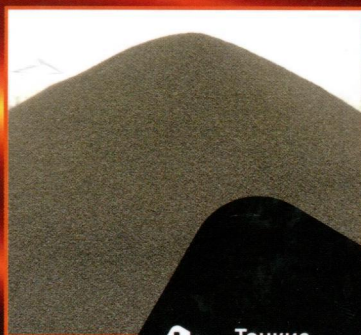


С. П. Нефедьев  
А. Н. Емелюшин

# ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ



Тонкие  
Наукоёмкие  
Технологии

**С. П. НЕФЕДЬЕВ, А. Н. ЕМЕЛЮШИН**

**ПЛАЗМЕННОЕ  
УПРОЧНЕНИЕ  
ПОВЕРХНОСТИ  
ДЕТАЛЕЙ**

Старый Оскол  
ТНТ  
2021

**УДК 621.7**  
**ББК 30.61**  
**Н 581**

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор *Б. Р. Гельчинский*  
кандидат технических наук, доцент *А. Н. Шаповалов*

**Нефедьев С. П., Емелюшин А. Н.**

**Н 581** **Плазменное упрочнение поверхности деталей** : монография /  
С. П. Нефедьев, А. Н. Емелюшин. — Старый Оскол : ТНТ, 2021. —  
156 с. : ил.

**ISBN 978-5-94178-725-8**

В книге отражены результаты исследования структуры и свойств износостойких покрытий, полученных плазменно-порошковой наплавкой высокоуглеродистых сплавов различного состава, на углеродистые конструкционные стали, а также поверхностных слоев стали 45, упрочненных плазменной закалкой.

Книга может быть полезна для бакалавров, магистров и аспирантов металлургических и машиностроительных направлений и инженерно-технических работников, занимающихся восстановлением и упрочнением деталей машин и механизмов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № FZRU-2020-0011).

This work is carried out within a framework of the government order (No. FZRU-2020-0011) of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

**УДК 621.7**  
**ББК 30.61**

**ISBN 978-5-94178-725-8**

© Нефедьев С. П., Емелюшин А. Н., 2021  
© Оформление. ООО «ТНТ», 2021

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>Глава 1. МЕХАНИЗМЫ ИЗНАШИВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И СПОСОБЫ ИХ УПРОЧНЕНИЯ</b> .....	8
1.1. Механизм абразивного изнашивания металлов .....	8
1.2. Изнашивание металлов при трении скольжения .....	11
1.3. Способы поверхностного упрочнения деталей .....	13
1.3.1. Плазменная закалка .....	14
1.3.2. Плазменно-порошковая наплавка износостойких покрытий .....	18
1.4. Материалы для работы в условиях абразивного изнашивания и изнашивания трением .....	20
1.4.1. Классификация наплавочных материалов .....	21
1.4.2. Белые хромованадиевые чугуны .....	22
1.4.3. Требования к свойствам и структуре сплавов, эксплуатирующихся в условиях абразивного изнашивания .....	24
1.4.4. Материалы для работы в условиях трения скольжения .....	26
<b>Глава 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКИ И ПЛАЗМЕННО-Порошковой НАПЛАВКИ</b> .....	28
2.1. Оборудование для плазменной закалки .....	30
2.2. Оборудование для плазменно-порошковой наплавки .....	34

<b>Глава 3. СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКИ</b> .....	40
3.1. Технология плазменной закалки.....	40
3.2. Методика исследования микроструктуры и свойств плазменно-упрочненных слоев.....	43
3.3. Фазовый состав и структура конструкционных сталей после плазменной закалки.....	46
3.4. Распределение температурных полей при плазменной закалке ....	65
<b>Глава 4. ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВАЯ НАПЛАВКА ПОРОШКОМ PLASMOTEС 19 НА ПОДЛОЖКУ ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ</b> .....	68
4.1. Износостойкие наплавочные порошки .....	68
4.2. Фазовый состав наплавленных покрытий .....	73
4.3. Формирование структуры при плазменно-порошковой наплавке.....	74
4.4. Влияние дополнительных технологических воздействий на формирование структуры покрытий .....	86
<b>Глава 5. ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ УПРочНЕННЫХ СЛОЕВ</b> .....	94
5.1. Испытания на абразивную и ударно-абразивную износостойкость .....	95
5.2. Моделирование температурных полей при плазменной закалке и наплавке.....	96
5.3. Влияние режимов плазменной закалки двудуговым плазмотроном на износостойкость стали 45.....	98
5.4. Влияние технологических параметров на твердость и износостойкость наплавленных покрытий .....	104
5.5. Исследование свойств зоны сплавления покрытия с подложкой.....	112
<b>Глава 6. ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАЗМЕННОЙ ЗАКАЛКИ И ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ</b> .....	124
6.1. Промышленное внедрение технологии плазменной закалки .....	125
6.2. Внедрение технологии плазменно-порошковой наплавки штоков гидроцилиндров .....	134
<b>Заключение</b> .....	141
<b>Библиографический список</b> .....	143