



Ю. С. ВОЛКОВ

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ



Ю. С. ВОЛКОВ

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие



САНКТ-ПЕТЕРБУРГ · МОСКВА · КРАСНОДАР
2021

ББК 34.55я73

В 67

Волков Ю. С.

В 67 Электрофизические и электрохимические процессы обработки материалов: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2021. — 396с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-2174-9

Приведены общая классификация процессов и их основные показатели. Рассмотрены процессы обработки материалов: съем, разделение, формоизменение, соединение, наращивание. Большое внимание уделено комбинированным процессам и неразмерной обработке.

Содержание и построение пособия способствуют повышению эффективности самостоятельного изучения учебного предмета.

Пособие предназначено для бакалавров, магистров, специалистов и аспирантов машиностроительных и энергетических направлений и специальностей. Также может представлять интерес и для инженерно-технических работников соответствующих организаций.

ББК 34.55я73

Рецензенты:

О. Ф. ВЯЧЕСЛАВОВА — доктор технических наук, профессор кафедры «СМиС» Московского государственного машиностроительного университета;

Б. П. САУШКИН — доктор технических наук, профессор, начальник отдела физико-химических и вакуумных технологий ФГУП «НПО «ГТехномах»».

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2021

© Ю. С. Волков, 2021

© Издательство «Лань»,

художественное оформление, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие</i>	5	
<i>Условные обозначения величин</i>	6	
<i>Введение</i>	8	
ГЛАВА 1		
ОБЩИЕ СВОЙСТВА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ.		
ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.		11
1.1. Три вида материи как участники технологических процессов	11	
1.2. Агрегатные состояния вещества	14	
1.3. Основные понятия процессов обработки материалов	16	
1.4. Физико-химические методы размерной обработки	19	
1.5. Геометрические классы размерной обработки	23	
1.6. Целевое назначение и показатели процессов обработки	25	
1.7. Особенности размерной обработки съемом материала	30	
1.8. Электрофизические и электрохимические процессы обработки	33	
1.9. Материалы для углубления усвоения и самопроверки	37	
ГЛАВА 2		
ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА		41
2.1. Электрический пробой и разновидности разряда	41	
2.2. Тепловое воздействие разряда на электроды	43	
2.3. Принцип электроэрозионной обработки	45	
2.4. Тепловая задача. Технологические модели процесса	46	
2.5. Технологические особенности процесса	50	
2.6. Режимы и схемы электроэрозионной обработки	53	
2.7. Формообразование объемным копированием	56	
2.8. Технологические показатели объемного копирования	58	
2.9. Копировально-прошивочные станки и инструменты	63	
2.10. Копировально-прошивочные операции	66	
2.11. Технологическая подготовка процесса	67	
2.12. Электроэрозионное проволочное вырезание	70	
2.13. Вырезные станки и возможности процесса	73	
2.14. Другие применения электроэрозионного процесса	75	
2.15. Материалы для углубления усвоения и самопроверки	77	
ГЛАВА 3		
РАЗМЕРНАЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА		83
3.1. Понятие об электродных процессах	83	
3.2. Закономерности электродных процессов	86	
3.3. Принцип размерной электрохимической обработки	89	
3.4. Технологические особенности процесса	91	
3.5. Кинематические схемы и разновидности процесса	96	

3.6.	Технологические особенности объемного копирования	98
3.7.	Копировально-прошивочные станки и инструменты	103
3.8.	Подготовка процесса объемного копирования, типовые операции	107
3.9.	Другие схемы размерной электрохимической обработки	110
3.10.	Удаление заусенцев и маркирование	112
3.11.	Материалы для углубления усвоения и самопроверки	114

ГЛАВА 4

АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА		120
4.1.	Магнитно-абразивная обработка: основные подпроцессы.	120
4.2.	Технологические особенности магнитно-абразивной обработки	123
4.3.	Ультразвуковые колебания, их получение	127
4.4.	Принцип размерной ультразвуковой абразивной обработки	132
4.5.	Технологические особенности ультразвуковой абразивной обработки	137
4.6.	Схемы обработки, ультразвуковые станки, инструменты	138
4.7.	Колебательная система	141
4.8.	Показатели и типовые операции размерной ультразвуковой абразивной обработки	144
4.9.	Подготовка процесса	147
4.10.	Материалы для углубления усвоения и самопроверки	149

ГЛАВА 5

КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ, ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ.		153
5.1.	Особенности комбинированных процессов.	153
5.2.	Электроэрозионно-химическая обработка: основные явления	154
5.3.	Технологические особенности электроэрозионно-химической обработки	158
5.4.	Абразивно-электроэрозионные процессы.	160
5.5.	Анодно-механическая обработка	162
5.6.	Комбинированные анодные процессы	166
5.7.	Процессы с чередованием абразивного и анодного воздействий.	169
5.8.	Комбинированная обработка с подачей ультразвука.	171
5.9.	Комбинированные процессы при свободном абразиве.	172
5.10.	Материалы для углубления усвоения и самопроверки	176

ГЛАВА 6

ЛАЗЕРНАЯ, ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ И ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА СЪЕМОМ МАТЕРИАЛА		181
6.1.	Источники лазерного излучения	181
6.2.	Установки для лазерной обработки	187
6.3.	Воздействие излучения на поверхность металла. Применение лазерной обработки	190
6.4.	Лазерное прошивание отверстий в металлах	194
6.5.	Лазерная резка металлов	197
6.6.	Лазерная обработка неметаллических материалов	201
6.7.	Принцип электронно-лучевой обработки	203
6.8.	Взаимодействие электронов с веществом заготовки	205
6.9.	Оборудование и операции электронно-лучевой обработки	208
6.10.	Принцип размерной обработки плазменной струей	211
6.11.	Резка плазменной струей	214
6.12.	Комбинированные процессы	218
6.13.	Материалы для углубления усвоения и самопроверки	219

ГЛАВА 7

ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ		225
7.1.	Явления, сопровождающие взрывное преобразование энергии	225
7.2.	Принцип действия электрогидравлического штампования	227
7.3.	Процессы в разрядной цепи, порождающие ударные волны	228
7.4.	Особенности обработки при взрывающихся проводниках	230
7.5.	Технологические особенности электрогидравлического штампования	231
7.6.	Оборудование и показатели электрогидравлического штампования	233
7.7.	Подготовка процесса электрогидравлического штампования, основные операции	236
7.8.	Принцип магнитно-импульсного штампования	240
7.9.	Оборудование и особенности магнитно-импульсного штампования	245
7.10.	Подготовка процесса и основные операции магнитно-импульсной обработки	246
7.11.	Материалы для углубления усвоения и самопроверки	249

ГЛАВА 8	
СВАРКА И ПАЯНИЕ	254
8.1. Принцип ультразвуковой сварки	254
8.2. Оборудование и технологические особенности ультразвуковой сварки	256
8.3. Подготовка ультразвуковой сварки, основные операции	258
8.4. Особенности плазменной сварки	260
8.5. Оборудование для плазменной сварки	263
8.6. Лазерная сварка	265
8.7. Электронно-лучевая сварка	269
8.8. Электровзрывная сварка	273
8.9. Ультразвуковое паяние	276
8.10. Материалы для углубления усвоения и самопроверки	279
ГЛАВА 9	
ПРОЦЕССЫ СОЗДАНИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАРАЩИВАНИЯ	284
9.1. Классификация процессов	284
9.2. Особенности процессов наращивания материала на исходное тело	286
9.3. Лазерная и электронно-лучевая наплавка	288
9.4. Плазменная наплавка	292
9.5. Принцип катодного осаждения	294
9.6. Процессы управляемого наращивания	297
9.7. Материалы для углубления усвоения и самопроверки	301
ГЛАВА 10	
НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ	305
10.1. Назначение и виды покрытий	305
10.2. Анодное нанесение покрытий	307
10.3. Микродуговое оксидирование, электрофоретическое осаждение	310
10.4. Электроискровое нанесение покрытий	312
10.5. Вакуумное осаждение из паров	315
10.6. Вакуумное осаждение ионов	319
10.7. Реактивное осаждение	321
10.8. Процессы газотермического нанесения покрытий	323
10.9. Прочие процессы нанесения покрытий	326
10.10. Материалы для углубления усвоения и самопроверки	328
ГЛАВА 11	
НЕРАЗМЕРНАЯ ОБРАБОТКА	333
11.1. Общие сведения о неразмерной обработке	333
11.2. Процессы полирования	335
11.3. Процессы термического упрочнения	339
11.4. Лазерная и электронно-лучевая термообработка	340
11.5. Процессы механического упрочнения	342
11.6. Лазерное легирование	345
11.7. Электрохимические процессы поверхностного легирования	347
11.8. Ионная обработка поверхности	349
11.9. Очистка, сушка	352
11.10. Материалы для углубления усвоения и самопроверки	355
<i>Заключение</i>	360
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА	361
Приложение 1. Электростатическое и электрическое поля	361
Приложение 2. Законы электролиза	364
Приложение 3. Законы электрических цепей	365
Приложение 4. Магнитные поля и цепи	368
Приложение 5. Электромагнитное поле	373
Приложение 6. Материалы для углубления усвоения и самопроверки	375
<i>Основные понятия и термины</i>	380
<i>Список рекомендуемой литературы</i>	391