

УДК 546.26.27

В.И. Бугаков, д-р техн. наук;
А.А. Поздняков, В.В. Давыдов, кандидаты технических наук.

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

СИНТЕЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ АЛМАЗА И БОРОКАРБИДА КОБАЛЬТА

It has been shown that there is the possibility synthesis composition material of using diamond and $Co_{11}B_2C$. Experimental data on the characteristics composition material: thermostability, strength and ability for abrasive.

Алмаз относится к ковалентным кристаллам, характеризующимся прочными направленными связями между атомами и, как следствие, высокой химической инертностью. В соответствии с результатами работ Ю. Найдича [1] основные типы контактного взаимодействия алмаза в зависимости от характера процессов, протекающих на межфазной границе металл – алмаз, типа и величины сил связи металла и углерода классифицируют следующим образом.

1. Образование прослойки новой карбидной фазы на границе раздела металл – алмаз. К этому типу взаимодействия относятся переходные металлы IV–VI групп, а также кремний, бор и, по-видимому, отчасти щелочноземельные металлы.

2. Растворение вещества твердой фазы (алмаза) в жидком металле; металл не растворяется и не диффундирует в твердую фазу. Этот тип взаимодействия обнаруживается у металлов VIII и отчасти VII группы периодической системы.

3. Отсутствие химического взаимодействия и взаимного растворения компонентов, неизменность поверхности раздела. К этому типу взаимодействия принадлежат металлы подгруппы В IV и VI периодов.

Наибольший интерес представляют контактные взаимодействия алмаза с материалами, сопровождающиеся возникновением достаточно прочной связи между реагентами. Экспериментально установлено, что в результате контактного взаимодействия алмаза с расплавами, в состав которых входят карбидообразующие элементы, на межфазной границе образуется прослойка новой фазы – продукт реакции. При этом различают две основные стадии: реакции на межфазной границе с образованием карбида и диффузионный перенос реагирующих элементов к реакционной зоне.

Скорость образования новой фазы является функцией скоростей образования карбида на межфазной границе и диффузионного переноса атомов и лимитируется наиболее медленной из указанных стадий. Толщина карбидного слоя, как правило, не превышает нескольких микрометров.

В настоящей работе исследован процесс синтеза сверхтвердого алмазного композиционного материала на основе алмаза и тройного соединения борокарбида кобальта (БКК) при различных параметрах: давлении 5,0–8,5 ГПа и температуре до 2000 °С. Изучение этой системы интересно тем, что БКК стехиометрического состава $Co_{11}B_2C$ имеет кристаллическую структуру, подобную алмазной, с параметром решетки $10,47 \pm 0,02$ Å и изоморфен $Cr_{23}C_6$. Параметр решетки БКК равен трехкратному параметру решетки алмаза, и это тройное соединение устойчиво до 2000 °С при нормальных условиях [2].

Было предположено, что бор и углерод из БКК могут образовывать с алмазной фазой при высоких температурах и давлениях твердый раствор замещения или фазы внедрения. Установлено, что бор и азот могут входить в алмазную фазу, изменяя физические свойства алмаза [3]. Концентрация бора в алмазной фазе может достигать 0,89 ат.%, при этом наблюдается относительное увеличение параметра кубической ячейки алмаза до 0,303 % [4].

Предварительно авторами был произведен синтез БКК при давлении 5,0–8,5 ГПа и

температуре до 2000 °С при стехиометрическом соотношении исходных компонентов $\text{Co}:\text{B}:\text{C} = 11:2:1$. Результаты изучения образцов свидетельствуют о наличии тройного соединения БКК с индивидуальной для этого соединения дифрактограммой в широком интервале давлений и температур. Борокарбид кобальта имеет структуру типа Cr_2C_6 и параметр решетки $10,47 \pm 0,02 \text{ \AA}$, плотность рентгенографическую – $7,89 \text{ г/см}^3$ и пикнометрическую – $7,93 \text{ г/см}^3$. Микротвердость образцов достигала 1700 кг/см^2 . Таким образом, БКК устойчивое химическое соединение, разлагающееся только при кипячении в концентрированной HCl с добавлением HNO_3 .

Исходя из приведенных предпосылок и полученных экспериментальных данных, подтверждающих синтез и устойчивость БКК при высоком давлении и температуре, была изучена система БКК – алмаз, где изменялись соотношения БКК и алмаза, параметры синтеза, зерно алмазного порошка, продолжительность нагрева.

В области стабильности алмазной фазы были синтезированы образцы композиционного материала из компактированной шихты порошков Co , B , C , взятых в стехиометрическом соотношении для БКК и алмазного порошка с размерами зерен до 28 мкм. Содержание БКК в алмазном порошке изменялось от 10 до 45 % и время выдержки при заданной температуре изменялось от 30 до 150 с. Исследование синтезированных образцов композиционного материала рентгенофазовым методом показало, что в образцах кроме БКК присутствует фаза алмаза с небольшим увеличением параметра кубической ячейки до 0,150 % по сравнению с параметром ячейки для исходного алмаза.

В некоторых образцах присутствуют также фазы Co_3C и Co_3B . Микрорентгеноспектральный анализ образцов композиционного материала подтверждает проникновение атомов бора из борокарбидной фазы в алмазную на глубину до 5 мкм с образованием твердого раствора внедрения и структурной примеси.

Сравнительное изучение дериватограмм образцов композиционного материала и исходного алмазного сырья показывает начало окисления поверхности зерен композиционного материала на 150–170 °С выше, чем у исходного алмазного сырья.

Физико-механические свойства материала, такие как термостойкость, статическая прочность, абразивная способность, в зависимости от температуры и продолжительности нагрева сохраняются до температуры на 150-200°С выше, чем порошка АС80.

Измерения статической прочности и абразивной способности проводили в соответствии с ГОСТ 9206-80. При определении абразивной способности использовали лейкосапфировые призмы с площадью основания 102 мм^2 и высотой 9,6 мм.

Зависимость статической прочности зерен композиционного материала фракций 630/500 и 500/400 от количества БКК в алмазном порошке показаны на рис. 1.

Максимальная прочность наблюдается у зерен с содержанием БКК 20–30 %; дальнейшее увеличение содержания БКК в зерне приводит к снижению статической прочности из-за уменьшения концентрации алмазной составляющей.

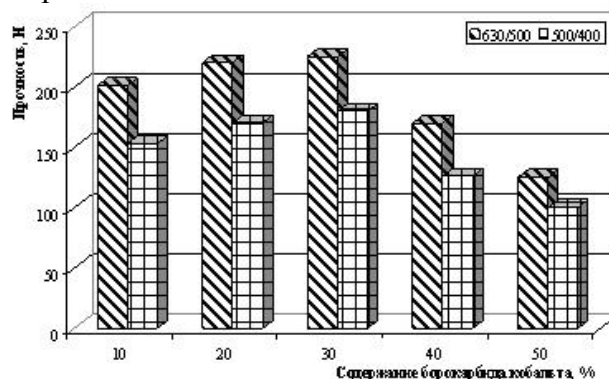


Рис. 1. Зависимость статической прочности зерен композиционного материала от количества БКК

Влияние содержания БКК на абразивную способность зерен композиционного материала фракций 60/40 и 40/28 показано на рисунке 2.

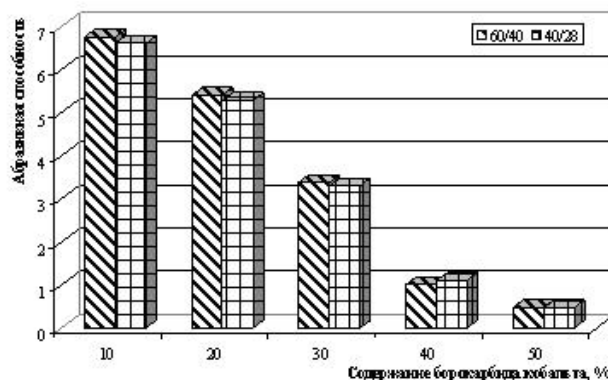


Рис. 2. Влияние содержания БКК на абразивную способность зерен композиционного материала

Прочность композиционного материала по сравнению с АРК-4, АС100 и АС125 при максимальной абразивной способности (с минимальным содержанием ВКК 10 %) показана на рис. 3.

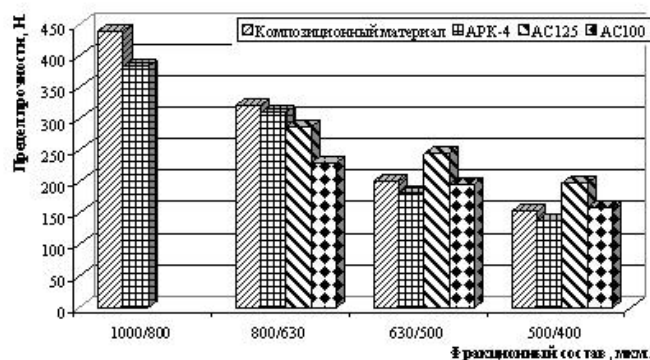


Рис. 3. Прочность сверхтвердых материалов.

Из данных рис. 3 следует, что показатель прочности при статическом сжатии композиционного материала выше, чем у АРК-4 и только фракции 630/500, 500/400 уступают алмазным шлифпорошкам АС125, АС100.

Данные об абразивной способности исследуемой композиции и порошков АСН приведены на рис. 4.

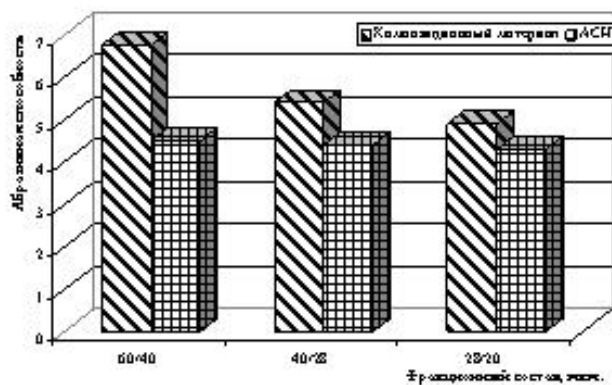


Рис. 4. Абразивная способность СТМ.

Максимальная абразивная способность композиционного материала в 1,2–1,5 раза превышает стойкость образцов из шлифпорошков АСН и АСПК (АРК-4).

Следует отметить, что синтез рассматриваемого композиционного материала с изменением соотношения ингредиентов, размера зерна алмаза и различной подготовки материалов для БКК требует установления определенных значений по давлению, температуре и продолжительности нагрева.

Вывод

Композиционный материал на основе алмаза и БКК обладает высокими физико-механическими характеристиками в классе СТМ и в зависимости от содержания БКК в алмазном порошке позволяет синтезировать коррозионно-стойкие сверхтвердые композиционные материалы с заданными свойствами: абразивная способность, твердость, термостойкость.

Литература

1. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов / Ю.В. Найдич, Г.А. Колесниченко, И.А. Лавриненко и др.; ред. Ю.В. Найдич. – К: Наук. думка, 1977. – 187 с.
2. Марковекий А.Я., Безрук Е.Т. О стабильности боридов никеля и кобальта по отношению к углероду // Неорганические материалы. – 1971. – 7, № 1. – С. 56–58.
3. Воронов О.А., Рахманина А.В. Параметр кубической ячейки алмаза, легированного бором. // Неорганические материалы. – 1993. – 29, № 5. – С. 623–626.
4. Яковлев Е.Н., Воронов О.А., Рахманина А.В. Синтез алмазов из углеводородов. // Сверхтвердые материалы. – 1984. – № 4. – С. 8–11.

Поступила 06.06.08