

## Оглавление

Введение .....	7
<b>Глава 1. Виды изнашивания поверхностей и их особенности .....</b>	<b>9</b>
1.1. Классификация видов изнашивания .....	9
1.2. Энергетический баланс разных видов изнашивания .....	36
1.3. Характеристики изнашивающихся узлов и деталей нефтегазового обо- рудования .....	42
<b>Практическая работа. Анализ условий разрушения поверхностей     активно изнашивающихся деталей .....</b>	<b>62</b>
<b>Глава 2. Особенности разрушения и упрочнения поверхностей .....</b>	<b>67</b>
2.1. Общая схема разрушения поверхностей при механических видах изна- шивания .....	67
2.2. Разрушение поверхностей при упругих деформациях .....	70
2.3. Разрушение поверхностей при пластических деформациях .....	75
2.4. Разрушение поверхностей в результате развития трещины .....	77
2.5. Общая характеристика методов упрочнения поверхностей .....	86
<b>Глава 3. Легирование стали для повышения прочности деталей машин .....</b>	<b>91</b>
3.1. Роль углерода в образовании различных фаз .....	91
3.2. Легирование металлами .....	96
3.3. Образование фаз внедрения .....	101
3.4. Примеси в сталях .....	107
3.5. Влияние фазовых составляющих стали на ее износостойкость при раз- ных видах изнашивания .....	110
3.6. Износостойкость различных групп сталей .....	117
3.7. Композиционные металлические материалы .....	182
<b>Практическая работа. Определение состава карбидной фазы     в износостойких сталях и сплавах .....</b>	<b>202</b>
<b>Практическая работа. Центробежное армирование деталей машин .....</b>	<b>207</b>
<b>Глава 4. Термическая обработка для повышения износостойкости     деталей машин .....</b>	<b>212</b>
4.1. Общая характеристика методов общей термической обработки .....	212
4.2. Нагрев при упрочняющей термической обработке .....	214
4.3. Выдержка при термической обработке .....	219
4.4. Охлаждение при термической обработке .....	222
4.5. Особенности формирования структурно-фазового состава при терми- ческой обработке .....	226
4.6. Выбор охлаждающих сред при упрочняющей термической обработке .....	248
4.7. Закалка стали .....	252

Практическая работа. <b>Оценка влияния разных видов термической обработки на структурно-фазовый состав стали и ее износостойкость</b>	256
Практическая работа. <b>Определение оптимальных режимов закалки для упрочнения деталей машин</b>	264
Глава 5. <b>Поверхностная закалка</b>	271
5.1. Общие характеристики поверхностной закалки	271
5.2. Способы поверхностной закалки	280
5.3. Поверхностная закалка при нагреве газовым пламенем	283
5.4. Поверхностная закалка электроконтактным нагревом	290
5.5. Поверхностная закалка лазерным нагревом	296
5.6. Поверхностная закалка индукционным нагревом	310
Практическая работа. <b>Определение параметров упрочненного слоя при поверхностной закалке с лазерным нагревом</b>	325
Практическая работа. <b>Определение режимов поверхностной закалки с нагревом током высокой частоты</b>	338
Глава 6. <b>Химико-термическая обработка поверхностей</b>	344
6.1. Основные закономерности процесса диффузии	344
6.2. Основы химико-термической обработки	351
6.3. Насыщение через газовую фазу	352
6.4. Насыщение из жидких сред	355
6.5. Насыщение из паровфазовой среды	356
6.6. Цементация	365
6.7. Азотирование сталей	378
6.8. Нитроцементация и цианирование	388
6.9. Боромирование	399
6.10. Хромирование	410
6.11. Титанирование	419
6.12. Алитирование	423
6.13. Силицирование	429
6.14. Цинкование	434
6.15. Бериллизация	436
6.16. Сульфидирование	438
6.17. Прочие виды диффузионного насыщения поверхностей	442
Практическая работа. <b>Расчет режимов химико-термической обработки</b>	443
Глава 7. <b>Поверхностное пластическое деформирование</b>	456
7.1. Виды дислокаций и их движение под действием сдвигающих усилий	456
7.2. Упрочнение при торможении дислокаций	462
7.3. Статические методы поверхностного пластического деформирования	467
7.4. Динамические методы поверхностно-пластического деформирования	474
Практическая работа. <b>Расчет режимов упрочнения поверхностей деталей статическими методами ППД</b>	481
Список литературы	487

## Введение

Эффективное использование машин и оборудования нефтегазовой отрасли невозможно без решения задач, связанных с повышением износостойкости их деталей и узлов. До 80 % отказов оборудования, особенно контактирующего с абразивом, вызвано износом рабочих поверхностей, при этом величина износа в большинстве случаев не превышает 0,3–1,0 мм.

Условия работы деталей машин и оборудования нефтяной и газовой отрасли характеризуются высокими механическими и тепловыми нагрузками, наличием агрессивных сред, присутствием в зоне контакта рабочих поверхностей абразивных частиц или непосредственным контактом с высокотвердыми горными породами и грунтами. Это определяет необходимость использования для изготовления активно изнашивающихся деталей высоколегированных высокопрочных сталей и сплавов. Высокий уровень прочностных свойств указанных материалов, а также возможность получения ряда специальных свойств, таких, как коррозионная стойкость или жаростойкость, определяют несомненную актуальность вопросов использования существующих и разработки новых специальных износостойких материалов.

В то же время небольшая величина предельного износа, характерная для большинства деталей нефтегазового оборудования, делает в ряде случаев применение дорогостоящих высоколегированных сплавов для изготовления деталей экономически неэффективным. Значительный интерес для решения проблемы повышения износостойкости и продления срока службы оборудования представляет использование прогрессивных методов поверхностного упрочнения, позволяющих получить на деталях, изготовленных из конструкционных сталей, поверхностные слои, обладающие требуемым уровнем износостойких свойств. К таким технологиям относятся методы поверхностной закалки, химико-термической обработки и поверхностного пластического деформирования, подробно представленные в учебном пособии. Для каждой из перечисленных технологий упрочнения рассмотрены основные характеристики физических процессов, протекающих в поверхностном слое при их реализации, особенности фазовых и структурных превращений, обеспечивающие повышение износостойкости поверхностного слоя, влияние технологических параметров процесса упрочнения на достижение требуемого качества изготовления детали в целом.

Учебное пособие написано на основе результатов многочисленных исследований, выполненных в Российском государственном университете (РГУ) нефти и газа им. И. М. Губкина и опыта преподавания дисциплины «Технологические методы восстановления и повышения износостойкости деталей машин». Используются результаты отечественных и зарубежных исследований в этой области.

Особенностью данного учебного пособия является сочетание в нем материалов по теоретической и практической подготовке студентов.