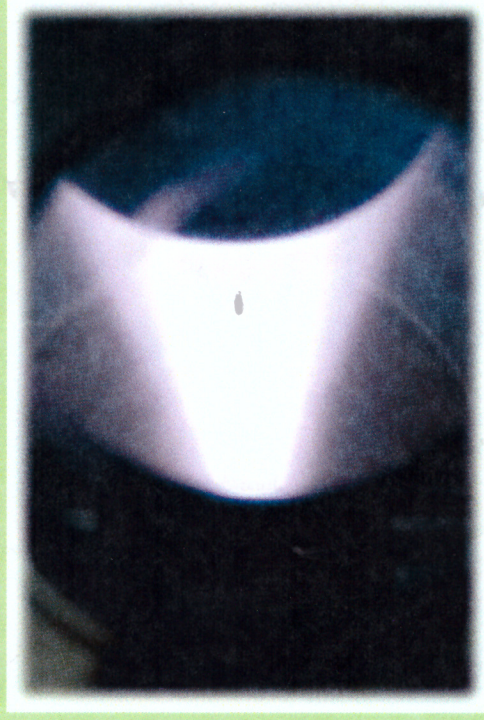


**Б.К. РАХАДИЛОВ,
М.К. КЫЛЫШКАНОВ,
Ж.Б. САГДОЛДИНА**

**ПЛАЗМЕННЫЕ И ПУЧКОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ
ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ И
НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ**



Министерство образования и науки Республики Казахстан
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. С.АМАНЖОЛОВА

Б.К. Рахадиллов, М.К.Кылышканов, Ж.Б. Сағдолдина

**Плазменные и пучковые
технологии
модифицирования
поверхности материалов и
нанесения покрытий**

Монография

Усть-Каменогорск
2018

Рекомендовано к изданию Ученым советом ВКГУ имени С. Аманжолова
(Протокол №5 от 30.11.2018 г.)

Рецензенты:

Квеглис Л.И., д.ф.-м.н., профессор ВКГУ имени С. Аманжолова,
Плотников С.В., д.ф.-м.н., профессор ВКГУ имени Д. Серикбаева

P27 Рахадиллов Б.К.

**Плазменные и пучковые технологии модифицирования
поверхности материалов и нанесения покрытий:** Монография / Б.К.
Рахадиллов, М.К. Кылышканов, Ж.Б. Сагдолдина – Усть-Каменогорск,
Издательство ВКГУ им. С.Аманжолова «Берел», 2018. – 202 с.

ISBN 978-601-208-918-8

Монография посвящена методам обработки материалов воздействием
электронных и ионных пучков, ионно-плазменных, электролитно-плазменных и
плазменных потоков. В монографии приведены результаты экспериментальных
исследований изменений структуры, фазового состава и свойств
модифицированных поверхностных слоев материалов и покрытий, полученных
плазменными и пучковыми методами.

Монография предназначена для специалистов в области материаловедения
и физики конденсированного состояния, а также может использоваться для
обучения докторантов, магистрантов и студентов физических и инженерно-
физических специальностей вузов.

УДК 538.9
ББК 22.32

ISBN 978-601-208-918-8

© г. Усть-Каменогорск: Издательство ВКГУ, 2018
© Рахадиллов Б.К., Кылышканов М.К., Сагдолдина Ж.Б., 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
Глава 1. Модифицирование поверхности материалов ионными и электронными пучками.....	7
1.1 Исследования влияния имплантации ионов азота на структуру и свойства поверхностных слоев сплава 67KH5B.....	19
1.2 Влияние облучения непрерывным электронным пучком на структурно-фазовое состояние и свойства сплава 67KH5B и покрытий на основе TiN.....	24
1.3 Влияние облучения электронным пучком на тонкую структуру стали P6M5.....	29
1.4 Синтез интерметаллидных фаз посредством ионной имплантации.....	45
Литература к главе 1.....	60
Глава 2. Модифицирование поверхности материалов и получение покрытий плазменными и ионно-плазменными методами.....	64
2.1 Изменение структуры, элементного состава и накопление газовых примесей в образцах вольфрама и молибдена при облучении плазменным пучком.....	65
2.2 Структурно-фазовые состояния и механические свойства TiN-, Zn-покрытий, полученных ионно-плазменным методом.....	84
2.3 Плазменное поверхностное упрочнение быстрорежущей стали нанесением покрытий из SiC.....	91
Литература к главе 2.....	97
Глава 3. Нанесение порошковых покрытий плазменно- детонационным методом.....	99
3.1 Основные аспекты влияния обработки плазменной струей на структурно-фазовое состояние и свойства материалов.....	100
3.2 Структурно-фазовое состояние металлических, керамических и металлокерамических покрытий, нанесенных плазменно- детонационным методом на металлические подложки.....	103
3.3 Микроструктура и сопротивление коррозии покрытий из нержавеющей стали SUS 316L и никелевого сплава Hastelloy, нанесенных высокоскоростным газовым пламенем на подложку из стали SS-400.....	122
Литература к главе 3.....	138
Глава 4. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности материалов.....	141
4.1 Разработка режима катодного электролитно-плазменного нагрева.....	142
4.2 Исследование изменений структуры и свойств сталей при химико-термической обработке в электролитной плазме.....	151

4.3 Изменение структуры и свойства быстрорежущих сталей при электролитно-плазменном азотировании.....	168
4.4 Влияние электролитно-плазменной поверхностной закалки на структуру и свойства литых сталей.....	179
Литература к главе 4.....	197

ВВЕДЕНИЕ

Одним из приоритетных направлений физики твердого тела является разработка физических основ и способов повышения эксплуатационных характеристик различных материалов. Как известно [1-3], эффективность, долговечность и надежность деталей и узлов систем и механизмов в значительной степени определяются их поверхностными свойствами. Учитывая это, разработка методов модифицирования поверхностных слоев материалов и изделий является актуальной задачей для развития новых современных технологий. Среди таких технологий весьма перспективными и широко используемыми в промышленно-развитых странах являются радиационно-лучковые технологии обработки поверхности материалов [2-26]. Выполненные в последние два десятилетия исследования показали [15, 25, 27], что среди нетрадиционных методов обработки металлических материалов для целенаправленного изменения их структурно-фазового состояния и физико-механических свойств весьма эффективным является применение плазменных и лучковых технологий модифицирования поверхности и нанесения защитных покрытий.

Плазменные и лучковые технологии модифицирования представляют собой новые технологии формирования поверхностного слоя и защитного покрытия, способствующих повышению механических, трибологических, коррозионных свойств изделий из металла основы за счет создания слоя сильно неравномерной структуры, а также в результате поверхностного легирования. Эти технологии основаны на применении методов интенсивного воздействия ионов, электронов, атомов, плазмы, лазерного и гамма-излучения на поверхность твердого тела. Радиационные эффекты при воздействии рассмотренных видов излучений и ускоренных частиц связаны с процессами диссипации энергии в результате их взаимодействия с атомами и электронами твердого тела. При увеличении плотности потока энергии ускоренных частиц или излучений меняется характер воздействия на твердое тело, которое утрачивает число радиационный механизм и приобретает преимущественно термическую природу.

Анализ достижений современного материаловедения в области создания новых материалов и технологий свидетельствует о значительных перспективах развития высокопрочных, износостойких, жаропрочных, коррозионно-стойких материалов, получаемых с использованием лучковых и плазменных технологий.

Лазерные, электронные, ионные лучки и плазменные потоки могут обеспечить столь быстрый нагрев поверхностных слоев, что температура объема материала практически не изменяется. Чаще всего для нагрева поверхностных слоев используется лазерное излучение, однако применяются также электронные и ионные лучки, потоки плазмы. Лучки частиц обеспечивают более эффективное выделение энергии, что является следствием фундаментальных физических процессов их рассеяния и механизмов потери энергии. Для большинства частиц при энергии до 100 кэВ телловой источник,

Упрочнение сталей путем электродугового нагрева/ Прогрессивные технологии упрочнения деталей машин и инструмента с применением источников с высокой концентрацией энергии. Пенза: 1986. - С. 49 - 50.

76 Смирнов М.А., Счастливцев В.М., Журавлев Л.Г. Основы термической обработки стали. Учебное пособие. - Екатеринбург: УрО РАН, 1999. - 494 с.

77 Куликов И.С., Ващенко С.В., Каменев А.Я. Электролитно-плазменная обработка материалов // НАН Беларуси, Объединенный ин-т энергетических исследований - Сосны. - Минск: Беларуская навука, 2010. - 232 с.

78 Мухачева Т.Л. Дьяков И.Г. Анодное насыщение сталей азотом и углеродом // Электрохимические и электролитно-плазменные методы модификации металлических поверхностей: мат. II международная науч. - техн. конф. - Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2007. - С. 215-217.

79 Лазаренко Б.Р., Дураджи В.Н., Брянцев И.В. О структуре и сопротивлении приэлектродной зоны при нагреве металлов в электролитной плазме. // Электронная обработка материалов. - 1980. - № 2. - С.50 - 55.

80 Badisch E., Mitterer S. // Tribology International. -2003. - V. 36. N 10. -P. 765-770.

81 Устиновичков Ю.И. Выделение второй фазы в твердых растворах. М.: Наука, 1988. - 172 с.

82 Герасимов С.А., Куксенова Л.И., Лаптева В.Г. Структура и износостойкость азотированных сталей и сплавов. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2012. - 518 с.

83 Петухов Б. В. Статистическая теория движения дислокаций при наличии спонтанных процессов блокирования-деблокирования // ФТТ. - 2001. - Т. 43, № 5. - С. 813-817.

Б.К. Рахадиллов, М.К. Кылышканов, Ж.Б. Сагдолдина

Плазменные и пучковые технологии модифицирования поверхности материалов и нанесения покрытий

Монография

Ответственный за выпуск Исламова С.А.

Отпечатано методом прямого копирования с оригиналов авторов

Подписано в печать 26.12.2018 г.
Объем 11,78 усл.-печ.л.
Тираж 500 экз.

Формат 60x84/16
15,53 уч.-изд.л.
Заказ 1045

Издательство «Берел» Восточно-Казахстанского государственного университета имени С. Аманжолова
070020, г. Усть-Каменогорск, ул. 30-й Гвардейской дивизии, 42