

4. Оснащение буровых коронок алмазами с высоким коэффициентом однородности по прочности и линейным размерам позволяет значительно повысить работоспособность алмазного породоразрушающего инструмента при бурении крепких горных пород.

Литература

1. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении. Монография / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Загора и др. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
2. Ильницькая Г.Д., Богатырева Г. П., Невструев Г.Ф. Получение высококачественных алмазных шлифпорошков // Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ НАН Украины, 2005. – С. 63-71.
3. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен.// В. Новіков, Г. П. Богатирьова, Г. Д. Ильницька, Г. Ф. Невструев Пат. 25515 України, МПК В03С 7/00, В03С 1/00 № 200703803; Заявлено 05.04.2007; Опубл. 10.08.2007. Бюл. № 12.
4. Патент 69947 А Україна, МКИ В03С7/00, В03С1/00. Спосіб одержання шліфпорошків вузької зернистості / Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницька – Опубл.15.09.2004. Бюл. № 9.
5. Патент 69949 А Україна, МКИ В03С7/00. Спосіб одержання абразивних шліфпорошків вузької зернистості / Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницька – Опубл.15.09.2004. Бюл. № 9.
6. Пат. 65129 А Україна, МКИ G01N27/12. Спосіб оцінки дефектності зерен порошкового матеріалу / Г. Ф. Невструев, Г. Д. Ильницька. – № 2003065196; Заявл. 05.06.2003, Опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3.
7. ДСТУ 3292–95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К.: Госстандарт Украины, 1995. – 71 с.
8. СТП 28.5-05417377. Метод определения коэффициента термостойкости шлифпорошков сверхтвердых материалов. Стандарт предприятия. – Впервые; Введ. 01.05.2005. – К.: Изд-во ИСМ НАН Украины, 2004. – 11 с.
9. Г. П. Богатырёва, В. И. Куш, Г. Д. Ильницькая, Г. Ф. Невструев, Р. К. Богданов, А. М. Исонкин, А. П. Загора, И. Н. Зайцева Оценка прочностных характеристик алмазных порошков для бурового инструмента /Резание и инструмент в технологических системах/. Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: Изд-во НТУ «ХПИ», 2008. – Вып. 75. – С. 26-41.
10. М 28.5 – 271:2008 «Методика оценки линейных размеров зерен порошков сверхтвердых материалов (СТМ)». – К.: Изд-во ИСМ НАН Украины, 2008. – 17 с.

Поступила 18.06.10

УДК 546.26.27

В.И. Бугаков, д-р. техн. наук; **А.А. Поздняков**, **В.В. Давыдов**, кандидаты техн. наук;
Н.Ф. Боровиков, канд. физ-мат. наук; **Е.Г. Миронов**

Институт физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина РАН, г. Троицк, Россия.

ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИКРОПОРОШКОВ АЛМАЗА, КОБАЛЬТА, НИКЕЛЯ И ИХ БОРИДОВ

The work deals with the synthesis of diamond polycrystalline materials at temperatures $T = 1100–1300$ °C and pressures $P = 4,5–5$ GPa with the use of cobalt, nickel and their borides. It is found that the properties of obtained materials depend on the fractional composition of the initial diamond powder. The strength characteristics of the investigated polycrystalline materials are superior to those of the diamond powders AC20 and APB1 of grain size 400/315.

Одним из путей получения алмазного поликристаллического материала, является спекание алмазного порошка в условиях высокого давления и температуры. Спеченные алмаз-

ные поликристаллы, удовлетворяющие различным эксплуатационным требованиям, получают, варьированием зернового состава исходного алмазного порошка, состава и количества вводимой связки, параметров спекания (температуры, давления, времени).

Для достижения высоких физико-механических свойств алмазного поликристаллического материала связка должна удовлетворять следующим условиям: образовывать прочную связь с алмазом в условиях спекания, образуя на межфазной границе переходную зону, включающую продукт химического взаимодействия связки с алмазом; обладать высокими прочностными свойствами; иметь близкие к алмазу физические свойства, такие как коэффициент температурного расширения (КТР) и коэффициент сжимаемости. Это позволит избежать значительных внутренних напряжений в спеченном поликристалле.

Цель настоящей работы исследовать процесс получения материалов на основе микропорошков алмаза, кобальта, никеля и их боридов. Использование боридов обусловлено возможностью снижения температуры спекания, что способствует получению алмазных спеков при меньших давлениях. Параметры спекания снижаются вследствие относительно низкой температуры плавления боридов никеля и кобальта. Участки фазовых диаграмм Ni–B, Co–B показаны на рис. 1 [1].

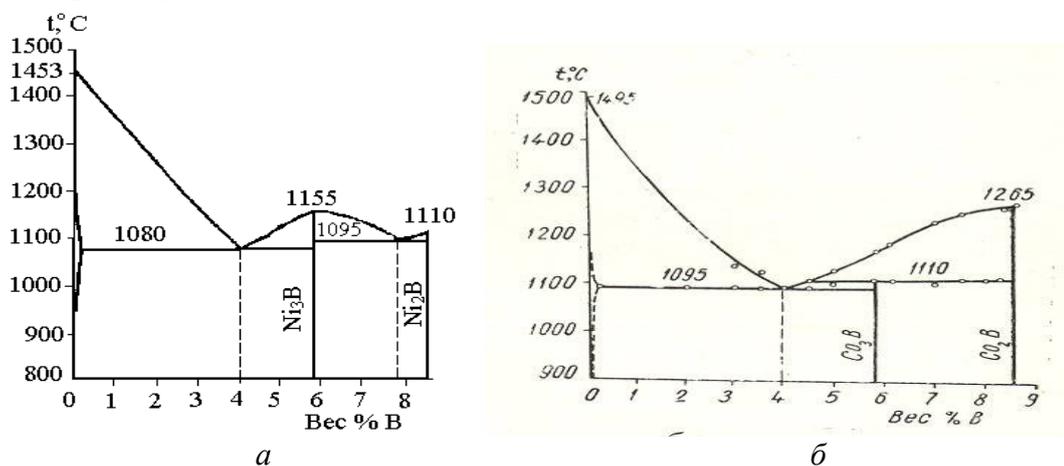


Рис. 1. Фазовые диаграммы систем: а – Ni–B; б – Co–B

В качестве исходной алмазной составляющей поликристаллического материала использовали порошки марки АСМ фракционного состава 40/28, 28/20, 20/14, 14/10 и 10/7 мкм (ГОСТ 9206-80). Для материала связки применяли порошки никеля (ПНЭ1, ГОСТ 9722-97) и кобальта (ПК-1у, ГОСТ 9721-79), бориды никеля (Ni_2B , ТУ 6-09-03-40-10) и аморфный бор (марки А). Борсодержащий компонент в связке составлял 4–10 %.

Спекание поликристаллического материала включает две стадии: сжатие при комнатной температуре до необходимого давления и выдержка под давлением при необходимой температуре. При этом на первой стадии вследствие дробления изменяются фракционный состав порошка и его площадь удельной поверхности. Процесс изменения фракционного состава алмазного порошка при приложении к нему давления изучался в [2–4]. Модель оценки давления на границах алмазных зерен на основании решения контактной задачи Герца в рамках изотропной теории упругости [5] предложена в [2]. В указанных работах рассматривалось дробление алмазного порошка без связующего компонента и при более высоком давлении, что отличается от предлагаемых условий спекания. До проведения синтеза нами были проведены эксперименты по изучению изменения фракционного состава исходного алмазного порошка в присутствии металлической связки при одно- и многоосном нагружении реакционного объема.

Характер дробления алмазного порошка при одноосной схеме нагружения изучали в аппарате высокого давления (АВД) типа «тороид», при многоосной схеме – в кубическом АВД DS6×8000 (рис. 2).

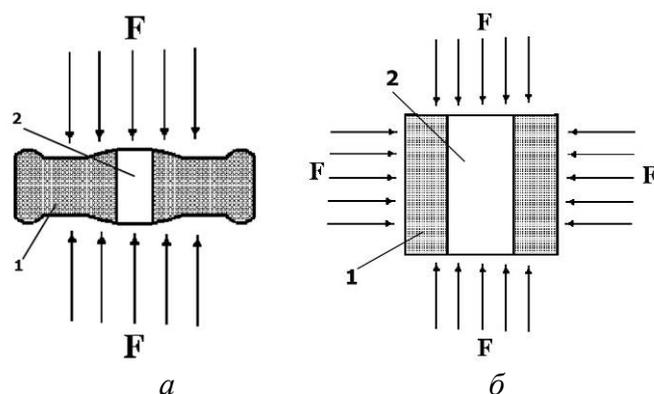


Рис. 2. Схемы нагружения аппаратов высокого давления: а – типа «тороид»; б – кубического аппарата (1 – контейнер; 2 – реакционный объем)

Смеси порошков алмаза и кобальта (никеля) после обжата при комнатной температуре подвергали отчистке от металла кислотой. Фракционный состав изучали по методике, приеденной в ГОСТ 9206-80.

Изменение фракционного состава алмазных порошков после обработки давлением 4,5–5 ГПа на кубическом аппарате высокого давления показаны на рис. 3.

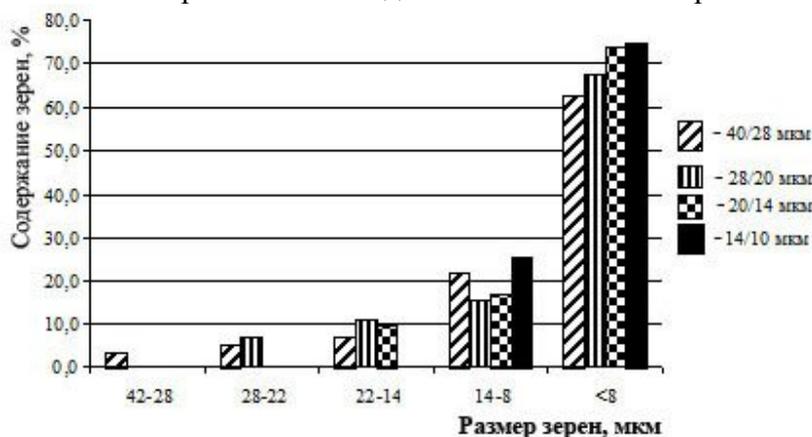
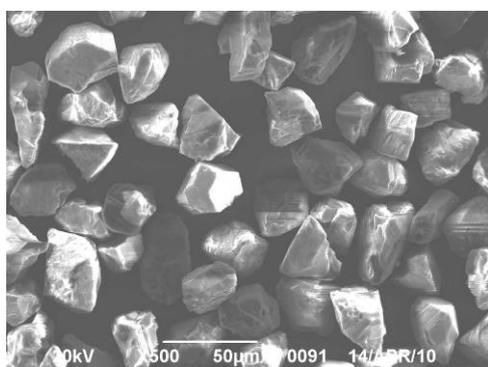
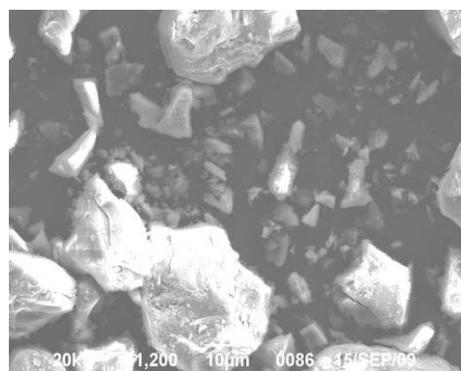


Рис. 3. Изменение фракционного состава алмазных порошков после обработки давлением 4,5–5 ГПа при многоосном сжатии

Результаты анализа полученных данных показывают, что при давлении 4,5–5 ГПа от 60 до 75% исходного порошка измельчается до фракции ~8 мкм. Однако в полученных порошках присутствуют зерна исходных фракций. Электронные изображения исходного порошка и порошка после обработки давлением 4,5–5 ГПа показаны на рис. 4.



а



б

Рис. 4. Электронные изображения алмазных порошков: а – исходного фракции 40/28; б – после воздействия давлением 4,5–5 ГПа

Количество полученных крупных зерен зависит от начального размера зерен алмазного порошка. Необходимо отметить, что неразрушенные алмазные зерна обладают сильно трещиноватой структурой.

Данные полученные из экспериментов, проведенных на АД одноосного сжатия, представлены на рис. 5.

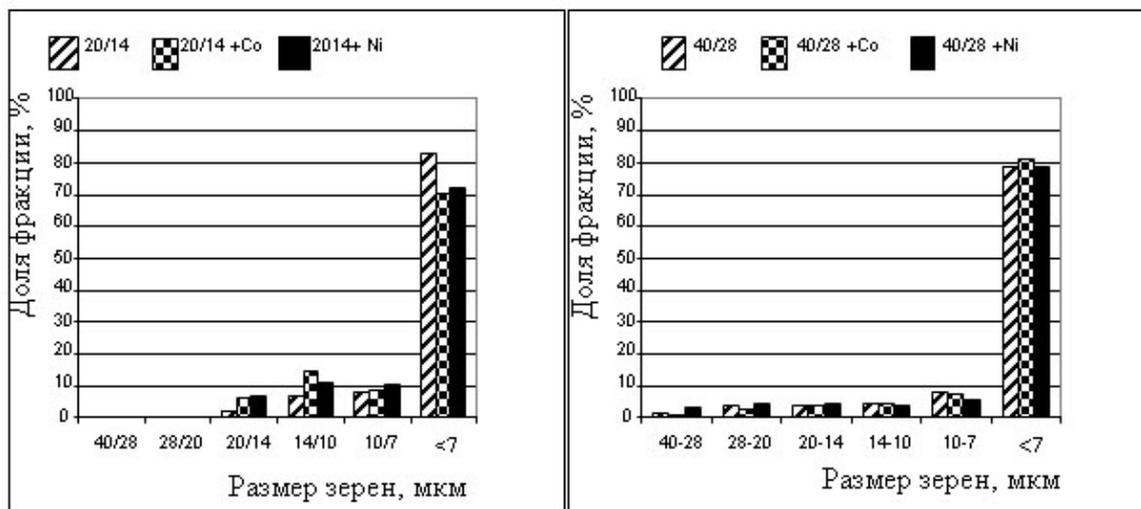


Рис. 5. Изменение фракционного состава алмазных порошков после обработки давлением 4,5–5 ГПа при одноосном сжатии

Результаты экспериментов (см. рис. 3, 5) показывают, что наличие металлической составляющей в поликристаллическом материале несущественно влияет на характер дробления зерен при таких параметрах. Более того схема нагружения АД (одно- или многоосного) несущественно влияет на фракционный состав исходного алмазного порошка при давлении 4,5–5 ГПа.

Поликристаллические материалы получали спеканием смеси алмазного микропорошка и связки на многопуансонном аппарате высокого давления DS6×8000 при давлении $P = 4,5\text{--}5$ ГПа. содержание связующего компонента составляло 20 %.

Результаты рентгенофазовского анализа образцов, спеченных при давлении 4,5–5 ГПа и различной температуре, показали, что при температуре выше 1300 °С алмазная составляющая полученного материала существенно графитизируется (~15%), поэтому дальнейшие эксперименты по спеканию образцов поликристаллических материалов проводили при температуре 1100–1200 °С.

У полученных образцов определяли плотность и прочность зерен на раздавливание. Результаты измерений представлены на (рис. 6 и рис. 7).

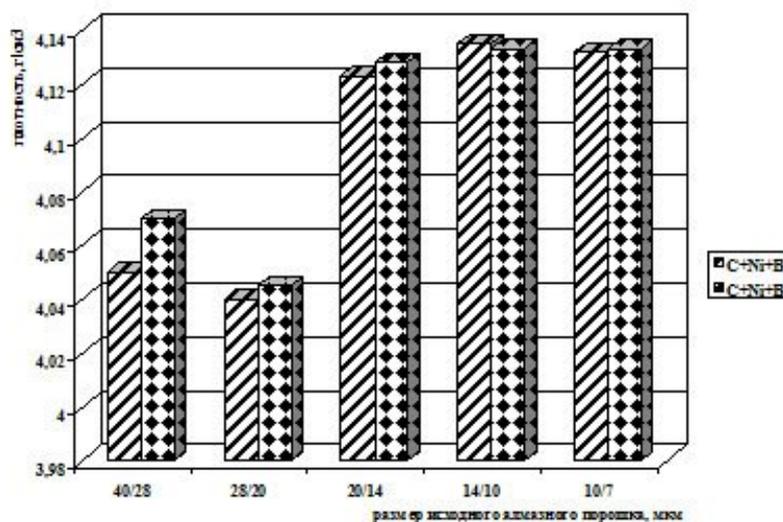


Рис. 6. Плотность образцов композита

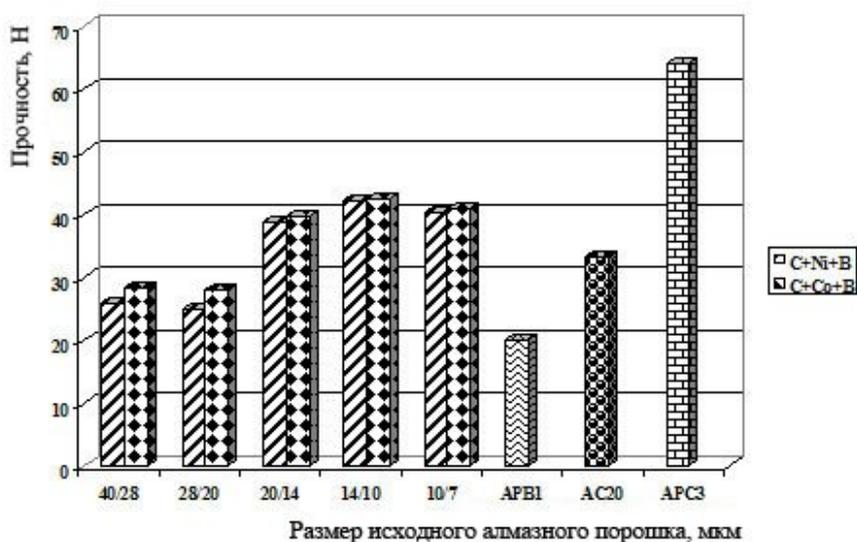


Рис. 7. Прочность зерен образцов композита (фракция 400/315)

Как видим из рис. 6, плотность образцов составляет 4,03–4,13 г/см³, существенно увеличиваясь с уменьшением фракционного состава исходного алмазного порошка. Плотность полученных спеков превышает плотность алмаза вследствие наличия в образцах металлической фазы и боридов.

Эксперименты показали (рис. 7), что прочность зерен на раздавливание образцов повышается при уменьшении фракционного состава алмаза с 40/28 до 14/10 мкм. Такое изменение свойств поликристаллического материала обусловлено наличием сильно трещиноватых зерен крупных фракций исходного алмазного порошка. Для сравнения на рис.7 показана прочность синтетических порошков марок AC20, APB1 и APC3 (ГОСТ 9206-80) зернистостью 400/315.

Фрактографические исследования сколов полученных поликристаллических материалов (рис. 8) позволяют получить оценочные данные о размере алмазной составляющей материала (рис. 9).

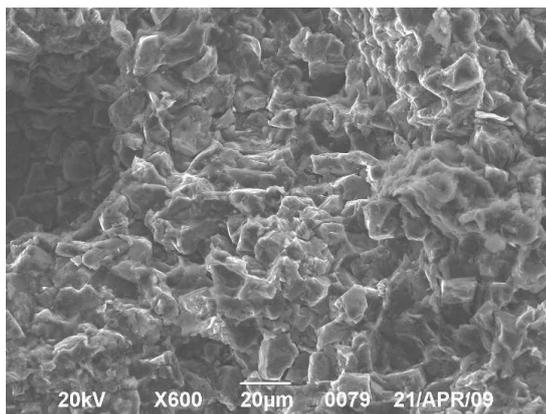


Рис. 8. Электронное изображение скола алмазосодержащего композиционного материала

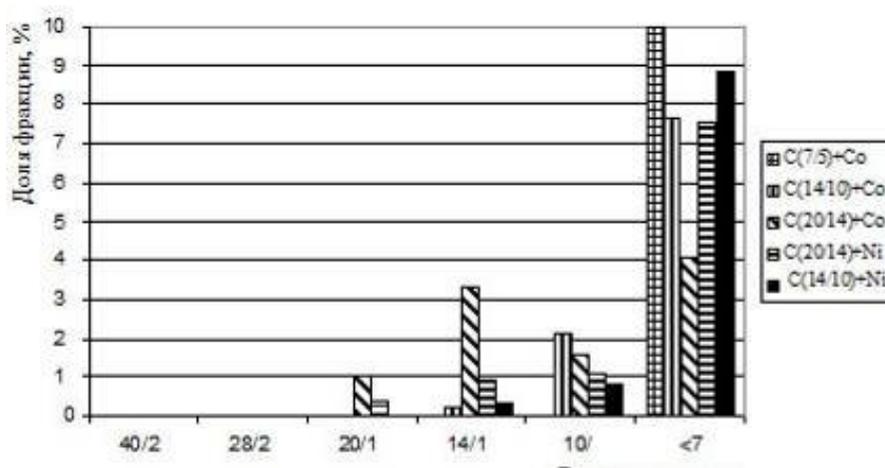


Рис. 9 Размер алмазных зерен в поликристаллическом материале.

Результаты анализа данных на рис. 8, 9 свидетельствуют об отсутствии роста алмазного зерна в процессе спекания исследуемых материалов.

Выводы

- Синтезированы поликристаллические сверхтвердые материалы на основе алмазных микропорошков, кобальта, никеля и их боридов при давлении 4,5–5 ГПа и температуре 1100–1200 °С. Прочность при статическом сжатии зерен размером 400/315 мкм полученных материалов превышает прочность порошков марок АС20 и АРВ1.
- Экспериментально определена зависимость прочности полученных материалов от размера зерен исходного алмазного порошка. Показано влияние изменения фракционного состава исходного порошка алмаза в процессе синтеза на свойства получаемых материалов.
- Снижение прочности поликристаллических материалов, полученных из алмазного порошка фракций менее 7 мкм без дополнительной обработки, обусловлено низкой насыпной плотностью и большей площадью поверхности исходных порошков.

Литература

1. Самсонов Г. В, Серебрякова Т. И., Неронов В. А. Бориды. – М.: Атомиздат, 1975. – 356 с.
2. Коломийцев А. И., Смирнов В. Е., Овчинников А. А. Изменение зернового состава алмазных порошков под действием высокого давлений // Алмазы и сверхтвердые материалы. – 1980. – Вып. 7. – С. 4–5.
3. Сравнительные физико-механические характеристики микропорошков синтетического и природного алмаза и поликристаллических композиционных материалов на их

основе / А. А. Шульженко, А. В. Ножкина, В. Г. Гаргин и др. // Сверхтвердые материалы. – 2008. – № 5. – С. 7–15.

4. Поликристаллические материалы на основе алмаза / А. А. Шульженко, В. Г. Гаргин, В. А. Шишкин и др. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.
5. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория Упругости. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 259 с.

Поступила 31.05.10

УДК 621.921.34:621.921.34–413:621.923.4:662.23.05

А. А. Шульженко¹, член-корр. НАН Украины; **Е. Е. Ашкинази²**, **Р.К. Богданов**, **А. Н. Соколов¹**, **В. Г. Гаргин¹**, **А.П. Загора**, кандидаты техн. наук; **В. Г. Ральченко²**, канд. физ.-мат. наук; **В. И. Конов²**, член-корр. РАН; **Г. Д. Ильницкая¹**, канд. техн. наук; **М. В. Супрун**, **А. А. Хомич²**, инженеры; **М. В. Кандзюба²**, асп.

¹Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

²Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, г. Москва

ГИБРИДНЫЙ АЛМАЗНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ И ЕГО СВОЙСТВА

A new ultrahard hybrid diamond-based composite polycrystalline material (HDCPM) has been developed using a combination of high-pressure high-temperature (HPHT) sintering technique and chemical vapor deposition (CVD) of diamond.

Введение

В настоящее время основным способом разведки новых месторождений твердых полезных ископаемых является бурение скважин в горных породах алмазным инструментом.

В мировой практике геологоразведочного бурения с применением алмазного инструмента за последние 30 лет произошли существенные изменения относительно оснащения его алмазным сырьем. Так, большинство ведущих фирм США, Англии, Швеции, Бельгии и других стран перешли на оснащение бурового инструмента синтетическими алмазами (СА) вместо применявшихся ранее в нем природных алмазов. В странах дальнего зарубежья около 80 % алмазного породоразрушающего инструмента, применяемого для бурения геологоразведочных скважин в твердых горных породах, к настоящему времени составляют коронки, армированные СА, в том числе около 5% - поликристаллами [1].

Одним из основных направлений технического прогресса при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых должно быть снижение материальных и трудовых затрат на единицу разведанных запасов. Достигается это прежде всего благодаря созданию и применению новых марок сверхтвердых композиционных материалов в буровом инструменте, разработке его новых конструкций, рациональных технологий применения породоразрушающего инструмента.

Композиционными обычно называют многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями высокой прочности, жесткости и т. п. [2]. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств. При использовании в материале нескольких наполнителей различной природы (гибридных композиционных материалов) значительно расширяются возможности регулирования свойств композиционных материалов.

К наиболее наукоемким и многообещающим для практики относятся гибридные алмазные композиционные поликристаллические материалы и технологии их получения. Новейшее поколение гибридных сверхтвердых материалов сочетает положительные свойства синтетиче-