

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Под редакцией доктора технических наук,
профессора А. Е. Гвоздева



«Инфра-Инженерия»

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

УЧЕБНИК

*Под редакцией доктора технических наук,
профессора А. Е. Гвоздева*

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2020

УДК 621.7+669
ББК 34
Т38

Авторы:

*Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев, Н. Е. Стариков, В. И. Золотухин, А. Н. Сергеев,
А. Д. Бреки, О. В. Кузовлева, Г. М. Журавлёв, Д. А. Провоторов*

Рецензенты:

*Гадалов В. Н., проф., д-р техн. наук,
Юго-Западный государственный университет;
Епархин О. М., проф., д-р техн. наук, директор Ярославского филиала
Московского государственного университета путей сообщения*

Т38 **Технология металлов и сплавов** : учебник / [Н. Н. Сергеев и др.] ;
под ред. д-ра техн. наук, проф. А. Е. Гвоздева. – Москва ; Вологда : Ин-
фра-Инженерия, 2020. – 480 с.: ил., табл.
ISBN 978-5-9729-0464-8

Рассмотрены технологии производства чугуна, стали и цветных металлов, получения из них заготовок методами литья, обработки давлением, порошковой металлургии, сварки, пайки, склеивания, резания, сверхпластического деформирования, лучевого, лазерного, электрохимического, электрофизического воздействия, термической, химико-термической, полугорячей штамповки и термомеханической обработки. Приведены примеры инновационных технологических разработок в области процессов внепечной обработки металлургических расплавов и современных сталеразливочных систем, применяемых на промышленных предприятиях. Показаны перспективы развития наноматериалов и современных композиционных материалов триботехнического назначения.

Для студентов бакалавриата технических специальностей. Учебник может быть полезен студентам экономических направлений подготовки.

УДК 621.7+669
ББК 34

ISBN 978-5-9729-0464-8

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	8
1.1. Структура и продукция металлургического производства	8
1.2. Производство чугуна	9
1.3. Производство стали	11
1.4. Основы внепечной обработки металлических расплавов	15
1.5. Современные сталеразливочные системы.....	17
1.6. Особенности производства цветных металлов	21
2. ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА	25
2.1. Сущность и основные способы литья.....	25
2.2. Литье в песчаные формы.....	26
2.3. Оболочковое литье.....	29
2.4. Литье по выплавляемым моделям.....	30
2.5. Литье в кокиль.....	32
2.6. Литье под давлением	34
2.7. Основные дефекты литья и их исправление	36
3. ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ	37
3.1. Сущность и основные способы	37
3.2. Нагрев металла и нагревательные устройства.....	39
3.3. Прокатка.....	42
3.4. Волочение	46
3.5. Ковка.....	49
3.6. Штамповка	52
3.7. Ротационное обжатие	58
4. ТЕХНОЛОГИИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ	60
4.1. Технологии получения порошковых быстрорежущих сталей	62
4.2. Технология получения и применение порошковой проволоки для производства качественных сталей.....	67
4.3. Конструкции и технологии изготовления порошковой проволоки.....	68
5. ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ, ПАЙКИ И СКЛЕИВАНИЯ	76
5.1. История развития сварочного производства.....	76
5.2. Физические основы сварки	76
5.3. Классификация способов сварки.....	78
5.4. Типы сварных соединений	78
5.5. Ручная электродуговая сварка открытой дугой.....	80
5.6. Дуговая сварка под слоем флюса	82
5.7. Дуговая сварка в среде защитного газа	84
5.8. Электроконтактная сварка	86
5.9. Оборудование и технология электродуговой сварки	88
5.10. Газовая сварка и резка металла	93
5.11. Оборудование и технология газовой сварки.....	98
5.12. Пайка материалов.....	103
5.13. Склеивание материалов.....	108

6. ТЕХНОЛОГИИ НАНОМАТЕРИАЛОВ	111
6.1. История развития	111
6.2. Структура наноматериалов	114
6.3. Классификация наноматериалов	115
6.4. Способы получения наноматериалов.....	117
6.5. Свойства наноматериалов	118
6.6. Высокая деформационная способность наноматериалов.....	119
6.7. Области применения наноматериалов	120
7. ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ	129
7.1. Основы процесса резания металлов.....	129
7.2. Трение и деформация металла при резании.....	135
7.3. Силы и тепловыделение в процессе резания	139
7.4. Типы и геометрия резцов	143
7.5. Точение и строгание	147
7.6. Сверление, зенкерование и развертывание	157
7.7. Фрезерование и протягивание	165
7.8. Шлифование металлов.....	172
8. ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ	185
8.1. Основные понятия, признаки и количественные оценки сверхпластичности	185
8.2. Закономерности развития и условия проявления сверхпластичности	187
8.3. Модели состояния сверхпластичности	190
8.4. Механизмы сверхпластичности.....	196
8.5. Объекты сверхпластичности.....	199
8.6. Применение эффекта сверхпластичности	207
9. КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ.....	210
9.1. Основы устройства металлорежущих станков (МРС)	210
9.2. Токарно-винторезный станок	220
9.3. Сверлильные станки	227
9.4. Фрезерные станки	233
9.5. Стральные и шлифовальные станки.....	239
10. ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ ТРИБОТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	253
10.1. Композиционные материалы триботехнического назначения с полимерными матрицами и наполнителями из высокодисперсных частиц слоистых модификаторов трения	253
10.2. Нефтяные масла триботехнического назначения: дисперсные компоненты и наполнители	272
10.3. Микробиологические повреждения масел, смазок и специальных жидкостей.....	291

11. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ.....	296
11.1. Электрофизические методы обработки материалов	297
11.2. Электрохимические методы обработки материалов	301
11.3. Лучевые методы обработки	311
11.4. Ультразвуковая обработка	315
12. ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУГОРЯЧЕЙ ОБРАБОТКИ СТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ	317
12.1. Технологические особенности процессов	317
12.2. Анализ процессов обработки сталей.....	322
12.2.1. Исследование деформированного состояния.....	322
12.2.2. Исследование температурного состояния.....	329
12.3. Исследование процессов деформирования	334
12.3.1. Постановка задачи и выбор метода анализа	335
12.3.2. Расчет силовых параметров пластической деформации материала в процессах обратного и прямого выдавливания.....	337
12.3.3. Синтез точных D-оптимальных планов экспериментов для прямого выдавливания	344
12.3.4. Построение математических моделей эффекта сверхпрочности сталей при прямом выдавливании	347
12.3.5. Расчет температурного поля в заготовке и в зоне пластической деформации	348
12.3.6. Закономерности изменения критериев сверхпластичности при прямом выдавливании сталей Р6М5 и 10Р6М5-МП.....	351
12.3.7. Определение рациональных температурно-скоростных областей деформирования и оптимальных условий сверхпластичности для прямого выдавливания сталей	357
12.3.8. Анализ напряженно-деформированного состояния.....	359
12.3.9. Влияние напряженного состояния на сверхпластичность быстрорежущих сталей	368
12.3.10. Определение показателя напряженного состояния и расчет ресурса пластичности.....	372
12.3.11. Определение остаточных напряжений в зоне деформации после охлаждения	375
12.3.12. Структурные изменения в сталях в результате сверхпластической деформации при различных схемах напряженного состояния	377
12.4. Проектирование технологических процессов.....	386
12.4.1. Методика проектирования технологических процессов	387
12.4.2. Реализация технологий изготовления полуфабрикатов кольцевого и стержневого инструмента.....	399
12.4.3. Особенности подготовки производства заготовок быстрорежущего инструмента в условиях сверхпластичности.....	401
12.4.4. Производство заготовок концевой быстрорежущего инструмента прямым выдавливанием в условиях сверхпластичности	403

12.4.5. Производство заготовок дисковых резакoв из быстрорежущих сталей P6M5 и 10P6M5-МП сверхпластическим деформированием	409
13. ТЕРМИЧЕСКАЯ И КОМБИНИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ	414
13.1. Основы термической обработки.....	414
13.1.1. Сущность и виды термообработки.....	414
13.1.2. Превращения в сталях при нагревании	417
13.1.3. Превращения в сталях при охлаждении	420
13.2. Отжиг и нормализация	425
13.2.1. Назначение и сущность основных видов отжига	425
13.2.2. Режимы проведения отжига.....	428
13.2.3. Дефекты отжига и меры их устранения	429
13.3. Закалка и отпуск сталей.....	429
13.3.1. Сущность и основные способы закалки	429
13.3.2. Отпуск сталей	436
13.3.3. Дефекты закалки и отпуска.....	440
13.4. Сущность и виды химико-термической обработки.....	440
13.5. Цементация и азотирование стали	442
13.6. Термомеханическая обработка	448
ЛИТЕРАТУРА	450
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	469
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	472