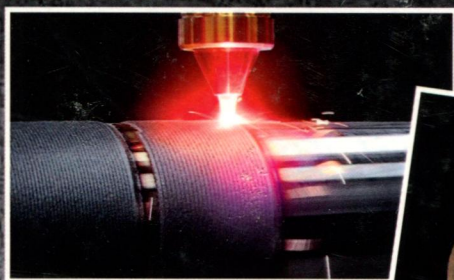
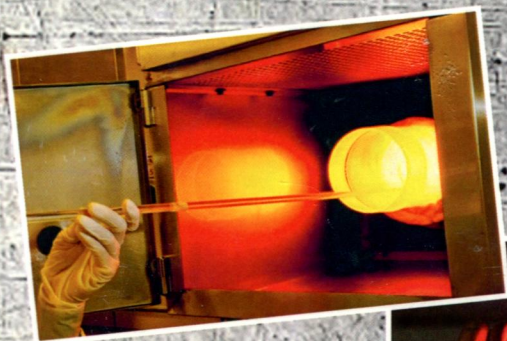


Р. Е. Глинер, В. И. Астащенко



ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛА



Р. Е. Глинер, В. И. Астащенко

**ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТНОГО
УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛА**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2022

УДК 621.785

ББК 34.2

Г54

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *М. С. Колесников*;

доктор технических наук, профессор *Э. Р. Галимов*

Глинер, Р. Е.

Г54 Введение в технологию поверхностного упрочнения металла : учебное пособие / Р. Е. Глинер, В. И. Асташенко. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 328 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1038-0

Изложены вопросы, относящиеся к наиболее эффективным и распространенным методам поверхностного упрочнения металлов: химико-термическая обработка, поверхностная закалка, поверхностное пластическое деформирование. Проанализированы принципиальные аспекты рассматриваемых технологических процессов: основное назначение и металловедческие основы упрочнения; выбор технологического оборудования и технологических режимов; способы контроля качества; характерный химический состав металла, подвергаемого упрочнению. Представлены примеры производства с использованием рассматриваемых упрочняющих технологий. Приведены примеры металловедческих анализов, направленных на совершенствование технологии поверхностного упрочнения.

Для подготовки студентов по направлениям: 15.00.00 «Машиностроение», 22.03.02 «Металлургия», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», 27.03.02 «Управление качеством». Может быть использовано специалистами в области термической обработки металлов.

УДК 621.785

ББК 34.2

ISBN 978-5-9729-1038-0

© Глинер Р. Е., Асташенко В. И., 2022

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ	8
1.1. Физико-химические основы технологии контролируемого насыщения.....	8
1.1.1. Стадии насыщения.....	8
1.1.2. Структура диффузионного слоя.....	15
1.2. Цементация стали.....	17
1.2.1. Назначение цементации.....	17
1.2.2. Показатели упрочнения стали цементацией.....	18
1.2.3. Основы технологии науглероживания стали.....	20
1.2.4. Принципы управления науглероживанием в газовой цементации.....	34
1.2.5. Термическая обработка науглероженной стали.....	44
1.2.6. Технологический и лабораторный (металлографический) контроль.....	48
1.2.7. Выбор состава (марки) цементируемой стали.....	50
1.3. Азотирование стали и чугуна.....	56
1.3.1. Общие сведения.....	56
1.3.2. Основы технологии газового азотирования.....	58
1.4. Комплексное насыщение стали углеродом и азотом.....	70
1.4.1. Нитроцементация.....	71
1.4.2. Никотрирование.....	76
1.4.3. Цианирование.....	77
1.5. Атмосферы на основе азота.....	79
1.6. Борирование стали.....	83
1.7. Силицирование.....	87
1.8. Диффузионное насыщение стали металлами.....	89
1.8.1. Алитирование (алюминирование).....	89
1.8.2. Оцинкование.....	91
1.8.3. Хромирование.....	93
1.9. Нанесение сверхтвёрдых покрытий.....	97
1.10. Химико-термическая обработка сплавов титана.....	100
2. ВАКУУМНАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ	104
2.1. Технологические основы современной вакуумной термической обработки.....	104
2.2. Особенности цементации с вакуумированием процесса науглероживания и использованием «сухой закалки».....	119
2.3. Азотирование с вакуумированием рабочего пространства.....	129
3. ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА СТАЛИ И ЧУГУНА.....	132
3.1. Общие сведения.....	132
3.2. Поверхностная закалка с нагревом внешним источником энергии.....	135

3.2.1. Газопламенная закалка	135
3.2.2. Закалка в электролите	137
3.2.3. Лазерно-лучевая и электронно-лучевая закалки	137
3.3. Поверхностная закалка с нагревом внутренним источником энергии	139
3.3.1. Электроконтактная закалка	140
3.3.2. Закалка с использованием индукционного нагрева	141
3.4. Примеры инженерных решений по индукционной поверхностной закалке	149
3.4.1. Закалка валов и осей	150
3.4.2. Закалка колёс зубчатых передач	156
3.4.3. Поверхностная закалка валков для холодной прокатки	160
3.5. Индукционная закалка как альтернатива цементации или как технологическая операция в составе цементации	164
3.5.1. Предпосылки к замене цементации индукционной закалкой	164
3.5.2. Примеры объёмно-поверхностной закалки	166
3.5.3. Индукционная закалка в цементации	171
3.6. Сталь для индукционной закалки	172
3.7. Индукционная закалка чугуна	176
4. ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ	177
4.1. Механизм упрочнения металла при поверхностном пластическом деформировании	177
4.2. Формирование остаточных напряжений сжатия при поверхностном пластическом деформировании	180
4.3. Упрочнение обработкой поверхности дробью	182
4.3.1. Назначение обработки дробью	182
4.3.2. Технологическое исполнение обработки дробью	182
4.3.3. Факторы, влияющие на эффективность наклёпа дробью	184
4.3.4. Контроль результатов обработки дробью	185
4.4. Упрочнение обкаткой	186
4.4.1. Общие сведения	186
4.4.2. Обкатка роликами	187
4.4.3. Обкатка в штампе	191
4.5. Влияние нагрева на долговечность деталей, упрочнённых поверхностным наклёпом	195
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	197
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	198
ПРИЛОЖЕНИЯ	200
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	321