

УДК 621.89(07)
Х211

Рецензенты:

кафедра «Механическое оборудование заводов черной металлургии» ГОУ ВПО
«Донецкий национальный технический университет»,
зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. Еронько С.П.;
Гутько Ю.И, д-р техн. наук, проф. кафедры художественного и промышленного
литья ГОУ ВПО «Луганский государственный университет»
им. Владимира Даля

Харламов, Ю.А.

Х211 Основы триботехники [Текст]: учебник / Ю.А. Харламов,
Д.А. Вишневский, А.П. Жильцов. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного
технического университета, 2018 – 354 с.

ISBN 978-5-88247-880-2

В учебнике рассмотрены особенности строения и физико-химические свойства поверхностей трения деталей машин, поверхностные явления, условия их контактного взаимодействия, виды трения, механизмы изнашивания и повреждений трибосопряжений. Кратко описаны триботехнические материалы и методы триботехнологии, применяемые для повышения износостойкости и антифрикционности поверхностей трения. Представлены сведения о смазочных материалах и смазывании. Даны рекомендации по оптимизации конструкторских решений и технологических способов повышения износостойкости механизмов и машин. Рассмотрены вопросы обеспечения надежности металлургических машин на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации.

Предназначен для студентов, обучающихся по направлению «Технологические машины и оборудование».

Табл. 19. Ил. 83. Библиогр.: 84 назв.

УДК 621.89(07)

ISBN 978-5-88247-880-2

© ФГБОУ ВО «Липецкий государственный
технический университет», 2018

© Харламов Ю.А., 2018

© Вишневский Д.А., 2018

© Жильцов А.П., 2018

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТРИБОЛОГИЯ И ТРИБОТЕХНИКА	8
1.1. Основные понятия	8
1.2. Роль трения в работе машин и оборудования и основные задачи триботехники	10
1.3. Виды и режимы трения	13
2. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ДЕТАЛЕЙ	18
2.1. Характер взаимодействия между атомами, ионами и молекулами.....	18
2.2. Кристаллические и аморфные тела.....	22
2.3. Дефекты кристаллического строения.....	24
2.4. Поверхностные явления.....	28
2.5. Механические свойства материала поверхностного слоя.....	38
2.6. Свойства деформированного слоя	41
3. ГЕОМЕТРИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРЕНИЯ И ИХ КОНТАКТИРОВАНИЕ	42
3.1. Геометрия поверхностей деталей	42
3.2. Радиус кривизны микронеровностей и кривая опорной поверхности	45
3.3. Контактное взаимодействие гладких поверхностей твердых тел.....	47
3.4. Влияние геометрических параметров поверхностей трения на износостойкость деталей.....	50
4. ТРЕНИЕ.....	53
4.1. Адгезионное взаимодействие между твердыми телами.....	53
4.2. Типы фрикционных связей.....	54
4.3. Влияние окисных, адсорбционных и других поверхностных пленок на трение твердых тел.....	57
4.4. Сухое трение	61
4.5. Трение при граничной смазке	67
4.6. Жидкостное трение.....	72
4.7. Роль температуры при трении.....	77
4.8. Обобщенные закономерности трения твердых тел.....	79
5. ИЗНАШИВАНИЕ	81
5.1. Общие сведения	81
5.2. Абразивное изнашивание	82
5.3. Кавитационное изнашивание	91

5.4. Изнашивание при усталостном выкрашивании	93
5.5. Изнашивание при схватывании.....	97
5.6. Коррозионно-механическое изнашивание.....	98
5.7. Прочие виды изнашивания	101
5.8. Изнашивание трибосопряжений	103
6. СМАЗЫВАНИЕ.....	107
6.1. Смазывание и смазочные материалы	107
6.2. Системы смазывания.....	118
6.3. Подвод и распределение смазочного материала	128
6.4. Применение смазочно-охлаждающих материалов в металлургических процессах	130
6.4.1. Прокатное производство.....	130
7. ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ..	133
7.1. Классификация триботехнических материалов	133
7.2. Металлические материалы для деталей узлов трения.....	135
7.2.1. Чугуны и их применение.....	135
7.2.2. Стали и их применение.....	139
7.3. Антифрикционные сплавы цветных металлов	145
7.4. Полимерные материалы с антифрикционными свойствами.....	155
7.5. Другие виды антифрикционных материалов.....	161
7.6. Металлофторопластовые ленточные антифрикционные материалы	163
7.7. Фрикционные материалы.....	165
7.8. Материалы для узлов трения, работающих при высокой температуре..	171
7.9. Материалы, реализующие эффект безызносного трения.....	174
7.10. Триботехнические материалы с особыми свойствами	177
8. ТРИБОТЕХНОЛОГИЯ.....	179
8.1. Модифицирование поверхностей трения.....	179
8.1.1. Обработка поверхностным пластическим деформированием	179
8.1.2. Термическая обработка.....	183
8.1.3. Термомеханическая обработка.....	192
8.1.4. Химико-термическая обработка.....	192
8.1.5. Модифицирование поверхностей воздействием проникающего излучения.....	200

8.2. Нанесение покрытий	201
8.2.1. Наплавка.....	202
8.2.2. Газотермическое напыление покрытий.....	208
8.2.3. Припекание покрытий.....	217
8.2.4. Получение покрытий из паровой фазы.....	221
8.2.5. Прочие методы осаждения покрытий.....	226
8.3. Комбинированные методы упрочняющей технологии	230
9. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ.....	231
9.1. Разгрузка поверхностей трения.....	231
9.2. Обеспечение рационального нагружения элементов	232
9.3. Выбор материалов пары трения и смазочных материалов	245
9.4. Взаимное дополнение качества деталей	257
9.5. Обеспечение совершенного трения	260
9.6. Обеспечение рационального режима смазки.....	264
9.6.1. Узлы трения с жидкими смазочными материалами.....	264
9.6.2. Узлы трения с твердыми смазочными материалами.....	266
9.7. Учет нагрева и температурных деформаций деталей.....	270
9.8. Защита поверхностей трения от нежелательных воздействий	275
9.9. Оценка надежности узлов трения	278
10. ИСПЫТАНИЯ НА ТРЕНИЕ И ИЗНОС.....	287
10.1. Рациональный цикл триботехнических испытаний.....	288
10.2. Методы и средства испытаний на трение и износ	295
10.3. Общая методология испытаний на трение и изнашивание.....	304
11. ТРЕНИЕ И ИЗНОС В МАШИНАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	311
11.1. Общие сведения	311
11.2. Трение и износ типовых деталей машин.....	315
11.3. Износ основных деталей машин металлургического комплекса	323
11.3.1. Оборудование агломерационных цехов.....	323
11.3.2. Оборудование доменных цехов.....	327
11.3.3. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов.....	331
11.3.4. Оборудование прокатных цехов.....	339
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	345
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	347