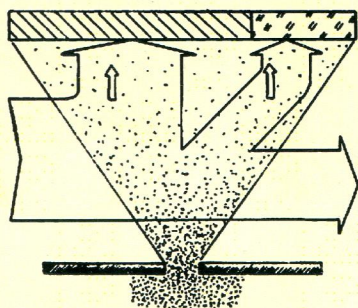


# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН



URSS

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. А. А. БЛАГОНРАВОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

---

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ответственный редактор  
доктор технических наук, профессор  
Г. В. Москвитин



URSS  
МОСКВА



**Редакционная коллегия:**

д. т. н., проф. А. Н. Романов, д. т. н., проф. Г. В. Москвитин,  
д. т. н., проф. Ю. Н. Дроздов, д. т. н. И. А. Буяновский, д. т. н. Н. А. Воронин,  
д. т. н., проф. Л. И. Куксенова, д. ф.-м. н., проф. В. Н. Перевезенцев,  
к. т. н. В. Е. Архипов, к. т. н. А. Н. Поляков

**Современные технологии модифицирования поверхностей деталей машин.**

Отв. ред. Г. В. Москвитин. — М.: ЛЕНАНД, 2013. — 400 с.

В сборнике представлены наиболее перспективные современные способы модификации поверхности деталей машин и элементов конструкций с целью повышения их прочности, ресурса и износостойкости. Рассмотрен теоретический и прикладной характер разработки и применения алмазоподобных покрытий, вакуумной и ионно-плазменной технологии, лазерных, плазменных и газодинамических методов обработки материалов. В работах приводятся конкретные результаты исследований последних лет и оцениваются перспективы практического их использования. Кроме результатов оригинальных исследований авторов представлен ряд обзоров малодоступной отечественному читателю зарубежной литературы в анализируемой области.

Предлагаемый сборник предназначен для научных работников, занимающихся изучением основ создания перспективных технологий поверхностных упрочнений, для инженеров-конструкторов и технологов, создающих новую технику. Сборник также может представлять интерес для аспирантов и студентов старших курсов машиностроительных вузов.

**Рецензенты:**

д. т. н., проф. О. Ю. Елагина;  
д. т. н., проф. А. И. Доценко

Формат 60×90/16. Печ. л. 25. Зак. № ЗР-37.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 11А, стр. 11.

ISBN 978-5-9710-0660-2

© ИМАШ РАН, 2012

© ЛЕНАНД, 2012

13485 ID 168556



9 785971 006602

НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА	
	E-mail: URSS@URSS.ru
	Каталог изданий в Интернете: <a href="http://URSS.ru">http://URSS.ru</a>
	Тел./факс (многоканальный): + 7 (499) 724 25 45
	URSS

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельцев.

# Содержание

Предисловие ..... 9

*Д. т. н., проф. Г. В. Москвитин*

*Введение. Методы повышения ресурса в машиностроении* ..... 11

*Д. т. н., проф. Ю. Н. Дроздов*

Предельная толщина смазывающего слоя и возникновение  
процесса заедания (схватывания) на модифицированных  
поверхностях трения ..... 20

## **1. Алмазоподобные покрытия ..... 35**

*Д. т. н. И. А. Буяновский, к. ф.-м. н. В. А. Левченко,  
к. т. н. З. В. Игнатьева, д. х. н. В. Н. Матвеевко, инж. А. Н. Большаков*

Трибологические характеристики углеродных  
алмазоподобных покрытий стальных деталей,  
функционирующих в смазочных средах ..... 37

*Д. т. н. И. А. Буяновский, А. Н. Большаков, М. Н. Зеленская,  
к. ф.-м. н. В. А. Левченко, д. х. н. В. Н. Матвеевко,  
к. т. н. А. Г. Сипатов, к. т. н. Р. В. Бортко*

Влияние углеродного покрытия-ориентанта на смазочную  
способность базовых масел ..... 67

*К. ф.-м. н. М. М. Хрущов*

Легированные алмазоподобные покрытия  
триботехнического назначения ..... 78

*К. ф.-м. н. М. М. Хрущов, М. В. Атаманов,  
к. т. н. Е. А. Марченко, к. т. н. М. И. Петржик*

Структура, микромеханические и трибологические свойства легированных хромом алмазоподобных покрытий, нанесенных реактивным магнетронным распылением ..... 114

## **2. Вакуумная ионно-плазменная обработка ..... 123**

*Д. т. н. Н. А. Воронин*

Теоретическая модель кинетического индентирования жесткого индентора в поверхность с топокомпозитной структурой ..... 125

*Д. т. н. Н. А. Воронин*

Разработка технологии модифицирования рабочих поверхностей торцовых уплотнений ..... 137

*Д. т. н., проф. А. П. Семенов*

О повышении триботехнических свойств вакуумных ионно-плазменных покрытий системы «титан – азот» легированием ..... 155

*Д. т. н., проф. А. П. Семенов*

О повышении триботехнических свойств покрытий системы «алюминий – азот» легированием ..... 175

*С. н. с. В. А. Сорокин*, *Л. А. Кривина,*

*к. ф.-м. н. Ю. П. Тарасенко, д. ф.-м. н. В. Н. Перевезенцев*

Модифицирование элементов пары трения «игла – подпятник» ..... 200

*К. ф.-м. н., доц. Г. В. Ходаченко, к. ф.-м. н. И. А. Щелканов*

Нанесение защитных покрытий с высокой скоростью в сильноточном импульсном магнетронном разряде ..... 210

### **3. Лазерные и плазменные методы обработки поверхности ..... 215**

*К. т. н. В. П. Бирюков*

Повышение эксплуатационных свойств борсодержащих покрытий  
при воздействии лазерным лучом ..... 217

*К. т. н. В. П. Бирюков*

Расчетно-экспериментальное определение трибологических  
характеристик пар трения скольжения, упрочненных лазерным  
лучом ..... 226

*Д. т. н., проф. Г. В. Москвитин, к. т. н. Е. М. Биргер,  
к. т. н. А. Н. Поляков, ст. препод. Г. Н. Полякова*

Модификация свойств деталей, изготовляемых с помощью  
лазерных технологий ..... 233

*К. т. н. Е. М. Биргер, к. т. н. А. Н. Поляков,  
А. В. Балашова*

Изменение свойств поверхностей изделий при применении  
во время механической обработки лазерного нагрева ..... 259

*Д. т. н., проф. Л. И. Куксенова, к. т. н. В. Г. Лантева,  
М. С. Алексеева, В. А. Иванов, М. Е. Коньжеев*

Упрочнение приповерхностных слоев образцов  
из конструкционных сплавов с помощью  
микроплазменной обработки ..... 298

*К. т. н. М. Н. Роцин, к. т. н. В. В. Алисин, к. т. н. И. М. Петрова*

Оценка усталостной прочности стали 30ХГСА  
после лазерной наплавки металлокерамического покрытия  
с ультрагранкой упрочняющей фазой ..... 333

#### **4. Газотермические методы модифицирования поверхностей.....341**

*К. т. н. Н. И. Смирнов, Н. Н. Смирнов*

Увеличение ресурса центробежных насосов для добычи нефти  
на основе использования детонационных покрытий..... 343

*К. т. н. В. Е. Архипов, к. т. н. А. Ф. Лондарский, А. Ф. Мельшианов,  
д. т. н., проф. Г. В. Москвитин, М. С. Пугачёв, Н. В. Широкова*

Перспективы газодинамической обработки стали корундом ..... 356

*К. т. н. В. Е. Архипов, к. т. н. А. Ф. Лондарский, А. Ф. Мельшианов,  
М. С. Пугачёв, Н. В. Широкова*

Модифицирование поверхности стали газодинамическим  
нанесением медных покрытий..... 373

*К. т. н. С. Г. Лебединский, д. т. н., проф. Г. В. Москвитин*

Исследование возможности увеличения ресурса фильтров  
высокого давления упрочнением технологическими перегрузками..... 388

**Авторский коллектив.....394**