

PASC: 81.20.Ev

Н.В. Новиков, Г.П. Богатырева, Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницкая,
И.Н. Зайцева

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ АЛМАЗНЫХ ШЛИФПОРОШКОВ ОТ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ АЛМАЗА

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины
ул. Автозаводская, 2, г. Киев, 04074, Украина
E-mail: bogatyreva@ism.kiev.ua

Представлены экспериментальные данные по исследованию прочностных характеристик шлифпорошков алмаза различной зернистости. Показано влияние объемных и поверхностных дефектов кристаллов алмаза на прочность.

Физико-механические свойства синтетического алмаза зависят от совершенства кристаллической решетки и структуры кристалла алмаза.

Для синтетического алмаза характерно большое разнообразие дефектов [1], которые в большей или меньшей степени влияют на прочностные свойства. Одним из его характерных постоянных дефектов является высокое содержание в нем парамагнитного азота в форме одиночных замещенных атомов (С-центров). Наличие парамагнитного азота исследуют методом ЭПР, а физико-механические свойства алмаза оценивают по величине твердости или путем разрушения кристаллов при статической или динамической нагрузке. Однако зависимости прочности синтетического алмаза от количества в нем парамагнитного азота не показано [2]. В данной работе изучено присутствие в кристаллах алмаза парамагнитного азота (табл. 1), но однозначного его влияния на прочность не установлено.

Синтетические алмазы содержат большой процент дефектных кристаллов. К ним относятся кристаллы с мозаичным и блочным строением, блоки которых разориентированы относительно друг друга. Это находит отражение в дефектности поверхности кристаллов. Специфические особенности синтетических алмазов определяются главным образом очень высокими скоростями роста, что влияет не только на внешнюю, но и на внутреннюю морфологию кристаллов, в которых количество металлических включений в виде объемных дефектов может достигать нескольких весовых процентов [2]. Объемные дефекты в основном обусловлены присутствием в кристалле алмаза включений сплава-растворителя и поэтому количественно тесно связаны с удельной магнитной восприимчивостью χ [3].

Характеристика алмазных шлифпорошков марки АС6 зернистостей 200/160 и 125/100, разделенных в магнитном поле

Характеристика порошков	200/160		125/100	
	Магнитный	Немагнитный	Магнитный	Немагнитный
Средний размер зерна \bar{d} , μm	182	183	141	138
Коэффициент формы зерен K_f , arb. units	1.42	1.51	1.44	1.46
Удельная магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-8}$, m^3/kg	34.7	3.7	30.2	2.8
Общее содержание включений β , %	3.805	2.729	3.522	2.275
Статическая прочность P , N: исходная; после термообработки при 1000°C	8.2	8.0	9.7	9.4
	5.2	5.7	5.5	6.3
Динамическая прочность Fi , arb. units	15	13	40	40
Данные ЭПР: концентрация парамагнитного азота n (10^{19} cm^{-3}); ширина центральной линии спектра ΔH , T	1.2	0.9	5.2	3.1
	2.3	3.5	8.7	3.5
Удельная поверхность S , m^2/kg	0.343	0.372	0.214	0.228

С позиций технологического разделения алмазов предложено все известные дефекты алмазов распределить по трем группам: кристаллографическая форма кристаллов, структурные (объемные) дефекты, дефекты поверхности.

В процессе синтеза по мере повышения его температуры форма кристаллов алмаза изменяется от куба к октаэдру с одновременным повышением значения прочности. После разделения зерен алмаза на узкие зернистости их сортировка по прочности производится на вибрирующей наклонной поверхности с разделением на 7–11 ячеек. Как правило, прочность кристаллов снижается по мере уменьшения их изометричности [4].

Однако при этом зерна алмаза не разделяются по содержанию металлических включений и дефектам поверхности. Разделение зерен алмаза по содержанию включений производят в магнитном поле разной напряженности на 5–10 продуктов с различной магнитной восприимчивостью, которая зависит от магнитной восприимчивости используемого при синтезе сплава-растворителя. Прочность кристаллов алмаза с разной магнитной восприимчивостью практически остается без изменения. Однако прочность после высокотемпературной обработки (термопрочность) снижается тем больше, чем выше значение магнитной восприимчивости.

При исследованиях были использованы порошки алмаза различной зернистости низкопрочных марок. Прочностные характеристики порошков алмаза, а именно статическую P и динамическую Fi прочности, а также коэф-

коэффициент формы зерен K_f определяли по методикам ДСТУ 3292–95. Дефектность поверхности порошков оценивали по удельной поверхности, которую определяли по методу Брунауэра-Эммета-Теллера [5] и коэффициенту поверхностной активности K_a [6]. Общее содержание включений и примесей в порошках алмаза β измеряли методом рентгенофлуоресцентного интегрального анализа с использованием растрового электронного микроскопа BS-340 и энергодисперсного анализатора рентгеновских спектров «Link-860» [7].

В табл. 1 приведены экспериментальные характеристики низкопрочных порошков алмаза марки АС6 зернистостей 200/160 и 125/100, разделенных в магнитном поле на немагнитный и магнитный продукты. Из таблицы следует, что в магнитном поле происходит незначительное разделение порошков алмаза по K_f и S . Существенное разделение порошков осуществляется по содержанию в них объемных дефектов, выраженных в виде изменения χ и β . При этом прочность в исходном состоянии несколько выше в магнитных продуктах как при статической, так и при динамической прочностях. Однако в магнитных продуктах статическая прочность снижается более значительно, чем в немагнитных после высокотемпературного нагрева при 1100°C.

Таблица 2

Результаты адгезионно-магнитной сортировки алмазов марки АС6 зернистости 200/160

Характеристика порошков	Продукты сортировки					
	Исходный	1	2	3	4	
Коэффициент поверхностной активности K_a , %	0.92	0.78	0.87	1.12	2.11	
Удельная магнитная восприимчивость $\chi \cdot 10^{-8}$, m^3/kg	15.4	2.7	14.8	21.7	39.8	
Коэффициент формы зерен K_f , arb. units	1.45	1.23	1.47	1.65	1.88	
Общее содержание включений β , %	3.236	2.115	–	–	3.899	
Статическая прочность P , N:	исходная;	8.8	22.6	15.8	7.8	4.9
	после термообработки при 1100°C	6.1	21.9	12.9	5.9	2.7

Физико-механические и некоторые другие свойства зерен синтетического алмаза тем ниже, чем более дефектна их поверхность. На этом основана адгезионно-магнитная сортировка (АМС) алмазных порошков по прочности [8]. Сортировка предусматривает избирательное закрепление тонкозернистых микрочастиц ферромагнитного порошка и последующее разделение кристаллов алмаза с увеличенными приобретенными магнитными свойствами. Кристаллы алмаза с различной магнитной восприимчивостью будут иметь разную прочность. При помощи АМС порошки алмаза марки АС6 зернистости 200/160 были разделены на 4 продукта (табл. 2.). Разделение

порошков происходит как по содержанию объемных дефектов (χ и β), так по степени дефектности поверхности K_d . Прочность полученных порошков снижается по мере увеличения степени дефектности их поверхности.

Таким образом, показано, что при делении порошков алмаза по дефектности поверхности происходит одновременное разделение их по форме зерен и содержанию объемных дефектов, что обеспечивает эффективное разделение порошков алмаза по прочности. Экспериментально подтверждено, что АМС сортировки является универсальным процессом, обеспечивающим эффективное высокоселективное разделение порошков алмаза по прочности. Этот способ позволил получать особопрочные алмазные шлифпорошки марок АС200–АС400 [9].

1. *А.И. Чепуров, И.И. Федоров, В.М. Сонин*, Экспериментальное моделирование процессов алмазообразования, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, Новосибирск (1997).
2. *Г.Б. Бокий, Г.Н. Безруков, Ю.А. Клюев, А.М. Налетов, В.И. Непша*, Природные и синтетические алмазы, Наука, Москва (1986).
3. *Г.П. Богатырева, В.Б. Крук, Г.Ф. Невструев, В.М. Кулигин, Т.Д. Крылова, Э.Е. Раковский*, Синтетические алмазы № 6, 14 (1977).
4. *Ю.И. Никитин*, Технология изготовления и контроль качества алмазных порошков, Наукова думка, Киев (1984).
5. *Г.П. Богатырева, В.Л. Гвяздовская*, Сверхтв. материалы № 2, 25 (1986).
6. *Г.Д. Ильницкая*, в сб.: Физико-химические свойства сверхтвердых материалов и методы их анализа, ИСМ НАН Украины, Киев (1987), с. 33–39.
7. *В.Н. Ткач, Г.Д. Ильницкая, Г.Ф. Невструев, Е.Ф. Кузьменко*, Сверхтв. материалы № 6, 26 (2000).
8. *Пат. 4408* України, МПК В 03 С 1/00, Спосіб магнітної сепарації зернистого матеріалу з різною шершавістю поверхні, Г.Ф. Невструев, Б.А. Олейников, Г.Д. Ильницкая, М.О. Давидов, В.І. Мельник (СРСР), № 1312811; Заявл. 01.07.85; Опубл. 27.12.94, Бюл. № 6-1.
9. *Г.Д. Ильницкая, Г.П. Богатырева, Г.Ф. Невструев*, в сб.: Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов, Н.В. Новиков (ред.), ИСМ НАН Украины, Киев (2005), с. 63–70.

N.V. Novikov, G.P. Bogatyreva, G.F. Nevstruev, G.D. Ilnitskaya, I.N. Zaitseva

DEPENDENCE OF DIAMOND GRINDING POWDER STRENGTH ON STRUCTURE OF DIAMOND CRYSTALS

Data on experimental investigation of strength characteristics for diamond grinding powder of various graininess are given. Influence of bulk and surface defects on strength is shown.