

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛИПЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

П.И. Золотухин, И.М. Володин

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ
ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

Учебное пособие

Липецк
Липецкий государственный технический университет
2013

УДК 621.7 (07)

З-813

Рецензенты: Сидельников С.Б., д.т.н, профессор (кафедра «Обработка металлов давлением» института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета); Е.Н. Сосенушкин, д.т.н., профессор (кафедра «Системы пластического деформирования» ФГБОУ ВПО МГТУ «Станкин»)

Золотухин П.И.

З-813 Основные положения теории обработки металлов давлением / П.И. Золотухин, И.М. Володин. - Липецк: Изд-во ЛГТУ, 2013 - 240 с.

ISBN 978-5-88247-624-2

Изложены сведения о теории напряженного и деформированного состояний, физических основах пластической деформации, физических уравнениях связи напряженного и деформированного состояний, анализе процессов обработки металлов давлением (ОМД) инженерным и энергетическим методами. Представлено описание компьютерной программы и билеты с тестовыми заданиями.

Пособие предназначено для студентов вузов при изучении дисциплин: «Механика пластического деформирования», «Теория ОМД», «Моделирование процессов ОМД», «Основы научных исследований».

Ил. 152. Библиогр. 23 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета ЛГТУ.

ISBN 978-5-88247-624-2

© П.И. Золотухин, И.М. Володин
© ФГБОУ ВПО «Липецкий
государственный технический
университет», 2013

Оглавление

Введение	6
Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОМД.....	8
1.1. Прокатка, волочение, прессование.....	8
1.2. КШП (ковка, горячая объемная штамповка).....	10
1.3. КШП (листовая штамповка, холодная объемная штамповка).....	12
Глава 2. ТЕОРИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ.....	15
2.1. Понятие сплошной среды. Классификация сил.....	15
2.2. Тензор напряжений	17
2.3. Напряжения на наклонной площадке (формула Коши).....	19
2.4. Дифференциальные уравнения движения сплошной среды (дифференциальные уравнения Коши).....	22
2.5. Закон парности касательных напряжений.....	25
2.6. Главные площадки, главные напряжения и главные оси тензора напряжений.....	27
2.7. Инварианты тензора напряжений.....	31
2.8. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор.....	32
2.9. Возможные схемы напряженного состояния металла.....	34
2.10. Контрольные вопросы и упражнения.....	38
Глава 3. ТЕОРИЯ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ.....	40
3.1. Определение линейной и сдвиговой деформации. Различные меры линейной деформации.....	40
3.2. Деформированное состояние точки. Тензор малых деформаций.....	42
3.3. Главные оси тензора деформаций. Главные деформации	44
3.4. Шаровой тензор и девиатор деформаций.....	45
3.5. Связь между перемещениями и малыми деформациями (геометрические уравнения).....	47
3.6. Тензор скорости деформации.....	50
3.7. Разложение тензора скорости деформации на шаровой тензор и девиатор.....	52
3.8. Кинематические уравнения.....	54
3.9. Кинематически возможное поле скоростей в трубе, находящейся под действием внутреннего давления.....	56
3.10. Контрольные вопросы и упражнения.....	59
Глава 4. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ.....	63
4.1. Строение металлов.....	63
4.2. Начальные сведения о пластической деформации и пластичности.....	64
4.3. Экспериментальное определение сопротивления сдвигу	

по плоскости скольжения.....	67
4.4. Основные положения теории дислокаций.....	69
4.5. Упрочнение при холодной деформации металла.....	72
4.6. Изменение свойств металла при холодной обработке давлением.....	76
4.7. Изменение свойств наклепанного металла при отжиге.....	79
4.8. Горячая обработка металлов давлением (общие сведения).....	81
4.9. Физические уравнения связи и сопротивление металлов деформации.....	84
4.10. Определение сопротивления деформации металлов в холодном состоянии (испытания на растяжение).....	87
4.11. Определение сопротивления деформации металлов в холодном состоянии (испытание на осадку).....	90
4.12. Сопротивление деформации при высоких температурах.....	93
4.13. Модель разрушения металла при холодной ОМД.....	98
4.14. Построение диаграмм пластичности.....	101
4.15. Контрольные вопросы и упражнения.....	105
ГЛАВА 5. ФИЗИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ СВЯЗИ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЙ. ПОЛНАЯ СИСТЕМА УРАВНЕНИЙ ТЕОРИИ ОМД.....	
5.1. Общая постановка задачи теории ОМД.....	107
5.2. Формулировка физических уравнений для изотропных металлов.....	108
5.3. Гипотеза единой кривой.....	111
5.4. Модели сплошных сред.....	114
5.5. Линейная теория упругости.....	119
5.6. Теория пластического течения.....	120
5.7. Условие пластичности.....	122
5.8. Полная система уравнений теории ОМД.....	125
5.9. Граничные условия и виды границ.....	127
5.10. Трение в ОМД.....	131
5.11. Упрощения системы уравнений теории ОМД.....	136
5.12. Плоское деформированное состояние.....	139
5.13. Плоское напряженное состояние.....	141
5.14. Контрольные вопросы и упражнения.....	144
ГЛАВА 6. ОДНОМЕРНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОМД.....	
6.1. Канонические уравнения одномерного метода для плоской деформации.....	146
6.2. Сжатие тонкого слоя между плоскими бойками (трение по закону Зибеля, расчет напряжений).....	150
6.3. Сжатие тонкого слоя между плоскими бойками	