

УДК 621.762.4.045; 621.921.34

М.Г. Лошак, д-р техн. наук, **А.А. Шульженко**, член-корр. НАН Украины,
Л.И. Александрова, **В.Г. Гаргин**, кандидаты технических наук,
Н.И. Заика, **В.С. Лысаковский**, **В. М. Гомеляко**

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

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ МИКРОПОРОШКОВ АЛМАЗА НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ИХ ОСНОВЕ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Silicon-infiltrated composite materials have been prepared at high p , T parameters from micron powders of natural and synthetic diamonds tested for strength and abrasivity. It has been shown that the durability of these composites at cyclic loading does not always correspond to mechanical characteristics of the initial powders.

При изготовлении инструментов из поликристаллов, полученных спеканием алмазных микропорошков, важно знать в какой мере исходные характеристики порошка будут обеспечивать последующие эксплуатационные характеристики инструмента. При этом сле-



Рис. 1. Общий вид прибора ДДА-33МП для определения статической прочности при сжатии порошков алмаза

дует учитывать, что алмазные порошки в последующем могут быть использованы либо как абразивный материал в свободном состоянии, либо в качестве поликристаллов, спеченных в условиях высоких давлений и температур.

В настоящей работе исследовали микропорошок алмаза зернистостью 40/28, из которого путем спекания при определенных p , T параметрах получают поликристаллические вставки для бурового инструмента.

Методика эксперимента

Микропорошки зернистостью 40/28 алмаза природного (партия 1), синтетического (партия 2) и синтетического, подвергнутого термохимической обработке (партия 3), исследовали на статическую прочность при сжатии и абразивную способность. Из этих порошков путем пропитки кремнием в условиях высоких p , T параметров были изготовлены алмазные композиционные термостойкие материалы (АКТМ) в виде образцов цилиндрической формы диаметром 4 мм и высотой 5 мм для испытаний на циклическую долговечность при сжатии.

Предварительно определили гранулометрический состав испытуемых трех партий микропорошка зернистостью 40/28 с помощью лазерного микроанализатора размера зерен LMS-30 фирмы «Seishin» (Япония). Этим прибором измеряют зерна алмаза

размером 0,1 – 1000 мкм с записью гистограммы распределения размеров зерен.

Статическую прочность микропорошков при сжатии определяли с помощью усовершенствованного прибора ДДА-33МП (рис. 1). Прибор измеряет прочность зерен в пределах 0,02 – 180 Н. Отдельные зерна размещаются между лейкосапфировыми пластинами диаметром 5 мм и высотой 1,5 мм. Нагружение осуществляется автоматически с записью разрушающего каждое зерно усилия. Из каждой партии микропорошка испытывали 100 зерен.

Абразивную способность порошков определяли с помощью установки УАС-2М, состоящей из изготовленной из керамики планшайбы, диаметром 110 мм и толщиной 7 мм. Частота вращения планшайбы – 100 об./мин. В качестве образцов использовали лейкосапфировые пластины размером 10x10 мм и высотой 5 мм. Суммарная масса груза, прижимавшего образцы к планшайбе, составляла 2 кг.

Абразивная способность, о.е.,

$$A = \frac{M_1 - M_2}{M},$$

где M_1 , M_2 – масса блока с образцами соответственно до и после испытаний; M – масса навески порошка, $M = 0,01$ г.

В результате определяли среднее значение абразивной способности по испытаниям трех образцов порошка.

Для придания правильной геометрической формы цилиндрические образцы, предназначенные для циклических испытаний сжатием, подвергали алмазному шлифованию как по образующей, так и по торцевым поверхностям так, чтобы непараллельность последних и их неперпендикулярность к оси образца не превышала 0,01 мм. После окончательной обработки размеры образцов составляли $\varnothing 3,9 \times 4,9$ мм. Для каждой изготовленной партии образцов определили предел прочности при статическом сжатии как среднее значение по испытаниям трех образцов. Испытания образцов на сжатие и циклическое нагружение выполняли с помощью универсальной испытательной машины УТС100 (Германия) в автоматическом режиме. Максимальное напряжение цикла нагружения составляло 950 МПа, что соответствовало $\sim 0,5-0,6R_{cm}$ данных композитов. При этом суммарная погрешность по напряжению от одного цикла к другому не превышала 2 %. Для того чтобы обеспечить передачу нагрузки на образец без деформации передающих опор, последние были изготовлены из мелкозернистого твердого сплава марки ВКЗМ. Для уменьшения действия контактных сил трения на опорных поверхностях образца испытания проводили с использованием прокладок из алюминиевой фольги толщиной 0,02 мм.

Результаты испытаний

Гистограммы распределения микропорошков трех партий по размерам частиц показаны на рис. 2

Как видно, все три партии микропорошков имеют примерно одинаковый средний размер зерна ~ 28 мкм. Характеры распределения зерен для испытываемых партий образцов довольно схожи. Это позволяет заключить, что все три партии порошка имеют одинаковые размеры зерен.

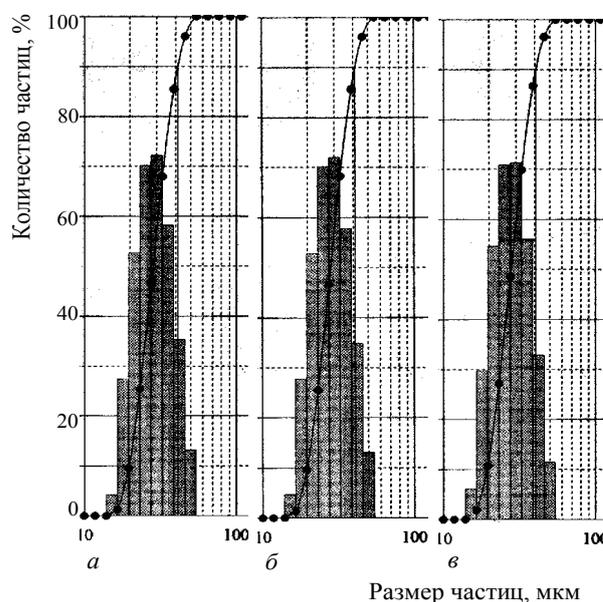


Рис. 2. Гистограмма распределения размеров частиц в порошках партий: (а) – 1; (б) – 2; (в) – 3.

Испытания на абразивную способность показали следующие результаты:

А, о.е.	Партия алмазов		
	1	2	3
	5,8	4,4	5,1

Наивысшую абразивную способность имеют микропорошки природного алмаза. В результате термохимической обработки абразивная способность синтетического алмаза увеличилась на 15 %.

Для определения прочности микропорошков при сжатии в результате испытаний были построены в координатах «вероятность, соответствующая нормальному закону распределения – логарифм прочности отдельных кристаллов» (рис. 3).

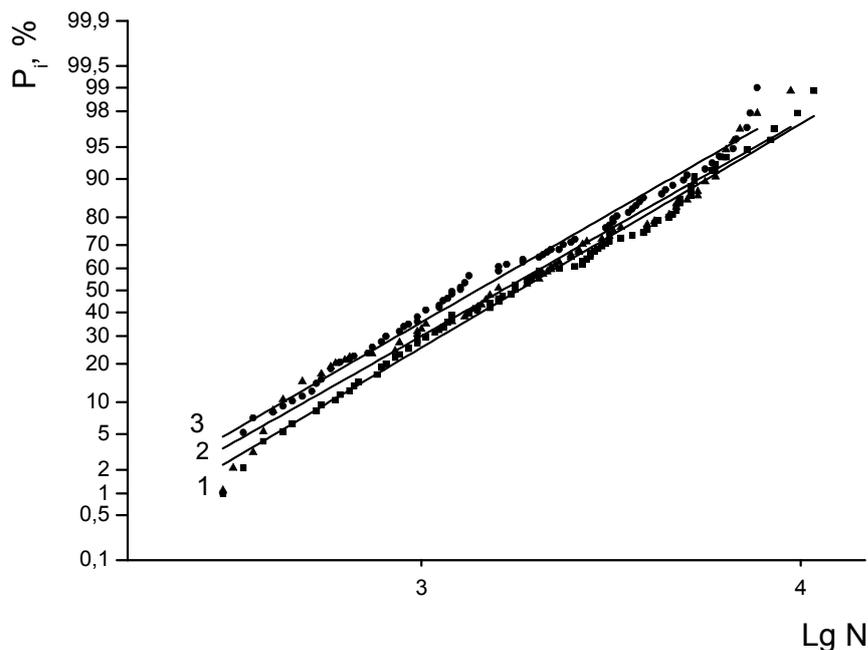


Рис. 3. Результаты испытаний на прочность алмазного микропорошка: 1 – природный алмаз; 2 – синтетический алмаз; 3 – синтетический алмаз после термохимической обработки

Как видно, результаты испытаний хорошо ложатся на прямые линии, что говорит о том, что прочность алмазного микропорошка зернистостью 40/28 хорошо описывается нормальным законом распределения логарифма прочности. Наибольшей прочностью характеризуются кристаллы природного алмаза (кривая 1), затем синтетического (кривая 2). Наименьшую прочность имеют зерна синтетического алмаза, подвергнутого термохимической обработке.

Результаты испытаний образцов трех партий на прочность при сжатии и долговечность при циклическом нагружении сжатием как средние значения испытаний трех партий образцов приведены в таблице

Предел прочности при сжатии и долговечность образцов из АКТМ

Номер партии образцов	Предел прочности при сжатии R_{cm} , МПа	Долговечность образцов N , циклов
1	1950	325
2	2050	360
3	1690	275

Как следует из данных таблицы, наиболее высокую прочность при сжатии и долговечность при циклическом нагружении сжатием имели образцы АКТМ, изготовленные из алмазных порошков партии 2 (синтетический алмаз), несмотря на то что более прочными являются порошки партии 1 (природный алмаз). Правда, разница прочности и долговечности этих композитов не превышает 10 %.

Более низкие (до 20 %) статическая и циклическая прочности при сжатии композита, изготовленного из алмазного микропорошка партии 3, прочность которого ниже прочности микропорошков партий 1 и 2, объясняются, по-видимому, тем, что эти композиты имеют более высокую твердость и связанную с нею повышенную напряженность структурных элементов, что может служить одним из факторов, снижающих их прочность и долговечность*.

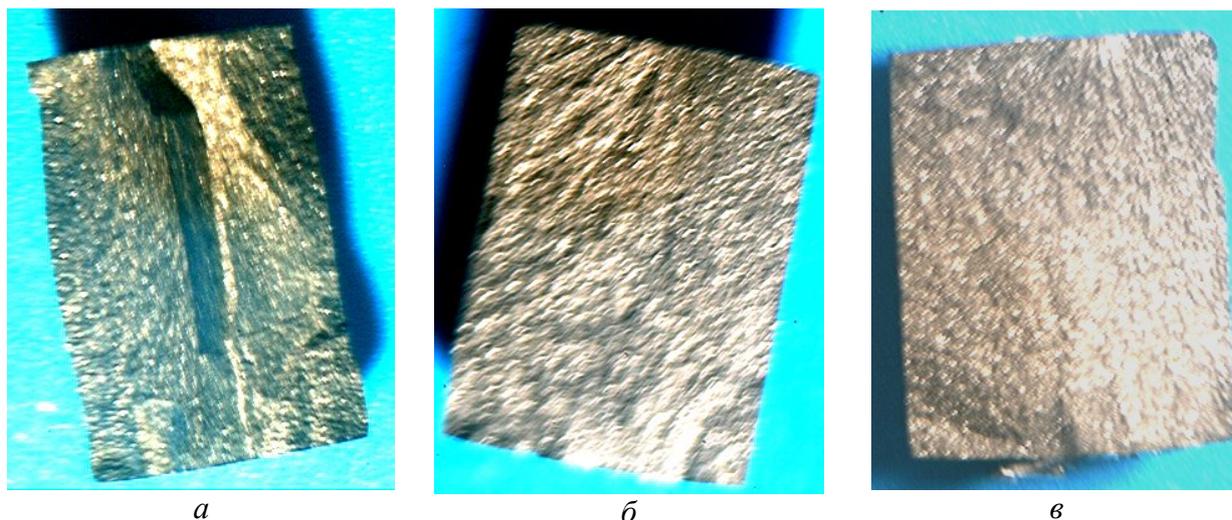


Рис. 4. Общий вид характера изломов образцов АКТМ партий: (а) – 1; (б) – 2; (в) – 3.

Характер разрушения образцов исследованных партий при циклическом нагружении несколько различается. Если образцы партий 2 и 3, как правило, разрушаются в направлении приложения нагрузки на две половины, рельеф изломов соответствует типичной картине разрушения материалов под действием сжимающих нагрузок (рис. 4б, в), то образцы партии 1 на основе микропорошков природного алмаза разрушаются на большее количество фрагментов. Различие характера разрушения композитов на основе природного и синтетического алмазов вероятнее всего обусловлено более развитой удельной поверхностью синтетического алмаза по сравнению с природным, т.е. более прочной взаимосвязью зерен. Характер излома одного из фрагментов показан на рис. 4а. На изломе видны трещины, образующиеся в процессе циклического нагружения на границе природного алмаза и связки и распространяющиеся в различных направлениях.

Таким образом, работоспособность и надежность алмазных композиционных материалов в значительной степени определяется свойствами исходных порошков алмаза. В то же время прочность и долговечность этих материалов не всегда соответствует прочности алмазного порошка, а зависит также от прочности связи между зернами.

Поступила 20.06.08

* Шульженко А.А., Лошак М.Г., Девин Л.Н. и др. Механические характеристики алмазных композиционных материалов, полученные с использованием алмазов различных размеров//Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления: Сб. науч. тр.– К: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2006.–вып. 9. – С. 139–145.²