

НОВЫЙ ПОЛИРУЮЩИЙ СОСТАВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ НАНОПОРОШКОВ АЛЮМОМАГНИЕВОЙ ШПИНЕЛИ

© 2011 г. Е. Г. Аввакумов*, доктор хим. наук; В. И. Никулин**, канд. техн. наук;
Н. Ю. Никаноров***, В. Р. Хуснутдинов*

* Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск

** Производственное объединение “Уральский оптико-механический завод”, Екатеринбург

*** Производственное объединение “Новосибирский приборостроительный завод”, Новосибирск

E-mail: avvakumov@solid.nsc.ru

Одним из требований, предъявляемым к полировочным материалам, является наличие у абразивного зерна (кристаллита) изометрической формы. Этому условию удовлетворяет алюмомагниева шпинель $MgAl_2O_4$, которая кристаллизуется в кубической сингонии, образуя кристаллиты октаэдрического облика, и обладает удовлетворительной твердостью.

Описан метод получения наноразмерных частиц шпинели с применением механической активации смеси гидроксидов на стадии, предшествующей термической обработке при температурах 700–800 °С, которые значительно ниже используемых в известных методах синтеза шпинели. Приведены результаты, свидетельствующие об удовлетворительной полирующей способности шпинели.

Ключевые слова: алюмомагниева шпинель, механохимический синтез, полирующие свойства шпинели.

Коды OCIS: 240.5450

Поступила в редакцию 15.10.2010

Полирование представляет собой совокупность процессов пластической микродеформации и тонкого диспергирования обрабатываемого поверхностного слоя, происходящих при воздействии на этот слой полировальными материалами. Для полирования используются дефицитные и дорогостоящие материалы на основе оксида церия [1], поэтому в настоящее время актуальна разработка новых более доступных материалов для полирования оптических деталей на основе отечественного сырья.

Таким материалом является алюмомагниева шпинель $MgAl_2O_4$, которая при соответствующей технологической подготовке может успешно заменить дефицитные материалы. Шпинель содержит 28,2% MgO и 71,8% Al_2O_3 . Кристаллическая структура имеет кубическую сингонию, кристаллы – октаэдрический облик. В ее структуре двухвалентные катионы магния окружены 4 ионами кислорода в тетраэдрическом расположении, в то время как трехвалентные катионы алюминия находятся в окружении шести ионов кислорода по вершинам окта-

эдра. При этом каждый ион кислорода связан с одним катионом магния и тремя катионами алюминия. Таким образом структура представляет собой неразрывный каркас, состоящий из изометрических структурных единиц – тетраэдров и октаэдров, причем каждая вершина является общей для одного тетраэдра и трех октаэдров. Указанные особенности структуры хорошо объясняют такие свойства шпинели, как оптическая изотропия, отсутствие спайности, химическая и термическая стойкость, высокая твердость. Плотность шпинели 3,55 г/см³, температура плавления 2160 °С, твердость по шкале Мооса – 8.

Шпинель синтезируют, как правило, посредством твердофазных реакций соединения соответствующих оксидов, протекающих в течение длительного времени при температурах 1450–1700 °С. Причем продукт получается крупнодисперсным и поэтому непригодным для использования в качестве полирующего материала. С целью получения шпинели в высокодисперсном состоянии используют иные

методы синтеза, к которым относится механохимический метод, в частности, его разновидность, названная мягким механохимическим синтезом. В его процессе смеси твердых соединений, содержащих гидроксильные группы и связанную воду (гидроксиды и твердые кислоты, основные и кислые соли, кристаллогидраты и др.), подвергаются механической активации [2]. В настоящей работе описанным методом получена шпинель, пригодная для использования в качестве полирующего материала.

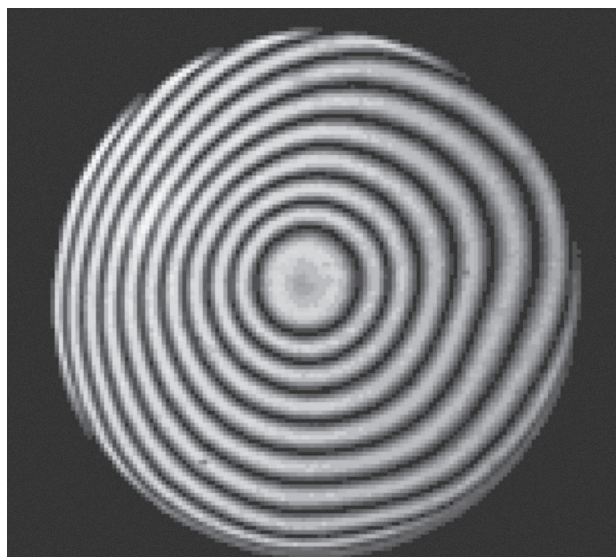
Синтез проводился в соответствии с уравнением [3]



Образование промежуточного продукта подтверждается данными инфракрасной спектроскопии. В гидроксидах катионы магния и алюминия находятся в октаэдрическом кислородном окружении. В образующемся рентгеноаморфном соединении $\text{Mg(OH)}_2 \cdot 2\text{Al(OH)}_3$ основная масса катионов тоже находится в октаэдрическом кислородном окружении (полоса поглощения 600 см^{-1}), но небольшая часть катионов металла при этом уже переходит в тетраэдрическое кислородное окружение (поглощение в области $700\text{--}1000 \text{ см}^{-1}$). Во время термической обработки двойного гидроксида при температуре $750 \text{ }^\circ\text{C}$ образуется MgAl_2O_4 , которая представляет собой прямую шпинель, где все катионы двухвалентного металла находятся в тетраэдрическом, а катионы трехвалентного металла – в октаэдрическом кислородном окружении.

Полученная указанным способом шпинель была испытана в качестве полирующего средства для полировки оптических деталей из стекла. После полировки на интерферометре INTELIUM проверялось качество поверхности деталей. Результаты представлены на рисунке. Данной интерферограммой подтверждается съем материала (яма 15 колец). Чистота поверхности соответствует 4 классу ГОСТ 11141-84.

Таким образом, в результате выполненных исследований разработан механохимический метод получения наноразмерного порошка шпинели, изготовлена опытная его партия



Интерферограмма поверхности оптической детали после полирования шпинелью в течение 4 часов.

и проведено испытание по применению его в качестве полирующего средства для стекла. Опытные образцы полирующих составов дали удовлетворительные результаты. Готовится массовое производство шпинели с улучшенными характеристиками, что позволит заменить дорогостоящие импортные составы на более дешевые из отечественного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-оптика / Под ред. Кузнецова С.М., Окатова М.А. Л.: Машиностроение, ЛО, 1983. С. 211–214.
2. Аввакумов Е.Г., Каракчиев Л.Г., Гусев А.А. Мягкий механохимический синтез как метод получения нанодисперсных частиц оксидных материалов // *Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий* / Под ред. Аввакумова Е.Г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. С. 148–173.
3. Каракчиев Л.Г., Аввакумов Е.Г., Винокурова О.Б., Гусев А.А. Шпинелеобразование при термической обработке механически обработанных смесей брусита и гидроаргиллита // *Журнал неорганической химии*. 2005. Т. 50. № 10. С. 1612–1616.