



РУХАНИ
ЖАҢҒЫРУ



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

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА
ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ
МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ
СПЛАВЛЕНИЕМ**

МОНОГРАФИЯ

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

**Ж.Б. Сағдолдина, М.К. Скаков,
Б.К. Рахадиллов**

**СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕХАНОХИМИЧЕСКИМ
СПЛАВЛЕНИЕМ**

Монография

Усть-Каменогорск, 2020

УДК 620.762.4 (035.3)
ББК 30.68
С 13

Рекомендовано к изданию Ученым советом Восточно-Казахстанского государственного университета имени С. Аманжолова
(Протокол №4 от 29.11. 2019 г.)

Рецензенты:

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

Сағдолдина Ж.Б.

С 13 Структура и свойства покрытий, полученных механохимическим сплавлением: монография / Ж.Б. Сағдолдина, М.К. Скаков, Б.К. Рахадиллов. – Усть-Каменогорск: издательство «Берел» ВКГУ имени С. Аманжолова, 2020. – 143 с.

ISBN 978-601-314-410-8

В монографии предложена возможность применения метода механохимического сплавления для получения композиционных покрытий на поверхности стали и сплавов.

В монографии приведены результаты, являющиеся итогом многолетних экспериментальных работ с использованием современных методов научных исследований по изучению особенностей формирования структурно-фазового состояния и свойств композиционных покрытий при механическом сплавлении с последующей термообработкой. Полученные результаты использованы для разработки технологии нанесения композиционных покрытий на промышленные сплавы и стали методом механохимического сплавления. Рассмотрены дискуссионные аспекты фундаментальных исследований метода механохимического сплавления.

Монография предназначена для специалистов в области материаловедения и физики металлов.

ISBN 978-601-314-410-8

© ВКГУ имени С. Аманжолова
© Сағдолдина Ж.Б., Скаков М.К.,
Рахадиллов Б.К., 2020

УДК 620.762.4. (035.3)
ББК 30.68

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1. Современные представления о процессе механохимического сплавления	6
1.1 Механизмы фазовых превращений при механическом сплавлении	7
1.2 Вопросы и возможности механического сплавления	12
1.3 Кинетические аспекты механического сплавления	14
1.4 Физическая сущность способа механохимического сплавления	18
получения покрытий	
Глава 2. Получение защитных покрытий на основе Ti-Al методом механохимического сплавления	22
2.1 Механизмы образования покрытий на основе Ti-Al при механохимического сплавлении	22
2.2 Влияние параметров процесса механохимического сплавления на формирование структуры Ti-Al покрытий	27
2.3 Структура и элементный состав Ti-Al покрытий, полученных методом механохимического сплавления	36
2.4 Влияние термической обработки на структурно-фазовое состояние Ti-Al покрытий	53
2.5 Исследование механико-трибологических характеристик Ti-Al покрытий до и после термической обработки	69
Глава 3. Получение композиционных покрытий методом механохимического сплавления	79
3.1 Получение композиционных покрытий на интерметаллидов методом механохимического синтеза	80
3.2 Механохимический метод нанесения алитированных и нитридных покрытий на сплавы и стали	94
3.3 Структурно-фазовые состояния TiN-Al ₂ O ₃ и TiCN покрытий до и после термической обработки	96
3.4 Получение керамических покрытий на основе ZrO ₂ методом механохимического синтеза	111
Заключение	130
Список использованных источников	132

- 163 C. Suryanarayana, Mechanical Alloying and Milling / Marcel Dekker, Inc., New York. – 2004. – 466 p.
- 164 Бутягин П.Ю., Стрелецкий А.Н., Кинетика и энергетический баланс в механохимических превращениях // Физика твердого тела. – 2005. – Т. 47(5). – С. 830–836.
- 165 Кривуца З.Ф. Диссертация на соискание звания к.ф.-м.н. «Проблема создания металл-керамических соединений с использованием вакуумно-плазменных технологий», Автореферат. Благовещенск, 2000 г.
- 166 Showartz R.B. // Mater. Sci. Forum. – 1998. – Vol. 269-272. – P. 665-67
- 167 Kalinkin A.M., Politov A.A., Boldyrev V.V., Kalinkina E.V., Makarov V.N., Kalinnikov V.T., Study of Mechanical Activation of Diopside in a CO₂ Atmosphere // Journal of Materials Synthesis and Processing. – 2002. – Vol. 10(1). – P. 61-65.
- 168 Saba F., Kabiri E., Khaki J.V., Sabzevar M.H., Fabrication of nanocrystalline TiC coating on AISI D2 steel substrate via high-energy mechanical alloying of Ti and C // Powder Technology. – 2016. – Vol. 288. – P. 76–86.
- 169 Garg N., Bera S., Mangamma, Das C.R., Kamaruddin S., Velmurugan S., Electrochemical and adhesion properties of hydrothermally deposited nano-ZrO₂ coatings on oxide layers of stainless steel // Surface & Coatings Technology. – 2015. – G. Vol. 281. – P. 98–108.
- 170 Тягловский А.К., Жарин А.Л., Гусев О.К., Воробей Р.И., Мухуров Н.И., Шаронов Г.В., Пантелеев К.В., Анализ дефектов поверхности исходных подложек алюминия и его сплавов методом сканирующего зонда Кельвина // Приборы и методы измерений. – 2017. – Т. 8. – №1. – С. 17-25.
- 171 Garbacz, H. The tribological properties of nano-titanium obtained by hydrostatic extrusion / Garbacz H., Gradzka-Dahlke M., Kurzydowski K.J // Wear. – 2007. – V. 263(1-6), SPEC. ISS. – P. 572-578
- 172 Кулькова С.Е., Бакулин А.В., Носкер С., Schmauder S., Теоретические изучение адгезии на границах раздела металл-диоксид циркония // Журнал технической физики. – 2013. – Т. 83(3). – С. 17-25.
- 173 Nichi G., Santanu B., G. Mangamma, C.R. Das, S. Kamaruddin, S. Velmurugan, Electrochemical and adhesion properties of hydrothermally deposited nano-ZrO₂ coatings on oxide layers of stainless steel // Surface & Coatings Technology. – 2015. – V. 281. – P. 98–108.
- 174 Лободюк В.А., Эстрин Э.И. Мартенситные превращения. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2009. – 352 с.

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

Структура и свойства покрытий, полученных механохимическим сплавлением

Монография

Ответственный за выпуск Ислямова С.А.

Отпечатано методом прямого копирования с оригиналов авторов
За содержание Издательство ответственности не несет

Подписано в печать 12.03.2020 г. Формат 60x84/16
Объем 8,32 усл.-печ.л. 10,94 уч.-изд.л.
Тираж 500 экз. Заказ 197