

$$t = \frac{\beta_2}{\beta_1 \cdot ch \sqrt{\frac{F}{J}} + 55.167 \cdot sh \sqrt{\frac{F}{J}}} = \frac{0.697}{0.262 * ch(0.007) + 55.167 * sh(0.007)} = 0.455 \text{ с.}$$

$$15 * ch(0.007) * 0.455 + 55.167 * sh(0.007) * 0.455 = 87.979 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Конечная угловая скорость равна $87.979 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Время подачи импульса 0.913 с. Решение задач подобного рода позволяет определить конечную скорость и время прохождения каждого участка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартемьянов В.М., Иванова А.Г., Кодермятов Р.Э. Исполнительные двигатели с ленточной намоткой // Вестник Науки Сибири 2013. Номер 1 (7)
2. Самодуров И.Н., Кодермятов Р.Э., Иванова А.Г. Аналитическое исследование движения ротора моментного двигателя при импульсном питании // Современные техника и технологии: сборник докладов XX Международной юбилейной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3т. – Томск, 2014. – Т.1. – С. 269-270.
3. Самодуров И.Н., Кодермятов Р.Э. Экспериментальное определение характеристик двигателя с ленточной намоткой статора. // Современные техника и технологии: сборник докладов XX Международной юбилейной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых в 3т. – Томск, 2014. – Т.1. – С. 239-240.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОГО ПРЕССОВАНИЯ ОКСИДНОЙ НАНОКЕРАМИКИ

Дуданец А.А., Ивашутенко А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

К настоящему времени разработано большое количество составов и технологий получения корундовой керамики, но основным её недостатком остается высокая температура обжига изделий (1700–1800°C). Для снижения роста кристаллитов в керамике важна минимизация воздействия высоких температур при ее спекании. Экспериментальные данные подтверждают, что повышение температуры спекания керамики приводит к большему размеру зерна и к ухудшению механических свойств. В частности, при спекании $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ со средним размером зерна 0,22 мкм наилучшие показатели имела керамика, спеченная при температуре 1300°C. Одним из необходимых условий для снижения температуры спекания является стартовая плотность прессовки. Повышение плотности укладки частиц увеличивает количество межчастичных контактов, и спекание при этом будет протекать и интенсивней, и равномерней. Кроме этого, высокая плотность укладки подразумевает не только малую пористость, но и малый размер пор и их равномерное распределение, что в конечном итоге ведет к ускоренному достижению полной плотности керамики. Проблемы прессуемости и рекристаллизации наноразмерных порошков значительно сузили возможности традиционных методов прессования и спекания в получении наноструктурных материалов и побудили к поиску новых подходов.

Применение высокоинтенсивных методов прессования в комплексе с использованием слабо агрегированных порошков повышает однородность укладки и

разрушает агрегаты частиц. В частности, магнитно-импульсный метод прессования нанопорошков позволяет эффективно преодолевать силы адгезионного сцепления и достигать более высоких плотностей прессовок. Импульсные методы прессования выгодно сочетают возможности генерирования новых состояний вещества и получения высокоплотных прессовок.

Также перспективным направлением в получении керамики является технология искрового плазменного спекания. Технология основана на модифицированном методе горячего прессования, в котором электрический ток подается не на внешний нагреватель, а напрямую пропускается через пресс-форму и заготовку. Благодаря пропусканию импульсного электротока и возникающему при этом «эффекту плазмы разряда» (“spark plasma effect”), удается реализовать исключительно быстрый предварительный нагрев и кратковременные циклы. В результате можно подавить рост зерна и возникновение равновесных состояний, что позволяет получить материалы с ранее недостижимой композицией и свойствами, а также материалы в субмикронном или наномасштабном диапазоне, или композиты с уникальным или необычным составом.

Целью статьи является исследование влияния предварительного двустороннего магнитно-импульсного (ДМИ) компактирования на свойства керамики, полученной с использованием искрового плазменного спекания.

Для оценки влияния предварительного ДМИ-прессования были проведены эксперименты по получению корундовой керамики с применением технологии искрового плазменного спекания с предварительным ДМИ-прессованием и без него. Технологические режимы получения керамики на основе Al_2O_3 приведены в таблицах 1,2.

Таблица 1. Режим ДМИ-прессования

Режим	Масса засыпки, г	Температура прессования, °С	Давление прессования, МПа	Ёмкость накопителя, мФ	Напряжение, кВ
ДМИ-прессование	3,5	20	300	14,4	1

Таблица 2. Режим искрового плазменного (ИП) спекания

Режим	Температура спекания, °С	Давление прессования, МПа	Скорость роста температуры, °С/мин	Атмосфера	Выдержка, сек.
ИП-спекание	1400	50	100	вакуум	10

После проведения опытов была измерена плотность и микротвердость полученной керамики. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Микротвердость является одним из важнейших физико-механических свойств керамики, по которому определяют качество данного материала. Для сравнения керамики, полученной при разных технологических режимах, была построена гистограмма микротвердости (рис.1).

Таблица 3. Значения плотности и микротвердости керамики, полученной при различных технологических режимах

Режим ИП - спекания	Микротвердость, ГПа	Реальная плотность керамики, г/см ³	Относительная плотность керамики, (%)
С предварительным ДМИ-прессованием	22,33	3,76	95,3
Без предварительного ДМИ-прессования	14,68	3,47	87,95

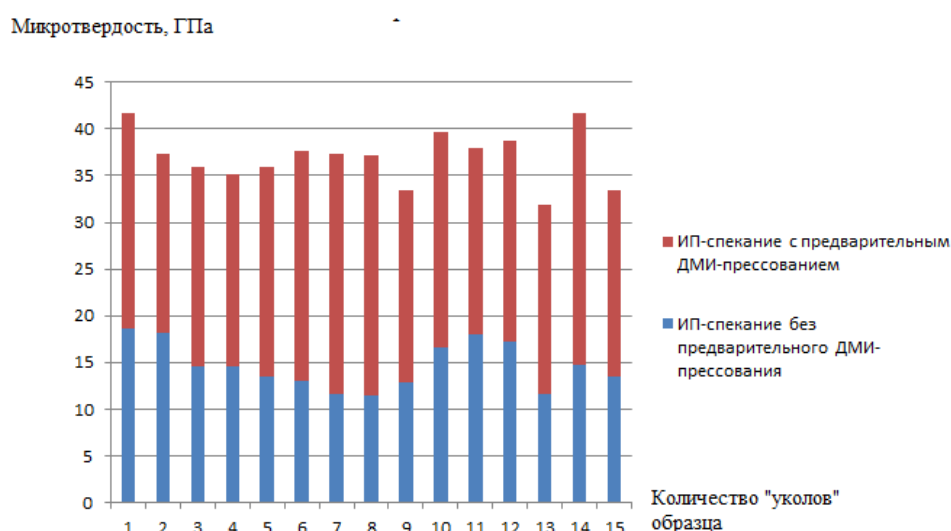


Рис. 1. Гистограмма микротвердости керамики, полученной при разных технологических режимах

Как видно из таблицы 3, среднее значение микротвердости для керамики полученной с предварительным ДМИ-прессованием составляет 22,33ГПа, что на 60% больше чем у керамики полученной по технологии ИП-спекания без предварительного ДМИ-прессования (14,68ГПа). Кроме того немаловажным показателем эффективности технологии получения керамики является плотность. Значение плотности керамики, полученной с предварительным ДМИ-прессованием составляет 3,758 г/см³ (95% от теор. значения (3,95 г/см³ - теория)), что на 7% больше, чем у керамики, полученной без предварительного ДМИ-прессования (3,47 г/см³ (87,95% от теор. значения)).

Результаты экспериментов по получению корундовой нанокерамики позволяют говорить об эффективности совмещения двух технологий: двухстороннего магнитно-импульсного прессования и искрового плазменного спекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ноздрин А. А., Исследование динамической прессуемости наноразмерных порошков на основе оксида алюминия. Перспективные материалы Материалы, 2007, №6.
2. Болтачев Г.Ш., Волков Н.Б., Кайгородо А.С. Лознухо В.П., Особенности одноосного квазистатического компактирования оксидных порошков. Российские нанотехнологии, Том 6, 2011. №9.
3. V. Ivanov, Y.A. Kotov, O.H. Samatov, Synthesis and dynamic compaction of ceramic nanopowders by techniques based on electric pulsed power. Nano structured Materials, 1995, Vol. 6, pp. 287-290.