

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РОСТОВОЙ СИСТЕМЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ

Игнатенко О.В.¹, Коновалова А.В.¹, Комар В.А.¹, Леончик С.В.¹, Шемпель Н.А.¹,
Алексеев Ю.², Фронтасьева М.В.², Швецов В.Н.², А. Ене³, А. Cantaragiu³

¹ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», г. Минск, Беларусь

²Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Россия

³«Dunarea de Jos» University of Galati, Galati, Romania

KonovalovaAlex@gmail.com

Аннотация

Синтезированы порошки алмаза в различных ростовых системах. С помощью сканирующего электронного микроскопа показано, что система Fe-Ni-C позволяет выращивать более крупные порошки алмаза, зерна которых в основном имеют правильную форму и высокие прочностные характеристики. Проведено исследование примесного состава синтезированных порошков методом нейтронно-активационного анализа. Показано, что алмазы, выращенные в системе Fe-Ni-C, имеют меньшее количество технологических примесей, что говорит о меньшей скорости роста кристаллов.

Введение

В настоящее время алмазные порошки с различными характеристиками широко применяются при изготовлении абразивного инструмента. Размер и форма зерен синтетических порошков алмаза, а также его прочностные характеристики во многом зависят от состава ростовой системы. Синтез алмазов может осуществляться в присутствии различных по составу металлических расплавов, однако установлена закономерность: в состав металлического расплава должны входить один или несколько элементов, являющихся катализаторами процесса [1]. Наиболее часто для этой цели используются Ni, Fe, Mn и Co. Применение катализаторов позволяет снизить давление синтеза алмаза до 5–6 ГПа.

Методика эксперимента

Синтез алмаза осуществлялся при давлении 5 ГПа (с учетом термического прироста давления, равного ~ 0.8 ГПа) и температурах 1400 – 1830 °С в твердосплавных камерах высокого давления типа «наковальня с лункой» в контейнерах из литографского камня. После генерирования давления и температуры в реакционной ячейке происходит плавление металла-катализатора. В образующемся расплаве растворяется графит. При определенных условиях происходит локальное пересыщение расплава углеродом. На границе контакта расплава с нерастворенным графитом наблюдается недостаток углерода в расплаве, происходит его дальнейшее растворение. В глубине расплавленной области происходит пересыщение углеродом и формирование новой твердой фазы с кубической структурой, синтетического алмаза. В зависимости от условий кристаллизации новая фаза может, как образовываться, так и со временем растворяться в катализаторе. Одним из данных условий является химическая природа металла катализатора.

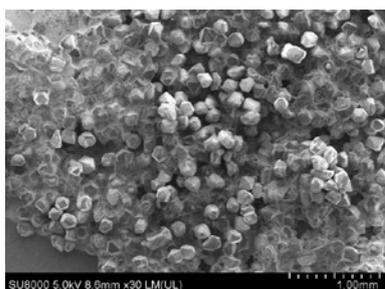
При заданных параметрах синтеза проводили по 25 идентичных опытов. Полученный порошок алмаза извлекался из продуктов синтеза последовательным травлением в смеси щелочей и кислот.

Анализ синтезированных порошков алмаза проводился с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) HitachiSU8000 в Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского.

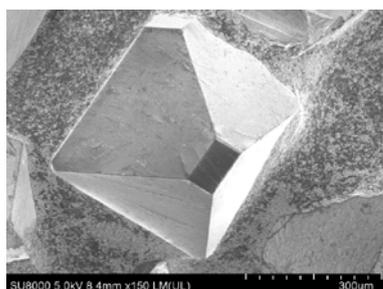
Показатель прочности порошков синтетического алмаза определялся по величине статической нагрузки, вызывающей разрушение алмазного зерна, помещенного между двумя параллельными пластинами из твердого сплава марки ВК6.

Результаты и их обсуждение

На рис.1 представлены полученные при различном увеличении электронно-микроскопические снимки порошков алмаза, которые были синтезированы в системе Fe-Ni-C. На каждом снимке в правом нижнем углу приведен масштаб, а в левом нижнем углу указана информация об использовавшемся детекторе. Синтезированные в железоникелевой системе роста алмазы в основном представлены хорошо ограненными целыми кристаллами (рис. 1), размер которых достигал 500 мкм. Максимальная прочностная характеристика данных порошков соответствовала марке AC100 (высокопрочный алмаз), где цифровой индекс соответствует среднеарифметическому значению показателей нагрузки при сжатии единичных зерен всех зернистостей данной марки, выраженному в ньютонах.



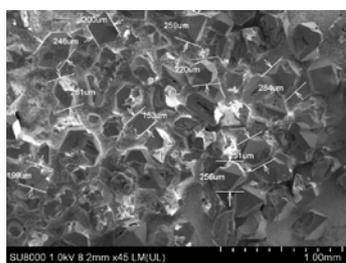
а) увеличение в 30 раз



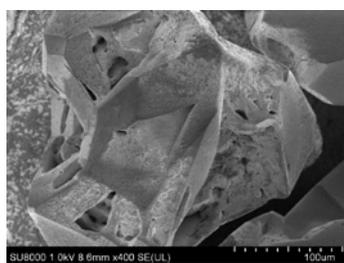
б) увеличение в 150 раз

Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки синтезированного в системе Fe-Ni-C порошка алмаза

На рис. 2 изображены полученные при различном увеличении электронно-микроскопические снимки порошков алмаза, синтезированных в системе Mn-Ni-C, размер отдельных зерен которых составил 250/200 мкм. Данные порошки представлены целыми кристаллами (рис. 2а), их обломками (рис. 2б). Максимальная прочностная характеристика алмазов соответствовала марке AC15 (среднепрочный алмаз).



а) увеличение в 45 раз



б) увеличение в 400 раз

Рис.2. Электронно-микроскопические снимки синтезированного в системе Mn-Ni-C порошка алмаза

На основании данных, полученных методом нейтронно-активационного анализа, были построены гистограммы распределения технологических примесей для порошков алмаза, синтезированных в различных системах роста (рис. 3).

Как видно из гистограммы, для системы Fe-Ni-C характерны гораздо более низкие концентрации Al и Mn в порошках алмаза различной зернистости. Вероятно, это связано с тем, что железоникелевая система обеспечивает более низкие скорости роста кристаллов, что уменьшает вероятность захвата технологических примесей растущим алмазом из расплава. На это также указывает более правильная форма алмазов, синтезированных в системе Fe-Ni-C.

Из приведенных данных следует, что, несмотря на общий характер механизма образования алмаза (спонтанная кристаллизация из расплава катализатора), формирование новой фазы в присутствии различных катализаторов происходит с определенными особенностями. Это неминуемо отражается на свойствах синтезированных порошков алмаза. Прежде всего, следует отметить, что при прочих равных условиях кристаллизации, ростовая система Fe-Ni-C позволяет получать более крупные хорошо ограненные алмазы. Кристаллы правильной формы более равномерно распределяют нагрузку, что значительно улучшает его прочностные характеристики.

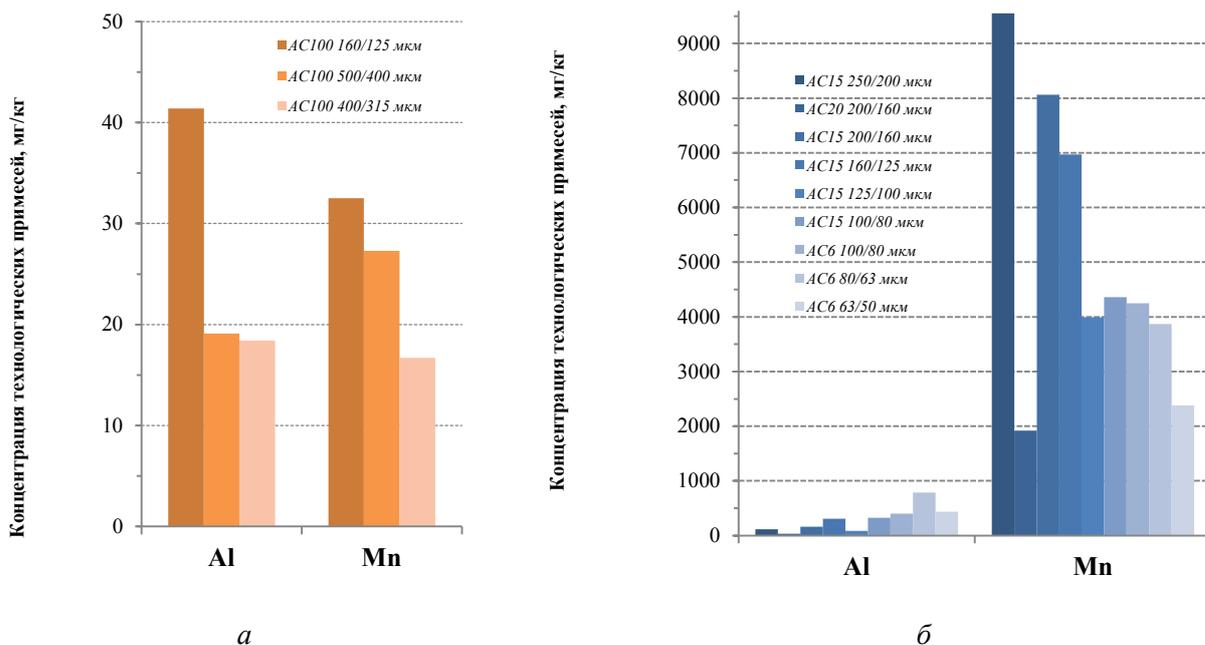


Рис. 3. Гистограммы распределения технологических примесей (Al и Mn) для порошков алмаза, синтезированных в системе Fe–Ni–C (а) и системе Mn–Ni–C (б)

Заклучение

Синтез в системе Fe–Ni–C позволяет получать порошки алмаза с размером зерен до 500 мкм. Порошок в основном представлен хорошо огранными целыми алмазами, обладающими высокой прочностью.

Синтезированные в Mn–Ni–C ростовой системе порошки алмаза представлены в основном среднепрочными сростками и осколками алмаза, а размер зерен колеблется от 200 до 250 мкм.

Согласно данным нейтронно-активационного анализа, ростовая система Fe–Ni–C позволяет синтезировать порошки алмаза с меньшим содержанием технологических примесей, что вероятно связано с меньшей, по сравнению с системой Mn–Ni–C, скоростью роста кристаллов.

Таким образом, система Fe–Ni–C потенциально перспективна в качестве базовой для разработки технологий получения высокопрочных алмазных порошков, в то время как система Mn–Ni–C является перспективной в качестве базовой для разработки технологий получения среднепрочных алмазных порошков.

Список литературы

1. Чепуров А.И., Федоров И.И., Сонин В.М. Экспериментальное моделирование процессов алмазообразования // СО РАН. Объединенный ин-т геологии, геофизики и минералогии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. С. 196.