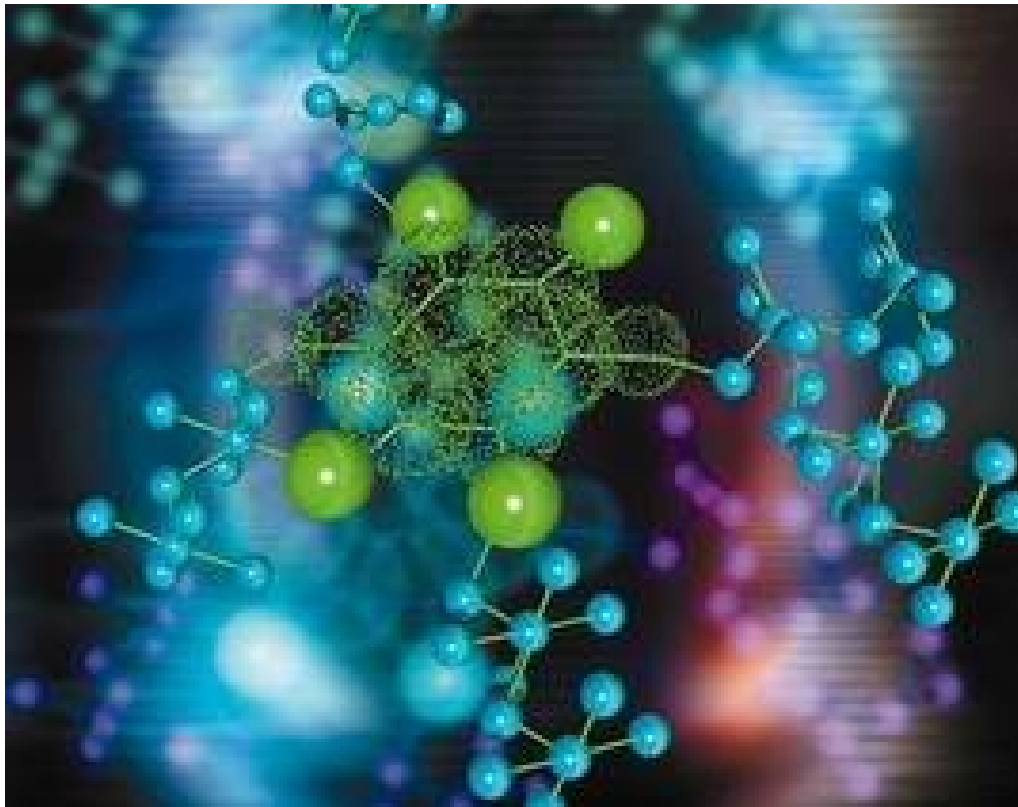


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Томский политехнический университет  
Институт физики высоких технологий

**МИНИ-КОНФЕРЕНЦИЯ**  
для студентов гр.4Б71

**«Материалы. Что мы о них знаем?»**



**г. Томск, 19 октября 2017 г.**



**УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!**

Приглашаем Вас принять участие в работе мини-конференции  
**«Материалы. Что мы о них знаем?»**

**Расписание работы**

Установлен следующий регламент выступлений на конференции:

- Выступления участников с докладами - презентациями – 5-7 минут;
- Выступления в дискуссии – 5 минут.

**Порядок выступлений с презентациями**

**1. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ**

*Фимушин Георгий, Овчинникова Альбина, Юркина Анастасия, Томский политехнический университет*

**2. УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

*Михно Анастасия, Зиннер Александр, Лукиев Иван, Медетова Гаухар, Томский политехнический университет*

**3. ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОВОЛОКНА В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Загibalова Елена, Кузнецов Максим, Тарихис Захар, Томский политехнический университет*

**4. НАНОКЕРАМИКА**

*Грибков Александр, Кудряшов Борис, Школдина Ангелина, Лобова Татьяна, Томский политехнический университет*

**5. ОПТОВОЛОКНО В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Котов Дмитрий. Абдуллаев Азизбек, Фридрих Владислав, Томский политехнический университет*

**6. КЕРАМИКА В МЕДИЦИНЕ**

*Орехова Наталья, Караваев Даниил, Байбакова Арина, Томский политехнический университет*

**7. Лобанова Ксения, У Нань, Томский политехнический университет**

# РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАМЕЩЕНИЯ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ

*Г.К.ФИМУШИН, А.Д.ОВЧИННИКОВА, А.А.ЮРКИНА*

Томский политехнический университет

E-mail: [gkf1@tpu.ru](mailto:gkf1@tpu.ru)

## **Введение**

В последние десятилетия повсеместно стали отчетливо проявляться тревожные тенденции старения населения, роста хронических заболеваний и инвалидизации людей трудоспособного возраста. Затраты на лечение, реабилитацию и социальную поддержку такого контингента больных ложатся тяжелым бременем на государственный бюджет и поглощают значительную часть средств, ежегодно выделяемых на здравоохранение. Указанные обстоятельства настоятельно требуют освоения и внедрения в клиническую практику новых, более эффективных и доступных методов восстановительного лечения больных. Значительные успехи, достигнутые в различных областях медицинского материаловедения, стимулировали разработку и применение ряда новых биоматериалов, различных изделий из них, систем и устройств биомедицинского назначения. С использованием новых биоматериалов к настоящему времени удалось достичь существенных успехов в области разработки и конструирования имплантатов. Это позволяет улучшить и спасти жизнь миллионов людей.

## **Классификация биodeградируемых материалов**

Проблемы поиска и создания новых медицинских материалов в настоящее время является актуальной задачей.

Известно, что стандартно принятыми способами решения задач по заполнению больших дефектов и полостей костной ткани являются методики применения естественных и искусственных материалов (ксено-, гетеро-, алло- и аутооттрансплантатов – биоматериалов

*Биоматериал* – нежизнеспособный материал предназначенный для контакта с живой тканью, для выполнения функций медицинского назначения.

*Биосовместимость* – это обеспечение желательной реакции живых тканей на нежизнеспособные материалы. Биосовместимыми материалами являются материалы, которые действуют или функционируют гармонично и согласованно при нахождении в контакте или внутри среды живого тела, не вызывая заболеваний или болезненных реакций. Биосовместимость- это не полное отсутствие токсичности или иных отрицательных свойств, а требование того, чтобы материал при имплантации вел себя адекватным образом, позволяющим выполнить поставленную задачу.

Биоматериалы можно разделить на биodeградируемые и небиodeградируемые.

*Биodeградация*- свойство материалов или веществ изменять свою структуру или качество под влиянием биологических объектов.

Биodeградируемый материал-изобретение относящееся к области медицины, в частности к травматологии, ортопедии, челюстно-лицевой хирургии, стоматологии, нейрохирургии, а именно к остеопластичным составам биокomпозиционных материалов, предназначенных для лечения заболеваний и повреждений костной системы человека, и может быть использовано в качестве материала, способного в организме полностью биodeградировать и заменяться новой костной тканью.

Биodeградируемые материалы и устройства могут частично или полностью растворяться, поглощаться макрофагами, включаться в метаболические и биохимические процессы и/или заменять живой тканью. Они могут находиться в организме в те-

чение длительного периода времени, достаточного для выполнения своей функции, не вызывая в нем развития негативных реакций

Биодеградируемый материал для замещения костной ткани содержит 50-52% мас. биологического гидроксиапатита, 30-32% мас. фосфата магния, 8-10% мас. гидрофосфата кальция, 4,8-5,3% мас. гидроокиси кальция, остальное - альгинат натрия.

Таким образом, при необходимости удалить достаточно большей фрагмент костной ткани, невозместимый аутотрансплантатами (будь то опухолевое образование, или очаг воспаления костной ткани) хирург становится бессильным оказать помощь больному в условиях отсутствия банка костных гетеротрансплантатов.

### **Виды материалов и их применение**

Анализируя имеющуюся информацию, можно выделить основные свойства биосовместимости материалов:

- Не вызывать местной воспалительной реакции
- Не оказывать токсического и аллергического действия на организм
- Не обладать канцерогенными действиями
- Не провоцировать развитие инфекций
- Сохранять функциональные свойства в течении предусмотренного срока эксплуатации.

Широкое применение имплантатов используется в стоматологической ортопедии. Основные материалы используются в стоматологической ортопедии, из них делают пломбы, зубные протезы и аппараты. Конструкционные стоматологические материалы разделяют по составу и функциям на следующие группы:

- изготовленные из металлов и сплавов – мосты и коронки;
- керамические – ситаллы и специальный фарфор для изготовления виниров;
- полимерные – облицовочные, базисные, быстротвердевающие пластмассы;
- пломбирочные и композиционные – штифты и пломбы.

К стоматологическим материалам предъявляют следующие требования:

1. *токсические* – отсутствие раздражающего, токсико-аллергического действия
2. *гигиенические* – отсутствие условий, ухудшающих гигиену полости рта (ретенционных пунктов для пищи и образования налета)
3. *физико-механические* – высокие прочностные качества, износостойчивость, линейно-объемное пространство
4. *химические* – постоянство химического состава, антикоррозийные свойства
5. *эстетические* – возможность полной имитации тканей полости рта и лица, эффект естественности
6. *технологические* – простота и легкость обработки, приготовления, придания нужной формы и объема

### **Очень востребованы биодеградируемые материалы в травматологии**

В травматологической практике широко используют металлические изделия, однако это сопряжено с рядом проблем, таких как адаптивная перестройка имплантата, боль, местное раздражение. Применение такого рода устройств повышает риск развития инфекционных осложнений, асептического некроза. Все вышеперечисленные факторы обуславливают необходимость выполнения повторных операций по извлечению имплантатов после восстановления кости.

Для замещения участков кости, которые были раздроблены в результате травмы, хирургам часто приходится использовать костные заменители из различных биосовместимых материалов. В арсенале ортопеда-травматолога в настоящее время име-

ются различные виды трансплантатов: ауто-, гомо- и геторотрансплантаты – химические синтезированные заменители костной ткани. В последнее десятилетие на развитие реконструктивно-восстановительной хирургии в значительной степени повлиял поиск и внедрение новых материалов, особенно при пластике дефектов кости.

На сегодняшний день имеется большое разнообразие видов и вариантов костной пластики, при которых костные дефекты одномоментно замещаются участком другой кости, либо создаются условия для постепенного замещения дефекта вновь образующейся костной.

Альтернативные методы с использованием аллогенного или синтетического материала, на основе титана, углеродсодержащих или полимерных материалов у больных с дефицитом мягких тканей, их рубцовыми или некротическими изменениями применять нецелесообразно, из-за прорезывания таких конструкций и образования дефекта мягких тканей.

### **Синтетические биоматериалы**

В современной хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии активно используются различные материалы для замещения и восстановления костной ткани. По происхождению все остеопластические материалы делятся на 4 группы: аутогенные (донором является сам пациент), аллогенные (донором является другой человек), ксеногенные (донором является животное) и синтетические (на основе солей кальция). Достигнутые успехи в разработке ксеногенных и синтетических биоматериалов, обладающих остеокондуктивными и остеоиндуктивными свойствами, позволяют уменьшить применение методов ауто- и аллотрансплантации, обладающих определенным рядом недостатков. Забор аутокости может сопровождаться осложнениями: повреждением сосудов и нервов, образованием гематом, развитием инфекционно-воспалительного процесса. Кроме того, аутоотрансплантаты часто резорбируются быстрее, чем происходит их интеграция и восстановление костного дефекта. Костные аллоимплантаты, напротив, отличаются медленной остеointеграцией, при их использовании имеется риск передачи от донора к реципиенту различных заболеваний бактериальной или вирусной этиологии, возможностью развития реакции гистонесовместимости и хронического гранулематозного воспаления

Развития новых медицинских технологий позволяет использовать достижения материаловедения, биохимии, молекулярной биологии и генной инженерии при создании новых комбинированных синтетических материалов для костной пластики. Модификация их объёмной структуру, приближающая их строение к костной ткани, включение в состав цитокинов: факторов роста и морфогенов, позволяет наделять синтетические материалы, кроме остеокондуктивных, остеоиндуктивными свойствами. Это также позволяет контролировать скорость биодеградации, приближая её к кинетике остеогенеза.

Синтетические резорбируемые материалы были предназначены в качестве недорогой замены естественному гидроксиапатиту (ГАП). К синтетическим имплантационным материалам относят: различные виды кальций-фосфатной керамики: трикальцийфосфат (Vitlokit, Ceramit), биостекло (PerioGlass, BioGran), гидроксиапатит (ГАП) и его композиции с коллагеном, сульфатированными гликозаминогликанами-кератан и хондроитин-сульфатом (Биоимплантат), а также с сульфатом (Haspet) и с фосфатом кальция. В настоящее время на основе ГАП создано множество различных форм в виде пористых наноструктурированных кальций-фосфатных керамик, костных цементов, биогибридных и биокompозитных соединений.

Синтетические материалы на основе искусственного ГАП по ряду характеристик превосходят ГАП животного происхождения. Они исключают возможность пере-

носа инфекционных заболеваний, позволяют регулировать скорость резорбции за счет особенностей синтеза, различных замещений фосфатных и гидроксильных групп в структуре апатита. Это характеризует синтетический ГАП как перспективный остеопластический материал для использования во всех областях костно-пластической хирургии.

### **Список литературы**

1. Иванов С.Ю., Мухаметшин Р.Ф., Мураев А.А., Бонарцев А.П., Рябова В. М. Синтетические материалы, используемые в стоматологии для замещения дефектов костной ткани / С.Ю. Иванов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1 – (<https://science-education.ru/ru/article/view?id=8345>)
2. Классификация материалов, применяемых в ортопедической стоматологии // Классификация материалов, применяемых в ортопедической стоматологии – (<http://stom-portal.ru/materialovedenie/klassifikatsiya-materialov-primenyaemich-v-ortopedicheskoy-stomatologii>)
3. Верещагин В. И., Хабас Т.А., Кулинич У.А., Игнатов В.П., Керамические и стеклокристаллические материалы для медицины. – Издательство Томского политехнического университета – 2011. – (<http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m45.pdf>)
4. Волова Т.Г., Шишацкая Е.И., Миронов П.В., Материалы для медицины, клеточной и тканевой инженерии. – Электрон. Дан. (6 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ - 2009. – (<http://res-eff.tpu.ru/assets/images/PDF/mu-manual-2015-03-20.pdf>)

## **УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

*МИХНО А., ЗИННЕР А., ЛУКИЕВ И., МЕДЕТОВА Г.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Наука «материаловедение» стала развиваться вместе с человечеством. Каждый этап эволюции можно охарактеризовать основным для своего времени материалом, поскольку человек всегда стремился выбрать самые прочные, долговечные материалы для строительства домов, изготовления предметов обихода и оружия. Это стремление способствует прогрессу и в настоящее время.

Периоды эволюции историки классифицируют, в том числе, по материалам, которые в то время были внедрены – каменный век, бронзовый век и железный век. В 20-м веке человечество начало активно использовать не природные, а синтетические материалы. Во второй половине 20-го века возникло множество новых классов материалов. Особенное место среди них занимают композиционные материалы, которые состоят, как минимум, из двух компонентов – наполнителя, который внедрен в полимерную, керамическую или металлическую матрицу. Характерной особенностью композитов является то, что комбинация из двух или более составных частей создаёт материал с новыми свойствами, превосходящими свойства компонентов по отдельности, хотя и за счет более сложной технологии изготовления. Кроме того, путём предварительного моделирования структуры этих материалов можно получать композиты с различными свойствами в зависимости от направления. Таким образом, к концу 20-го века учёные научились создавать материалы с необходимыми свойствами.

Относительно недавно возникла и начала стремительно развиваться новая область материаловедения, изучающая материалы, свойства которых могут меняться в



зависимости от внешних факторов. Это новое поколение материалов называется «умные» или «интеллектуальные» материалы (англ. – «smart materials»). Отличительными чертами «умных» материалов являются их дополнительные функциональные возможности, которые выходят за пределы свойств, определяющихся структурой материала. Такие материалы выполняют двойную или даже тройную функцию – собственно материала с требуемыми характеристиками, датчика на внешнее воздействие и, в некоторых случаях, устройства, «запрограммированного» на определенное поведение. И всё достигается только благодаря структуре и составу этих революционных материалов.

Самое интересное, что прообразом таких материалов служат способности природных объектов, как из растительного, так и из животного мира. В качестве примера можно привести открытие-закрытие лепестков цветка в зависимости от освещённости, «эффект лотоса», листья которого не смачиваются водой, или заживление ран у людей и животных. Ясно, что если способности биологических систем развивались на протяжении тысячелетий, то они достойны изучения и, может быть, последующего копирования в инженерном контексте.

В данной статье приведен краткий обзор основных современных «умных» материалов и областей их применения.

Внешними воздействиями, меняющими свойства «умных» материалов, могут быть: механические нагрузки, электрическое или магнитное поля, температура, свет, влажность, химические свойства среды и др..Изменение свойств «умного» материала является обратимыми может повторяться много раз. Существует много типов «умных» материалов, основные следует рассмотреть подробнее.

**Сплавы с «эффектом памяти» («памятью формы»)** после деформации восстанавливают свою первоначальную форму при нагреве.

Сплав с «эффектом памяти» фиксируют в исходной форме, которую он и «запоминает», затем подвергают отжигу при 500 °С. В процессе отжига образуется неупругая твердая высокотемпературная фаза сплава – аустенит. При последующем охлаждении образца формируется упругая, легко деформируемая низкотемпературная фаза – мартенсит. При последующей деформации и нагреве сплава атомы образуют аустенитную решетку и форма образца восстанавливается.

Наиболее известным сплавом с эффектом памяти является никелево-титановый сплав нитинол.

Существуют также и полимеры с «памятью формы», которые возвращаются к исходной форме после воздействия света, электричества, магнитного поля и растворителей (см. видео к статье, часть 1).

Сплавы с «эффектом памяти» нашли множество применений. Например, в медицине, устройствах автоматического включения/выключения, регуляторах. Например, пружинная шайба из такого сплава для болтовых соединений не дает увеличиваться переходному сопротивлению при эксплуатации электрического контакта.

**Самовосстанавливающиеся материалы** могут самостоятельно залечивать возникающие в них дефекты. На сегодняшний день самовосстановление наиболее успешно реализовано в полимерах, благодаря их относительно большим скоростям диффузии из-за наличия поперечных молекулярных связей. Один из способов создания самовосстанавливающихся полимеров состоит в использовании термореактивных полимеров и их способности к упрочнению за счет сшивания полимерных цепей. В полимер внедряют тонкостенные инертные хрупкие капсулы с залечивающим веществом, при возникновении трещины капсула ломается, залечивающий агент высвобождается и распространяется в трещину по капиллярам. При этом он смешивается с катализатором и отвердителем, заранее внедрёнными в материал (отдельно друг от друга), затвердевает и герметизирует трещины (Рисунок 1).

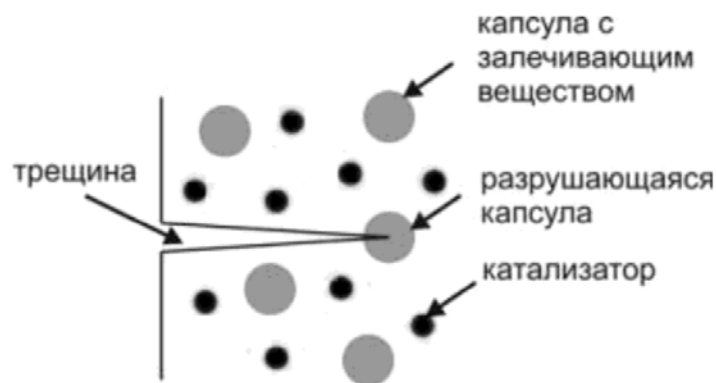


Рисунок 1 - Самовосстанавливающийся материал с капсулами с залечивающим агентом

Большое число работ посвящено изучению такого типа материалов на примере композитов на эпоксидной основе с микрокапсулами из дициклопентадиена и введенным в состав материала катализатором Граббса или микрокапсулами из полиэфирной смолы в оболочке из поликарбамид-формальдегида.

Другой подход включает использование термопластичных полимеров с различными способами включения залечивающего агента в материал. При этом часто требуется нагрев для инициирования восстановления, так как термопласты размягчаются и становятся текучими при повышении температуры. Интересным способом является нагрев самовосстанавливающегося композита, который происходит за счет протекания тока по наполнителю - углеродным волокнам.

Помимо полимеров, в настоящее время разрабатываются керамические самовосстанавливающиеся материалы. В самовосстанавливающихся керамических материалах часто используются окислительные реакции, при этом объем оксида превышает объем исходного материала. Как результат, продукты этих реакций из-за увеличения объема могут быть использованы для заполнения небольших трещин.

Самовосстановлению бетона посвящено много исследований. Дефекты бетона залечивали с помощью водного раствора, содержащего ионы кальция или с помощью суперабсорбирующего полимера, который при воздействии влажности набухает и герметизирует трещины. Композит из полых стеклянных волокон и воздухоотверждаемого герметика, встроенного в бетонную матрицу, также демонстрировал эффект самовосстановления, но у него наблюдалась значительная (10-40 %) потеря жесткости по сравнению со стандартным бетоном из-за наличия волокон. Ситуация, когда следует искать компромисс между самовосстановлением и механическими свойствами, в целом достаточно типична.

Металлические материалы гораздо труднее самозалечивать по сравнению с полимерами, поскольку атомы металла сильно связаны между собой, имеют небольшие размеры и низкие коэффициенты диффузии. В настоящее время существует три основных направления, на основе которых конструируются самовосстанавливающиеся металлические системы.

Во-первых, это формирование осадка на дефектных местах, который останавливает дальнейший рост разрушения. Данный механизм получил название "предотвращение повреждения", потому что идея состоит в предотвращении образования пустот диффузией осадка из перенасыщенного твердого раствора (сплава).

Кроме того, используется другой подход: укрепление матрицы из сплава микроволоконками или нитями, изготовленными из сплава с памятью формы, например, нитинола. Если композит подвергается растрескиванию, нагрев материала активирует вос-



становление формы нитей с «эффектом памяти», которые сжимают трещины и закрывают их (Рисунок 2).

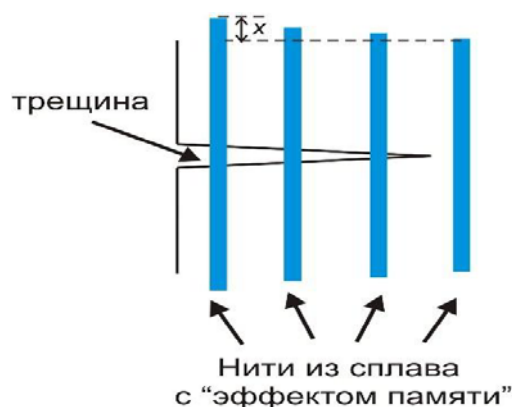


Рисунок 2 - Самовосстанавливающийся материал с нитями с «эффектом памяти»

Третий подход заключается в использовании залечивающего агента (например, сплава с низкой температурой плавления), встроенного в металлическую матрицу, аналогично тому, как это делается в полимерах.

Существуют и другие способы самовосстановления материалов. Например, наличие в композитах микромасштабных каналов, заполненных жидкостью, или самовосстановление с помощью акустической энергии. Существуют самовосстанавливающиеся композиты, в которых за счет пьезоэлектрического эффекта механическая энергия, прикладываемая к материалу, преобразуется в электричество, которое, в свою очередь, приводит к электрохимическому процессу самовосстановления с помощью электролита.

Эпоксидная матрица с наночастицами Ag, минералами гангит/гидромагнезит, частицами гексаферритабарияхитозаном представляет собой multifunctional материал – самовосстанавливающийся, антибактериальный, огнестойкий и радиопоглощающий.

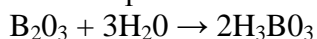
Эффект самовосстановления используют в аэрокосмической промышленности, для антикоррозийной защиты металлов, там где требуется восстанавливать механические и геометрические свойства и заживлять повреждения после баллистического удара снаряда.

**Самосмазывающиеся материалы** уменьшают трение или износ. Существует несколько методов уменьшения трения или износа поверхностей материалов. Один из них – это нанесение самосмазывающихся покрытий, которые либо достаточно прочны, чтобы уменьшать износ, либо имеют низкую поверхностную энергию и за счет этого уменьшают адгезию и трение. Также разрабатываются самосмазывающиеся металлические, полимерные и керамические композиты. Например, в нанокompозитах наполнитель, углеродные нанотрубки или фуллерены  $C_{60}$ , играют роль «подшипников» и уменьшают трение. В композит, изготовленный на основе меди методом порошковой металлургии, добавляли политетрафторэтилен, а пористый полифениленсульфидный композит модифицировали добавлением 1 % масс. цеолита и пропитали составом на литиевой основе, что позволило уменьшить коэффициент трения на 90%.

Один из методов создания самосмазывающихся материалов заключается в формировании слоя смазки в процессе трения за счет химической реакции. Такая реакция может происходить вследствие механического контакта. Защитный слой меди, например, образуется при трении на металлической поверхности за счет переноса ионов меди из медьсодержащих сплавов (например, бронзы) или смазки. Также защитный слой

может быть образован при химической реакции окисления или реакции с водяным паром.

Оксид бора реагирует с водяными парами в воздухе с образованием защитного покрытия из борной кислоты:



Защитное покрытие, в свою очередь, приводит к снижению трения и износа. Благодаря слоистой кристаллической структуре, борная кислота похожа на другие твердые частицы, с хорошими смазывающими свойствами (например,  $\text{MoS}_2$ , графит и гексагональный нитрид бора). Для объяснения механизма самосмазывания некоторыми исследователями предложена модель триклинной кристаллической структуры борной кислоты. Атомы, составляющие каждую молекулу борной кислоты, расположены в плотно упакованных слоях, находящихся на расстоянии 0,318 нм друг от друга, которые связаны слабыми силами, такими как ван-дер-Ваальсовы. Авторы предположили, что во время скольжения эти слои могут выравниваться параллельно направлению относительного движения и потом они легко скользят друг относительно друга, обеспечивая низкий коэффициент трения.

Еще один способ создания самосмазывающихся материалов – это создание микротекстурированной поверхности, за счет чего образуется рельеф с микровпадинами, которые играют роль резервуаров для смазки.

**Самоочищающиеся материалы** отталкивают воду, органические жидкости и прочие загрязнения (см. видео к статье, часть 2).

Свойство самоочистки микроструктурированных поверхностей основано на том, что микроструктуры и узоры могут поддерживать капельку воды с воздухом, заключенным в промежутках между структурами. Такой тип соприкосновения увеличивает угол контакта с водой благодаря поверхностному натяжению и, следовательно, капелька воды может перекачиваться по микроструктурированной поверхности, удаляя тем самым пыль, т.е. обеспечивая самоочистку [39, 40].

Формулы, описывающие основные соотношения [39]:

$$\cos \theta_r = r \cos \theta_e \quad (1)$$

$$\cos \theta_r = f_s \cos \theta_e + f_s - 1 = f_s(1 + \cos \theta_e) - 1 \quad (2)$$

В уравнениях (1) и (2)  $\theta_r$  - краевой угол смачивания;  $\theta_e$  – краевой угол смачивания капли жидкости на плоской поверхности, изготовленной из материала поверхности;  $r$  - отношение фактической площади контакта жидкость-твердое тело к площади проекции на горизонтальную плоскость;  $f_s$  - доля площади контакта жидкость-твердое тело (Рисунок 3).

Водоотталкивающая способность на поверхности характеризуется краевым углом смачивания - параметром  $\theta_r$  в уравнениях (1) и (2).



Рисунок 3 – Капля жидкости на микроструктурированной поверхности

Новый метод позволяет создавать самоочищающиеся покрытия путем объединения двух распространенных материалов - тефлона и термоусаживаемой пластмассы. Исследователи, проводившие описываемое исследование, решили, что ключом к хорошей супергидрофобной поверхности является сочетание микро- и наноразмерных узлов. Они нанесли тефлон на термоусаживаемый пластик, затем нагрели и получили морщинистую поверхность тефлона. Угол контакта капель с такой поверхностью равен  $172^\circ$ , это означает, что шарики воды едва касаются поверхности. Разработанное покрытие является почти таким же прочным, как алюминиевое. При появлении царапин водоотталкивающие свойства покрытия сохраняются.

Суперотталкивающие свойства придают тканям функцию самоочистки, включающую в себя как физическое очищение от загрязнений, процесс химической самоочистки, который заключается в деградации цветных пятен и растворов при воздействии УФ-облучения, и биологическую – антибактериальные свойства. Например, свойства самоочистки придает ткани из хлопка добавление наночастиц  $TiO_2$  или наностержней  $ZnO$ .

Самоочищающееся покрытие на основе  $TiO_2$  может также использоваться для защиты исторических зданий и памятников.

Таким образом, в настоящее время мы являемся свидетелями перехода от использования материалов свойства которых определяются только их структурой к высшему классу «умных» многофункциональных материалов со свойствами, реагирующими на внешние факторы, которые смогут усовершенствовать многие виды товаров и способствовать появлению новых.

#### **Список литературы**

1. Струк В.А., Пинчук Л.С., Мышкин Н.К., Гольдаде В.А., Витязь П.А. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях. - М.: Интеллект, 2010. – 536 с.
2. Мышкин Н.К., Кончиц В.В., Браунович М. Электрические контакты. – М.: Интеллект, 2008. – 560 с.
3. Блайт Э.Р., Блур Д. Электрические свойства полимеров / Пер. с англ. - М: Физматлит, 2008. - 376 с.

### **ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛОВОЛОКНА В МАШИНОСТРОЕНИИ**

*Е.А. ЗАГИБАЛОВА, М.В. КУЗНЕЦОВ, З.Р. ТАРШИС*

Томский политехнический университет

Институт физики высоких технологий

E-mail: [zagibalova-lena99@mail.ru](mailto:zagibalova-lena99@mail.ru)

**Введение.** Стекловолокно появилось в жизни людей сравнительно недавно — в конце XIX века. Стало это возможным только благодаря случайности. Дейл Клейст попытался герметично сварить стеклянные блоки, но случайно попавшие струи воздуха расслоили стекло в тонкие волокна.

Много кто пытался поставить новый материал на массовое производство, однако это стало возможным только с увеличением точности машин, использовавшихся в производстве.

Широко используемая сегодня в том числе в строительстве стекловата была изобретена в тридцатых годах XX века Геймсом Слэйтером. Используемая им в то время торговая марка «Fiberglass» стала именем нарицательным.

**Свойства.** Основное применение стекловолокна как стекловаты проистекает из одного простого свойства этого материала: высокое отношение площади поверхности к массе, что позволяет ему быть прекрасным теплоизолятором. Что, однако, имеет и свои минусы: стекловолокно более других материалов уязвимо к химическому воздействию.

Также стекловолокно применяется в малой авиации и автоспорте как материал обшивки и некоторых несущих элементов. Это связано с тем, что стекловолокно обладает довольно высокой прочностью. Однако оно теряет свою прочность со временем и с повышением влажности, так как стекловолокно легко поглощает жидкости, что приводит к расширению микротрещин и дальнейшему разрушению волокон.



Фотография стеклянных волокон

2017 год был объявлен в России годом экологии, да и в целом направление развитие мира в последние несколько лет идёт в сторону дружелюбности к окружающей среде. Поэтому нельзя не отметить экологичность стекловолокна.

Также стоит отметить, что свойства стекловолокна одинаковы во всех направлениях в связи с аморфностью стекла, из которого волокна производятся.

**Альтернативы.** Конечно же, стекловолокно — не единственный материал с такими свойствами. Многие люди могут сходу назвать одного из конкурентов стекловолокна: углеродное волокно. Многие думают, что оно во всём лучше стекловолокна, лишь дороже. Но это не так. На самом деле у углеродного (или, как его ещё называют, карбонового) волокна, к примеру, меньшая устойчивость к растяжению.

Также существует базальтовое волокно, свойства которого также отличаются от стекловолокна.

Но мы не будем подробно останавливаться на альтернативах и подробно рассмотрим только тему нашей презентации.

**Применения.** Как уже было сказано выше, самым известным применением стекловолокна является теплоизоляция домов, помещений. И речь не обязательно про здания, стекловолокно используется везде, где может понадобиться теплоизоляция. К примеру, изоляция особо горячих элементов конструкции с целью сохранения целостности соседствующих элементов или же ради безопасности людей.

Изменение свойств жёсткости влажного стекловолокна, его хорошие способности к сохранению формы после высыхания, лёгкость в обработке, низкий вес и стоимость стекловолокна (и если быть совсем точным, тонких листов из переплетённого волокна) — все эти свойства обуславливают применение этого материала в таких областях как автомобиле-, судо- и самолётостроение.

Ну и, конечно же, все вышеперечисленные свойства позволяют применять стекловолокно для производства огромного множества изделий, часть из которых вы можете видеть на экране.

Отдельно стоит отметить звукоизоляцию: пустое пространство между волокнами хорошо останавливает распространение звуковых волн.

**Заключение.** Таким образом, можно уверенно сказать, что стекловолокно и композитные материалы с его применением имеют достаточно обширное применение во всех областях нашей жизни и, несмотря на наличие альтернатив, вряд ли уйдут из нашей жизни в ближайшее время.

### Список литературы

В связи с широким использованием Интернета мы можем предоставить ссылки, с которых бралась вся информация.

1. <http://www.unionexpert.ru/index.php/2011-07-25-15-56-33/item/289-application-of-modern-engineering-polymers-in-engineering>
2. <http://strport.ru/steny/steklovolokno-kharakteristiki-primenenie>
3. <http://vipremontclub.ru/steklovolokno-cto-eto-takoe/>
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%BA%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE>
5. <https://plastinfo.ru/information/articles/177/>

## НАНОКЕРАМИКА

*А.С. ГРИБКОВ, Б.С. КУДРЯШОВ, А.А. ШКОЛДИНА, Т.А. ЛОБОВА*

Томский политехнический университет

E-mail: [bskudryashov@gmail.com](mailto:bskudryashov@gmail.com)

### Введение

Достижения в разработке и изготовлении наноструктур различного назначения в наибольшей степени определяются уровнем развития технологий, которые позволяют с атомной точностью получать наноструктуры необходимой конфигурации и размерности, а также методов комплексной диагностики свойств наноструктур, включая контроль в процессе изготовления и управление на его основе технологическими процессами. По многим прогнозам, именно развитие нанотехнологий определит облик XXI века, подобно тому, как открытие атомной энергии, изобретение лазера и транзистора определили облик XX столетия.

Материал наноструктурированный иначе наноматериал — конденсированный материал, полностью или частично состоящий из структурных элементов (частиц, [зерен](#), [кристаллитов](#)) с характерными размерами от нескольких нанометров до нескольких десятков нанометров, причем дальний порядок в структурных элементах сильно нарушен, и роль многочастичных корреляций в расположении атомов в этих элементах берет на себя ближний порядок, а какие-либо макроскопические свойства материала определяются размерами и/или взаимным расположением структурных элементов.

**Нанокерамика** — керамический наноструктурный материал — компактный материал на основе оксидов, карбидов, нитридов, боридов и других неорганических соединений, состоящий из кристаллитов со средним размером до 100 нм.



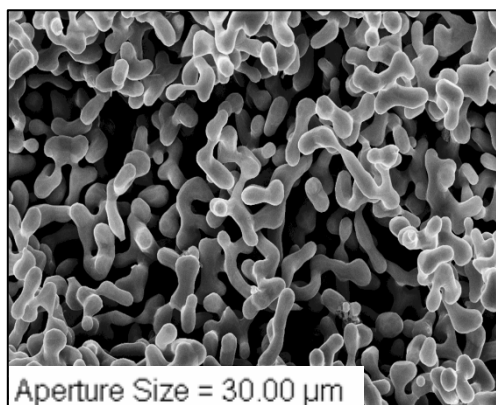


Рисунок 1 - Наноматериал в объективе электронного микроскопа



Рисунок 2 - Имплант из нанокерамики

### **Свойства**

1. Керамические элементы имеют высокую твердость (9 единиц по шкале твердости минералов МООС) и вследствие этого не подвержены абразивному износу песчаными пульпами (твердость кварца — 7 единиц);
2. В силу химической нейтральности не взаимодействуют со щелочами и кислотами, кроме плавиковой (фтористоводородной) кислоты;
3. Долговечны (наработка на отказ составляет до 50000 циклов «открыто-закрыто»);
4. Пригодны к использованию в широком диапазоне температур рабочей среды (от  $-273$  до  $+800^{\circ}\text{C}$ );
5. Безотказно работают при повышенных давлениях в трубопроводе (до 40 Мпа);
6. Отсутствует явление «схватывания» запорных элементов, это обеспечивается свойствами керамического материала и особой конструкцией запирающих элементов.

### **Виды нанокерамики**

1. Алюмооксидная керамика (на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) Планируемая номенклатура продукции — изоляторы электронно-оптических преобразователей (ЭОП), изоляторы вакуумных дугогасительных камер (ВДК), керамические подложки (металлизированные и неметаллизированные), ударопрочная алюмооксидная бронекерамика различной геометрической формы, применяемая в бронеэлементах для пулевой и осколочной защиты, имплантаты для позвоночника, применяемые в вертебрологии для фиксации, заместительного восстановления опороспособности при патологических изменениях позвоночника;
2. Нитридная керамика (на основе  $\text{AlN}$ ). Планируемая номенклатура продукции — керамические подложки (металлизированные и неметаллизированные). Области применения: термоэлектрические модули (элементы Пельтье), светодиоды, силовые полупроводниковые приборы;
3. Карбидная керамика (на основе  $\text{SiC}$  и  $\text{B}_4\text{C}$ ). Планируемая номенклатура продукции — керамические пластины для бронезащиты личного состава и бронезащиты наземных, воздушных и морских средств военной техники.
4. Циркониевая керамика (на основе  $\text{ZrO}_2$ ). Планируемая номенклатура продукции — элементы керамической запорной арматуры, предназначенные для серийного производства износо-, коррозионно- и химически стойкой запорной арматуры, применяемой в химической и нефтегазовой промышленности, эндопротезы тазобедренного сустава, применяемые в травматологии и ортопедии для первичного эндопротезирова-



ния с целью восстановления или компенсации утраченных вследствие заболеваний функций тазобедренного сустава.

### Преимущества

Структурно-чувствительные свойства нанокерамик могут значительно отличаться от характеристик традиционных керамик с зерном микронного размера. При этом возможно улучшение механических ( $Al_2O_3$ ), электрических ( $Y:ZrO_2$ ), оптических ( $Nd:Y_2O_3$ ) свойств, однако характер изменения свойств с размером зерна очень индивидуален и зависит как от физической природы исследуемого свойства, так и от физико-химических особенностей используемой керамики.

### Производство и применение нанокерамики

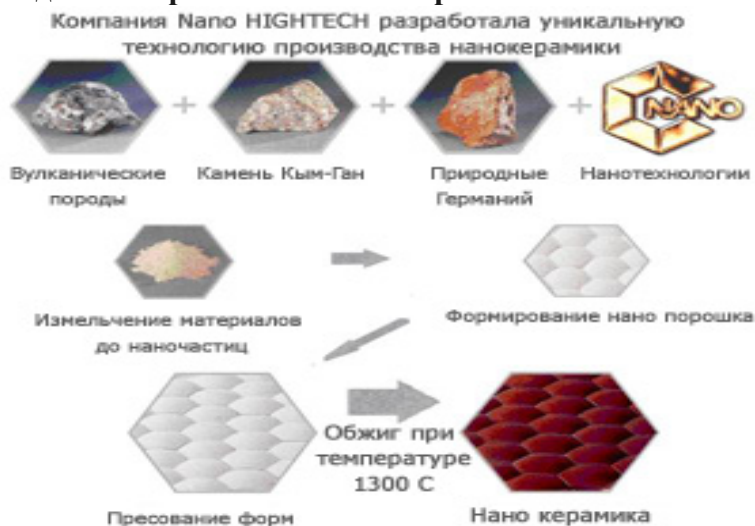


Рисунок 3- Этапы производства нанокерамики

Нанокерамику, как правило, получают из наноразмерных порошков методами формования и спекания. Поскольку вследствие высокого внутреннего трения нанопорошки труднее уплотняются, для их формования часто используют импульсное и гидростатическое прессование, методы шликерного и гелевого литья, гидроэкструзии.

Для создания нанокерамики в порошковой технологии применяются ультрадисперсные нанопорошки (УДП), а также метод ультразвукового компактирования. Этот метод заключается в одноосном прессовании порошка, когда в матрице пресс-формы в перпендикулярном или параллельном направлении относительно оси прессования подводятся ультразвуковые колебания от магнитострикционного преобразователя.

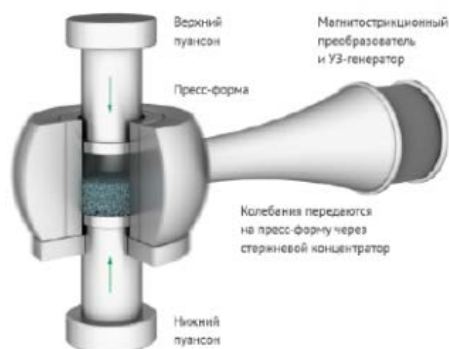
Одной из важных проблем при получении нанокерамики обычно является интенсивный рост зерна при спекании в обычных условиях. Для его предотвращения используются два основных метода:

1. Введение в исходный порошок (шихту) нерастворимых добавок, локализуемых на границах зерен и препятствующих их срастанию.
2. Использование специальных методов и режимов уплотнения и спекания керамики, позволяющих значительно уменьшить продолжительность и/или температуру высокотемпературных стадий её получения (импульсное прессование, горячее прессование, некоторые виды низкотемпературного спекания).

## Изделия из наноструктурированной керамики

В основе производства — технология ультразвукового (УЗ) компактирования порошков неорганических неметаллических материалов с различными добавками, и следующее за этим спекание. В результате могут быть получены керамические изделия сложных геометрических форм с равномерной плотностью и структурой по всему объему.

Схема формы для УЗ-компактирования



Принцип УЗ-компактирования\*



Рисунок 4- Метод ультразвукового компактирования

### Производство в России

При поддержке *ОАО «Роснано»* в России функционируют два предприятия, производящие изделия из нанокерамики: *ЗАО НЭВЗ-Керамикс* (выделенная из *ОАО «НЭВЗ-Союз»*) *ООО «Вириал»*.

### Применение нанокерамики

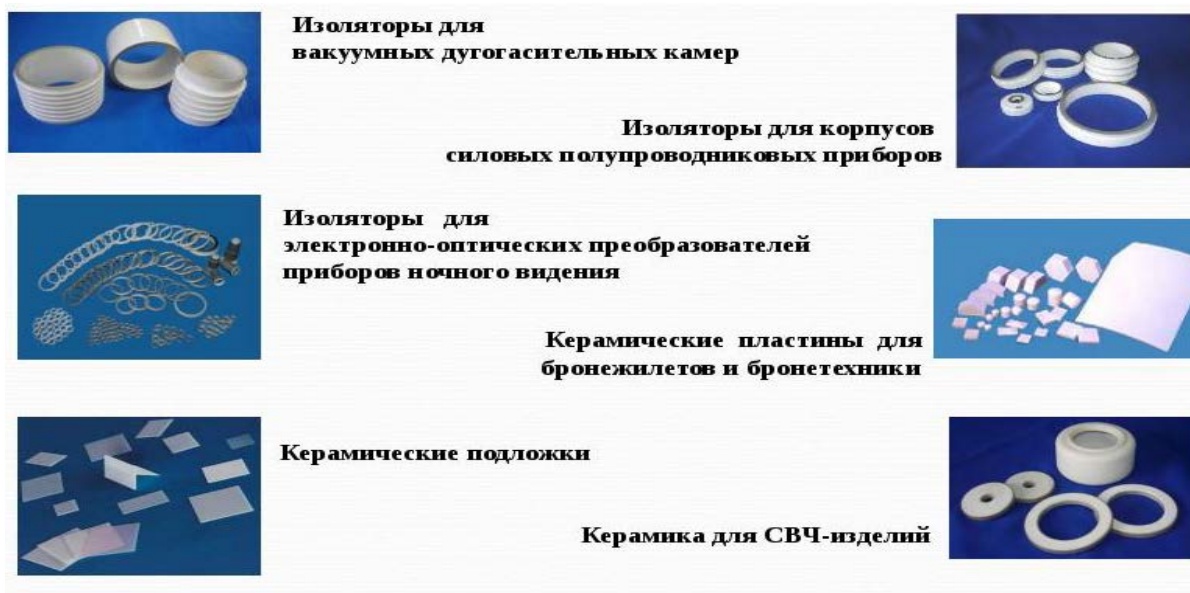


Рисунок 5- Виды изделий из нанокерамики

### Керамические изоляторы

#### 1. Изоляторы керамические для вакуумных дугогасительных камер

Керамические изоляторы предназначены в качестве изоляционного материала для вакуумных дугогасительных камер, которые предназначены для комплектации вакуумных коммутационных аппаратов.

## *2. Изоляторы электронно-оптических преобразователей*

Изоляторы используются в качестве электроизоляционного материала для приборов ночного видения, потребляемые рынком военной продукции. Главным элементом прибора ночного видения является электронно-оптический преобразователь (ЭОП), который усиливает свет и вдобавок превращает инфракрасный свет в видимый.

### **Бронекерамика**

Изделия из бронекерамики применяются для осуществления защиты специальной техники и личного состава от автоматического стрелкового оружия с возможностью обеспечения защиты до 6а класса. В интересах Минобороны России в течение 2-х последних лет в ХК ОАО «НЭВЗ-Союз» в инициативном порядке разработано и освоено производство развернутой номенклатуры изделий — 7 видов, 32 типоразмера бронекерамики (прямоугольная плоская и радиусная бронеплитка размерами 50×50 мм и 100×100 мм в диапазоне толщин 6-12 мм, бронеролики в диапазоне диаметров 13-29 мм и диапазоне высот 11-24 мм, шестигранники в диапазоне «размеров под ключ» 20-40 мм и диапазоне толщин 6-40мм), из них:

1. 5 видов изделий из бронекерамики разработаны и испытаны для бронезащиты личного состава (защита от стрелкового вооружения калибров 5,45 и 7,62 мм);

2. 4 вида изделий из бронекерамики разработаны и испытаны для бронезащиты легкой бронетехники от стрелкового вооружения калибров 7,62 мм, 12,7 мм и 14,5 мм.

В стадии разработки и испытаний находятся ряд элементов бронекерамики с радиопоглощающими свойствами для защиты кораблей ВМФ от высокоскоростных осколков противокорабельных ракет и от обнаружения головками наведения в СВЧ - диапазоне.

### **Керамические подложки для полупроводниковых приборов**

Выпускаются керамические подложки на основе алюмооксидной (содержание  $Al_2O_3$  более 94 %) или алюмонитридной AlN керамики, которые предназначены для электрической изоляции конструкций, узлов и элементов различных электронных устройств. Используемая для подложек керамика не гигроскопична, термостойка, является изоляционным материалом с высокими механическими и электрическими свойствами, отличается сравнительной простотой технологии изготовления и невысокой стоимостью. Механическая прочность на сжатие, растяжение, изгиб достаточна для практического использования. Для улучшения теплопроводности, удельного электрического сопротивления и прочностных характеристик керамических подложек в состав керамической композиции вводятся модифицированные  $Al_2O_3$ - и AlN-нанопорошки и армирования  $Al_2O_3$ -нановолокнами. Керамическая подложка выполняет две основные функции:

1. Осуществляет электрическую изоляцию токоведущих шин топологического рисунка, расположенных на одной стороне, друг от друга, а также оттоковедущих шин на другой стороне;

2. Передаёт тепло, выделяемое активными силовыми полупроводниковыми кристаллами (диодами, транзисторами, тиристорами), на теплоотводы и радиаторы.

Области применения:

1. Производство монолитных интегральных схем усилителей большой мощности;

2. Производство системам охлаждения термоэлектрических преобразователей на основе элементов Пельтье;

3. Производство коммутационных микрополосковых плат полупроводниковых приборов большой мощности;

4. Производство теплопроводящих изоляторов для нагревателей активных термостатов;

5. Производство элементов микрохолодильных машин с компенсацией механических вибраций.

### **Биокерамика**

1. Изделия из биокерамики применяются для хирургического лечения травм и заболеваний позвоночника, тазобедренного сустава, лечение стоматологических заболеваний.

2. Керамические имплантаты-фиксаторы из наноструктурированной биосовместимой плотной керамики, применяются для фиксации, заместительного восстановления опороспособности при патологических изменениях позвоночника.

3. Искусственные суставы, включающие оригинальные керамические пары трения из наноструктурированной высокоплотной композитной керамики на основе диоксида циркония применяются для первичного эндопротезирования с целью восстановления или компенсации утраченных вследствие заболеваний функций сустава.

4. Стоматологические имплантаты.

### **Запорная арматура**

Наиболее перспективными областями применения запорной арматуры с использованием керамических элементов являются:

1. химическая отрасль производства;
2. нефтегазовая промышленность;
3. целлюлозно-бумажная промышленность.

### **Список используемой литературы**

1. Гусев А.И. // Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. - М.: Физматлит. - 2007. - 416 с.
2. Арсентьев М. Ю., Панова Т. И., Морозова Л. В. // Синтез и исследование нанокерамики в системе  $ZrO_2-CeO_2$  .- ([http://rusnanotech09.rusnanoforum.ru/Public/LargeDocs/theses/rus/young/11/Arsentev\\_M.YU.pdf](http://rusnanotech09.rusnanoforum.ru/Public/LargeDocs/theses/rus/young/11/Arsentev_M.YU.pdf))
3. Ж.И.Алферов, П.С.Копьев, Р.А.Сулис // Наноматериалы и технологии. – (<http://www.microsystems.ru/files/publ/601.htm>)

## ОПТОВОЛОКНО В МАШИНОСТРОЕНИИ

*КОТОВ Д.С. АБДУЛЛАЕВ А.А. ФРИДРИХ В.А.*  
Томский Политехнический Университет

**Введение.** Оптическое волокно — нить из оптически прозрачного материала (стекло, пластик), используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения.

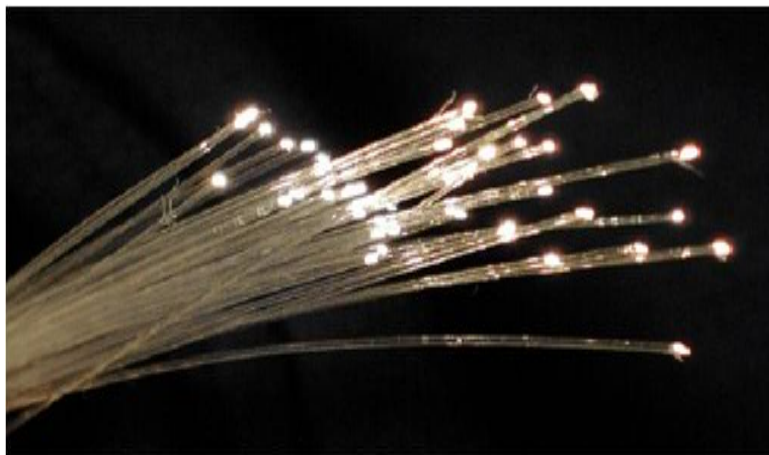


Рисунок 1 – Оптоволокно

**Волоконная оптика** – раздел прикладной науки и машиностроения, описывающий такие волокна. Кабели на базе оптических волокон используются в волоконно-оптической связи, позволяющей передавать информацию на большие расстояния с более высокой скоростью передачи данных, чем в электронных средствах связи. В ряде случаев они также используются при создании датчиков.



Рисунок 2 - Оптоволоконный кабель

### **Преимущество оптоволоконного типа связи**

Широкополосность оптических сигналов, обусловленная чрезвычайно высокой частотой несущей. Это означает, что по оптоволоконной линии можно передавать информацию со скоростью порядка 1 Тбит/с;

Очень малое затухание светового сигнала в волокне, что позволяет строить волоконно-оптические линии связи длиной до 100 км и более без регенерации сигналов;



Устойчивость к электромагнитным помехам со стороны окружающих медных кабельных систем, электрического оборудования (линии электропередачи, электродвигательные установки, т.д.) и погодных условий;

Защита от несанкционированного доступа. Информацию, передающуюся по волоконно-оптическим линиям связи, практически нельзя перехватить неразрушающим кабелем способом;

Электробезопасность. Являясь, по сути, диэлектриком, оптическое волокно повышает взрыво- и пожаробезопасность сети, что особенно актуально на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска;

Долговечность ВОЛС – срок службы волоконно-оптических линий связи составляет не менее 25 лет

### **Недостатки оптоволоконного типа связи**

Относительно высокая стоимость активных элементов линии, преобразующих электрические сигналы в свет и свет в электрические сигналы;

Относительно высокая стоимость сварки оптического волокна. Для этого требуется прецизионное, а потому дорогое, технологическое оборудование. Как следствие, при обрыве оптического кабеля затраты на восстановление ВОЛС выше, чем при работе с медными кабелями.

### **Материал**

Стекланные оптические волокна делаются из кварцевого стекла, но для дальнего инфракрасного диапазона могут использоваться другие материалы, такие как флуорцирконат, флуоро-алюминат и халькогенидные стекла. Как и другие стекла, эти имеют показатель преломления около 1,5. В настоящее время развивается применение пластиковых оптических волокон. В качестве источников излучения света в волоконно-оптических кабелях применяются:

светодиоды, или светоизлучающие диоды;

полупроводниковые лазеры, или лазерные диоды

Для одномодовых кабелей применяются только лазерные диоды, так как при таком малом диаметре оптического волокна световой поток, создаваемый светодиодом, невозможно без больших потерь направить в волокно – он имеет чересчур широкую диаграмму направленности излучения, в то время как лазерный диод – узкую. Поэтому более дешевые светодиодные излучатели используются только для многомодовых кабелей.

### **Структура**

Оптическое волокно, как правило, имеет круглое сечение и состоит из двух частей — сердцевины и оболочки. Для обеспечения полного внутреннего отражения абсолютный показатель преломления сердцевины несколько выше показателя преломления оболочки. Сердцевина изготавливается из чистого материала (стекла или пластика) и имеет диаметр 9 мкм (для одномодового волокна), 50 или 62,5 мкм (для многомодового волокна). Оболочка имеет диаметр 125 мкм и состоит из материала с легирующими добавками, изменяющими показатель преломления. Например, если показатель преломления оболочки равен 1,474, то показатель преломления сердцевины — 1,479. Луч света, направленный в сердцевину, будет распространяться по ней, многократно отражаясь от оболочки.

Возможны и более сложные конструкции: в качестве сердцевины и оболочки могут применяться двумерные фотонные кристаллы, вместо ступенчатого изменения



показателя преломления часто используются волокна с градиентным профилем показателя преломления, форма сердцевины может отличаться от цилиндрической. Такие конструкции обеспечивают волокнам специальные свойства: удержание поляризации распространяющегося света, снижение потерь, изменение дисперсии волокна и др.

Оптические волокна, используемые в телекоммуникациях, как правило, имеют диаметр  $125\pm 1$  микрон. Диаметр сердцевины может отличаться в зависимости от типа волокна и национальных стандартов.

### **Упрощение задачи**

Техническому прогрессу в машиностроении способствовало широкое использование современных методов и средств тензометрии, позволяющих проведение экспериментальных исследований механических напряжений, развиваемых в отдельных узлах машин, что обеспечивает создание высококачественных машин и механизмов. Но традиционные датчики деформаций имеют определенные недостатки, поэтому актуальной является задача поиска новых физических принципов и конструктивных решений для создания тензодатчиков новых типов. Одним из таких типов первичных тензопреобразователей могут служить волоконно-оптические датчики



Рисунок 3 – волоконно-оптический датчик

### **Волоконно-оптический датчик**

Оптическое волокно может быть использовано как датчик для измерения напряжения, температуры, давления и других параметров. Малый размер и фактическое отсутствие необходимости в электрической энергии дают волоконно-оптическим датчикам преимущество перед традиционными электрическими в определенных областях.

Оптическое волокно используется в гидрофонах в сейсмических или гидролокационных приборах. Созданы системы с гидрофонами, в которых на волоконный кабель приходится более 100 датчиков. Системы с гидрофоновым датчиком используются в нефтедобывающей промышленности, а также флотом некоторых стран. Немецкая компания Sennheiser разработала лазерный микрофон, основными элементами которого являются лазерный излучатель, отражающая мембрана и оптическое волокно.

Волоконно-оптические датчики, измеряющие температуры и давления, разработаны для измерений в нефтяных скважинах. Они хорошо подходят для такой среды, работая при температурах, слишком высоких для полупроводниковых датчиков.

С использованием полимерных оптических волокон создаются новые химические датчики (сенсоры), которые нашли широкое применение в экологии, например, для детектирования аммония в водных средах.

Разработаны устройства дуговой защиты с волоконно-оптическими датчиками, основными преимуществами которых перед традиционными устройствами дуговой за-

щиты являются: высокое быстродействие, нечувствительность к электромагнитным помехам, гибкость и лёгкость монтажа, диэлектрические свойства.

Оптическое волокно применяется в лазерном гироскопе, используемом в Boeing 767 и в некоторых моделях машин (для навигации). Волоконно-оптические гироскопы применяются в космических кораблях <Союз>. Специальные оптические волокна используются в интерферометрических датчиках магнитного поля и электрического тока. Это волокна, полученные при вращении заготовки с сильным встроенным двойным лучепреломлением.

### Список литературы

1. Материал из Википедии. Оптическое волокно.  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5\\_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BD%D0%BE)
2. <http://5fan.ru/wievjob.php?id=71913>
3. <http://meandr.ru/datchik>

## КЕРАМИКА В МЕДИЦИНЕ

*Н.В.ОРЕХОВА, Д.А.КАРАБАЕВ, А.А.БАЙБАКОВА*

Научно исследовательский Томский Политехнический Университет

**Введение.** Кера́мика (др.-греч. κέραμος — глина) — изделия из неорганических материалов (например, глины) и их смесей с минеральными добавками, изготавливаемые под воздействием высокой температуры с последующим охлаждением. В узком смысле слово керамика обозначает глину, прошедшую обжиг.

**История развития.** Самая ранняя керамика использовалась как посуда из глины или из смесей её с другими материалами. В настоящее время керамика применяется как материал в промышленности (машиностроение, приборостроение, авиационная промышленность и др.), строительстве, искусстве, широко используется в медицине, науке. В XX столетии были созданы новые керамические материалы для использования в полупроводниковой индустрии и др. областях. Современные высокотемпературные сверхпроводящие материалы также являются керамикой.

Археологические находки во многих древнерусских городах свидетельствуют о широком развитии на Руси гончарного ремесла. В Древней Руси применяли большей частью двухъярусные (нижний, топочный ярус зарывали в землю) гончарные горны, но были и одноярусные. В XIII—XIV столетиях в Пскове получила распространение муравленая черепица, применяемая для головного убора православных храмов. Она, вероятно, породила простые облицовочные плитки, а затем изразцы с узором и румпой для крепления в кладке стен. На территории Псково-Печерского Свято-Успенского монастыря сохранились уникальные памятники глазированной керамики — более ста древних надгробных монашеских плит (керамид), вмурованных в стены подземных галерей. Достигающие в среднем высоты 45-60 см и имеющие ширину 30-40 см, они выполнены из обожжённой глины с тёмно-зелёной поливой. Количество и высокое художественное качество изделий свидетельствует о том, что в монастыре издревле процветало керамическое производство. Керамиды впервые на Руси начали изготавливать именно на Псковщине в XVI веке. В монастыре была специальная гончарная мастерская. Псковские гончарные изделия, такие как посуда, узнаваемы по своим формам. Искусство псковских мастеров ярко проявилось в изготовлении декоративной керамики-

ки. Отдельное направление русской, а затем и современной российской керамики, составляет гжель (по имени города). Эти изделия исполняются в бело-синем стиле.

**Современные материалы.** Материал, который будет использоваться в медицинской практике должен обладать поистине уникальным набором свойств, к которым относятся:- биологическая инертность: отсутствие токсичности, аллергенности, травмирующего и раздражающего действия на окружающие ткани;- механическая прочность, рассчитанная на длительный срок работы в организме, устойчивость к износу;- гемосовместимость: материал не должен вызывать повреждения элементов крови и образования тромбов;- устойчивость к агентам внутренней среды организма, к воздействию биологических жидкостей;- устойчивость к высокотемпературной стерилизации.

**Свойства керамики.** Керамика, по большей части, биологически инертна и не вызывает побочных клинических проявлений (например, воспаления или отторжения импланта), поэтому её часто используют в качестве покрытий имплантируемых материалов.

Благодаря своей твёрдости она существенно улучшает износостойкость имплантатов, минимизирует их деградацию и образование иммуногенных микрочастиц и продуктов коррозии.

Принципиальными недостатками керамики являются ее сложность обработки.

При температурах выше 1000°C керамика прочнее любых сплавов, в том числе и суперсплавов, а ее сопротивление ползучести и жаропрочность выше.

К основным областям применения керамических материалов относятся режущий инструмент, детали двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных двигателей и др.

Цвет “живой глины” обманчив. Высохшая на воздухе, она, как правило, лишь немного светлеет. Но при обжиге большинство глин резко меняют свой цвет: зеленая становится розовой, бурая - красной, синяя и черная - белой. Например, мастера из села Фнлимоново под Тулой лепят свои знаменитые игрушки из черно-синей глины, которая после обжига приобретает белый, чуть кремоватый цвет. Здесь в печи при обжиге выгорают все органические частицы, которые придавали ей “живую” черную окраску. Только белая глина и после обжига остается белой.

**Виды керамики.** Гидроксиапатит и различные фосфаты кальция представляют некоторое исключение среди керамик с точки зрения биосовместимости. Эти материалы биологически активны, за счет чего способствуют взаимодействию костной ткани с имплантатом и улучшают регенерацию кости. Керамика - нейтральный неорганический материал.



Рисунок 1- Гидроксиапатит

Стабильность в размерах и высокая механическая прочность даже при высоких температурах. Сопrotивляемость к химическому воздействию и термическому шоку. Биологическая инертность при хирургических операциях с использованием лазера. Устойчивость при стерилизации паром (2 бара, 137°C).

**Режущая керамика** характеризуется высокой твердостью, в том числе при нагреве, износостойкостью, химической инертностью к большинству металлов в процессе резания. По комплексу этих свойств керамика существенно превосходит традиционные режущие материалы – быстрорежущие стали и твердые сплавы.

**Режущие элементы** выпускаемые под названиями эльбор, боразон. В отличие от алмазного инструмента кубический нитрид бора химически инертен по отношению к сплавам на основе железа. Его можно использовать для черного и чистового точения закаленных сталей и чугунов практически любой твердости.

Таблица 14.4 - Свойства основных марок режущей керамики

Фирма-изготовитель	Марка	Состав основной фазы	Твердость		Прочность при изгибе, МПа	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Средний размер зерен, мкм
			HRA	HV			
ВНИИТС (Россия)	BO-13	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	92	-	450-500	3,96	1-3
	ВОК-60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC	94	-	600-650	4,25	1-3
«Feldniuhle» (Германия)	SN60	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ZrO <sub>2</sub>	-	2200	600	3,97	2
	SN20	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC	-	2100	600	4,28	2
«Hertel» (Германия)	SN100	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	1700	800	3,30	-
	AC5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ZrO <sub>2</sub>	-	1700	500	4,00	1,8
	MC2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiC	-	2000	-	4,25	-
«Sandvik Ceramant» (Швеция)	HC1	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	-	1500	800	3,30	-
	CC620	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ZrO <sub>2</sub>	-	1650	-	-	2-3
«Krupp-Widia» (Германия)	CC650	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ZrO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub>	-	1800	400-500	4,27	-
	CC680	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	91,2	1500	-	-	-
«NGK» (США) Россия	Widalox	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ZrO <sub>2</sub> + TiO <sub>2</sub>	-	1730	650	4,12	-
	СХ2 Эльбор	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiN	-	-	750	4,15	-
			-	-	700	3,45	-

**Керамика специального назначения.** К керамике специального назначения относятся сверхпроводящая керамика, керамика для изготовления контейнеров с радиоактивными отходами, броневой защиты военной техники и тепловой защиты головных частей ракет и космических кораблей.

**Контейнеры для хранения радиоактивных отходов.** Одним из сдерживающих факторов развития ядерной энергетики является сложность захоронения радиоактивных отходов. Для изготовления контейнеров применяют керамику на основе оксида В2О3 и карбида бора В4С в смеси с оксидом свинца РbО или соединениями типа 2РbО•РbSO4. После спекания такие смеси образуют плотную керамику с малой пористостью. Она характеризуется сильной поглощающей способностью по отношению к ядерным частицам – нейтронам и -квантам.

Контейнеры для хранения радиоактивных отходов. Одним из сдерживающих факторов развития ядерной энергетики является сложность захоронения радиоактивных отходов. Для изготовления контейнеров применяют керамику на основе оксида В2О3 и карбида бора В4С в смеси с оксидом свинца РbО или соединениями типа 2РbО•РbSO4. После спекания такие смеси образуют плотную керамику с малой пори-

стостью. Она характеризуется сильной поглощающей способностью по отношению к ядерным частицам – нейтронам и -квантам.

**Скви́ды** – устройство, способное измерять магнитные поля, в сотни миллионов раз более слабое, чем магнитное поле Земли

**Скви́ды в медицине.** Высокотемпературная сверхпроводимость дала надежду создать сквиды из керамики. Сверхпроводящий ток, как и всякий ток, связан с магнитным полем. Поэтому квантование тока означает, что и индукция магнитного поля также квантуется и может принимать только ряд дискретных значений. Экспериментально квант магнитного потока определен с весьма высокой степенью точности на основе опыта Джозефсона. Скви́ды – устройство, способное измерять магнитные поля, в сотни миллионов раз более слабое, чем магнитное поле Земли («Наука и жизнь» №1, 1987). Такая чувствительность достигается благодаря использованию чисто квантового явления – эффекта Джозефсона, проявляющегося в микроскопических контактах из сверхпроводящего материала. Скви́ды сложная аппаратура, в нее входят дорогие и капризные криостаты с жидким гелием. Высокотемпературная сверхпроводимость дала надежду создать сквиды из керамики, охлаждаемые жидким азотом и способные работать не только в научных центрах, но и в поликлиниках, геологических партиях, заводских лабораториях. Если у металлических сверхпроводников эффект Джозефсона четко проявляется в контактах размером в тысячи ангстрем, то в керамических этот размер не должен превышать десятков ангстрем (несколько расстояний между атомами). Сверхпроводящая керамика состоит из отдельных зерен, контакты между которыми гораздо меньше, чем сами зерна. Подбирая условия изготовления керамики, получены микронные зерна с контактами нужного размера. Так впервые в мире удалось изготовить магнитные детекторы, с достаточной точностью работающие при температуре жидкого азота, и снять с их помощью магнитограмму человека. Измеряя скви́дами поля текущих в Земле токов, геофизики пытаются определять проводимость пород и искать полезные ископаемые или предсказывать землетрясения. В технике на эффекте Джозефсона создают амперметры и вольтметры или квантовые эталоны вольты, точность которых задана самой природой. Скви́ды в медицине открыли новое направление диагностики. Снимая карту на грудной клетке пациента распределения магнитного поля токов сердца, можно отличить здоровых людей от человека, на сердце которого после инфаркта образовался рубец. Стоматологическая керамика — это материал идеальной нейтральности и биосовместимой с тканями полости рта. Это материал, который наиболее соответствует эмали зубов, как по косметическим, так и по физическим свойствам.

**Керамика в медицине.** Керамика в стоматологической отрасли начала набирать популярности в XVIII веке благодаря своим более высоким эстетическим характеристикам по сравнению с другими материалами. Вследствие продолжительного развития, показания к использованию керамических материалов также претерпели некоторые изменения и значительно расширились. К сожалению, огромный объем противоречивой информации в разрезе показаний к использованию разных керамических материалов смущает врачей относительно того, какой же именно материал лучше выбрать для той или иной конструкции в конкретном клиническом случае. Понимание принципов классификации, знание состава и характеристик разных керамических материалов поможет стоматологам и техникам не только не путаться в выборе материала, но быть точно уверенным в правильности своего решения.

#### **Сравнение составов бытового и стоматологического фарфора\***

Сравнивая составы бытового и стоматологического фарфора, можно легко заметить, что в составе последнего преобладает полево́й шпат, а в бытовом – каолин. В зависимости от соотношения основных компонентов - полево́го шпата, каолина и кварца,



а также некоторых добавок, фарфор может быть тугоплавким (высокотемпературным), среднеплавким (среднетемпературным) и низкоплавким (низкотемпературным).

Наименование компонента	Содержание в массе, % масс	
	бытового фарфора	стоматологического фарфора
Полевой шпат	10–25	50–81
Кварц	14–35	15–30
Каолин	35–70	0–4
Пигменты	1	<<0,1

**Пример.** Одна из разновидностей литой, стеклокристаллической керамики выпускается под маркой IFS EMPRESS (ivoclar). Способ изготовления напоминает изготовление съёмных протезов из акрила. Восковая заготовка пакуется в ретракторо-фосфатную форму и после вплавление воска, пустота заполняется вязко-текучим стеклокристаллическим материалом (выпускаемым в виде толстых таблеток, соответствующих цветов) в вакууме, под большим давлением и высокой температурой. Высокая температура плавления стеклокерамики позволяет делать повторный обжиг без нарушения конфигурации и объёмных размеров, т.е. деформации целом. Прочность такой стеклокерамики уступает только протезам выполненных по технологии IN-CERAM.

Одной из разновидностей прессованной керамики, является система CERPRESS –SL. Это низкотемпературная керамика, с усиленной структурой лейцитов и предназначена в основном для изготовления одиночных коронок с высокой степенью центности, что в свою очередь является уникальностью в послойном построении, наличия оттенков в заготовках для прессования, также, как и специальных порошков Sensation SL. Выпускается в различных оттенках: 8 «голливудских», 16 – шкалы Вита, и в трёх уровнях прозрачности (от 28% до 85% мутности). Это, пожалуй, единственная система, обладающая возможностями послойного построения, а также позволяет имитировать ткани зуба при любом освещении. Технологии замены суставов и костей прошли долгий путь за последние десятилетия, части на пластиковой и керамической основе взяли верх над металлическими частями, а новейшее поколение искусственных костей и суставов заходит еще дальше: их будут делать из биоматериалов, чтобы они практически слились с телом. Выращенные костные клетки пациента затем распределяются по этой сети, замыкая кость с имплантат. Со временем компонент искусственной кости растворяется, а выросшие естественным образом клетки и ткани сохраняют форму имплантат. Омские ученые первыми в мире смогли сделать сложнейшие детали из нано керамики. Специалисты уверены, что за этим материалом будущее. Разработками омичей уже заинтересовались военные, представители космической промышленности и врачи. В перспективе этот материал должен прийти на смену традиционным пластмассе и металлу. Большое практическое значение имеет устойчивость корундовой керамики к износу при трении. Многие советские и зарубежные исследователи пришли к выводу, что при взаимодействии деталей из керамики износ практически отсутствует или крайне незначителен.

#### **Список литературы:**

1. [http://vmede.org/sait/?id=Stomatologiya\\_poyrovskaya\\_2007&menu=Stomatologiya\\_poyrovskaya\\_2007&page=11](http://vmede.org/sait/?id=Stomatologiya_poyrovskaya_2007&menu=Stomatologiya_poyrovskaya_2007&page=11)
2. <http://uas.su/books/newmaterial/142/razdel142.php>
3. [https://studopedia.su/9\\_73137\\_svoystva-keramiki.html](https://studopedia.su/9_73137_svoystva-keramiki.html)
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0>