

Ю. А. Харламов, Д. А. Вишнеvский, Н. А. Бондарь

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ



Ю. А. Харламов, Д. А. Вишнеvский, Н. А. Бондарь

**ОСНОВЫ
ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ТРЕНИЯ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 621.7:620.178
ББК 34.4
Х21

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор кафедры механического оборудования
заводов черной металлургии им. проф. В. Я. Седуша
(ГОУ ВО «Донецкий национальный технический университет»)

А. Л. Сотников;

кафедра художественного и промышленного литья
ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»

Харламов, Ю. А.

Х21 Основы инженерии поверхностей трения: учебное пособие
Ю. А. Харламов, Д. А. Вишневский, Н. А. Бондарь. – Москва ; Вологда :
Инфра-Инженерия, 2022. – 288 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1107-3

Комплексно рассматривается инженерия поверхности деталей машин. Подробно изложены основные показатели качества поверхностного слоя деталей машин. Представлены способы осаждения покрытий и модифицирования поверхностного слоя и их последующей механической обработки, на которой формируются окончательные параметры качества поверхностных слоев.

Для студентов и магистров направлений «Прикладная механика» и «Отраслевое машиностроение».

УДК 621.7:620.178
ББК 34.4

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	8
1.1. Поверхности деталей машин.....	9
1.2. Геометрия поверхности	10
1.2.1. Текстура поверхности.....	10
1.2.2. Отклонение формы	11
1.2.3. Шероховатость поверхности	11
1.2.4. 3D-параметры микро топографии поверхностей.....	13
1.2.5. Волнистость поверхности	16
1.2.6. Дефекты поверхности	16
1.3. Физико-химическое состояние поверхностного слоя.....	18
1.4. Комплексные параметры качества поверхностного слоя	21
1.5. Разрушение поверхностей деталей машин при трении.....	23
1.6. Выбор и назначение параметров качества поверхностного слоя деталей машин	29
2. ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	31
2.1. Инженерия поверхности и ее составные части.....	31
2.2. Технологические методы инженерии поверхности.....	39
2.3. Инженерия поверхности деталей на этапах жизненного цикла.....	39
3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА ЭТАПАХ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ	44
3.1. Технологическая наследственность при формировании качества поверхностного слоя деталей.....	43
3.2. Формирование поверхностного слоя на заготовительных операциях	46
3.3. Виды размерной обработки.....	48
3.4. Лезвийные методы обработки.....	49
3.5. Методы алмазно-абразивной обработки.....	54
3.6. Обработка поверхностным пластическим деформированием (ППД)	60
3.6.1. Сущность и классификация методов упрочнения поверхностным пластическим деформированием.....	60
3.6.2. Материалы инструментов для обработки ППД	63
3.6.3. Обработка обкатыванием и раскатыванием.....	66
3.6.4. Обработка выглаживанием	69
3.6.5. Прочие способы обработки ППД	76
3.6.6. Технологическое обеспечение качества поверхностного слоя при обработке поверхностным пластическим деформированием.....	89
3.7. Электрофизическая и электрохимическая обработка	95
4. МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ	100
4.1. Физические основы модификации поверхностных слоев	100

4.2. Способы термической и химико-термической обработки.....	102
4.3. Способы поверхностного упрочнения высококонцентрированными источниками энергии	107
4.4. Поверхностное упрочнение металлов концентрированными потоками энергии	109
4.5. Плазменная закалка.....	113
4.5.1. Способы плазменной закалики	113
4.5.2. Основы плазменного упрочнения конструкционных материалов	119
4.5.3. Плазменная закалка углеродистых сталей	121
4.5.4. Плазменная закалка легированных сталей	122
4.5.5. Плазменная закалка чугуна	124
4.6. Примеры применения плазменной закалики.....	126
4.6.1. Плазменная закалка прокатных валков	126
4.6.2. Плазменная закалка привалковой арматуры и других деталей технологического оборудования.....	130
4.6.3. Плазменная закалка малогабаритных и тонкостенных деталей	129
4.6.4. Закалка зубчатых, шлицевых и иных поверхностей	130
4.7. Прочие методы модифицирования.....	132
4.7.1. Лазерная обработка.....	132
4.7.2. Электронно-лучевая обработка	136
4.7.3. Ионно-лучевая обработка.....	138
5. НАНЕСЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	140
5.1. Газотермическое напыление покрытий	140
5.1.1. Способы газотермического напыления	140
5.1.2. Основные виды газотермических покрытий	148
5.2. Вакуумное осаждение покрытий	156
5.3. Гальванические покрытия	158
5.4. Химическое осаждение покрытий из растворов	161
5.5. Электроискровое легирование	162
5.6. Химическое осаждение покрытий из паровой фазы	163
6. НАПЛАВКА.....	164
6.1. Сущность и классификация способов наплавки	164
6.2. Электродуговая наплавка	169
6.3. Электрошлаковая наплавка	186
6.4. Индукционная наплавка	193
6.5. Плазменная наплавка	196
6.6. Лазерная и гибридная наплавка	197
6.7. Газовая наплавка	201
6.8. Печная наплавка	201

6.9. Механотермическое формирование поверхностей трения (наплавка трением)	203
6.10. Электроконтактная наплавка	205
6.11. Наплавка трением с перемешиванием	206
6.12. Материалы для наплавки.....	207
6.13. Дефекты наплавленного металла.....	214
6.14. Механическая обработка и контроль качества наплавленных деталей	222
7. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОКРЫТИЙ	226
7.1. Методы и особенности обработки покрытий.....	226
7.2. Особенности разработки технологий механической обработки покрытий.....	227
7.3. Температурные закономерности течения покрытий.....	233
7.4. Износ и стойкость инструмента при обработке напыленных покрытий.....	234
7.5. Примеры обработки деталей с покрытиями.....	238
7.6. Алмазно-абразивная обработка газотермических покрытий	243
7.6.1. Абразивный инструмент для шлифования покрытий.....	243
7.6.2. Дефекты при шлифовании покрытий	246
7.6.3. Шлифование газотермических покрытий	248
7.6.4. Ленточное шлифование покрытий	252
7.6.5. Обработка покрытий эластичным инструментом	254
7.6.6. Хонингование и суперфиниширование покрытий	256
7.6.7. Притирка деталей с покрытиями	257
7.6.8. Обработка покрытий свободным абразивом.....	257
7.6.9. Абразивная обработка гальванических покрытий	258
7.6.10. Абразивная обработка наплавленных покрытий	262
7.6.11. Шлифование диффузионных покрытий	265
7.7. Обработка покрытий методами ППД.....	266
7.8. Комбинированные методы обработки покрытий	269
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	272