

В современной хирургии, травматологии и стоматологии находят применение материалы с памятью формы (главным образом никелид TiNi). Рабочие органы эндоскопов, фиксаторы и скобы для суставов, экстракторы для извлечения камней из мочеочника – вот некоторые из медицинских приложений эффекта памяти формы. Восстановление заданной формы этих инструментов осуществляется за счет температуры человеческого организма. Методы интенсивной пластической деформации, приводя к аморфизации структуры TiNi и нанокристаллизации при последующем отжиге, обеспечивают образование нанокристаллической структуры и повышение механических свойств в 1,5 – 2,5 раза, а также долговечность эксплуатации.

Еще один из биосовместимых и биоактивных материалов – это гидроксиапатит  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ . Он используется как индивидуально, так и в составе полимерных, стеклянных, углеродных и других композитов для изготовления имплантатов, металлических имплантатов, для пломбирования зубов. Одна из основных проблем этого материала – повышение механической прочности и трещиностойкости. По этим показателям  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$  изделия значительно уступают человеческой костной ткани. Использование ультрадисперсных порошков при получении гидроксиапатита позволяет повысить прочность и снизить температуру спекания (что важно, поскольку при высоких температурах это соединение разлагается), но в целом проблема реализации наноструктуры с высокими механическими свойствами применительно к гидроксиапатиту остается пока нерешенной.

Модифицирование поверхности полимеров типа полиэтилен терефталата и политетрафторэтилена за счет ионно-плазменной обработки с формированием наноструктурного рельефа приводит к значительному повышению антимикробной активности, что перспективно для создания биологически активных систем и их использования в биологии, медицине.

Развиваются работы по допированию поверхностей титановых и других имплантатов кальциевыми ионами (пленки тугоплавких соединений на основе TiNi с добавками фосфатов и оксидов кальция), что позволяет не только повысить биосовместимость, но и увеличить износостойкость и ресурс использования.

В США в ближайшие годы ожидается коммерческое производство металлооксидных наночастиц (для обеззараживания боевых отравляющих веществ, для защиты армии и населения при нападении террористов), а так же высокопористых нанокомпозитов в виде таблеток или гранул для очистки и дезинфекции воздуха (в самолетах, казармах, офисах).

Следует иметь в виду и токсическое действие наночастиц на живые организмы. Известно отрицательное влияние частиц кремниевых соединения и бериллия на здоровье человека, но и другие вещества в виде ультрадисперсных порошков, включая углеродные нанотрубки, могут быть потенциально опасными и требуют осторожного обращения.

Широкое распространение получает изготовление полимерных нановолокон диаметром менее 100 нм. Эти волокна используют для изготовления «активной» одежды, способствующей самозаживлению ран и диагностике состояния.

УДК 620.22

### **Анализ керамических подшипников качения**

Студент гр. 104519 Богданчик М.И.  
Научный руководитель – Вейник В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Технически, в промышленных подшипниках из керамики нет ничего нового, и все их модификации как две капли воды похожи на стальные. Нестандартным является лишь материал: нитрид кремния ( $Si_3N_4$ ). В таблице 1 приведены некоторые свойства нитрида кремния.

Таблица 1 – Свойства нитрида кремния  $Si_3N_4$

Кристаллическая структура	$\alpha-Si_3N_4$	Тригональная
	$\beta-Si_3N_4$	Гексагональная
	$\gamma-Si_3N_4$	Кубическая
Плотность	3.192 г/см <sup>3</sup>	
Температура плавления	1900 °С	
Температурный коэффициент линейного расширения	$3,4 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$	
Модуль упругости	298 ГПа	
Твердость	60-70 HRC	

Благодаря тому, что этот вид керамики обладает выдающейся ударной прочностью и высокой жесткостью стали активно использовать в машиностроении. Условно, эти подшипники можно разделить на две группы:

1) Смешанные или гибридные, в которых из керамики выполнены только тела вращения, а оба кольца из стали. Сепаратор в гибридных керамических подшипниках сделан из синтетики с низким коэффициентом трения.

2) Полностью керамические, где и кольца качения и шары сделаны из керамики. На велосипедах встречаются пока крайне редко, но доступны в ассортименте от сторонних производителей.

Теперь о характеристиках и особенностях:

1) Рабочая температура шаров может достигать 800 °С.

2) Способность работать в агрессивных кислотах и щелочах без коррозии. С ограниченным набором агрессивных сред вроде кислорода, начинает реагировать при 1000 °С.

3) Низкий тепловой коэффициент расширения (в 3 – 5 раз меньше стали) и керамические подшипники.

4) Высокая рабочая температура позволяет им работать на скоростях до 12000 оборотов в минуту.

5) Керамика, это превосходный диэлектрик, полностью керамические подшипники не пропускают электричество.

6) Керамика легче стали на 40 % и значительно лучше рассеивает тепло.

7) твердость по Роквеллу стальных шаров редко превышает 60 единиц по шкале С, твердость керамики может достигать 75 единиц.

8) Модуль упругости керамики в 1,5 раза выше, чем у типичной стали применяемой для керамических подшипников

9) Керамика не магнитится.

Неудивительно, что керамические подшипники ставят в марсоходы, турбины авиалайнеров и насосы на химических производствах.

Главным недостатком металлокерамических подшипников является их дороговизна.

Металлокерамика это материал, который долговечней и жестче привычной стали и в настоящий момент, применяется в основном в высокоточном оборудовании и в ответственных узлах под нагрузкой.