

## ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ОКСИДНОЙ КЕРАМИКИ ДЛЯ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ

Ю.В. Кан

Научный руководитель: профессор, д. ф.-м. н. С. Н. Кульков  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: yvk15@tpu.ru

С развитием технологий возросли возможности медицины в частности в области эндопротезирования. В настоящее время оксидная керамика на основе  $ZrO_2$  и  $Al_2O_3$  активно используется в медицине для изготовления различных видов протезов. Данный вид керамики относится к биоинертным материалам благодаря своим высокой стойкостью к внешним воздействиям.

Современные материалы обладают высокой износоустойчивостью и становятся все более безопасными для человека. Самый нетоксичный материал предназначен для пациентов со склонностью к аллергическим реакциям – это алюмооксидная керамика. Данный материал обладает такими необходимыми для имплантата свойствами как: высокая прочность, устойчивость к химическому воздействию среды. Важная характеристика материала для производства остео имплантатов – пористость. Пористая поверхность позволяет бесцементную фиксацию эндопротеза внутри здоровой кости. Проведенные исследования с формированием стеклокерамических покрытий на биоинертных подложках, проведенных в Дальневосточном федеральном университете [1], показали перспективность применения стеклосодержащих покрытий в медицине. Данные исследования в области новых композиционных и слоистых материалов направлены на повышение качества поверхности биоинертных материалов, биосовместимое покрытие обеспечивает остеоинтеграцию поверхности имплантата. Высокие прочностные характеристики керамической подложки в сочетании с покрытием, обеспечивающим низкий коэффициент трения, позволяют создавать шарнир и чашу, образующих пару трения эндопротеза.

На основе проведенного литературного обзора показано, что для изготовления эндопротезов из керамики наибольшее предпочтение отдается керамике на основе оксида алюминия. Исходя из экологичности материала, эндопротезы с парой трения «керамика–керамика» рекомендуются как самые безопасные для организма, в отличие от пары трения «металл–полиэтилен», где продукты трения сверхмолекулярного полиэтилена образуют скопления в организме человека. Так как продукты трения не всасываются в кровь и не перерабатываются организмом, это может послужить причиной для расшатывания ножки эндопротеза внутри кости. Исследования показали насколько высок процент трения сверхмолекулярного полиэтилена в взаимодействии нержавеющей сталью, нитридом титана (TiN) [2, 3]. Шероховатость поверхности снижается в процессе длительных нагрузок на искусственный сустав ввиду недостаточной твердости материала. Скопление частиц полиэтилена вызывает поверхностные дефекты пары трения, а также негативно влияет на фиксацию эндопротеза внутри здоровой кости.

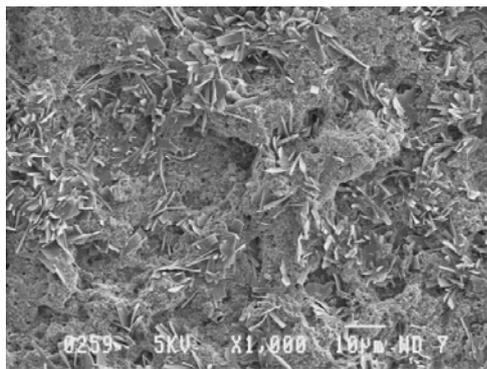


Рис. 1. Продукты износа пары трения (СВМПЭ–нитрид титана) [2]

Продукты износа СВМПЭ, а также керамики попадают поры, тем самым являются причиной появления царапин, обуславливая увеличение шероховатости поверхности. Вследствие износа и повреждений поверхности абразивными частицами увеличивается число поверхностных дефектов в виде борозд, неровностей. На рисунке 1 представлено изображение микроструктуры, полученной при исследовании на износ покрытия искусственных суставов.

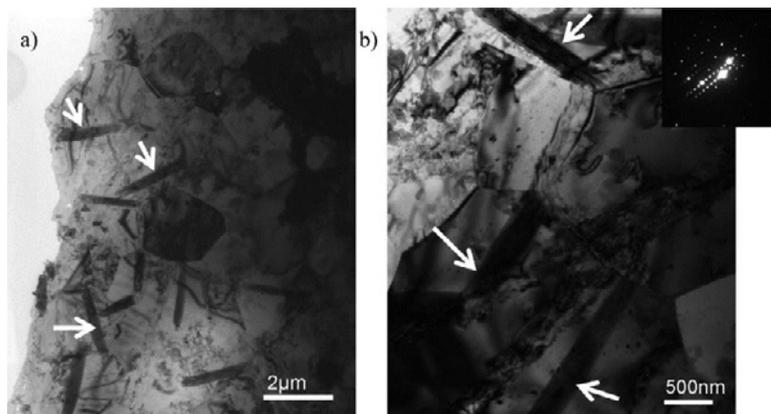


Рис. 2. Продукты износа пары трения «керамика–керамика» Bioloх® forte: а) иглообразные продукты износа (указаны на поверхности образцов в области значительного скопления дислокаций); б) детализированное изображение микроскопических канавок, которые меняют направление на границах зерна, образованных скоплением дислокаций [3]

Слоистые материалы – это один из видов композиционных материалов, представляющие собой чередование слоев из тонких пластин и пленок металлической и керамической фаз [4].

На сегодня повышение износостойкости материалов, применяемых в медицине, является одной из приоритетных задач. Технология создания слоистого материала может решить проблемы заполнения пор продуктами износа оксидных керамик. Наличие нескольких фаз в составе керамики также повышает прочностные характеристики. Кроме того, необходимо получить высокую адгезионную прочность покрытия с подложкой. Поэтому создание слоистых материалов на основе оксидной керамики и стекла – это одно из перспективных направлений. В силу устойчивости состава к химическому воздействию данный материал предполагается как более безопасная альтернатива паре трения «керамика–полиэтилен».

#### Список литературы

1. Медков М.А., Грищенко Д.Н., Руднев И.С. и др. Формирование стеклокерамических покрытий на биоинертных подложках // Стекло и керамика. – 2013. – № 11. – С. 38–42.
2. Hoseini M., Jedemalmb A., Boldizar A. Tribological investigation of coatings for artificial joints // Wear. – Vol. 264 – P. 958–966.
3. Rainforth W.M., Peng Zeng, Le Ma et al. Dynamic surface microstructural changes during tribological contact that determine the wear behavior of hip prostheses: metals and ceramics // The Royal Society of Chemistry. – 2012. – No. 156. – P. 41–57.
4. Балкевич В.Л. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
5. Kuntz M. Validation of a new high performance alumina matrix composite for use in total joint replacement // Semin. Arthroplasty. – 2006. – P. 141–145.
6. Саввова О.В., Брагина Л.Л., Шадрин Г.Н. Свойства биоактивных стеклокристаллических покрытий на сплавах титана, полученных по шликерной технологии // Стекло и керамика. – 2015. – № 4. – С. 37–41.
7. Шаркеев Ю.П., Куляшова К.С., Глушко Ю.А. и др. Биоактивные вч-магнетронные покрытия на поверхности керамики // Новые технологии создания и применения биокерамики в восстановительной медицине: материалы III Международной научно-практической конференции / Томский политехнический университет. – Томск, 2013. – С. 204–208.