

автоматизации, цифровых технологий и гибридных решений потенциал ЭЭО продолжает расширяться.

Литература

1. Золотых Б.Н., Мельдер Р.Р. Физические основы электроэрозионной обработки. – М.: Машиностроение, 1977. – 43 с.
2. Кабалдин Ю.Г., Сариллов М.Ю., Биленко С.В. Повышение устойчивости процесса электроэрозионной обработки и качества обработанных поверхностей на основе подходов искусственного интеллекта. – Комсомольск-наАмуре: КНАГТУ, 2007. – 191 с.
3. Каблов, Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 г. // *Авиационные материалы и технологии*. 2012. №5. С. 7-17.
4. Серебrenицкий, П.П. Современные электроэрозионные технологии и оборудование: учебное пособие. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2007. 228 с.

УДК 621.762.3

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ

Магистрант Мельник Юлия Андреевна

Научный руководитель – к.т.н., доцент Парницкий А.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Алмазные материалы имеют широкое применение в различных отраслях промышленности, включая обработку материалов, электронику, медицину и строительство. Алмазные порошки и композиционные алмазные материалы играют ключевую роль в создании высокопрочных и износостойких изделий.

На рисунке 1 представлена круговая диаграмма распределения потребления объема алмазов.



Рисунок 1 - Круговая диаграмма распределения потребления объема алмазов

Крупнокристаллические сверхтвердые материалы (СТМ) на основе алмаза и сфалерита получают в условиях каталитического синтеза; мелкокристаллические, представленные всеми фазами высокого давления, – в условиях прямых переходов.

Для каталитического синтеза характерны диффузионные процессы, поскольку они осуществляются обычно в присутствии жидкой фазы (катализатора) вблизи линии равновесия при высоких температурах.

В Республике Беларусь в НПЦ НАН Беларуси по материаловедению и ОИМ НАН Беларуси проводятся экспериментальные работы по использованию в качестве катализатора синтеза алмаза и кубического нитрида бора (КНБ) наноалмазов детонационного синтеза.

Наноалмазы представляют собой одну из наиболее химически активных из известных форм углерода с высокоактивным состоянием поверхности.

Использование наноалмазов позволяет синтезировать в условиях высоких давлений и температур порошки алмаза и КНБ субмикронных и микронных размеров, причем в отличие от синтеза с использованием фуллеренов в шихту не добавляются металлы-катализаторы, что повышает качество получаемых частиц, прежде всего термостойкость. Другое преимущество нанокатализатора на основе наночастиц алмаза – более низкая температура образования плотных модификаций углерода и нитрида бора по сравнению с теми условиями образования алмаза и КНБ, которые наблюдаются при использовании традиционных катализаторов.

Кремний традиционно используется как активирующая спекание алмаза добавка:

- он обладает хорошей жидкотекучестью;

- в расплавленном состоянии интенсивно реагирует с углеродом с образованием тугоплавкого карбида, обладающего низким коэффициентом термического расширения и высокой твердостью.

Введение добавок кремния в шихту на основе порошков алмаза приводит к формированию карбида кремния в системе углерод-кремний при термобарической обработке, что будет способствовать спекаемости зерен сверхтвердых материалов при более низких давлениях.

На рисунке 2 показан внешний вид алмазного порошка АСМ 14/10 после процесса модифицирования кремнием (силицирования). Кремний на поверхности алмазных зерен адсорбируется в виде частиц каплевидной формы размерами 100–200 нм, которые в процессе роста объединяются в сплошную пленку, частично либо полностью покрывающую алмаз (рисунок 5.2 А, Б). Кроме того, кремний в шихте образует отдельные дендритные агломераты размерами до 5 мкм, которые состоят из частиц размером 200–800 нм.

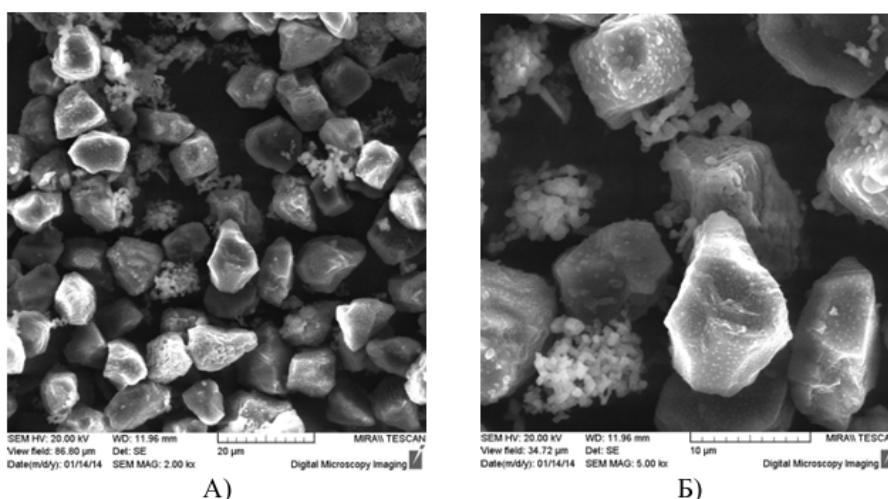


Рисунок 2 – Внешний вид алмазных зерен АСМ 14/10 после силицирования: А) частицы алмаза с дендритными агломератами кремния; Б) частицы кремния каплевидной формы на поверхности алмаза

Титан, как карбидообразующий элемент, обычно применяют в процессе создания композитов и поликристаллов с содержанием алмазов. Это способствует более эффективному удержанию алмазов в матрице и улучшает способность материала к компактированию.

Модифицирование микропорошков алмаза титаном позволяет проводить их термобарическое спекание при более низком давлении без графитизации алмаза. Это позволяет предположить, что наряду с высокодисперсной структурой материала возможно использование данного материала в лезвийном инструменте для обработки твердых сплавов, керамики, других труднообрабатываемых материалов.

Титан на поверхность алмаза АСМ осаждаются в виде частиц округлой и продолговатой формы со скругленными гранями; их размер, в основном, находится в пределах 100–600 нм (рисунок 3 А, Б). На некоторой части алмазных зерен покрытие сформировано в виде «шубы», практически полностью покрывающей поверхность алмаза.

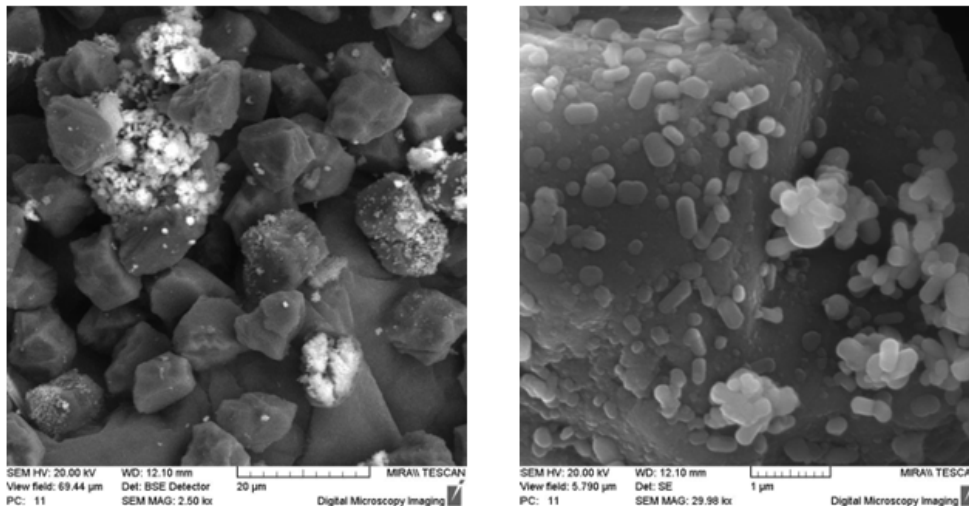


Рисунок 3 – Внешний вид алмазных зерен АСМ 14/10 после модифицирования титаном

В работе проводилось изучение морфологии поверхности микропорошков алмазов различного происхождения после модифицирования их поверхности карбидообразующими элементами методом химико-термического осаждения и исследование структурно-фазовое состояние данного материала после термобарического спекания.

Спекание алмазного порошка АСМ 14/10 (Si) проводили при давлении 5,5 ГПа. В ходе исследования морфологии поверхности излома спеченных в оптимальных условиях алмазных поликристаллов инородных включений и локальных скоплений связки не обнаружено.

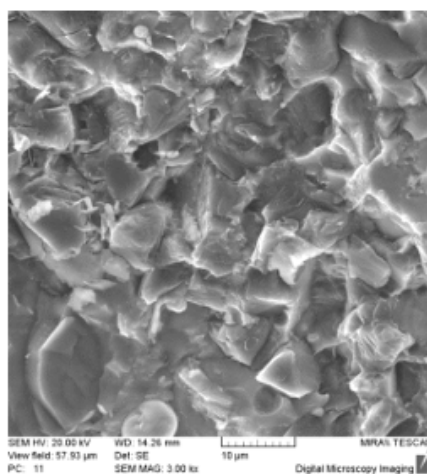


Рисунок 4 – Морфология композита алмаз АСМ (Si) после спекания (режим спекания: P=5,5 Гпа, T=1800 °С, t=15 с)

Микропорошки алмаза АСМ 14/10 (Ti) спекали под давлением порядка 5,0 ГПа, температура спекания – 1900 оС. Продолжительность спекания для обоих составов была равна – 15 с. На рисунке 5 представлена микроструктура изломов полученных поликристаллов.

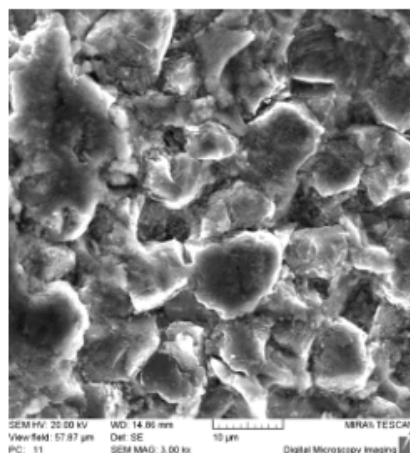


Рисунок 5 – Микроструктура спеченных алмазных поликристаллов на основе модифицированных титаном алмазного порошка АСМ (Ti)

Измерения плотности спеченных образцов из микропорошков алмаза, модифицированных кремнием и титаном показали, что в зависимости от температуры спекания плотность спеков изменяется в пределах от 3,33 до 3,39 г/см³.

При этом наилучшей уплотняемостью характеризуется спеченный композит из порошка АСМ 14/10 (Si).

Также следует отметить, что для всех составов максимальные значения плотности композитов получены для случаев температуры спекания в диапазоне 1900–2100 °С, причем положение максимума смещается в область более высоких температур по мере повышения температуры плавления модификатора.

Высокая пористость для наиболее крупного и наиболее мелкого алмазного порошка обусловлена, по всей видимости, относительно низким уровнем давления спекания ($P = 5,5$ ГПа), не обеспечивающим дробление крупного порошка и пластическую деформацию наиболее мелкого.

При этом, продолжительность спекания, также влияет на плотность полученного материала АСМ (Si). Увеличение длительности изотермической выдержки и повышение температуры спекания при данном давлении с целью

полного связывания кремния в карбид приводит к графитизации алмаза и снижению плотности материала.

Термобарическое спекание микропорошков алмаза и последующие исследования плотности компактов, полученных в выбранном диапазоне режимов спекания, показали, что максимальной плотностью обладают компакты состава шихты АСМ 14/10 (Si), которые были получены при температуре 1900–2000 °С и давлении 5,5 ГПа.

Исследования по модификации алмазных порошков имеют большое значение для разработки новых материалов с улучшенными свойствами и расширения области их применения. Такие материалы могут быть использованы в производстве новых типов абразивных инструментов, теплоотводящих элементов для электроники, композитных материалов для промышленности и многих других областях. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к созданию инновационных материалов, способных решить множество технических проблем в различных отраслях промышленности.

Литература

1. Шульженко, А.А., Клименко, С. А. (1999), Поликристаллические сверхтвердые материалы в режущем инструменте, Инструментальный свет, 1999, № 4, Ч. 1, С. 14–16.
2. Чухаева, С.И., Детков, П.Я., Ткаченко, А.П., Торопов, А.Д. (1998), Физико-химические свойства фракций, выделенных из ультрадисперсных алмазов, Сверхтвердые материалы, 1998, № 4, С. 29–36.
3. Кулакова, И.И. (2004), Химия поверхности наноалмазов, ФТТ, 2004, Т. 46, № 4, С. 621–628.
4. Осовецкий, Б.М., Наумова, О.Б. (2014), Микрои наноформы поверхности импактных алмазов, Вестник Пермского университета, 2014, № 2, С. 8–18.