

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ



8

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ
МАТЕРИАЛОВ И НАНОМАТЕРИАЛОВ



imetran.ru

УДК 669.66-96

ББК 34.2.34.3.95

Д 39

Д 39 VIII Международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». Москва. 19-22 ноября 2019 г./ Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН, 2019, 860с.

ISBN 978-5-4465-2550-8

Организаторы конференции:

- Министерство науки и высшего образования рф
- Российский фонд фундаментальных исследований
- Российская академия наук
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук
- ООО «Мелитэк»
- Межгосударственный координационный совет по физике прочности и пластичности
- Журнал «деформация и разрушение материалов»
- Journal of materials new horizons
- PiscoMed publishing pte ltd

*Мероприятие проведено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-08-20115*

Материалы публикуются в авторской редакции.

Сборник материалов доступен на сайте <http://dfmn.imetran.ru/>

© ИМЕТ РАН 2019

ISBN 978-5-4465-2550-8



глубине покрытия. Основываясь на результатах элементного анализа можно предположить, что сформированное покрытие является многофазным и должно содержать, наряду со сплавом Ti-Zr, карбидные и оксидные фазы.

Фазовый состав поверхностного слоя покрытия изучали методами рентгеноструктурного анализа. Выполненные исследования выявили присутствие в поверхностном слое покрытия трех фаз: основной является α -модификация сплава TiZr (81,3 объемных %), в существенно меньшем объеме присутствуют оксид циркония ZrO (9,5 объемных %) и карбид титана TiC (9,2 объемных %). Таким образом, полученные методом рентгенофазового анализа результаты хорошо согласуются с результатами микрорентгеноспектрального анализа. Присутствие в поверхностном слое покрытия оксидной и карбидной фаз обусловлено, очевидно, техническим вакуумом рабочей камеры установки электровзрывного легирования и применением графитового электрода.

Дефектную субструктуру покрытия исследовали методами просвечивающей электронной микроскопии тонких фольг. Фольги готовили методами ионного распыления пластинок, вырезанных из объема образца в поперечном сечении покрытия. Такое расположение фольги позволяло провести анализ структуры материала на различном расстоянии от поверхности покрытия. Слой, формирующий поверхность покрытия, имеет нанокристаллическую структуру, размеры кристаллитов которой изменяются в пределах от 20 нм до 100 нм. Нижележащий слой толщиной до 30 мкм имеет субмикроструктурную структуру. Размер кристаллитов, формирующих данный подслои изменяется в пределах от 200 нм до 450 нм. Слой, расположенный на большем удалении от поверхности покрытия, имеет бимодальную структуру.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00075 мол_а.

СТРУКТУРА ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ti-Ta-N, ПОЛУЧЕННЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТАТОВ

Соснин К.В.¹, Романов Д.А.¹, Пронин С.Ю.¹, Громов В.Е.¹, Филяков А.Д.¹

¹*Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк
da_rom@live.ru*

STRUCTURE OF Ti-Ta-N SYSTEM COATINGS OBTAINED ON TITANIUM IMPLANT SURFACE

The purpose of this work was to study the structure of bioinert coatings of the Ti-Ta-N system. Coatings were obtained by the method of electro-explosive spraying. After electro-explosive spraying, electron-ion-plasma modification with nitrogen ions was carried out. To achieve this goal in the work identified the following main tasks. Preparation of images of commercially pure titanium grade VT6 for coating. Formation of the coating system of Ti-Ta-N and the subsequent electron-ion-plasma modification with nitrogen ions. Investigation of the profile of the structure of bioinert electro-explosive coatings using light microscopy. Identification of various phases of the structure of bioinert electric-explosion coatings of the Ti-Ta-N system using X-ray phase analysis.

В современной медицине широко используются металлические имплантаты различного назначения. В настоящее время в качестве материала основы для имплантатов используют металлы и сплавы, не содержащие токсичные легирующие элементы Al и V. Около 70-80% медицинских имплантатов изготавливается из биоинертных металлических материалов, которые представлены нержавеющей сталью, сплавами кобальта, технически чистыми ниобием, танталом, титаном и их сплавами. Металлические биоматериалы являются чрезвычайно важными для восстановления поврежденной твердой ткани, для улучшения качества жизни пациентов.

Толщина покрытия сформированного методом электровзрывного напыления составляет 279...375 мкм для первого образца, 128...232 мкм для второго образца, 81...161 мкм для третьего образца, 94...166 мкм для четвертого образца, 274...424 мкм для пятого образца. Такое широкое различие в толщине покрытия может быть объяснено выбором зарядного напряжения при нанесении и различием в массах порошковых навесок, а также это связано с тем фактом, что с ростом внутренних механических напряжений происходит увеличение толщины покрытий и размера пор. В системе «покрытие-подложка» можно выделить три характерные зоны: зона 1 – покрытие; зона 2 – переходный слой, то есть граница раздела между покрытием и подложкой (имеет волнообразный рельеф, хорошо просматривается, что свидетельствует о высокой адгезии покрытия с подложкой); зона 3 – подложка, представленная сплавом ВТ6.

Электровзрывное покрытие образовано титановой фольгой и расположенными в ней частицами порошка тантала, поэтому мелкие частицы порошка Ta могут выкрашиваться из фольги при

приготовлении шлифа. Тогда на месте выпавших частиц образуются поры (пустоты) в сформированном покрытии. Покрытие имеет мелкодисперсную структуру. В объеме покрытия присутствуют темные пятна тантала, трансформированные за счет высокоскоростной кристаллизации. Светлые участки покрытия представляют собой непосредственно титан, темные включения – образование зерен тантала.

В ходе исследований был проведен количественный анализ рентгенограмм и определено процентное содержание фаз в исследуемых покрытиях. В таблице приведен фазовый состав исследуемых образцов. На дифрактограммах присутствуют рефлексы при 18,50°; 23,00°; 32,55°; 39,90°; 48,52°, соответствующие нитриду титана. Рефлексы 35,50°; 45,50°; 48,55°; 55,60° соответствуют фазе β -титана, и рефлексы 24,85°; 27,00°; 35,90°; 36,00°; 52,00° принадлежат танталу. Присутствие в поверхностном слое покрытия TiN фазы обусловлено тем, что в процессе электровзрывного напыления покрытий происходит азотирование материала.

Таблица. Фазовый состав биоинертных покрытий системы Ti-Ta-N

Образец	Фазовый состав
№1	0,34 об.%TiN+47,24 об.%Ta+52,41 об.% β -Ti
№2	75,77 об.%TiN+7,42 об.%Ta+16,80 об.% β -Ti
№3	10,15 об.%TiN+42,14 об.%Ta+47,71 об.% β -Ti
№4	21,03 об.%TiN+52,65 об.%Ta+26,32 об.% β -Ti
№5	31,09 об.%TiN+38,36 об.%Ta+30,54 об.% β -Ti

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 19-79-00016).

КОМПОЗИТНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИОННО-ГРАДИЕНТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Стогней О.В., Филатов М.С.

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
COMPOSITE CONCENTRATION-GRADIENT COATINGS BASED ON ZIRCONIUM DIOXIDE

Одна из важных областей применения диоксида циркония это термобарьерные и термозащитные покрытия на изделиях, работающих при высоких температурах и циклических термонагрузках. Однако, несмотря на близкие значения теплового коэффициента расширения ZrO_2 и многих металлов, проблема адгезионной прочности диоксидных покрытий остается фактором ограничивающим применение. В данной работе рассмотрена возможность повышения адгезионной прочности диоксидных покрытий.

Проведено исследование зависимости напряжения отрыва композитного покрытия Ni-Zr-O от никелевых подложек при изменении морфологии и концентрации никеля.

Исследовано два типа покрытий: 1 - гомогенные композитные покрытия $NiO-ZrO_2$, представляющее собой матрицу из стабилизированного диоксида циркония и наноразмерные включения оксида никеля; 2 - концентрационно-градиентные композитные покрытия Ni-Zr-O, в которых концентрация никеля плавно менялась в направлении нормали к плоскости покрытия.

Все покрытия были получены реактивным ВЧ-магнетронным распылением двух независимых металлических мишеней в среде $Ar+O_2$. В том случае, когда мощности магнетронов были постоянными в течение всего процесса напыления, происходило формирование гомогенного композитного покрытия $NiO-ZrO_2$. Изменение мощности магнетрона, распыляющего никелевую мишень, позволяло изменять количество фазы NiO в композите. Таким образом было получено несколько покрытий с разной объёмной долей NiO. В том случае, когда мощности магнетронов изменялись в течение одного процесса напыления - происходило формирование градиентного покрытия. На поверхности подложки концентрация никеля была максимальной, по мере увеличения толщины покрытия концентрация никеля уменьшалась, а концентрация оксида циркония возрастала, доходя до 100 %. Также исследовалось покрытие из диоксида циркония не содержащее никеля. Данное покрытие являлось образцом сравнения.

В качестве подложек использовались никелевые пластины. Структурные исследования показали, что как фаза диоксида циркония, так и никелесодержащая фаза (оксид никеля) были кристаллическими. Средний размер фазовых включений как диоксида циркония, так и оксида никеля не превышал 30 нм. В покрытиях наблюдается текстура как у диоксида циркония, так и у оксида

УДК 669.66-96

ББК 34.2.34.3.95

Д 39

Д 39 VIII Международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». Москва. 19-22 ноября 2019 г./ Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН, 2019, 860с.

ISBN 978-5-4465-2550-8

Организаторы конференции:

- Министерство науки и высшего образования рф
- Российский фонд фундаментальных исследований
- Российская академия наук
- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук
- ООО «Мелитэк»
- Межгосударственный координационный совет по физике прочности и пластичности
- Журнал «деформация и разрушение материалов»
- Journal of materials new horizons
- PiscoMed publishing pte ltd

*Мероприятие проведено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 19-08-20115*

Материалы публикуются в авторской редакции.

Сборник материалов доступен на сайте <http://dfmn.imetran.ru/>

© ИМЕТ РАН 2019

ISBN 978-5-4465-2550-8

