

соответственно, повышенными механическими и триботехническими свойствами [2].

Анализ результатов проведенных испытаний показал целесообразность применения материала связки из наноструктурированного механокомпозита на основе меди для изготовления правящего инструмента, предназначенного для операций правки шлифовальных кругов с твердостью связки СМ1, СМ2 и зернистостью 16–40. Применение материала связки из наноструктурированного механокомпозита на основе железа может быть рекомендовано для изготовления правящего инструмента, предназначенного для операций правки шлифовальных кругов с твердостью связки СТ1, СТ2 и зернистостью 25–40.

1) Модифицирование материалов и покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками / П.А. Витязь [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 527 с.

2) Витязь П.А., Жорник В.И., Ковалева С.А., Григорьева Т.Ф. Получение композиционных порошков с металлической матрицей методом механохимического синтеза: Порошковая металлургия в Беларуси: вызовы времени: сб. науч. ст. / НАН Беларуси, ГНПО порошковой металлургии; редкол.: А.Ф. Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2017. – С. 414–458.

**УДК 621.762:621.921.34**

## **АЛМАЗНЫЙ СВЕРХТВЕРДЫЙ МАТЕРИАЛ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПОЛУЧЕННЫЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЙ И ТЕМПЕРАТУР С ДОБАВКАМИ УДА**

**Жорник В.И., Сенють В.Т., Парницкий А.М., Валькович И.В.**

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь.

Физико-механические свойства композиционных материалов на основе алмазных порошков существенным образом зависят от фазового состава, дисперсности и особенностей взаимодействия компонентов шихты. Как правило, спекание таких материалов проводят при высоких давлениях в области термодинамической стабильности алмаза. В качестве эффективной связки при спекании алмазных поликристаллов могут выступать карбидообразующие элементы в чистом состоянии или в составе сплава или химического соединения. Наличие в сверхтвердой матрице наноструктурных тугоплавких карбидов, боридов, нитридов и др. позволяет повысить пластичность композита, затормозить процессы рекристаллизации и обратного фазового превращения алмаз – графит [1].

В настоящей работе представлены результаты получения поликристаллического композиционного сверхтвердого материала на основе

модифицированных карбидообразующими элементами микро- и нанопорошков алмаза. В качестве исходных материалов использовались порошок УДА производства НП ЗАО «Синта» (г. Минск) с размером частиц 4–10 нм (ТУ РБ 28619110.001-95), модифицированный бором [2], микропорошок алмазов статического синтеза АСМ 14/10 производства ЗАИ ПО «Кристалл» (г. Гомель) с размером частиц в диапазоне 0,5–20 мкм (ГОСТ 9206-80), модифицированный кремнием.

Процесс получения поликристаллического композиционного сверхтвёрдого материала состоит из двух этапов. На первом этапе проводили модифицирование поверхности алмазных порошков различных типов в герметичном контейнере под плавким затвором в восстановительной атмосфере диссаммиака, содержащей хлориды соответствующих соединений, в температурном интервале 800–950 °С при изотермической выдержке в течение 1–4 ч. На втором этапе проводили термобарическую обработку шихты в аппарате высокого давления (АВД) типа «наковальня с лункой» с целью получения композиционного материала с наноструктурной связкой на основе карбидообразующих элементов. Режим обработки в диапазоне: давление 5,5–7,5 ГПа, температура 1650–1950 °С.

В процессе модифицирования микропорошков алмаза кремнием последний адсорбируется на поверхности алмазных зерен в виде частиц каплевидной формы размерами 100–200 нм, которые в процессе роста объединяются в пленку, частично либо полностью покрывающую алмаз (рисунок 1, а). Исследования образцов композитов, полученных термобарическим спеканием, методами сканирующей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа показали, что они имеют мелкозернистую структуру, на границах микрочерен алмаза присутствуют частицы УДА(В) (рисунок 1, б), которые располагаются в карбидной сетке.

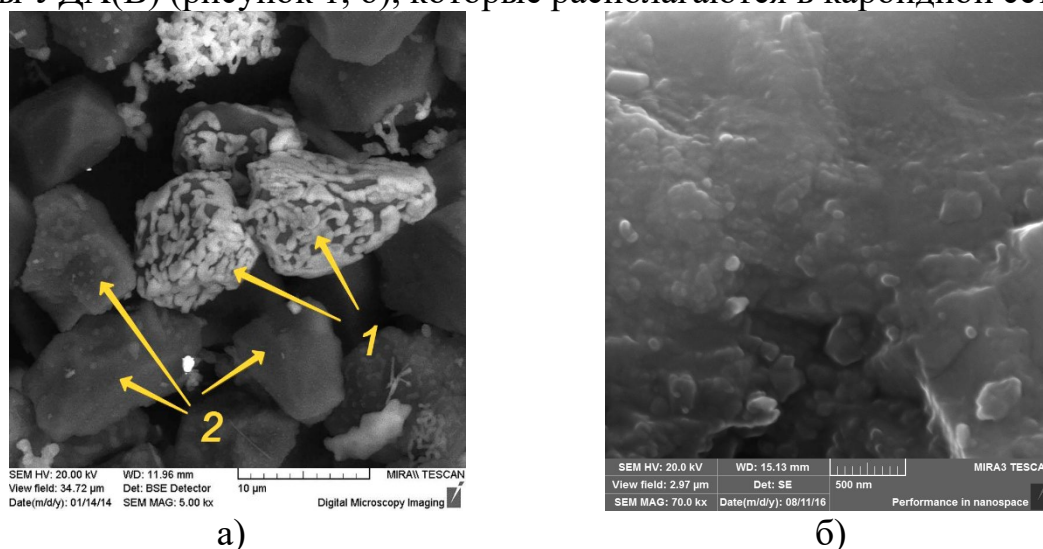


Рисунок 1 – а) внешний вид алмазных зерен АСМ 14/10 после модифицирования кремнием: 1 – зерна, покрытые кремнием; 2 – зерна без кремниевого покрытия;

б) морфология поверхности ПКСТМ АСМ 14/10(Si)+УДА(В) после термобарической обработки (режим обработки:  $T = 1900^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 6,5 \text{ ГПа}$ ,  $t = 20 \text{ с}$ )

На основе проведенных экспериментальных исследований и анализа полученных результатов были сделаны следующие выводы:

1. Установлено, что давление выше 6,5 ГПа активирует процесс спекания порошка за счет пластической деформации алмазных микрочастиц, высокая температура увеличивает степень его пластической деформации, а карбидообразующие элементы позволяют снизить параметры Р,Т-обработки. При этом образование прямых межзеренных связей происходит при взаимодействии друг с другом пластически деформированных зерен микропорошка АСМ(Si).

2. Порошок УДА(В) служит активатором спекания алмазного микропорошка, улучшает физико-механические свойства композиционного материала за счет более прочного связывания зерен алмазного микропорошка.

1. Ковалевский, В.Н. Структурообразование карбидокремниевой матрицы в композиции алмаз – карбид кремния / В. Н. Ковалевский, С. К. Гордеев, С. Б. Корчагина, И. В. Фомихина, А. Е. Жук // Огнеупоры и техническая керамика. – 2005. – № 5 – С. 8–14.
2. Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / П.А. Витязь [и др.] – Минск: Беларус. навука, 2013. – 381 с.

**УДК 621.002**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЁН ЧЕРВЯЧНЫМИ ФРЕЗАМИ, ИСХОДЯ ИЗ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ШЕСТЕРЁН**

**Кане М.М., Шелег В.К., Кравчук М.А., Кот П.И.**  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

Как показано в работах [1, 2 и др.] режимы зубофрезерования цилиндрических шестерён червячными фрезами влияют на основные показатели качества шестерён. На всех последующих операциях упрочнения и отделки шестерён имеет место закономерное изменение этих показателей [3]. Таким образом, управляя режимами зубофрезерования шестерён, можно обеспечить качество готовых шестерён. В современных справочных изданиях [4 и др.] отсутствуют данные, позволяющие назначить режимы зубофрезерования с учётом конкретных требований к параметрам качества шестерён. Нами предложена методика решения данной задачи.

Задача комплексной оптимизации режимов резания заключается в определении таких их значений, которые обеспечили бы максимальную эффективность в том или ином смысле процесса резания в заданных