

**Физико-технический институт
Национальной академии наук Беларуси**

**Белый А.В., Кукареко В.А.
Лободаева О.В., Таран И.И., Ших С.К.**

**Ионно-лучевая обработка
металлов, сплавов и
керамических материалов**

**Минск
«Физико-технический институт»
1998**

УДК 621.7/9.048.7:533.6+621.793.1

Белый А.В., Кукареко В.А., Лободаева О.В., Таран И.И., Ших С.К. Ионно-лучевая обработка металлов, сплавов и керамических материалов. – Мн.: Изд-во Физико-технического института Национальной Академии наук Беларуси, 1998. – 220 с. – ISBN

Рассмотрены физические и технологические основы ионно-лучевого модифицирования конструкционных материалов на основе металлов, сплавов и керамических материалов. Дана краткая характеристика оборудования для ионно-лучевой обработки. Изложены результаты исследований структурно-фазовых превращений и изменения физико-механических свойств поверхностных слоев широкой гаммы конструкционных материалов под действием ионных пучков. На основании проведенных исследований даны практические рекомендации использования ионно-лучевой обработки для повышения эксплуатационных свойств конструкционных материалов.

Монография рассчитана на специалистов научно-исследовательских институтов, объединений и предприятий, занимающихся вопросами упрочняющей обработки металлов, сплавов и керамических материалов, а также студентов высших учебных заведений и аспирантов соответствующих специальностей.

Табл. 16. Ил. 87. Библиогр.: 673 назв.

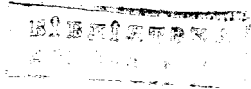
Под общей редакцией
д. т. н., проф. А.В. Белого

Рецензенты:

Член-корреспондент НАН Беларуси Ф.Ф. Комаров
Д-р техн. наук А.А. Шипко

В 355404

© Белый А.В., Кукареко В.А., Лободаева О.В.,
Таран И.И., Ших С.К., 1998



Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ	7
1.1. СТРУКТУРА ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ И СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ	7
1.2. ПРОБЛЕМА ПРОЧНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ	11
1.3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ	16
2. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИОННЫХ ПУЧКОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	27
2.1. ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ	27
2.2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕГИРУЮЩЕЙ ПРИМЕСИ ПРИ ИОННОМ ЛЕГИРОВАНИИ	36
2.3. ОБРАЗОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ПРИ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКЕ	41
2.4. РАСПЫЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА	47
2.5. ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ СЛОЯХ	47
2.6. СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ, ИОННО-ЛЕГИРОВАННЫХ АЗОТОМ	52
2.7. АМОРФИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПРИ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКЕ	62
3. ИОННО-ЛУЧЕВАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ И КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	70
3.1. ПРИМЕНЕНИЕ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ	70
3.2. ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	79
3.3. ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ: КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ И КАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ	93
3.4. ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ И ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	99
3.5. ВЛИЯНИЕ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРМЕТНЫХ РЕЗИСТОРОВ	105
3.6. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ МЕТОДОВ АЗОТИРОВАНИЯ И ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	109

4.	ИОННО-ЛУЧЕВАЯ ОБРАБОТКА ПРИ ВЫСОКИХ ПЛОТНОСТЯХ ТОКА	116
4.1.	ОСНОВНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ ТОКА	116
4.2.	ОСОБЕННОСТИ ДИФФУЗИИ ЛЕГИРУЮЩЕЙ ПРИМЕСИ ПРИ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИЛЬНОТОЧНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	122
4.3.	ИОННАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ ИЗ ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА	126
4.4.	ИМПУЛЬСНАЯ СИЛЬНОТОЧНАЯ ИОННО-ЛУЧЕВАЯ ОБРАБОТКА	128
4.5.	ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИЛЬНОТОЧНОЙ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	130
4.6.	СТРУКТУРНЫЕ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА, ПОДВЕРГНУТЫХ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКЕ	133
4.7.	НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ	146
5.	ИОННО-ЛУЧЕВАЯ ОБРАБОТКА ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ	154
5.1.	ВЛИЯНИЕ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ	154
5.2.	УЛУЧШЕНИЕ АДГЕЗИИ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	160
5.3.	МЕТОДЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИОННО-АССИСТИРОВАННОГО ОСАЖДЕНИЯ ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ	163
5.4.	ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИАО НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ	168
5.5.	СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ	169
5.6.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ ВАКУУМНЫХ ПОКРЫТИЙ	177
5.7.	АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЙ, ОСАЖДАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ ИОННО-ЛУЧЕВОЙ ОБРАБОТКИ	181
5.8.	НЕКОТОРЫЕ ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ИОННО-АССИСТИРОВАННОГО ОСАЖДЕНИЯ	184
	ЛИТЕРАТУРА	187