

РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ ФОРМИРОВАНИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ

Ы.ТАШПОЛОТОВ, Б.М.СЕИТОВ, Н.Т.ЖОГАШТИЕВ
E.mail. ksucta@elcat.kg

Иштелип чыккан композициондук материалдын микроструктурасы татаал экендиги аныкталган, ал оксиддик системадай эле боштуктун өлчөмү менен жайгашышы мыйзамындай, микробоштугу жана мезобоштуктарынын диаметры 10 нм кичирээк. Композициондук материалдардын микроструктары изилдениген, ошондой эле кремнийдин нанооксиддик бөлүкчөлөрүнүн жайгашышы, анын материалдын микроструктурасынын түзүлүшүнө болгон таасири ар түрдүү экендиги көрсөтүлгөн. Нанооксиддик порошоктордун тажрыйбалык түрү алынган. Кремнийдин нанооксидинин негизинде наноструктуралык материалдарды алуу технологиясы сунушталган.

Установлено, что разработанный композиционный материал имеет сложную микроструктуру, характеризующуюся типичным для подобных оксидных систем законом распределения пор по размерам, в котором преобладают микропоры и мезопоры менее 10 нм в диаметре. Изучены микроструктуры композиционного материала и показано, что распределение нанооксидных частиц кремния и его влияние на формирование микроструктуры материалов различно. Получены опытные образцы нанооксидных порошков. Предложены технологии получения наноструктурных материалов на основе нанооксидного кремния.

It is established that the developed composite material has the difficult microstructure characterised typical for similar oxydes of systems by the law of distribution of a time in the sizes in which a microtime and a mesotime less than 10 nanometers in diameter prevails. Microstructures of a composite material are studied and is shown that distribution nanooxydes particles of silicon and its influence on formation of a microstructure of materials variously. Pre-production models nanooxydes powders are received. Technologies of reception nano of the structuralmaterials on a basis nanooxyde silicon are offered.

Введение. Постановка задачи

Создание новых композиционных материалов для нужд строительной индустрии с применением достижений нанотехнологии является одним из важных и перспективных направлений развития современной науки и технологии. В последние годы в материаловедении интенсивно развивается новое направление, связанное с получением нанопорошков, исследованием их свойств и созданием материалов на их основе.

Наноструктурированные материалы, включающие или состоящие из низкоразмерных морфологических элементов, могут обладать уникальными свойствами, недостижимыми традиционными методами. При этом практически важные свойства композиционных материалов определяются, в основном, присутствующими в них различными дефектами атомарных, наноскопических и других размеров, а также наноразмерными порошками, введенные в материал.

Использование наноразмерных частиц в производстве композиционных материалов позволяет получать новые классы конструкционных, функциональных материалов с улучшенными эксплуатационными качествами, что позволяет расширить

область их практического применения в современном машиностроении, строительной индустрии и электротехнической промышленности. Установление способов и методов управления типом и количеством нанодфектов в твердых системах позволяет разработать современные технологии промышленного изготовления различных деталей и материалов.

Современное состояние развития нанотехнологии, применение их достижений при создании композиционных материалов и исследовании их свойств позволяет надеяться на успешное решение некоторых проблем материаловедения. Проведенные нами в последние годы экспериментальные исследования процессов, протекающих в наноструктурных системах при термо-электромагнитной обработке, свидетельствуют о практической возможности целенаправленного изменения их физических свойств. Необходимы дальнейшие тщательные исследования с применением широкого класса материалов и методов, теоретическое обоснование наблюдаемых эффектов. В ходе реализации этих исследований ожидается дальнейшее развитие технологии получения новых наноструктурных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками.

При комплексном подходе к разработке технологии новых материалов с применением достижений нанопизики и нанохимии открывается возможность осуществлять «сборку» структуры материала снизу-вверх, от молекулярного уровня до микроуровня и, следовательно, установления оптимального соотношения параметров технологического процесса, регулирования дисперсности, структуры и дефектности веществ. Удовлетворительное решение вышеперечисленных задач способствует улучшению качества материалов и приборов на их основе, экономии средств и времени.

Анализ и прогнозная оценка различных композитных, дисперсных, керамических и других систем, являющихся основой для получения перспективных материалов с регулируемыми свойствами, показывают, что наибольшее внимание уделяется синтезированию композитных, керамических, дисперсных и других материалов на основе усиления их наполнителями, основным из которых являются микро- и нанопорошки оксидных и других минералов.

Структуры современных материалов с новыми необычными свойствами также формируются в сильно неравновесных условиях, проходя через несколько стадий чередования устойчивых и неустойчивых состояний. При этих критических (бифуркационных) переходах образуются сильно неоднородные промежуточные фрактальные структуры. Описание их требует привлечения нетрадиционных подходов исследования.

Поэтому настоящая работа посвящена решению актуальной проблемы материаловедения, а именно: разработке метода получения наноструктурированных композиционных материалов (НКМ) с использованием в качестве сырья минерально-сырьевых ресурсов (кварцевых песков) КР, изучению закономерностей формирования структуры в различных термодинамических условиях, разработке модели и механизмов структурообразования, изучению физических, физико-химических и физико-механических свойств НКМ, выявлению взаимосвязи структуры и свойств, а также определению возможных областей применения новых НКМ.

Таким образом, разработка технологии совмещения наноразмерных оксидных частиц с матрицей, позволяющей снизить степень агрегации частиц и добиться однородного распределения при изготовлении композиционного материала, модифицированного нанодисперсным порошком, является *актуальной практической задачей* /1/.

В /2/ проведены экспериментальные исследования формирования нанопорошков кремния и углерода. Разработаны методы управления средним размером частиц и массовой концентрации конденсирующихся компонентов за счет изменения скорости газодисперсного потока. В данной работе в качестве наполнителя для получения композиционного материала использованы низкоразмерные порошки кремния.

Новые композиционные материалы, в зависимости от их назначения, должны обладать весьма важными свойствами – выдерживать значительные нагрузки, иметь высокую прочность, долговечность, эксплуатационную устойчивость и др. В связи с этим в последние годы основное внимание ученых привлечено к разработке современной технологии управления практически значимыми свойствами композиционных наноструктурированных материалов, изготавливаемых на основе оксидных нанопорошков.

По данному направлению (разработке композиционных, строительных и др. материалов) в нашей республике проводятся научные исследования в Институте физико-технических проблем и материаловедения НАН КР, в КРСУ, в Иссык-Кульском государственном университете, в Институте фундаментальных и прикладных исследований Ошского государственного университета и др. За рубежом аналогичные исследования ведутся в России, Японии, Эстонии, Латвии и др. На основе этих исследований выявлены некоторые возможности композиционных наноструктурированных материалов.

Практическая реализация разработанной технологии получения наноструктурированных материалов с заданными технико-экономическими параметрами из местных минерально-сырьевых ресурсов и их производство имеют важное народно-хозяйственное, социально-экономическое и фундаментальное научное значение.

Данная работа преследует две цели: первая – чисто научная, а вторая – научно-практическая, а именно:

- изучение закономерностей и механизмов структуро- и фазообразования в процессе получения наноструктурированных композиционных материалов в различной среде и исследование их физико-химических, механических и эксплуатационных свойств;
- поиск методов повышения их эксплуатационных характеристик путем использования результатов изучения их физико-химических свойств;
- разработать технологии получения наноструктурированных композиционных материалов, состоящих из оксидных нанопорошков, обладающих высокими физико-химическими и эксплуатационными свойствами на основе результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Экспериментальное исследование свойств получаемых композиционных материалов

В силу высокой активности поверхности нано- и низкоразмерных частиц они обладают большой склонностью к агрегированию, что затрудняет их однородное распределение в матрице композита. Это связано с тем, что порошкообразные оксидные наночастицы относятся к агломерированным наполнителям с эффектами структурности и диспергирующего смешения, приводящим как к статистическому образованию агломератов, так и к статистически случайному их разделению. Это обуславливает определенную фракционность: распределение агломератов частиц по различным диаметрам, размеры которых зависят от исходного сырья и особенностей технологического процесса получения. Этот процесс агрегации отражается на макроскопических свойствах композитов. Агрегация частиц приводит к необходимости рассчитывать средний диаметр частиц, поскольку этот показатель влияет на величину зазора между частицами, которая определяет физико-технологические свойства материала.

Для оценки технологичности наполненного композита была проведена оценка седиментационной устойчивости смеси в жидкофазной среде. Анализ полученных данных показывает, что после совмещения наноразмерного оксидного наполнителя с жидкофазной матрицей происходит осаждение наиболее крупных агрегатов в течение 10-20 минут. Следует отметить, что доля осевших частиц невелика по сравнению с их общим

количеством. Оставшиеся частицы достаточно равномерно, при визуальном осмотре, распределяются в объеме жидкой фазы. Однако микроскопические исследования срезов образцов после отверждения показали, что и после отбора верхних слоев композита распределение частиц по глубине образца неоднородно. Следовательно, необходимо дополнительное воздействие для обеспечения хорошего диспергирования нанонаполнителя.

Для анализа морфологии поверхности полученного композиционного материала применялся метод тепловой десорбции азота. Повышение доли оксида кремния в матрице до 30 мол.% в пересчете на массу матрицы позволило приводить, возможно, к образованию кристаллических модификаций диоксида кремния.

С целью повышения качества смеси нами использовалась электромагнитная обработка наполненного связующего. Электромагнитную обработку композита с наполнителями осуществляли с помощью специально созданного электромагнитного устройства. Напряженность электрического поля варьировались в пределах 10-100 В/см. Обработку композиции электрическим полем осуществляли в течение 5-25 мин при комнатной температуре. Установлено, что электрическое поле положительно сказывается на формировании структуры и тем самым на физико-механических свойствах композиционного материала, т.е. на протекании структурообразующих процессов, а, следовательно, на качестве композиционного материала. Показано влияние электромагнитно-временного режима на отверждение материала.

Существование в композите иерархической пористой структуры было подтверждено данными измерения полной изотермы адсорбции-десорбции, позволившими построить гистограмму распределения пор по размерам (рис. 1), которая демонстрирует присутствие микро- (менее 2 нм в диаметре), мезо- (2-50 нм) и макропор (более 50 нм) в соответствии с международной классификацией IUPAC в образце на основе оксида кремния, отожженного при $T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$.

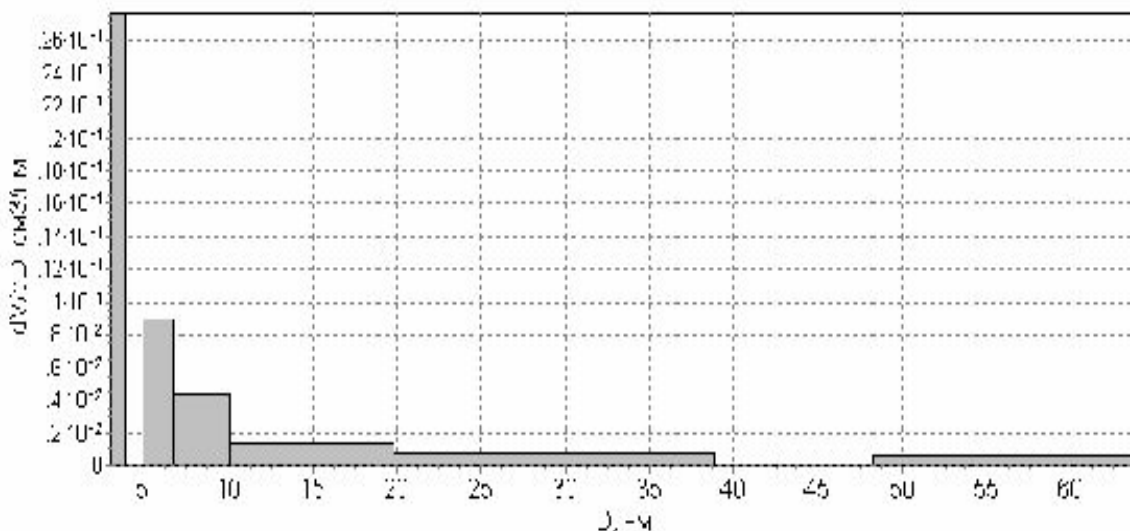


Рис. 1. Гистограмма распределения пор по размерам

Удельная площадь поверхности данного нанопорошка при этом составляет более $230\text{ м}^2/\text{г}$, что в приближении сферических частиц соответствует их среднему размеру около 10 нм. Однако поры имеют весьма сложную дисперсию по размерам, а приближение корпускулярно-пористой структуры верно лишь в случае определенных технологических режимов получения.

Некоторые характеристики КМ требуют дополнительного изучения, например, различное распределение наночастиц в матрицах, по-видимому, обусловлено адгезионными свойствами поверхности наноксидных частиц,

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что получаемый композиционный материал имеет сложную микроструктуру, характеризующуюся типичным для подобных оксидных систем законом распределения пор по размерам, в котором преобладают микропоры и мезопоры менее 10 нм в диаметре, что согласуется с расчетом среднего размера частиц, составляющим около 10 нм. Изучены микроструктуры композиционного материала и показано, что распределение наноксидных частиц кремния и его влияние на формирование микроструктуры материалов различны. Высказано предположение о влиянии свойств поверхности частиц оксида кремния на формирование структуры композитов. Получены опытные образцы наноксидных порошков. Предложены технологии получения наноструктурных материалов на основе наноксидных систем из местных минерально-сырьевых ресурсов.

Список литературы

1. Справочник по композиционным материалам /Под ред. Д. Любина.; пер. с англ. – Кн. 1, 2. – М., 1988.
2. Жогаштиев Н.Т., Дуйшеева С.С., Садыков Э., Ташполотов Ы. Получение наноразмерных порошков из жидкофазных растворов на основе электроионизационного способа// Вестник Южного отделения НАН КР. – 2011. – № 1. – С. 71-78.