
11.1. Контактное трение	128
11.2. Условия теплообмена с окружающей средой	142

Раздел III. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Глава 12. Способы определения энергосиловых параметров процессов пластической деформации	
12.1. Энергостатический метод	146
12.2. Инженерный метод	152
Глава 13. Метод конечных разностей	
13.1. Теоретические основы метода конечных разностей	157
13.2. Расчет усилия волочения	163
Глава 14. Метод линий скольжения	165
14.1. Уравнения Генки	166
14.2. Уравнения Гейрингер	169
14.3. Граничные условия в методе линий скольжения	172
14.4. Алгоритмы решения типовых задач	174
14.5. Пример решения задач методом линий скольжения	181
Глава 15. Вариационные методы теории деформации идеально пластичных тел	
15.1. Экстремальные теоремы идеальной пластичности	189
15.2. Метод верхней и нижней оценки силы деформирования	193
15.3. Разрывные решения	195

Глава 16. Моделирование напряженно-деформированного состояния	
16.1. Проекционный метод	201
16.2. Основные алгоритмы проекционного метода	202
16.3. Метод конечных элементов	205
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	217