

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Яковлева Софья Петровна**

д-р техн. наук, профессор, заведующая отделом материаловедения

**Махарова Сусанна Николаевна**

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

**Васильева Мария Ильинична**

канд. техн. наук, старший научный сотрудник

ФГБУН «Институт физико-технических

проблем Севера им. В.П. Ларионова» СО РАН

г. Якутск, Республика Саха (Якутия)

### **ПРОЧНОСТЬ РЕКУПЕРИРОВАННЫХ АЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ СЖАТИИ**

***Аннотация:** в исследовании изучались гранулометрический состав и прочность рекуперированных алмазных зерен, а также влияние твердости связующего материала на их сохранность. Авторами показано, что использование более твердой матрицы алмазометаллического композита позволяет обеспечить значительно лучшую сохранность алмазной компоненты.*

***Ключевые слова:** алмазометаллический композит, взрывное прессование, прочность, гранулометрический состав.*

Основными факторами, влияющими на эффективность применения инструмента, являются свойства алмазосодержащей композиции, определяемые составом связки и технологическими условиями его изготовления. Особое внимание уделяется тому, насколько при использовании того или иного технологического процесса изготовления инструмента обеспечивается сохранность алмазной компоненты, влияющая на его работоспособность. Известно, что физико-механические свойства алмазных частиц в основном зависят от прочности, продолжительности нагрева [1, с. 220; 4, с. 190]. Для наибольшей сохранности алмазных зерен

в процессе изготовления композиционного алмазосодержащего материала целесообразно использовать форсированные режимы. В работах [3, с. 37–42; 2, с. 28–32] показана перспективность использования для создания износостойких алмазоталлических композитов (АМК) метода взрывного прессования (ВП), при котором реализуется комплекс факторов высокоинтенсивного и кратковременного воздействия на порошковые материалы, не достигаемый при использовании других методов формования. Так, в работе [2, с. 28–32] были получены опытные образцы АМК с износостойкостью, соответствующей уровню износостойкости промышленных алмазных карандашей, но при более чем вдвое меньшем содержании алмаза.

Целью данной работы является изучение влияния условий взрывного прессования композиционных материалов из порошков природного алмаза и железосодержащих сплавов на гранулометрический состав и прочность рекуперированных порошков алмаза.

*Материалы и методика эксперимента.* В качестве матричного материала в работе использовали порошки, относящиеся к разным классам сплавов на основе железа: ПХ18Н9Т (относительно мягкий порошок нержавеющей стали с микротвердостью 1800–2200 МПа) и ПР-М6Ф3 (износостойкий порошок повышенной твердости для напыления; микротвердость 5900–7100 МПа). Алмазный порошок А7К80 500/400 вводили в матричные порошки из расчета получения 100% их содержания в беспористом компакте. Для взрывного прессования использовали аммонит 6ЖВ в случае связки ПХ18Н9Т или более мощный гранулотол в случае связки ПР-М6Ф3. Взрывное прессование проводили по цилиндрической схеме при двух режимах, различающихся по мощности воздействия, для чего варьировали диаметр DBB засыпки каждого из взрывчатых веществ ( $D_{ВВ} = 40$  и  $50$  мм).

Для высвобождения («рекуперации») алмазных частиц прессовки опускали в царскую водку, которая растворяла металлический связующий материал. Гранулометрический анализ и исследование статической прочности алмазных зерен в исходном состоянии и после рекуперации проводились по стандартным мето-

дикам в соответствии с ГОСТ 9206-80. Прочность определяется как среднее значение не менее 50 измерений при статическом сжатии каждого зерна между двумя корундовыми пластинками и выражается в граммах. Число граммов соответствует величине усилия, при котором зерно разрушается. Зерно может разрушиться сразу, расколовшись на мелкие частицы, либо постепенно, путем откалывания мелких осколков. Зерно считается разрушенным, когда от него остается часть, не превышающая половины его первоначального размера.

Обсуждение результатов. Рекуперированные из экспериментальных образцов АМК порошки алмазов представляют собой совокупность зерен различной величины и формы в виде монокристаллов, их осколков и поликристаллов (рис. 1).

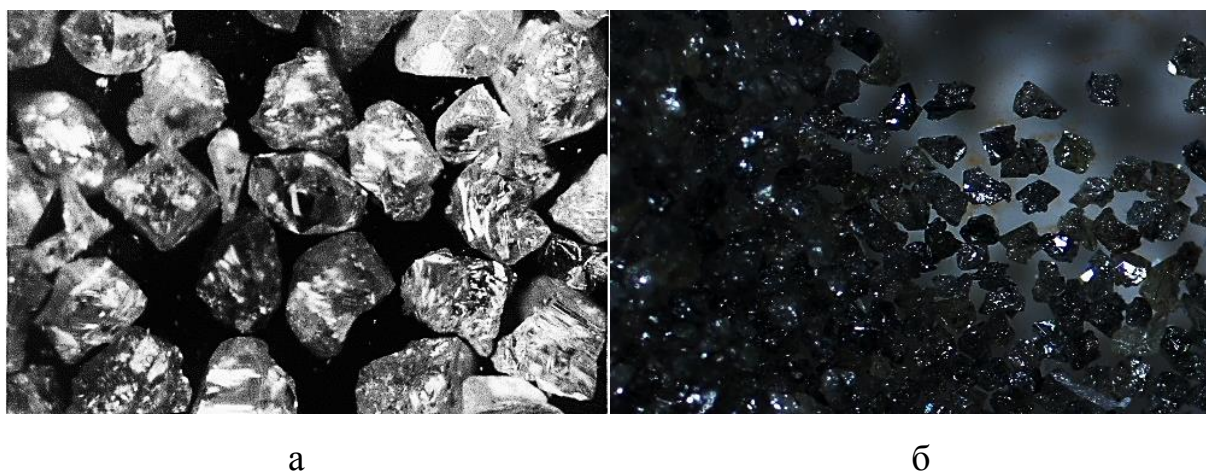


Рис. 1. Алмазный порошок, рекуперированный из композита с матрицей ПХ18Н9Т; съемка на стереоскопическом микроскопе «Stemi 2000С» (а) и на микроскопе «Неофот-32» (б, х50)

Отсутствие признаков овализации и хорошо развитые режущие грани благоприятствуют абразивным свойствам композитов. В табл. 1 представлены результаты исследования характеристик алмазных порошков до и после воздействия ударных волн. Приняты следующие обозначения исследованных параметров (по ГОСТ 9206-80):  $d_{\text{ср}}$ , мкм – средний размер зерна;  $u$ , % – доля изометричных зерен;  $O_{\text{ф}}$ , % – доля основной фракции;  $\sigma$ , Н – показатель прочности алмазного шлифпорошка. Как следует из данных табл. 1, дробление алмазного

порошка менее значительно в случае использования связки с большей твердостью; изменение среднего размера частиц алмаза колеблется в пределах от 4 до 18%.

Следует отметить, что однозначной зависимости между геометрическими параметрами образовавшихся при дроблении осколков и мощностью заряда не наблюдается. При использовании «мягкой» связки ПХ18Н9Т увеличение мощности взрывного прессования не привело к уменьшению среднего размера и количества изометричных зерен, но сократило долю основной фракции с 43% до 29%.

Таблица 1

Характеристики алмазного порошка А7К80 500/400  
до и после воздействия ударных волн

Материал	Исходное состояние				D <sub>ВВ</sub> =40мм				D <sub>ВВ</sub> =50мм			
	d <sub>ср.</sub> , мкм	и, %	О <sub>ф</sub> , %	σ, Н	d <sub>ср.</sub> , мкм	и, %	О <sub>ф</sub> , %	σ, Н	d <sub>ср.</sub> , мкм	и, %	О <sub>ф</sub> , %	σ, Н
А7К80	490	81	53	118	—	—	—	—	—	—	—	—
А7К80+ ПХ18Н9Т	—	—	—	—	440	63	43	82	405	65	29	85
А7К80+ ПР-М6Ф3	—	—	—	—	441	73	40	89	470	68	52	106

Это означает, что при D<sub>ВВ</sub> = 40 мм разрушаются преимущественно зерна мелкой фракции, образующие осколки с меньшей, чем исходная, прочностью, а в более крупных зернах могут зарождаться микротрещины, также понижающие прочность. Увеличение мощности заряда приводит к дроблению более крупных частиц с образованием относительно крупных осколков. Поэтому показатель прочности в этом случае несколько выше. Снижение дробимости мелких фракций при D<sub>ВВ</sub> = 50 мм может быть объяснено изменением процессов консолидации частиц матричного материала и их взаимодействия с алмазными зернами, что требует отдельного изучения.

Аналогичный вывод следует из анализа изменений характеристик алмазного порошка, спрессованного с твердой связкой ПР-М6Ф3. При максимальном диаметре засыпки взрывчатого вещества средний размер зерна и прочность алмазов снижаются существенно меньше, чем при минимальном.

Особый интерес представляет факт незначительного изменения характеристик алмазного порошка после взрывного прессования с твердой связкой ПР-М6Ф3. Средний размер зерна уменьшается на 4 %, показатель прочности на 10%, а доля основной фракции сохраняется почти неизменной. Это является обоснованием перспективности взрывного прессования для изготовления АМК, так как традиционные способы спекания допускают снижение исходных характеристик приблизительно на 30%.

#### *Выводы:*

1. Применение в составе матрицы порошка повышенной твердости при взрывном прессовании АМК дало возможность сохранить близкими к исходным гранулометрический состав и прочность алмазных зерен: снижение среднего размера зерна, доли основной фракции и статической прочности составило 4%, 1% и 10% соответственно.

2. Показано, что одним из факторов перспективности использования энергии взрыва для получения высокоэффективных алмазосодержащих материалов, является возможность обеспечения лучшей сохранности алмазной компоненты, чем при традиционных способах спекания.

#### *Список литературы*

1. Бокий Г.Б., Безруков Г.Н., Ключев Ю.А., Налетов А.М., Непша В.И. Природные и синтетические алмазы. – М.: Наука, 1986. – 220 с.

2. Ларионов В.П., Яковлева С.П., Махарова С.Н., Винокуров Г.Г., Васильева М.И. Разработка научных основ технологии получения алмазометаллических композитов взрывным прессованием / Химическая технология. – 2002. – №1. – С. 28–32.

3. Майстренко А.Л., Кулич Л.Г., Гаргин В.Г. Влияние технологических условий получения композитов на свойства содержащихся в них алмазных зерен / Сб. докл. IX научн. семинара «Влияние высоких давлений на вещество». – Киев: Изд-во ин-та проблем материаловедения, 1984. – С. 37–42.

4. Шульженко А.А., Гаргин В.Г., Шишкин В.А., Бочечка А.А. Поликристаллические материалы на основе алмаза. – Киев: Наукова думка, 1989. – 190 с.