

ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПЛОТНОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗ СУБМИКРОННОГО ПОРОШКА ДИОКСИДА ТИТАНА

Старков Д.А.¹, Гуров А.А.¹, Порозова С.Е.¹

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, Пермь (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29), keramik@pm.pstu.ac.ru

Изучено воздействие слабых магнитных полей на кажущуюся плотность прессованных из субмикронного порошка диоксида титана образцов. В эксперименте использовали промышленный порошок диоксида титана марки «осч» ТУ 6-09-3811-79. Фазовый состав образцов определяли методом спектроскопии комбинационного рассеяния света на многофункциональном спектрометре комбинационного рассеяния света *SENTERRA (Bruker)* при длине волны излучающего лазера 532 нм. Исследование микроструктуры микрошлифов образцов проводили на атомно-силовом микроскопе «ФемтоСкан» (ООО НПП «Центр перспективных технологий», Москва), обработку результатов проводили в программном пакете «ФемтоСкан-онлайн». Рассматривали 4 варианта воздействия на различных стадиях получения образцов. Показано, что воздействие даже слабых магнитных полей на субмикронный порошок в процессе получения материала является эффективным способом улучшения структуры и кажущейся плотности, а также зависящих от нее характеристик, диоксида титана.

Ключевые слова: диоксид титана, плотность, магнитное поле, структура материала.

EFFECTS OF EXPOSURE TO MAGNETIC FIELD DENSITY SAMPLES FROM SUBMICRONIC POWDER OF TITANIA

Starkov D.A.¹, Gurov A.A.¹, Porozova S.E.¹

¹Perm national research polytechnic university, Russia, Perm, 614990, Komsomolsky Av. 29, keramik@pm.pstu.ac.ru

Studied the effect of weak magnetic field on the apparent density of specimens of compacted submicron powder of titanium dioxide. In the experiment used an industrial powder of titanium dioxide brand "high purity" TU6-09-3811-79. Phase composition of samples was determined by the method of Raman spectroscopy at the multi-spectrometer Raman scattering "SENTERRA" (Bruker) at a wavelength of laser emitting 532 nm. Study of microstructure of thin sections of samples were determined with an atomic force microscope "FemtoScan" (LLC "Center of promising technologies", Moscow), processing of results carried out in a software package of "FemtoScan online". Considered 4 possible impacts at different stages of sample receipt. It is shown that the influence of even a weak magnetic field on submicron powders in the process of obtaining material is an effective way to improve the structure and apparent density, and depends on the characteristics of titanium dioxide.

Keywords: titanium dioxide, density, magnetic field, structure of material.

В настоящее время применение керамики на основе диоксида титана затрагивает многие сферы жизнедеятельности человека, имеющие социальную направленность, а именно – протезирование зубов, изготовление имплантатов, очистка воды и воздуха, дезинфекция различных поверхностей [1; 5]. Все это делает керамику на основе диоксида титана очень перспективным, интересным и востребованным материалом. Одним из вариантов улучшения свойств керамики на основе диоксида титана является магнитное воздействие, интерес к которому в последнее время существенно вырос. Так, авторы работы [4] считают воздействие электромагнитного поля СВЧ-диапазона новым направлением в получении наноструктурированных материалов и залечивании макро- и микродефектов кристаллических структур. Инновационной составляющей направления является, в частности, самоорганизация фрагментов и элементов микроструктуры фаз. На примере

корундоциркониевых материалов показано [4], что при воздействии на материалы электромагнитным полем в СВЧ-диапазоне прочность на изгиб увеличилась с 590 до 1190 МПа, а трещиностойкость с 6-8 до 24-28 МПа/м^{-1/2}.

В работе [6] выявлено, что под воздействием слабого магнитного поля в кристаллах кремния наблюдается изменение микротвердости. В работе [2] показано, что при воздействии импульсного магнитного поля происходит кристаллизация аморфизированных слоев при их наличии на поверхности кристаллов кремния, выращенных по методу Чохральского.

Цель проведенной работы – изучение воздействия слабых магнитных полей на кажущуюся плотность прессованных из субмикронного порошка диоксида титана образцов.

Материалы и методы исследования

В эксперименте использовали промышленный порошок диоксида титана марки «осч» ТУ 6-09-3811-79. Порошок представляет собой полидисперсную смесь частиц субмикронных размеров и использован в качестве более дешевой замены нанопорошка, синтезируемого в лабораторных условиях. Порошок предварительно прокаливали при температуре 900 °С для получения рутила. Однако в результате, по данным спектроскопии комбинационного рассеяния света, получена смесь рутила и анатаза, что является дополнительным подтверждением содержания значительного количества очень мелких фракций в составе порошка. Активацию проводили в планетарной мельнице «Санд» при соотношении «мельющие тела : порошок : р-р агара (0,5%)» = 2:1:1. Полусухое прессование производили при одноосном сжатии с давлением прессования 200 МПа. Затем образцы помещали в печь на отжиг со скоростью нагрева 200 °С/час до $T_{max}=800$ °С. Далее производили спекание в воздушной атмосфере в электропечи ВТП с лантанхромитовыми нагревателями, по следующему режиму: до 800 °С со скоростью 500 °С/час; с 800 до 1200 °С со скоростью 200 °С/час; с 1200 до 1300 °С со скоростью 100 °С/час; изотермическая выдержка 1 ч.

Образцы имели следующие характеристики: средний диаметр 8,5 мм, среднюю высоту 2,2 мм и среднюю массу 0,46 г. Измерения кажущейся плотности проводились согласно ГОСТ 2409-95.

Магнитное воздействие (МВ) на образцы проводили на разных стадиях обработки, но длительность этого воздействия оставалась неизменной – 1 ч. Использовали магниты из феррита с постоянным магнитным полем с геометрическими размерами $d=10$ мм и $h=3$ мм. Варианты обработки соответственно под маркировкой 0 (без МВ), 1, 2, 3 и 4 приведены на рис. 1.

№№

Последовательность обработки

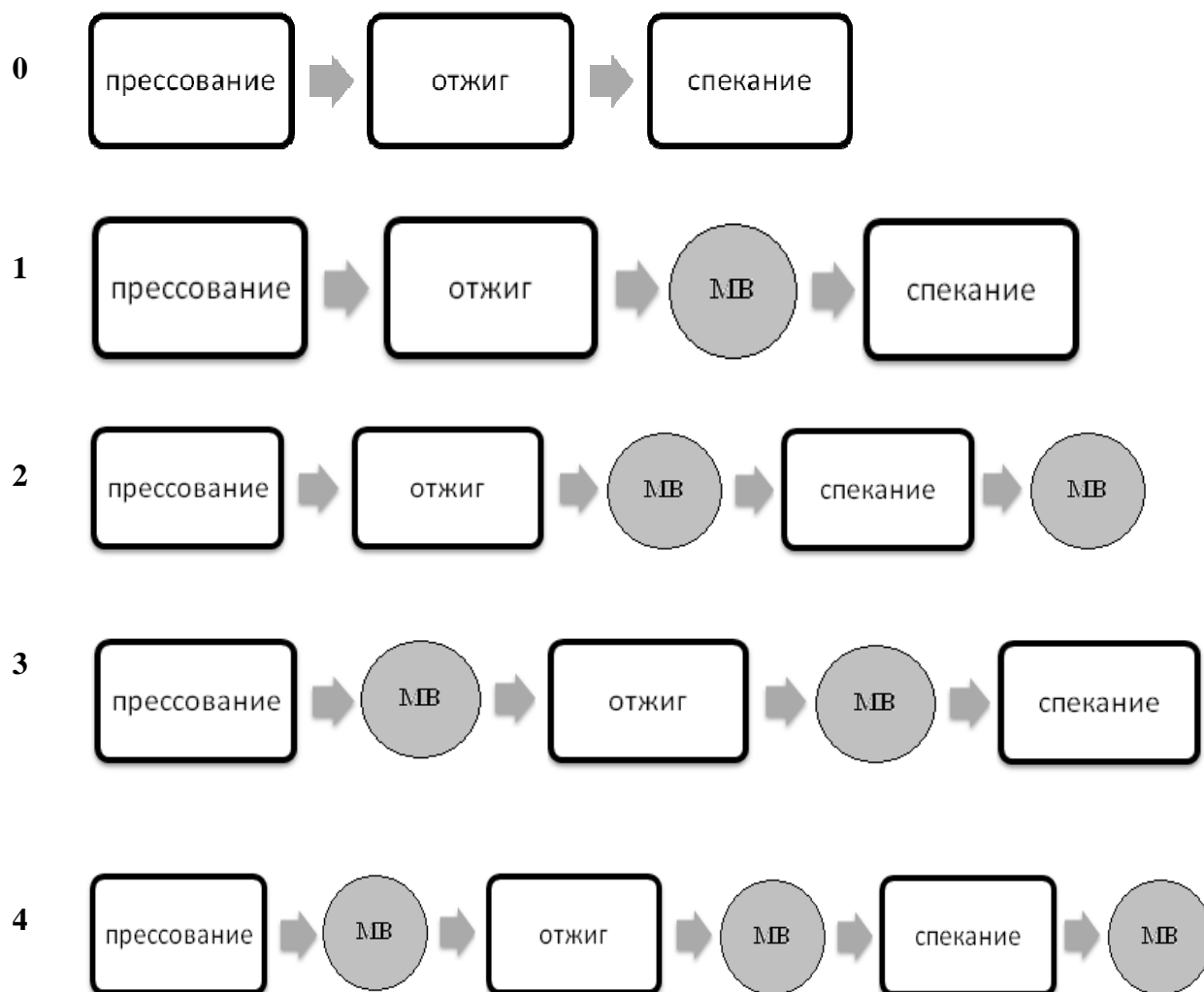


Рис. 1. Схема магнитного воздействия на образцы

Фазовый состав образцов определяли методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КР-спектроскопии) на многофункциональном спектрометре комбинационного рассеяния света *SENTERRA (Bruker)* при длине волны излучающего лазера 532 нм.

Исследование микроструктуры микрошлифов образцов проводили на атомно-силовом микроскопе «ФемтоСкан» (ООО НПП «Центр перспективных технологий», Москва), обработку результатов проводили в программном пакете «ФемтоСкан-онлайн»

Результаты исследования и их обсуждение

Фазовый состав образцов по данным КР-спектроскопии одинаков (рис. 2). Вне зависимости от наличия или отсутствия магнитного воздействия образцы представлены единственной фазой – рутилом [5]. Различия в интенсивности пиков могут быть связаны с

условиями съемки. Влияние последовательности магнитного воздействия на кажущуюся плотность образцов представлено на рис. 3.

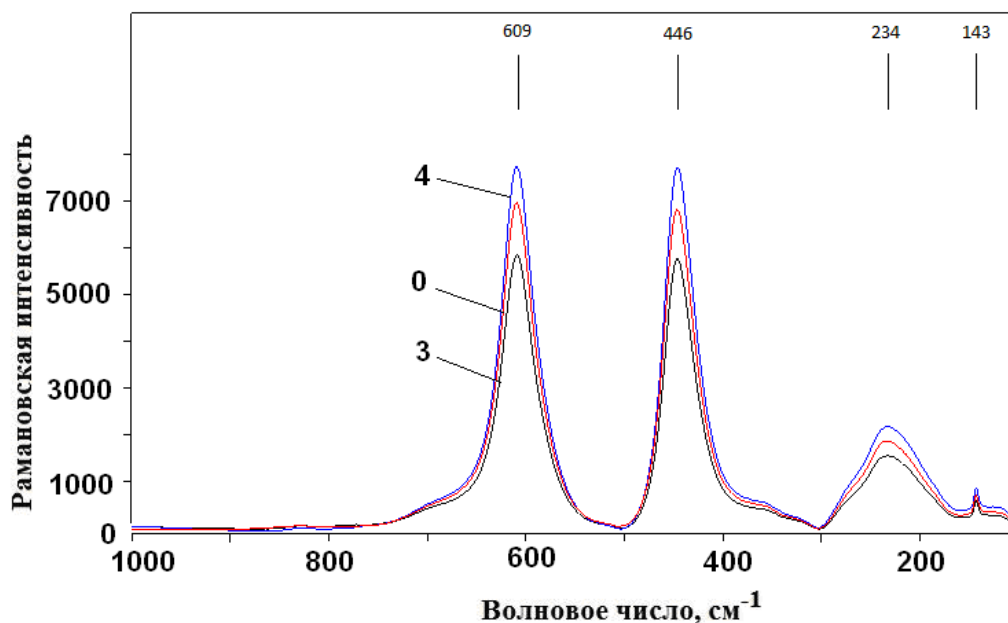


Рис. 2. КР-спектры образцов

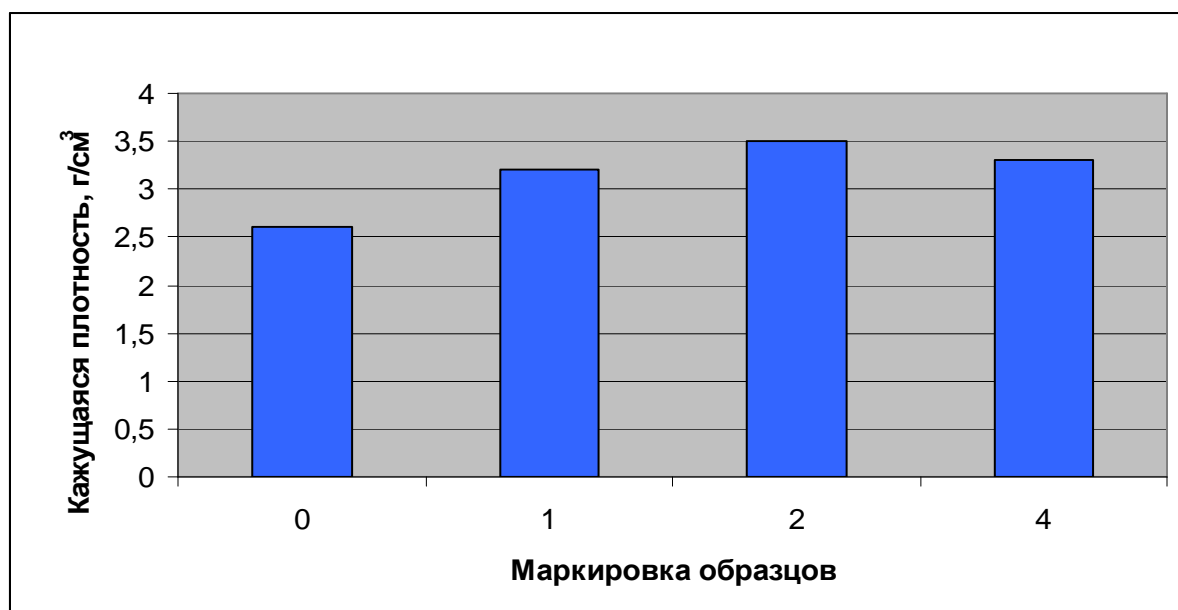
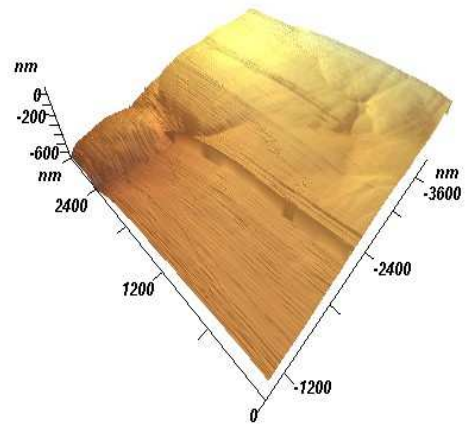
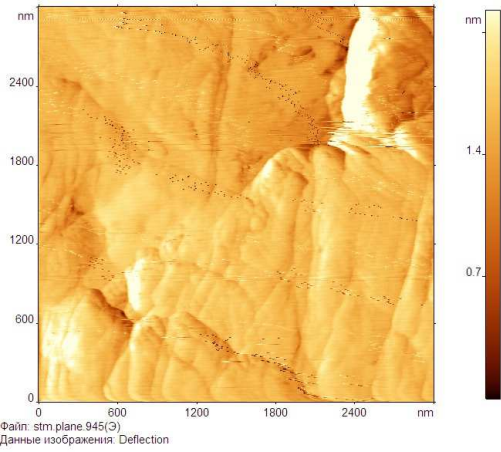
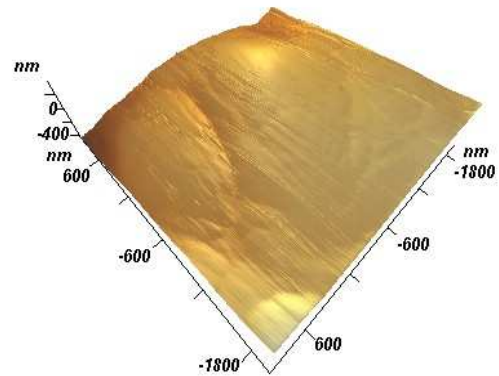
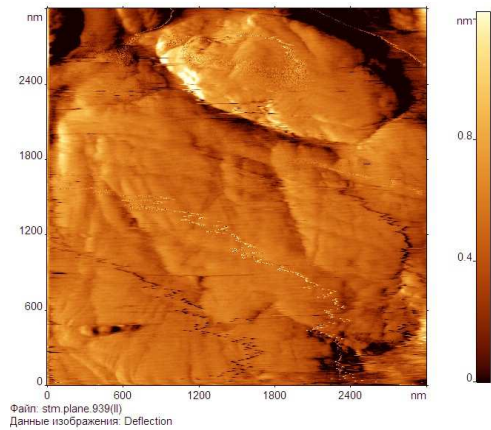


Рис. 3. Зависимость кажущейся плотности спеченных материалов от последовательности магнитного воздействия

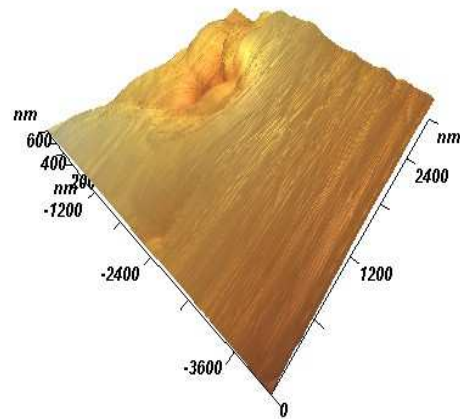
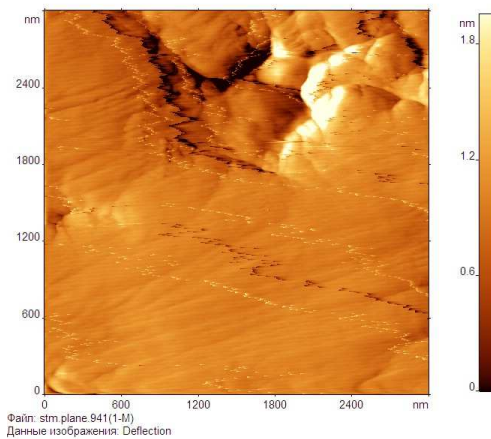
Магнитное воздействие во всех случаях привело к увеличению плотности спеченных образцов. Особенно значительный рост кажущейся плотности отмечен при осуществлении варианта 3, когда образец подвергался МВ после стадий прессования и отжига – плотность увеличилась более чем в 1.5 раза в сравнении с эталонным образцом. АСМ-изображения микрошлифов образцов 0, 1 и 4 в 2d- и 3d-проекциях представлены на рис. 4.



Образец без MB (0)



Образец 1 (MB после отжига)



Образец 4 (MB после всех стадий обработки)

Рис. 4. АСМ-изображения микрошлифов образцов 0, 1 и 4 в 2d- и 3d-проекциях

АСМ-изображения позволяют определить измельчение структуры материала, особенно при воздействии на всех стадиях получения образцов.

Выводы

Исследовано воздействие слабых магнитных полей на кажущуюся плотность прессованных из субмикронного порошка диоксида титана образцов. Рассматривали 4

варианта воздействия на различных стадиях получения образцов. Установлено, что во всех случаях происходило повышение кажущейся плотности образцов. Фазовый состав оставался неизменным. Структурные элементы материалов измельчались. Таким образом, воздействие даже слабых магнитных полей на субмикронный порошок в процессе получения материала является эффективным способом улучшения структуры и кажущейся плотности, а также зависящих от нее характеристик диоксида титана.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках научно-исследовательского проекта № 1769 базовой части государственного задания Пермского национального исследовательского политехнического университета в сфере научной деятельности на 2014-2016 гг.

Список литературы

1. Диоксид титана – свойства и область применения. - URL: <http://www.yaregaruda.ru/ru/node/53> (дата обращения: 28.09.2015).
2. Левин М.Н., Зон Б.А. Воздействие импульсных магнитных полей на кристаллы Cz-Si // ЖЭТФ. - 1997. - Т. 111, № 4. - С. 1373-1397.
3. Орлов Р.Ю., Вигасина М.Ф., Успенская М.Е. Спектры комбинационного рассеяния минералов : справочник. – М. : ГЕОС, 2007.
4. Суворов С.А., Туркин И.А. Корундоциркониевые материалы и изделия // Новые огнеупоры. - 2015. - № 3. - С. 53.
5. Byrne J.A., Davidson A., Dunlop P.S.M., Eggins B.R. Water treatment using nano-crystalline TiO₂ electrodes // J. Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. - 2002. - V. 148. - P. 365–374.
6. Makara V.A., Steblenko L.P., Kolchenko Yu.L., Naumenko S.M., Patran O.A., Kravchenko V.M., Dranenko O.S. Magnetic-field-induced modification of properties of silicon lattice defects // Solid State Phenomena. - 2005. - Vol. 108-109 (December). - P. 339-344.

Рецензенты:

Сиротенко Л.Д., д.т.н., профессор кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь;

Матыгуллина Е.В., д.т.н., профессор кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь.