



70
AMANZHOLOV
UNIVERSITY



**Ж.Б. Сағдолдина, Л.Г. Журерова,
М.К. Кылышканов, А.Б. Кенесбеков**

ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Монография

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С. АМАНЖОЛОВА

**Ж.Б. Сағдолдина, Л.Г. Журерова,
М.К. Кылышканов, А.Б. Кенесбеков**

ПЛАЗМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Монография

Усть-Каменогорск, 2022

УДК 533.924; 620.22.8 (035.3)
ББК 22.333
П 37

Рекомендовано к изданию Ученым советом Восточно-Казахстанского университета имени С. Аманжолова
(Протокол №13 от 30.06. 2022 г.)

Рецензенты:

Квелгис Л.И. д.ф.м.-н., профессор кафедры физики и технологий ВКУ имени С.Аманжолова;

Курбанбеков Ш.Р. PhD, ассоциированный профессор международного казахско-турецкого университета имени Ходжа Ахмеда Ясави

Сағдолдина Ж.Б.

П 37 Плазменные технологии: монография / Ж.Б. Сағдолдина, Л.Г. Журерова, М.К. Кылышканов, А.Б. Кенесбеков. – Усть-Каменогорск: издательство «Берел» ВКУ имени С. Аманжолова, 2022. – 116 с.

ISBN 978-601-314-670-6

В монографии рассмотрены плазмохимические процессы переработки промышленных отходов в твердой фазе в условиях низкотемпературной плазмы, в том числе конверсия промышленного отхода фторида магния и получение оксидов магния, рудотермическая переработка тугоплавких бериллиевых концентратов, плазменные технологии и оборудование для переработки промышленных отходов. Рассмотрено получение многофункциональных покрытий с повышенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами с применением плазменных технологий, в которых используется низкотемпературная плазма высокочастотного дугового разряда атмосферного давления (процесс финишного плазменного упрочнения, воздушно-плазменное напыление).

Монография будет полезна научным и инженерно-техническим работникам, связанных с производством и переработкой промышленных отходов.

УДК 533.924; 620.22.8 (035.3)
ББК 22.333

ISBN 978-601-314-670-6

© ВКУ имени С. Аманжолова,
© Сағдолдина Ж.Б., Журерова Л.Г.,
Кылышканов М.К., Кенесбеков А.Б., 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ФТОРИДА МАГНИЯ	6
1.1 Расчет и оценка термодинамических параметров плазмохимического процесса получения оксида магния.....	8
4.2 Создание опытно-промышленной плазмохимической установки.....	13
4.3 Разработка оптимального режима плазмохимического способа переработки MgF ₂	18
4.4 Разработка способа изготовления брикетов из MgF ₂ для улучшения производительности процесса переработки.....	22
4.5 Исследование структуры и состава оксида магния, полученных в результате переработки фторида магния плазмохимическим способом.....	25
4.6 Рудотермическая переработка тугоплавких бериллиевых концентратов и бериллиевых концентратов с высоким содержанием фтора с использованием плазмохимических технологий.....	28
Литература к главе 1.....	37
Глава 2. ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЕ МОДИФИЦИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ	39
2.1 Исследование структуры и свойств поверхности материалов при электролитно-плазменном модифицировании.....	40
2.2 Изменение структуры и свойств быстрорежущих сталей при электролитно-плазменном поверхностном модифицировании.....	57
2.3 Влияние электролитно-плазменной поверхностной закалки на структуру и свойства легированных сталей.....	67
Литература к главе 2.....	80
Глава 3. ПОЛУЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ	86
3.1 Исследование характеристики плазматрона дугового разряда.....	87
3.2 Разработка воздушно-плазменной технологии для нанесения прошковых покрытий.....	95
3.3 Формирование TiN покрытий методом воздушно-плазменного напыления.....	102
3.4 Формирование износостойких нитридных покрытий воздушно-плазменным напылением.....	109
Литература к главе 3.....	114

ВЕДЕНИЕ

Разработка новых меаллических материалов с высокими физическими свойствами по существу исчерпала все возможности существующих до сих пор классических металлургических процессов. Настоящее и будущее требования относительно повышения прочности, износостойкости, коррозионной стойкости и других физических параметров могут быть выполнены путем применения новых нетрадиционных способов производства металлов и сплавов, обработки поверхности и нанесения защитных покрытий. Плазменные технологии создают условия для удовлетворения требованиям к прочностным показателям материалов и характеризуется широкими технологическими возможностями и значительным экономическим эффектом.

Важной особенностью плазменной технологии является способ получения низкотемпературной плазмы. Низкотемпературная плазма характеризуется частичной или полной ионизацией атомов и молекул. Можно условно выделить три основные области применения низкотемпературной плазмы атмосферного давления при использовании:

— для физического превращения материалов и как средство механического воздействия (напыление, резка, сварка, закалка), а также для получения и обработки дисперсных материалов;

— в металлургии и обработке руд (плазменно-дуговой переплав, выплавка высококачественных сталей, прямое восстановление);

— в неорганической и органической химии с целью получения новых соединений (оксидов азота, ацетилена, цианистых соединений).

Процессы плазменного напыления и резки достаточно распространены в промышленности. Среди существующих способов нанесения покрытий видное место в настоящее время занял плазменный способ. Плазменные покрытия применяются для защиты от нагрева, коррозии, эрозийного воздействия высокотемпературных газовых потоков, для электроизоляции, повышения износостойкости и т. п. Кроме того, методы плазменного распыления позволили разработать технологию получения высокопрочных высокомолекулярных композиционных материалов. Значительно меньше применяется плазменная закалка. Процессы с участием низкотемпературной плазмы являются перспективными для восстановления, при котором: равновесие смещено в сторону более высоких температур; скорости реакции резко возрастают с повышением температуры; можно использовать доступные, дешевые и имеющие нестабильный состав материалы. При металлургических процессах и использовании плазмы применяются температуры порядка $10^3 - 10^4$ К и давления порядка $10^{-2} - 10^{-6}$ Па. Высокие температуры создают предпосылки для сокращения длительности контакта плазмы с поверхностью и участвие реагирующих газовых компонентов в состоянии плазмы создают предпосылки для использования основных процессов производства металлов, таких как восстановление, диссоциация или окисление соответствующих элементов либо самих металлов.

Нынешний достаточно высокий уровень теории плазменных процессов связан с решением научных и прикладных задач современных машиностроения, металлургии, энергетики и др. Интенсивное развитие экономики предполагает активное использование концентрированных, в том числе плазменных, источников энергии, разработку на их основе высокоэффективных технологий, способствующих повышению надежности и долговечности машин и механизмов при экономии металлов. Успешное протекание химических реакций в среде электрических разрядов (в плазме) в присутствии активных частиц реагентов позволило выявить новые принципы, которые можно использовать в промышленных условиях для более интенсивной переработки материалов. На основе экспериментальных и теоретических данных проектируются установки, обеспечивающие более рентабельные и управляемое протекание плазменных процессов.

В настоящей монографии изложены технологические аспекты применительно к области применения низкотемпературной плазмы. Приведены результаты исследований электролитно-плазменного упрочнения материалов, разработки эффективного с широкими технологическими возможностями процесса плазменного напыления защитных покрытий, а также результаты разработки плазмохимического способа переработки промышленных отходов. Монография написана на основе исследований, выполненных в научно-исследовательском центре «Инженерия поверхности и трибология» Восточно-Казахстанского университета имени Сарсена Аманжолова. Настоящие исследования финансировались Комитетом Науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант AP08857800).

**Ж.Б. Сағдолдина, Л.Г. Журерова,
М.К. Кылышканов, А.Б. Кенесбеков**

Плазменные технологии

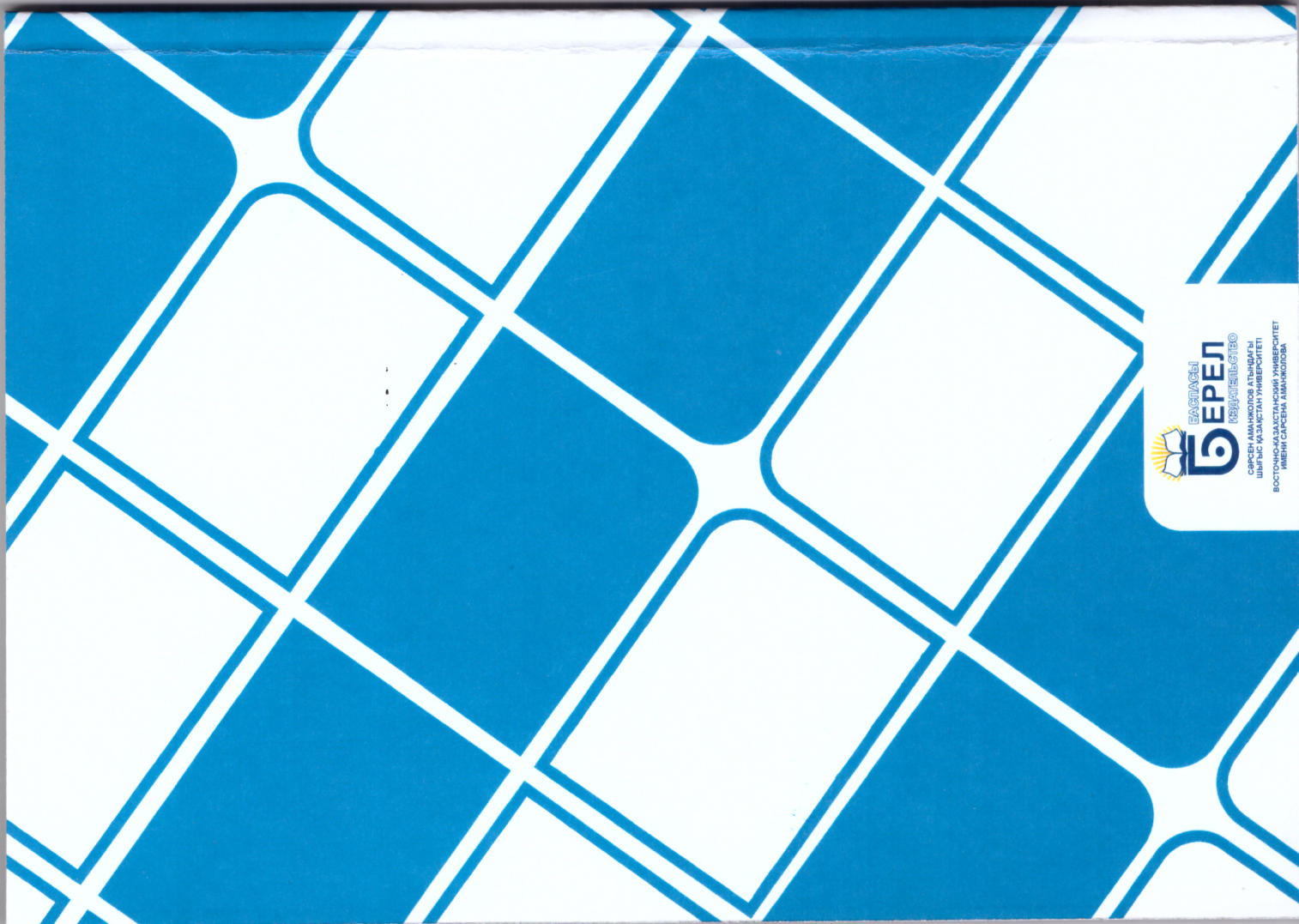
Монография

Ответственный за выпуск Исламова С.А.

*Отпечатано методом прямого копирования с оригинала автора
За содержание Издательство ответственности не несет*

Подписано в печать 28.10.2022 г.	Формат 60x84/16
Объем 6,74 усл.-печ.л.	8,68 уч.-изд.л.
Тираж 500 экз.	Заказ 884

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



БЕРЕН
БЕРЕН
БЕРЕН

САРСЕН АМИРЖАНОВ АЛМАТЫ
МУХАММАД ҚАСЫМ ҚАСЫМОВ
ИМЕНИ САРСЕН АМИРЖАНОВ