Акарачкин, Сергей Анатольевич. Свойства корундо-циркониевой нанокерамики, полученной из плазмохимических порошков методами радиального прессования и искрового плазменного спекания : диссертация ... кандидата технических наук : 05.09.02 / Акарачкин Сергей Анатольевич; [Место защиты: Нац. исслед. Том. политехн. ун-т].- Томск, 2012.- 158 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/591

**Введение к работе**

**Актуальность темы.**

Технический прогресс ставит перед материаловедением задачи по созданию новых материалов с уникальными эксплуатационными свойствами. Такие структуры должны выдерживать воздействие высоких температур и механических сил, работать в агрессивных средах, активно сопротивляться абразивному износу, а так же обладать высокими значениями трещиностойкости, прочности и твердости. Всеми указанными свойствами обладает корундо-циркониевая (КЦ) керамика. Это материал будущего. Литературные источники свидетельствуют о том, что при переводе КЦ-керамики в нанокристаллическое состояние её эксплуатационные характеристики значительно улучшатся, кроме того, в КЦ-нанокерамике могут проявляться качественно новые эффекты, имеющие квантово-механическую природу, например, явление высокотемпературной сверхпластичности.

В последнее время в связи с развитием машиностроения, лазерной техники и других отраслей промышленности сильно возрос интерес к длинномерным изделиям из керамики, например, в качестве заготовок для производства свёрл, резцов и фрез, различных трубчатых изделий, рабочих тел твердотельных лазеров, сопл пескоструйных аппаратов, МГД-генераторов, топливных элементов и другой продукции.

Единственным эффективным способом изготовления длинномерных прессовок из оксидных нанопорошков является метод магнитно-импульсного радиального прессования. Эта технология значительно превосходит по плотности компактов метод литья под давлением, кроме того она более технологична и безопасна в сравнении с методом, основанным на применении взрывчатых веществ.

В работе использовались нанопорошки, полученные

плазмохимическим методом на СХК (г. Северск). Этот метод обеспечивает высокую производительность и пригоден для промышленного применения. Однако порошки содержат до 20 % полых сфероидов. С целью повышения технологичности плазмохимических нанопорошков применялась предварительная механоактивация: статическое одностороннее осевое прессование давлением 350 МПа и последующий помол в конусной мельнице-дробилке «ВКМД 6».

Для производства нанокерамики, в отличие от других авторов, были применены высокоинтенсивные воздействия магнитных, электрических полей и плазменных потоков. Представленные технологии объединяет идеология сильноточной электроники.

Под руководством проф. Иванова В. В. в Институте электрофизики УрО РАН (г. Екатеринбург) разработан ряд магнитно-импульсных прессов для осевого и радиального компактирования оксидных нанопорошков. Мы продолжили эти работы: добавили высокотемпературное вакуумирование нанопорошка, совместили схемы 0- и Z-пинчей.

Среди технологий активированного спекания наиболее перспективным является искровое плазменное (ИП) спекание. Данный метод характеризуется высокой скоростью нагрева и малым временем спекания, что позволяет получать керамику с наноразмерным зерном при пониженных температурах. В нашей работе так же использована технология искрового плазменного спекания.

Большая научная и практическая значимость ожидаемых результатов определяет актуальность данной темы. **Цель работы**

Исследование свойств длинномерных компактов и КЦ-нанокерамики, полученных РМИ-прессованием из плазмохимических нанопорошков, а также изделий изготовленных методом искрового плазменного спекания.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи.**

1. Разработать и изготовить радиальный магнитно-импульсный пресс, совмещающий схемы 0- и Z-пинчей и реализующий высокотемпературную вакуумную дегазацию.
2. Установить влияние режимов РМИ-прессования и термического спекания компактов, а также температурных режимов ИП-спекания на прочностные характеристики КЦ-нанокерамики.
3. Разработать физико-математическую модель искрового плазменного спекания нанокерамики.
4. Исследовать структуру и механические свойства полученной оксидной нанокерамики методами рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, дилатометрии, измерением твёрдости и трещиностойкости.

**Научная новизна результатов работы**

1. Впервые для радиального импульсного прессования КЦ-нанопорошков одновременно использованы явления сжатия облицовки пресс-инструмента магнитным полем собственного тока (Z-пинч) и внешним аксиальным магнитным полем соленоида (0-пинч).
2. Установлена оптимальная длительность (120-140 мкс) фронта давления при РМИ-прессовании с использованием Z- и 0-пинчей, обеспечивающая постоянство (+ 3 %) по длине физико-механических свойств длинномерных (до 100 мм) компактов.
3. При РМИ-прессовании плазмохимического нанопорошка оксида алюминия предварительная высокотемпературная дегазация обеспечивает более интенсивное уплотнение компактов. В случае давления менее 1200 МПа в не вакуумированных образцах адсорбаты, выступая в качестве естественной межчастичной смазки, способствуют получению более плотных компактов на (2-3) % в сравнении с вакуумированными образцами.
4. Предложена физико-математическая модель ИП-спекания нанокерамики, основанная на явлении активация термодиффузионного массопереноса из-за локальных температурных градиентов. Достоверность

модели подтверждается сравнением расчётного времени ИП-спекания с экспериментальным значением.

**Практическая значимость работы**

1. Разработана новая конструкции РМИ-пресса совмещающего схемы 0-и Z-пинчей и высокотемпературную вакуумную дегазацию нанопорошка (патент на полезную модель № 116384).
2. Предложена методика расчёта давления РМИ-прессования, в основе которой лежит процесс разряда конденсатора на активно-индуктивную нагрузку, с использованием Т-образной схемы замещения. Результаты расчёта подтверждены данными программного комплекса COMSOL Multiphysics.
3. Результаты работы используются на ОАО "НПЦ "Полюс" в ОКР по разработке подшипников скольжения (акт внедрения).
4. Компакты, полученные на разработанном РМИ-прессе, имеют малый разброс плотности по длине (< 3 %) и рекордную плотность для оксида алюминия (71 %), что позволяет изготавливать уникальные длинномерные изделия.

**Научные положения, выносимые на защиту**

1. Совмещение схем 0- и Z-пинчей в конструкции РМИ-пресса обеспечивает увеличение плотности компактов за счёт дополнительного нагрева проводящей оболочки, что облегчает её пластическую деформацию.
2. При РМИ-прессовании давлением ниже 1200 МПа нанопорошков оксида алюминия адсорбаты, выступая в качестве естественной межчастичной смазки, способствуют получению более плотных компактов в сравнении с нанопорошком подвергнутым вакуумированию.
3. В циркониевой нанокерамике, полученной термическим спеканием РМИ-компактов, отсутствует характерный эффект высокотемпературного разуплотнения, что объясняется малой величины внутренних механических напряжений.
4. При ИП-спекании большие локальные температурные градиенты между контактной областью и периферией частиц активируют термодиффузионный массоперенос, что позволяет получить мелкое зерно из-за снижения требуемых температуры и времени спекания.

**Апробация работы**

Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на научно-технической конференции молодых специалистов "Электронные и электромеханические системы и устройства", секция №4 "Технология производства приборов и устройств" (Томск 2008 г.); научно-технической конференции молодых специалистов,. секция №4 "Производство космических аппаратов" (Железногорск, 2008 г.); XVIII

научно-технической конференция "Электронные и электромеханические системы и устройства" (Томск 2010 г.); первой научно-технической конференции "Современное состояние, перспективы развития технологии и производства керамики" (Новосибирск, 2009 г.); IV международной научно-технической конференции " Электромеханические преобразователи энергии", секция № 3 "Электротехнические материалы и изделия" (Томск, 2009 г.); V юбилейной международной научно-технической конференции "Электромеханические преобразователи энергии", секция №3 "Электротехнические материалы и изделия" (Томск, 2011 г.).

**Публикации.**

По содержанию работы и основным результатам исследований опубликовано 10 печатных работ, из них 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК.

**Объем и структура диссертации.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Основной текст диссертации изложен на 145 станицах, работа проиллюстрирована 41 рисунком и 20 таблицами, список цитируемой литературы состоит из 117 наименований.