

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	6
----------------	---

## Раздел 1

### СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ КАК ЯВЛЕНИЕ И ОСНОВА НОВЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Глава 1.1	
ФЕНОМЕНОЛОГИЯ И ПРИРОДА СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ .....	10
1.1.1. Микроструктурные аспекты сверхпластичности .....	10
1.1.2. Температурно-скоростные условия и параметры сверхпластической деформации .....	19
1.1.3. Современные представления о природе сверхпластичности.....	31
Глава 1.2	
СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ ТРУДНОДЕФОРМИРУЕМЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СПЛАВОВ .....	52
1.2.1. Строение и деформационные свойства жаропрочных сплавов .....	53
1.2.2. Влияние структуры и температурно-скоростных условий на сверхпластичность жаропрочных сплавов .....	60

## Раздел 2

### ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ

Глава 2.1	
МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ .....	84
2.1.1. Особенности микроструктуры и свойства субмикро- и нанокристаллических материалов .....	84
2.1.2. Технологические свойства микрокристаллических материалов .....	94
Глава 2.2	
ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ.....	107
Глава 2.3	
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СУБЗЁРЕННОЙ И ЗЁРЕННОЙ СТРУКТУРЫ .....	112
2.3.1. Фрагментация структуры при обычных схемах деформирования.....	113
2.3.2. Формирование зёрен при холодной деформации .....	129
Глава 2.4	
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПРИ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ .....	142
2.4.1. Механические факторы, влияющие на измельчение зёрен .....	143
2.4.2. Физико-механическая модель формирования зёрен при холодной деформации .....	156
Глава 2.5	
ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОСРЕДСТВОМ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ .....	170
2.5.1. Рекристаллизация холоднодеформированного материала .....	171
2.5.2. Динамическая рекристаллизация .....	177
Глава 2.6	
ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВАХ .....	185
2.6.1. Особенности рекристаллизации жаропрочных никелевых сплавов .....	186
2.6.2. Методы, использующие силовые схемы деформирования .....	191
2.6.3. Метод деформации в режиме сверхпластичности .....	199

Глава 2.7	
ФОРМИРОВАНИЕ МИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ В ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ.....	208
2.7.1. Получение промежуточных полуфабрикатов.....	209
2.7.2. Трансформация пластинчатой структуры в глобулярную.....	213
Глава 2.8	
ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОКОВ КАХ.....	222
2.8.1.Изготовление заготовок с микрокристаллической структурой ме тодом осадки.....	223
2.8.2.Измельчение структуры методомковки.....	229
Глава 2.9	
СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ В КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАГОТОВКАХ.....	237
2.9.1. Виды крупногабаритных микрокристаллических полуфабрикатов и методы их изготовления.....	237
2.9.2. Комбинация кручения с осевой деформацией.....	240
2.9.3. Специальные схемы прокатки.....	251
2.9.4. Схемы прессования с наложением сдвига.....	255

**Раздел 3**  
**ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ**  
**С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ**

Глава 3.1	
ТРАДИЦИОННОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ.....	266
3.1.1. Изготовление деталей из листовых материалов.....	266
3.1.2. Изготовление деталей объёмным деформированием.....	278
Глава 3.2	
ТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЛОКАЛЬНОГО ФОРМООБРАЗОВА НИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	293
3.2.1. Ротационная вытяжка.....	294
3.2.2. Прокатка деталей типа дисков и колец.....	304
Глава 3.3	
ПРИНЦИП И ТИПОВЫЕ СХЕМЫ РАСКАТКИ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ.....	310
Глава 3.4	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ РАСКАТКИ.....	322
3.4.1. Инженерный метод расчёта параметров раскатки.....	323
3.4.2. Компьютерное моделирование.....	330
3.4.3. Особенности очага деформации при сверхпластичной раскатке.....	339
3.4.4. Термомеханические параметры раскатки.....	354
Глава 3.5	
ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СВЕРХПЛАСТИЧНОЙ РАСКАТКИ.....	363
3.5.1. Специализированное оборудование.....	364
3.5.2. Инструмент.....	374
Глава 3.6	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ.....	377
3.6.1. Качество деталей.....	378
3.6.2. Техничко-экономические предпосылки применения СПД.....	403
СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	414
ЛИТЕРАТУРА.....	415

