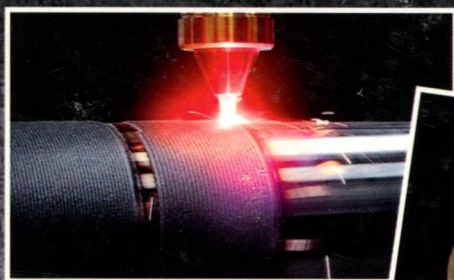
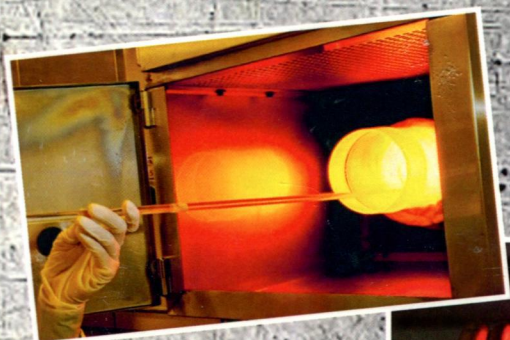


Р. Е. Глинер, В. И. Астащенко



ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ МЕТАЛЛА



Р. Е. Глинер, В. И. Асташенко

**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. Астащенко. – 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 металлургические 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 металлургических 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., Астащенко 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 |