

ных минеральными наполнителями, с регулируемыми показателями прочностных, адгезионных и триботехнических характеристик.

Литература

1. Износостойкие композиты на основе реакткластов / П.В. Сысоев [и др.]. – Минск : Наука и техника, 1987. – 192 с.
2. Черниц, И.З. Эпоксидные полимеры и композиты / И.З. Черниц, Ф.М. Сметов, Ю.В. Жердев. – М. : Химия, 1982. – 318 с.
3. Полимер-силикатные машиностроительные материалы : физико-химия, технология, применение / С. В. Авдейчик [и др.]. – Минск: Тэхналогія, 2007. – 431 с.
4. Коляго, Г.Г. Материалы на основе ненасыщенных полиэфиров / Г.Г. Коляго, В.А. Струк. – Минск: Навука і тэхніка, 1991. – 143 с.

УДК 621.762.8

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ПОЛУЧЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ПСТМ ИЗ НАНО- И СУБМИКРОПОРОШКОВ АЛМАЗА И КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

В.Т. Сеньюць, В.М. Кучинский, И.В. Валькович, Е.И. Мосунов
ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», Минск

Введение. На современном этапе промышленного развития основной тенденцией технического прогресса является технологическое совершенствование производства, которое направлено на обеспечение высоких эксплуатационных характеристик изделий и снижение трудоемкости их получения. В таких условиях резко возрастает потребность в новых, более эффективных материалах на основе алмаза и кубического нитрида бора (КНБ) для изготовления лезвийного инструмента [1].

Существующие в настоящее время поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ) получают спеканием порошков алмаза и КНБ с размером зерна от нескольких единиц до нескольких десятков и сотен микрометров, что во многих случаях не позволяет достичь высокой точности обработки деталей машин и механизмов. Поэтому важной проблемой в инструментальном производстве является создание сверхтвердых материалов (СТМ) с наноструктурой. Для решения данной задачи в качестве исходного материала могут использоваться наноалмазы с размером зерна 4 –

10 нм, а также микро- и субмикропорошки алмаза и КНБ с высокодисперсной (нано-) структурой.

Из-за затруднений при прессовании и опасности собирательной рекристаллизации высокодисперсных порошков алмаза и КНБ, обусловленных спецификой их поверхности и структуры частиц, необходим поиск новых технологических решений, которые позволили бы повысить качество получаемого материала. Применение методов прессования и спекания крупнозернистых порошковых материалов для получения наноструктурной сверхтвердой керамики оказалось малоэффективным [2].

Как известно [3], присутствие тех или иных примесей существенно влияет на поведение алмазов в процессе их спекания, флотации, седиментации и т.д. Изменяя качественный и количественный состав примесей, можно управлять свойствами алмазов. В случае высокодисперсных СТМ, особенно наноалмазов, где доля поверхностных атомов выше, чем у других синтетических алмазов и КНБ [4], влияние примесей на физико-химические свойства порошков СТМ выражены в большей степени. Следует ожидать, что целенаправленное химическое модифицирование поверхности нано- и субмикронных порошков алмаза и КНБ будет оказывать подавляющее влияние на процессы их консолидации в условиях высоких давлений и температур, что позволит получать наноструктурные инструментальные материалы, пригодные для практического использования.

Материалы и методы исследований. В работе использовались порошки наноалмазов промышленной и глубокой очистки от примесей и неалмазных форм углерода, а также алмазосодержащая шихта детонационного синтеза производства ЗАО «Синта» (г. Минск). Кроме того, для спекания применялись также субмикропорошки алмазов и КНБ каталитического синтеза: алмазы зернистостью 1/0 и КНБ зернистостью 1/0 и 0,5/0,1. Указанные порошки были получены из порошков более крупных фракций путем их размола в планетарной мельнице.

Спекание осуществляли в аппарате высокого давления (АВД) «наковальня с лункой» в диапазоне давлений 2,5 – 7,7 ГПа. В качестве среды, передающей давление, служил контейнер из литографского камня, внутри которого помещался трубчатый графитовый нагреватель с исследуемым материалом. Для управления заданными параметрами спекания (длительность и мощность нагрева, а также усилие нагружения) использовался контроллер, разработанный на базе РС-совместимой промышленной рабочей станции со встроенным графическим LCD-дисплеем и клавиатурой.

Рентгеновские исследования порошков выполнены на дифрактометре фирмы «Bruker» D8 ADVANCE в Cu-K_α излучении в автоматическом режиме съемки. Фазовый и полуколичественный анализ дифрактограмм выполнен в программном обеспечении «EVA» в объеме картотеки PDF-2 (Powder Diffraction File) International Centre for Diffraction Data. Определение периода кристаллической решетки, размеров кристаллитов, каждой структурной составляющей порошков выполнено в программном обеспечении Diffrac «TOPAS».

Результаты и обсуждение. В исследованиях проводили модифицирование наноалмазов из газовой фазы путем отжига в защитной или восстановительной атмосфере, а также из газовой фазы путем их химико-термической обработки (ХТО), которая заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя частиц порошка различными элементами [5]. Так, с помощью процесса ХТО осуществляли модифицирование порошков наноалмазов карбидообразующими элементами – кремнием, бором и титаном.

Модифицирование указанными элементами позволило повысить температуру спекания и время выдержки в условиях высоких температур без признаков графитизации алмаза, что, в свою очередь, обеспечило образование карбидов, зафиксированных с помощью рентгеноструктурного анализа. При данных условиях спекания также не было отмечено значительной рекристаллизации алмаза. В результате были получены поликристаллы с плотностью до $3,2 \text{ г/см}^3$ и микротвердостью до 40 ГПа (рис. 1).

Более высокой микротвердостью обладают поликристаллы, полученные на основе композиционного порошка наноалмаз – нанографит [6]. Термобарическое спекание таких порошков позволяет получить алмазные ПСТМ без использования связующих и металлов-катализаторов за счет фазового превращения графита в алмаз.

Другой путь улучшения качества и физических характери-

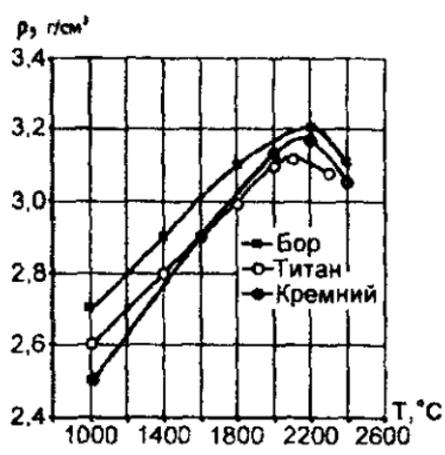


Рис. 1. Зависимость плотности ПСТМ из модифицированных наноалмазов от температуры спекания при давлении 7 ГПа

стик поликристаллов – использование алмазных частиц, модифицированных CH_4 , NH_3 , H_2 путем отжига в соответствующих газах в диапазоне температур 700 – 1000 °С. Использование порошков с гидрофобной поверхностью сдерживает процесс графитизации алмаза, позволяет увеличить температуру спекания, улучшить структуру и повысить свойства материала.

Наряду с порошками наноалмазов осуществляли модифицирование и спекание под давлением субмикрпорошков алмаза и КНБ каталитического синтеза. Рентгеноструктурные исследования показали присутствие AlB_{12} , Al-O-N , AlN и AlO в ПСТМ на основе КНБ, модифицированных алюминием. Размер областей когерентного рассеяния (ОКР) в КНБ после спекания составил 50 нм. В алмазных поликристаллах, модифицированных титаном, было отмечено присутствие TiC и TiO_2 , а в образцах, модифицированных вольфрамом, – WC . Размер ОКР алмаза в ПСТМ составил 50 – 70 нм, размер ОКР в TiO_2 – 120 нм, в WC – 190 нм. Проводили испытания образцов ПСТМ на основе КНБ на режущие свойства при непрерывном точении без удара образца стали ХГВ твердостью 62 HRC₃ при следующих режимах: скорость резания – 155 – 170 м/мин, продольная подача – 0,06 – 0,075 мм/об, глубина резания – 0,2 мм, время точения – 1 мин. Величина площадки износа резца по задней поверхности составила 0,09 мм, а шероховатость обработанной поверхности Ra оказалась не хуже 0,4 мкм, что сопоставимо с качеством обработки резцами из композитов 01, 02 и 10.

Работа выполнена в рамках ГКПНИ «Механика», задание 1.22.

Литература

1. Шульженко, А.А. Поликристаллические сверхтвердые материалы в режущем инструменте. Ч. 1 / А.А.Шульженко, С.А.Клименко // Инструментальный свет. – 1999. – № 4 – 5. – С. 14 – 16.
2. Бочечка, А.А. Особенности строения нанодисперсных алмазных порошков и их консолидации при воздействии высоких давлений и температур (обзор) / А.А. Бочечка // Сверхтвердые материалы. – 2003. – № 5. – С. 3 – 10.
3. Исследования микропримесного состава ультрадисперсного алмаза / Т.М. Губаревич [и др.] // Сверхтвердые материалы. – 1991. – № 5. – С. 30 – 34.
4. Кулакова, И.И. Химия поверхности наноалмазов / И.И. Кулакова // ФТТ. – 2004. – Т. 46. – № 4. – С. 621 – 628.
5. Сенюць, В.Т. Получение сверхтвердых материалов инструментального назначения с использованием наноалмазов в условиях высоких давлений и температур : автореф. дисс. ... канд. техн. наук / В.Т. Сенюць. – Минск, 2006.
6. Витязь, П.А. Синтез и применение сверхтвердых материалов / П.А. Витязь, В.Д. Грицук, В.Т. Сенюць. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 359 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

А.С. Аршиков, А.А. Лысов

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

Введение. Важнейшими характеристиками алмазного инструмента, существенно влияющими на его долговечность, режущие свойства и размерную стойкость, являются производительность, удельный расход абразива, стойкость инструмента, шероховатость обрабатываемых поверхностей, эффективная мощность и др. [1].

Важным показателем, определяющим эффективность алмазного шлифования, является, как известно, удельный расход алмазов q ($\text{мг}/\text{см}^3$), который может характеризовать и обрабатываемость различных материалов. Однако он не учитывает такого существенного эксплуатационного свойства инструмента как стойкость, отражающего не только физическую, но и технико-экономическую сторону процесса. Отметим также, что применение нескольких, отдельно взятых критериев не всегда оправдывается, т.к. материал может иметь достаточно высокую обрабатываемость по одному из них и низкую -- по другому.

Возникает необходимость в разработке комплексного критерия обрабатываемости, учитывающего нескольких основных параметров, а также связанного с режимами обработки, что позволит учитывать специфические условия работы алмазного инструмента и выбирать оптимальные режимы его эксплуатации при шлифовании и резании труднообрабатываемых различных материалов.

Методы исследований. Установлена связь между стойкостью алмазного инструмента T_a (мин), отнесенная к линейному износу рабочего слоя круга, соответствующая одному карату израсходованных алмазов, производительностью шлифования A_v ($\text{см}^3/\text{мин}$) и удельным расходом алмазов q ($\text{мг}/\text{см}^3$), которая выражается зависимостью:

$$T_a = 200/A_v q. \quad (1)$$

Проблема достижения высокой стойкости инструмента в полной мере относится и к обрабатываемости. Поэтому стойкость T_a (мин/карат) может быть использована в качестве комплексного критерия обрабатываемости,