

**ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ
МОДИФИЦИРОВАННЫХ АЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРАВЯЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

Жорник В.И.^{1,2}, Сенють В.Т.¹, Парницкий А.М.¹, Шелег В.К.²

- 1) Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь
- 2) Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Современные тенденции в технологии обработки, направленные на ее интенсификацию процесса и повышение точности получаемых изделий, требуют применения новых инструментальных материалов для изготовления формообразующего, лезвийного и правящего инструмента, в частности, поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) на основе алмаза. При этом к инструментальному материалу предъявляются повышенные требования по широкому спектру свойств (твердость, теплопроводность, термостойкость, трещиностойкость). Получение беспористых поликристаллических материалов на основе микропорошка алмаза возможно при использовании высоких давлений (свыше 8 ГПа) и температур (свыше 2000 °С), что зачастую экономически неоправданно из-за высокой стоимости оснастки. Снижение технологических параметров термобарического спекания и формирование мелкодисперсной структуры спеченных композитов является важной научно-технической задачей. Управление процессами формирования структуры поликристаллов позволяет создавать материалы с заданным уровнем дисперсности структуры и требуемым сочетанием физико-механических свойств [1].

Целью данной работы являлась разработка метода получения PSTM на основе модифицированных карбидообразующими элементами микро- и нанопорошков алмаза, исследование их структурного состояния и свойств, а также апробация в правящем инструменте.

В качестве исходных материалов использовались микропорошок алмазов статического синтеза АСМ с размером частиц в диапазоне 10–14 мкм (ГОСТ 9206-80) и порошок наноалмазов детонационного синтеза (ультрадисперсный алмаз (УДА) с размером частиц 4–10 нм (ТУ РБ 28619110.001-95). Модифицирование поверхности алмазных порошков карбидообразующими элементами (кремний, бор) осуществлялось путем их высокотемпературного отжига в защитной атмосфере с осаждением активирующих добавок из газовой фазы в ходе газотранспортных реакций.

Поликристаллические сверхтвердые материалы на основе модифицированных микро- и нанопорошков алмаза получали методом термобарического спекания на гидравлическом прессе модели ДО-138Б в аппаратах высокого давления в следующем диапазоне технологических параметров: давление – 5–8 ГПа, температура – 1500–2200 °С, продолжительность спекания – 10–60 с.

Структурно-фазовое состояние ПКСТМ исследовалось методами рентгеноструктурного и дюрOMETрического анализов, а также методами атомно-силовой, сканирующей и оптической микроскопии. Оценка качества получаемых ПКСТМ осуществлялась на основе результатов определения по общепринятым методикам комплекса их свойств (плотность, микротвердость, трещиностойкость). Оценка работоспособности правящего алмазного инструмента (карандашей и игл) осуществлялась по стандартным методикам.

В процессе спекания под давлением осажденные на поверхности алмазных микро- и наночастиц кремний и бор взаимодействует с углеродом с образованием карбидов, которые являются высоко-твердыми тугоплавкими химическими соединениями и могут служить связующим для алмазного композита. Использование модифицированных порошков УДА позволяет добиться равномерного распределения образовавшихся тугоплавких карбидов в спеченном материале. Кроме того, вследствие своих каталитических свойств бор также, как и металлы-катализаторы, снижает P, T -условия фазового превращения графит-алмаз, но при этом термостойкость таких поликристаллов существенно выше.

Анализ данных по влиянию концентрации УДА(В) и режимов спекания (T, P, t) на свойства композита (твердость, трещиностойкость) показал, что наиболее высокий уровень оцениваемых характеристик отмечен у образцов, полученных при $T = 1900$ °С, $P = 6,5$ ГПа, $t = 15$ с, при концентрации порошка УДА(В) 20 масс.%. (твердость $HV = 62,0$ ГПа, коэффициент интенсивности напряжений $K_{Ic} = 9,2$ МПа·м^{1/2}).

На рисунке 1 представлена морфология поверхности ПСТМ на основе микропорошка АСМ 14/10 и состава АСМ 14/10(Si)+УДА(В) после термобарической обработки по режиму $T = 1900$ °С, $P = 6,5$ ГПа, $t = 15$ с. Из анализа приведенных структур можно заключить, что добавление УДА(В) к модифицированному кремнием микропорошку алмаза значительно влияет на формирование межзеренных приграничных областей спеченного материала, в то время как для композита без добавления УДА(В) характерно наличие четких межзеренных границ. Морфология поверхности композита, модифицированного порошком УДА(В), имеет более однородную и беспористую структуру с наличием плотных межзеренных границ. Помимо этого спеченный композиционный материал на основе шихты АСМ 14/10(Si) + УДА(В) характеризуется более высокой трещиностойкостью и твердостью (табл. 1).

Таблица 1. Свойства поликристаллического сверхтвердого материала на основе алмазных микропорошков

Состав шихты	Плотность ρ , г/см ³	Коэффициент трещиностойкости K_{Ic} , МПа·м ^{1/2}	Твердость HV , ГПа
Алмазный ПКСТМ без модифицирования и добавки УДА(В)			
АСМ 14/10(Si)	3,23	6,5	37
Алмазный ПКСТМ с модифицированием и добавкой УДА(В)			
АСМ 14/10(Si) + УДА(В)	3,44	9,2	62

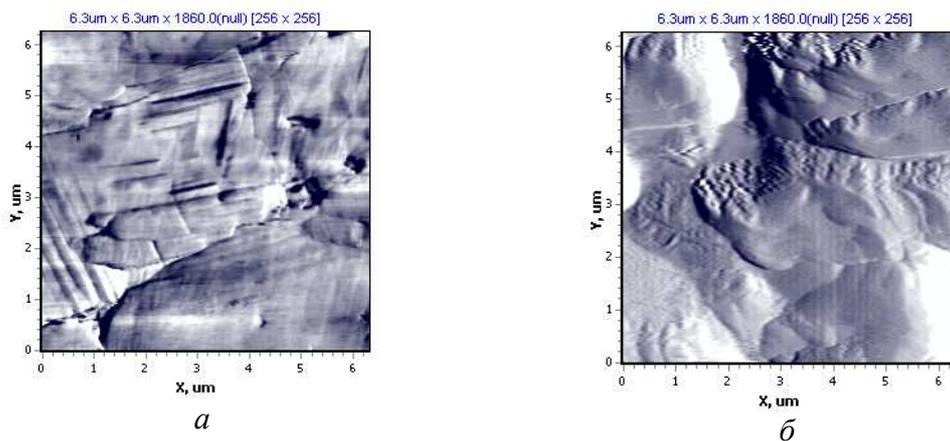


Рисунок 1 – Морфология поверхности ПСТМ различного состава:
 а) АСМ; б) АСМ(Si)+УДА(В) после термобарической обработки
 ($T = 1900\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 6,5\text{ ГПа}$, $t = 15\text{ с}$)

Предложены модельные представления процесса получения ПСТМ с повышенными физико-механическими свойствами на основе термобарического спекания композиции, содержащей предварительно модифицированные карбидообразующими элементами микро- и нанопорошки алмаза, которые отражают формирование в процессе спекания бимодальной структуры композита, включающей пространственный каркас из микроразмерных частиц алмаза, обеспечивающих прочностные характеристики и функциональные свойства композиционного материала на макроуровне, и упрочненную наноалмазными частицами карбидную сетку с высокой прочностью соединения на границе «микроалмаз – карбид», обуславливающую когезионную прочность спеченного композита на микроуровне. При термобарическом спекании происходит образование межзеренных связей в алмазе за счет пластической деформации материала, что проявляется, в частности, в повышении механических характеристик поликристаллов. Оптимизация процесса получения ПСТМ состава АСМ(Si)+УДА(В) по критериям рационального сочетания твердости и трещиностойкости спеченного композита ($HV = 58\text{--}60\text{ ГПа}$, $K_{IC} = 8,5\text{--}9,0\text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$) показала, что технологические параметры процесса термобарического спекания должны соответствовать следующим диапазонам: температура спекания $T = 1900\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, давление $P = 6,5\pm 0,25\text{ ГПа}$ при продолжительности спекания $t = 10\text{--}20\text{ с}$ и концентрации добавки порошка УДА $C_{УДА} = 20\pm 2,5\text{ масс.}\%$.

На основе модифицированных алмазных микро- и нанопорошков путем спекания в условиях высоких давлений и температур были получены поликристаллические блоки (компакты) для изготовления правящего инструмента (карандаши, иглы), который предназначен для правки шлифовальных кругов. Результаты испытаний показали, что экспериментальные образцы каждого из видов правящего инструмента, изготовленного с использованием ПСТМ с бимодальной структурой, по эксплуатационным показателям превышают предельный уровень, обусловленный требованиями соответствующих стандартов. Так, для правящих карандашей усредненное значение удельной производительности составило $38,5\text{ см}^3/\text{мг}$ (по ГОСТ 607-80 должно быть не менее $34,0\text{ см}^3/\text{мг}$), а

для правящих алмазных игл усредненный расход алмаза на 1000 правок при длине правки 16 мм составил 41,0 мг (по ГОСТ 17564-85 – не более 43,6 мг).

Таким образом, показано, что введение в состав исходной шихты, содержащей частицы микропорошков алмаза, добавки в виде нанопорошков алмаза, а также модифицирование микро- и нанопорошков алмаза карбидообразующими элементами (кремний, бор), позволяют снизить технологические режимы спекания (температура, давление, продолжительность) и сформировать бимодальную структуру ПСТМ с повышенными физико-механическими характеристиками (твердость, трещиностойкость). Одной из рациональных областей применения разработанных ПСТМ с бимодальной структурой является инструмент для правки абразивных кругов (карандаши, иглы).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Получение, свойства и применение порошков алмаза и кубического нитрида бора / Под ред. П.А. Витязя. – Минск, Беларуская навука, 2003.– 335 с.

УДК 621.893

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОАЛМАЗОВ В МАСЛЕ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРИБОПАРЫ

Дудан А.В., Гуца А.А.

Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Республика Беларусь

Введение. Возможности традиционных способов повышения работоспособности и срока службы узлов трения, включающие использование минеральных, растительных, животных и синтетических смазок, их очистку фильтрующими системами и охлаждение уже исчерпаны [1].

В настоящее время одним из наиболее оптимальных и экономически целесообразных способов решения данной проблемы является применение смазочных материалов, содержащих наноразмерные добавки [2].

Цель работы: исследование влияния концентрации наноразмерных компонентов в масле и режимов работы трибопары на степень износа поверхностей трения.

Основная часть. В качестве основного масла использовалось базовое масло И20 (минеральное масло индустриального типа с кинематической вязкостью при 40°C - 29-35 мм²/с). Остальные виды масел получались добавлением нанокмпозитов в состав масла И20 в количестве от 0,09% – 0,9%.

Исследования проводились по схеме трения «палец-диск». Индентор изготовлен из стали ШХ – 15 в форме стержня Ø 3 x 15 мм, материал находился в отожжённом состоянии (режим термообработки: закалка – отжиг при температуре 700 – 720 °С; твердость образцов 25 – 27 HRC). В качестве контртела выбран диск Ø 70 x 6 мм из закаленной стали ШХ – 15 (твердость 57 – 61 HRC).