

# Исследование процессов обработки

УДК 621.762.922.02

**В. И. Лавриненко<sup>1,\*</sup>, Г. Д. Ильницкая<sup>1,\*\*</sup>, Г. А. Петасюк<sup>1</sup>,  
Е. В. Ищенко<sup>2</sup>, С. В. Гайдай<sup>2</sup>, О. О. Пасичный<sup>1</sup>,  
В. В. Скрябин<sup>1</sup>, В. В. Шатохин<sup>1</sup>, И. Н. Зайцева<sup>1</sup>,  
Е. Ф. Кузьменко<sup>1</sup>, В. В. Тимошенко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля  
НАН Украины, г. Киев, Украина

<sup>2</sup>Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко,  
г. Киев, Украина

\**lavrinenko@ism.kiev.ua*

\*\**gil-ism@ukr.net*

## **Исследование возможностей улучшения эксплуатационных свойств алмазных порошков марки АС20 при изменении их размерных и физико-химических характеристик**

*Исследованы эксплуатационные свойства алмазных порошков марки АС20, используемых в шлифовальных кругах, и найдены способы их улучшения путем изменения размерных и физико-химических характеристик. Установлено, что на износ кругов оказывает влияние выделение более узкого диапазона зернистостей 100/90 и получение однородного порошка с определенным коэффициентом формы зерна, причем использование алмазных зерен с большим значением коэффициента формы более предпочтительно. Показано, что при разделении алмазных порошков на магнитные и немагнитные фракции наблюдается разница в физико-химическом состоянии их поверхности, для повышения износостойкости кругов на полимерных связках лучше использовать немагнитные фракции.*

**Ключевые слова:** алмазные синтетические шлифпорошки, магнитная фракция, немагнитная фракция, узкий диапазон зернистостей, однородность порошка, шлифовальные круги.

В промышленном производстве при обработке изделий из твердого сплава, керамики, стекла и других хрупких материалов широко применяются алмазные синтетические порошки марок АС6–АС20. Синтез алмаза для получения порошков этих марок, как правило, кратковременен и

© В. И. ЛАВРИНЕНКО, Г. Д. ИЛЬНИЦКАЯ, Г. А. ПЕТАСЮК, Е. В. ИЩЕНКО, С. В. ГАЙДАЙ, О. О. ПАСИЧНЫЙ,  
В. В. СКРЯБИН, В. В. ШАТОХИН, И. Н. ЗАЙЦЕВА, Е. Ф. КУЗЬМЕНКО, В. В. ТИМОШЕНКО, 2018

происходит при больших скоростях роста. Растущий кристалл алмаза захватывает фрагменты реакционной среды, которые присутствуют в рабочей камере. Включения и примеси являются объемными дефектами кристаллов алмаза, оказывающими большое влияние на их физико-химические свойства и способствующими изменению эксплуатационных свойств получаемых из продукта синтеза алмазных порошков.

Как правило, алмазные порошки неоднородны по основным характеристикам качества. В Институте сверхтвердых материалов (ИСМ) им. В. Н. Бакуля НАН Украины разработаны и освоены технологии, обеспечивающие получение алмазных порошков высокого качества марок АС15–АС20 [1]: извлечение алмазов из продукта синтеза, сортировка по размерам, форме, прочности, по содержанию в кристаллах алмаза внутрикристаллических примесей и включений. При алмазно-абразивной обработке на эффективность работы шлифовального инструмента большое влияние оказывают свойства порошков синтетического алмаза, которые формируются в процессе синтеза, извлечения зерен алмаза из продукта синтеза, а также при их классификации и сортировке.

Целью данной работы было исследование механических и физико-химических свойств, морфометрических характеристик алмазных синтетических порошков и изучение их влияния на эксплуатационные характеристики изготовленного с их использованием шлифовального инструмента. Ранее в [2] авторами были проведены указанные исследования алмазных порошков марки АС6, в данной работе исследовали порошки марки АС20 зернистости 100/80, синтезированные в системе Ni–Mn–C. Это позволило исследовать свойства порошков марок АС6–АС20, используемых в шлифовальном инструменте, и показать особенности их эффективного применения в таком инструменте.

Как показано в [3], важным фактором, влияющим на износ шлифовального круга и шероховатость обработанной поверхности, является зерновой состав, т. е. степень однородности размеров основной фракции зерна по гранулометрическому составу. Известно, что для получения порошковых материалов узких классов зернистости применяют сита с различными размерами ячеек [4, 5]. Существуют наборы размеров сит с диаметрами и длинами их ячеек, соответствующими пятому (R-5), десятому (R-10), двадцатому (R-20) и сороковому (R-40) нормальным рядам геометрической прогрессии. В Украине принята размерность ячеек сит с нормальным десятым рядом чисел R-10, имеющих интервал (модуль или знаменатель геометрической прогрессии)  $\sqrt[10]{10} = 1,259$  [6]. При получении порошков узкой зернистости путем ситовой классификации предусматривается в процессе ситовой классификации зернистого материала использовать набор сит с модулем  $\sqrt[20]{10} = 1,122$  (R-20) или  $\sqrt[40]{10} = 1,059$  (R-40) [5]. Этот способ позволяет разделить зернистый материал на большее количество порошков узкой зернистости, что обеспечивает повышение однородности порошков по размеру зерен и способствует увеличению содержания в порошках зерен основной фракции.

В процессе выполнения данной работы алмазное сырье, полученное после извлечения из продукта синтеза, подвергали дроблению для устранения двойников, друз, слабых дефектных зерен. Дробленый материал после химической обработки поверхности алмазов разделяли по размерам зерен на отдельные зернистости ситовым методом сначала на ситах R-10 с получением зернистости 100/80. Тем не менее, видно (рис. 1), что и после такой подго-

товки зерна алмазов отличаются, особенно по цвету, т. е. необходимо далее повышать однородность по размеру зерен и содержанию в них примесей и включений.

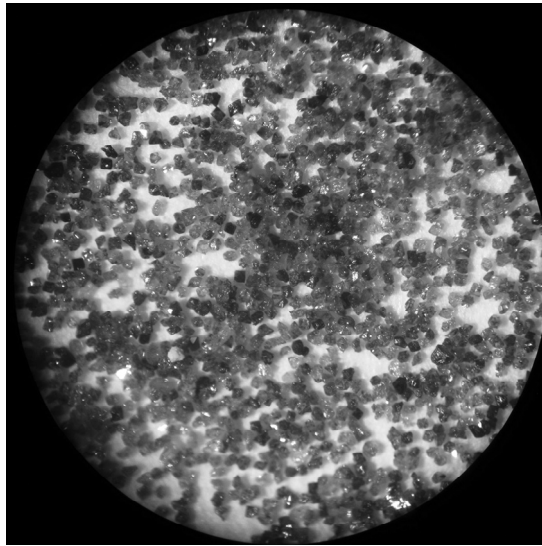


Рис. 1. Фотоснимок алмазных порошков марки АС20 100/80.

Поэтому далее в соответствии с [7] с использованием сит R-20 выделили алмазы узкой зернистости 100/90, что позволило увеличить содержание основной фракции с 72 до 79 %.

Автоматизированную диагностику морфометрических характеристик указанных выше алмазных порошков выполняли на приборе DiaInspect.OSM по методике [8]. Определяли следующие морфометрические характеристики проекции зерна: максимальный ( $F_{\max}$ ) и минимальный ( $F_{\min}$ ) диаметры Фере, Фере-удлинение  $F_e = F_{\max}/F_{\min}$ , форм-фактор  $f_r$  фактического изображения, общую площадь  $A_i$  проекции, периметр  $p$  фактической проекции, эквивалентный диаметр  $d_{\text{э}}$ , эллиптичность (симметричность)  $El$ , шероховатость проекции  $Rg$ , удельный периметр  $p_{\text{пт}}$ . Дополнительно по методикам [9, 10] на основании данных DiaInspect-диагностики вычисляли внешнюю удельную поверхность  $F_{\text{вн}}$ , число зерен в одном карате  $N$ , количество выступающих кромок  $n$  и среднее значение углов  $\varphi$  их заострения. Для более полной оценки морфометрических характеристик зерен алмаза дополнительно в мультифокусном режиме работы прибора DiaInspect.OSM диагностировали еще один минимальный размер зерен – высоту  $h$ , и вычисляли коэффициент уплощения зерен  $F_{\text{упл}}$  по формуле

$$F_{\text{упл}} = 1 - \frac{h^2}{F_{\min} F_{\max}}.$$

Интерпретация геометрической сущности указанных выше характеристик и более полное их описание приводится в [9, 11]. Однородность морфометрических характеристик определяли системно-критериальным методом [12]. В табл. 1 приведена оценка морфометрических характеристик алмазных порошков зернистостей 100/80 и 100/90.

**Таблица 1. Морфометрические характеристики (колонки I) и однородности (колонки II) алмазных порошков марки АС20 зернистости 100/80 и 100/90**

Характеристика	Зернистость порошка			
	100/80		100/90	
	I	II	I	II
$F_{\max}$ , МКМ	149,6	0,667	138,89	0,664
$F_{\min}$ , МКМ	111,2	0,690	107,24	0,675
$f_r$	1,338	0,666	1,3150	0,675
$El$	1,327	0,481	1,2720	0,549
$F_e$	1,353	0,539	1,3090	0,576
$F_{\text{упл}}$	0,580	0,804	0,495	0,755
$Rg$	1,066	0,695	1,0647	0,721
$d_3$ , МКМ	121,9	0,693	116,23	0,679
$A_s$ , МКМ <sup>2</sup>	11884	0,606	11011	0,548
$p$ , МКМ	443,4	0,681	417,2	0,643
$F_{\text{вн}}$ , м <sup>2</sup> /кг	40,2	–	43,43	–
$N$ , шт.	84208	–	85138	–
$n$ , шт.	10	–	9,4	–
$\varphi$ , град	103,1	–	101,57	–

Из табл. 1 следует, что выделение узкой зернистости 100/90 способствует уменьшению размерных характеристик зерен порошков, наблюдается улучшение формы зерен, увеличивается их округлость, улучшается симметрия, уменьшается Фере-удлинение. Одновременно с этим увеличивается однородность алмазных порошков по указанным характеристикам, поэтому далее в исследованиях использовали порошки именно этой узкой зернистости (100/90).

В связи с указанными особенностями алмазных порошков узкой зернистости 100/90, исследовали влияние коэффициента  $K_{\phi}$  формы алмазных зерен, который рассчитывают как отношение длины проекции зерна к ширине этой проекции, на эксплуатационные показатели шлифовальных кругов при обработке твердых сплавов. Из алмазных порошков марки АС20 100/90 с исходным  $K_{\phi} = 1,19$  на вибрационном столе выделили фракции с  $K_{\phi} = 1,07$  и  $1,75$ , для которых дополнительно оценивали морфометрические характеристики (табл. 2).

Морфометрические характеристики алмазных порошков после их разделения по форме зерен различаются между собой по форм-фактору, округлости зерен, их симметрии, Фере-удлинению. Алмазные зерна с большим коэффициентом формы имеют несколько большее количество выступающих кромок. Одновременно с этим имеет место тенденция увеличения однородности алмазных порошков по этим характеристикам.

Для исследования влияние коэффициента формы алмазных зерен на эксплуатационные показатели шлифовальных кругов были изготовлены круги формы 12А2-45° 125×5×3×32, оснащенные алмазными порошками с  $K_{\phi} = 1,07$ ,  $1,75$  и  $1,19$ , на полимерной связке В2-08 при 100 %-ной относительной концентрации алмазных зерен в рабочем слое. Эти круги испытывали при шлифовании твердого сплава Т15К6 без охлаждения при производительности

обработки от 50 до 400 мм<sup>3</sup>/мин. Регистрировали износ алмазных кругов, шероховатость обработанной поверхности и особенности волнового формоизменения рабочей поверхности круга в окружном направлении.

**Таблица 2. Морфометрические характеристики (I) и однородности (II) алмазных порошков марки АС20 зернистости 100/90 при разных значениях  $K_{\Phi}$**

Характеристика	$K_{\Phi}$					
	1,19 (исходный)		1,07		1,75	
	I	II	I	II	I	II
$F_{\max}$ , мкм	138,9	0,664	143,2	0,718	148,4	0,671
$F_{\min}$ , мкм	107,2	0,675	115,8	0,726	111,1	0,714
$f_r$	1,315	0,675	1,235	0,755	1,329	0,677
$El$	1,272	0,549	1,180	0,627	1,310	0,509
$F_e$	1,309	0,576	1,240	0,648	1,341	0,550
$F_{\text{упл}}$	0,495	0,755	0,366	0,741	0,535	0,769
$Rg$	1,065	0,721	1,055	0,770	1,065	0,717
$A_t$ , мкм <sup>2</sup>	11011	0,548	12292	0,625	11768	0,596
$p$ , мкм	417,2	0,643	434,7	0,707	440,6	0,673
$F_{\text{вн}}$ , м <sup>2</sup> /кг	43,43	–	33,90	–	38,91	–
$n$ , шт.	9,4	–	9,2	–	10,1	–

Проведенными экспериментами установлено, что влияние формы алмазных зерен становится заметным только при производительности обработки 200 мм<sup>3</sup>/мин, а наиболее четко фиксируется при более высокой производительности – 400 мм<sup>3</sup>/мин, при этом относительный расход алмазов в кругах при использовании порошков марки АС20 100/90 составляет 4,8 мг/г ( $K_{\Phi} = 1,19$ ), 2,8 мг/г ( $K_{\Phi} = 1,07$ ) и 1,5 мг/г ( $K_{\Phi} = 1,75$ ). То есть разделение алмазов на более однородные по форме фракции позволяет снизить износ кругов, что связано с более равномерным распределением нагрузки на режущие зерна. Большее снижение износа наблюдается при большем значении коэффициента формы, что, по мнению авторов, определяется лучшим удержанием таких зерен в связке.

На рис. 2 представлена зависимость параметра шероховатости  $Ra$  обработанной поверхности от производительности обработки при использовании алмазных зерен АС20 100/90 ( $K_{\Phi} = 1,07, 1,75$  и  $1,19$ ).

Шероховатость обработанной поверхности, как и износ алмазных зерен, зависит от производительности обработки, при этом различия в шероховатости поверхности при использовании алмазных зерен с различным значением  $K_{\Phi}$ , наблюдаются при производительности 200 мм<sup>3</sup>/мин и более.

Использование алмазных порошков, разделенных на фракции, однородные по коэффициенту формы зерен, приводит к росту шероховатости обработанной поверхности по сравнению с шероховатостью поверхности, обработанной с применением исходных порошков. Это может быть связано с формированием на рабочей поверхности круга, оснащенного алмазными зернами с  $K_{\Phi} = 1,07$  и  $1,75$ , устойчивого волнового профиля в окружном направлении [13] (четко наблюдается фронт волны, который и отвечает за снятие припус-

ка). Устойчивость профиля свидетельствует о равномерном износе круга, но поскольку площадь поверхности круга, ответственная за снятие припуска, меньше, то, естественно, возрастает выступание зерен над уровнем связка и, как следствие, растет шероховатость обработанной поверхности. В круге с исходными алмазными зёрнами ( $K_{\phi} = 1,19$ ) волновой профиль наблюдается нечетко, что связано с повышенным износом круга. В процессе резания в этом случае принимает участие большее количество зерен [13] и поэтому шероховатость обработанной поверхности ниже. Стабильный эффект уменьшения шероховатости обработанной поверхности обеспечивается увеличением содержания основной фракции алмазных порошков с 79 до 95–98 % [3].

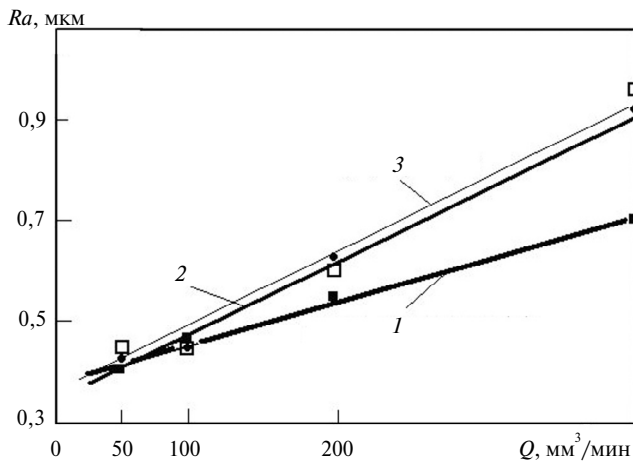


Рис. 2. Зависимость шероховатости обработанной поверхности по параметру  $Ra$  от производительности обработки при использовании алмазных зерен АС20 100/90 с разными значениями  $K_{\phi}$ : 1,19 (1), 1,07 (2), 1,75 (3).

Таким образом, проведенные исследования показали, что коэффициент формы алмазных зерен может оказывать влияние на эксплуатационные показатели процесса шлифования.

Для исследования влияния примесного состава алмазных порошков на их физико-механические характеристики исходные порошки марки АС20 зернистости 100/90 разделяли в магнитном поле разной напряженности на магнитную и немагнитную фракции, далее по методикам, разработанным в ИСМ, определяли статическую прочность (показатель разрушающей нагрузки при статическом разрушении зерен) [6], удельную магнитную восприимчивость [14], содержание внутрикристаллических примесей и включений [15]. В табл. 3 представлены результаты исследования физико-механических характеристик магнитной (см. рис. 1, темные зерна), немагнитной (см. рис. 1, светлые зерна) и исходной фракций.

Как следует из табл. 3, после разделения в магнитном поле полученные алмазные порошки магнитной и немагнитной фракций по значению удельной магнитной восприимчивости отличаются приблизительно в 7 раз – от  $30,7 \cdot 10^{-8}$  до  $4,2 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг, по содержанию внутрикристаллических примесей и включений – в 2,3 раза. При этом прочность магнитной фракции больше прочности немагнитной фракции в 1,4 раза.

Были также исследованы морфометрические характеристики алмазных порошков марки АС20 узкой зернистости 100/90 магнитной, немагнитной и

исходной фракций, значения наиболее отличающихся характеристик представлены в табл. 4.

**Таблица 3. Физико-механические характеристики алмазных порошков марки АС20 зернистости 100/90**

Фракция	Характеристика			
	Удельная магнитная восприимчивость $\chi$ , $10^{-8}$ м <sup>3</sup> /кг	Содержание внутрикристаллических примесей и включений $\beta$ , % (по массе)		Показатель прочности, $P$ , Н
		общее	Ni, Mn, Fe, Cr, Co	
Магнитная	30,7	3,0451	2,8662	23,0
Немагнитная	4,2	1,3115	1,0754	16,4
Исходная	18,7	2,5230	1,9875	18,1

**Таблица 4. Морфометрические характеристики (I) и однородность (II) алмазных порошков марки АС20 100/90 магнитной, немагнитной и исходной фракций**

Характеристика	Фракция					
	исходная		магнитная		немагнитная	
	I	II	I	II	I	II
$R_g$	1,065	0,755	1,0721	0,6598	1,0690	0,6735
$F_{упл}$	0,495	0,721	0,5367	0,7753	0,4890	0,7412
$n$ , шт.	9,4		10,8		9,44	

Как следует из табл. 4, зерна алмазных порошков магнитной фракции более шероховаты, менее уплощены и имеют большее количество выступающих кромок, т. е. обладают более развитой поверхностью.

Кроме того, для оценки физико-химических характеристик алмазных порошков марки АС20 зернистости 100/90 магнитных, немагнитных и исходных фракций на масс-спектрометре МИ 1201 с интервалом температур 20–1000 °С проводили анализ паров воды и газов, десорбированных с поверхности образцов (диоксида углерода и монооксида углерода). Для этого исследуемые образцы переносили в кварцевую кювету, вакуумировали и снимали масс-спектры до 800 °С, скорость нагрева составляла 10 град/мин [16]. Были построены зависимости интенсивности термодесорбционных спектров от температуры для всех исследуемых порошков (рис. 3–5).

В результате проведенных исследований установлено, что шероховатые поверхности всех образцов алмазных порошков марки АС20 зернистости 100/90 (магнитной, немагнитной и исходной фракций) покрыты определенным количеством ОН-групп, которые, десорбируясь с поверхности алмазных зерен, образуют молекулы воды. Термодесорбционные спектры паров воды наблюдали во всем исследуемом температурном интервале (см. рис. 3). Спектры кривых до 200 °С свидетельствуют о наличии паров воды на поверхности всех образцов, а после 200 °С начинает активно выделяться пары воды, присутствующие в пористой структуре образцов. Присутствие ОН-групп в порошках определяется развитостью поверхности алмазных зерен. Термодесорбционная кривая паров воды на поверхности алмазных порошков немаг-

нитной фракции (см. рис. 3, кривая 3) указывает на наименьшее содержание паров воды и меньшую развитость их поверхности. В алмазных порошках магнитной фракции присутствует большее содержание паров воды (см. рис. 3, кривая 1), что соответствует большей развитости поверхности, на это было указано и при анализе табл. 4.

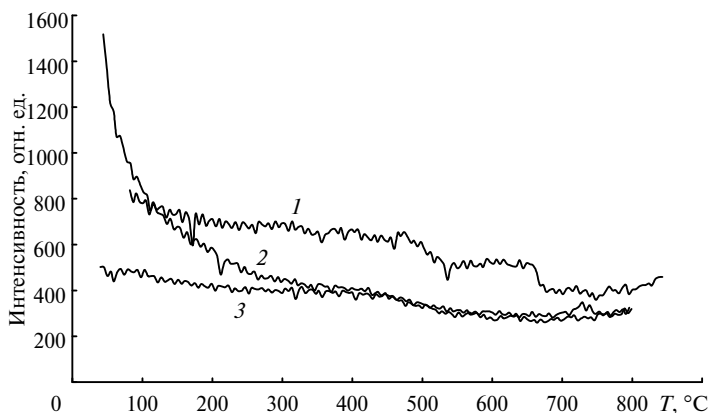


Рис. 3. Термодесорбционные кривые паров воды на поверхности алмазных порошков марки АС20 100/90 магнитной (1), исходной (2) и немагнитной (3) фракций.

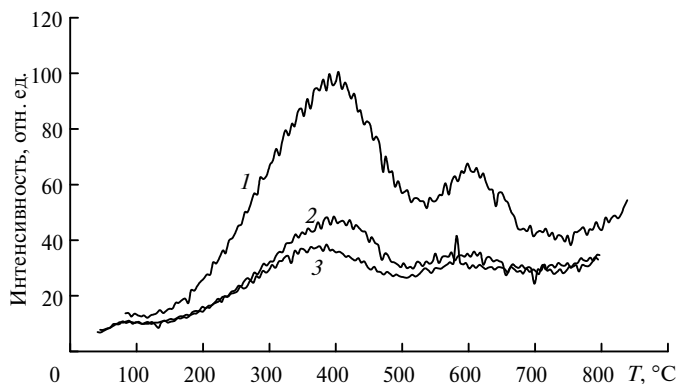


Рис. 4. Термодесорбционные кривые диоксида углерода на поверхности алмазных порошков марки АС20 100/90 магнитной (1), исходной (2) и немагнитной (3) фракций.

Как следует из рис. 4, термодинамические спектры исследуемых порошков шлифпорошков марки АС20 зернистости 100/90 содержат пики диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в интервале температур от 300 до 500 °С. При этом выделение диоксида углерода из алмазных порошков магнитной фракции (кривая 1) происходит более интенсивно, т. е. при равных навесках именно в алмазных порошках магнитной фракции содержится больше  $\text{CO}_2$ . Следует отметить, что в исходных порошках содержится небольшое (15–20 %) количество алмазных зерен магнитной фракции, но  $\text{CO}_2$  содержится преимущественно именно в них (см. рис. 4).

Аналогично и для монооксида углерода – большее его количество содержится в магнитной фракции (рис. 5). Выделение монооксида углерода начинается при температуре 300 °С и более активно он выделяется при температуре выше 700 °С.



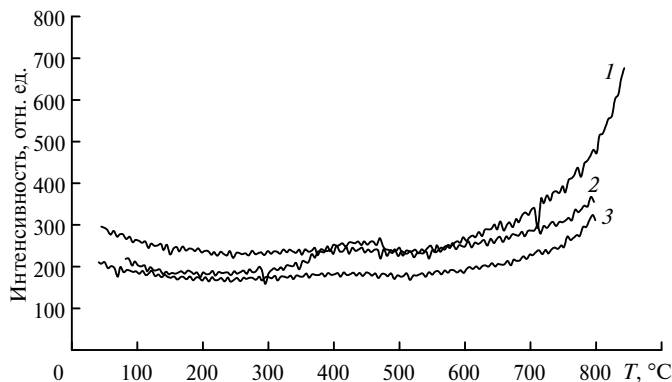


Рис. 5. Термодесорбционные кривые монооксида углерода на поверхности алмазных порошков марки АС20 100/90 магнитной (1), исходной (2) и немагнитной (3) фракций.

Дополнительно методом комплексного дифференциального термического анализа проведены исследования процесса окисления на воздухе алмазных порошков указанных выше фракций. Установлено, что реакции окисления кислородом воздуха порошков магнитной фракции выше, чем порошков немагнитной фракции. Так, алмазные порошки немагнитной фракции начинают окисляться при температуре 900 °С, а магнитной фракции из-за высокого содержания в них примесей и включений окисляются при температуре, превышающей 600 °С (рис. 6).

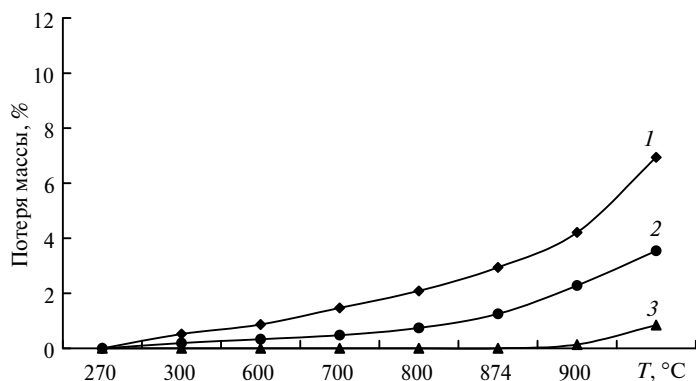


Рис. 6. Потеря массы алмазных порошков марки АС20 зернистости 100/90 магнитной (1), исходной (2) и немагнитной (3) фракций.

Процесс термоокисления алмазных шлифпорошков кислородом воздуха имеет диффузионно-кинетический механизм с каталитической составляющей. Влияние каталитического эффекта металлических включений оказывает влияние на образование монооксида углерода и окисление его до диоксида углерода. Установлено, что скорость окисления алмазных порошков магнитной фракции возрастает в 1,2–1,5 раза по сравнению с порошками немагнитной фракции. Это подтверждают и термодесорбционные кривые на рис. 4 и 5. Логично предположить, что алмазные порошки магнитной фракции, в силу указанного выше, будут менее износостойкими в кругах при шлифовании без охлаждения, когда в зоне обработки возникают достаточно высокие температуры.

Полученные после разделения в магнитном поле фракции алмазных порошков использовали для изготовления шлифовальных кругов 12A2-45° 125×5×3×32 AC20 100/90 100 B2-08. Шлифовали образцы из твердого сплава T15K6 с производительностью обработки 400 мм<sup>3</sup>/мин без охлаждения (табл. 5).

**Таблица 5. Эксплуатационные свойства алмазных порошков марки AC20 зернистости 100/90 разных фракций при шлифовании твердого сплава T15K6**

Фракция	Характеристика			
	Удельная магнитная восприимчивость $\chi$ , $10^{-8}$ м <sup>3</sup> /кг	Показатель прочности зерен $P$ , Н	Эксплуатационные свойства	
			Относительный расход алмазов в кругах, мг/г	Шероховатость обработанной поверхности $Ra$ , мкм
Магнитная	30,7	23,0	4,96	0,62
Немагнитная	4,2	16,4	3,68	0,70
Исходная	18,7	18,1	4,92	0,76

Из данных табл. 5 следует, что по значению показателя износа кругов (относительного расхода алмазных порошков) для шлифования твердых сплавов без охлаждения в шлифовальных кругах на полимерных связках более предпочтительно использование алмазных порошков AC20 немагнитной фракции, которые, хотя и имеют несколько меньшую прочность, но меньше подвержены изменениям в процессе обработки без охлаждения, тогда как увеличение температуры в зоне обработки может привести к нежелательным изменениям на поверхности алмазных порошков магнитной фракции и снизить их удержание в связке. В этом случае большая прочность не улучшает их эксплуатационные свойства – такие алмазные зерна могут просто выпасть из связки. Очевидно, что алмазные порошки магнитной фракции следует использовать в кругах на металлических связках и при обработке с охлаждением. В этом случае большая прочность алмазных зерен при отсутствии нежелательного для них теплового воздействия способствует повышению износостойкости шлифованных кругов.

## ВЫВОДЫ

Разделение алмазных порошков марки AC20 на фракции более однородные по форме позволяет снизить износ оснащаемых ими кругов, при этом большее снижение износа наблюдается при большем значении коэффициента формы зерен, что связано с лучшим удержанием таких зерен в связке. Однако использование более однородных по коэффициенту формы зерен порошков приводит к росту шероховатости обработанной поверхности.

После разделения в магнитном поле алмазных порошков марки AC20 зернистости 100/90 получены магнитная и немагнитная фракции, отличающиеся по значению удельной магнитной восприимчивости в ~ 7,0 раз (от  $30,7 \cdot 10^{-8}$  до  $4,2 \cdot 10^{-8}$  м<sup>3</sup>/кг), по содержанию включений – в ~ 2,0 раза, прочность магнитной фракции по сравнению с прочностью немагнитной фракции больше в 1,4 раза.

Для уменьшения износа кругов на полимерных связках при шлифовании твердых сплавов без охлаждения более предпочтительно использование ал-

мазних порошков АС20 немагнитной фракции, поскольку они меньше подвержены изменениям в процессе обработки без охлаждения, хотя и имеют несколько меньшую прочность, чем порошки магнитной фракции.

Алмазные порошки АС20 магнитной фракции следует использовать в кругах на металлических связках и при обработке с охлаждением. В этом случае их большая прочность способствует повышению износостойкости шлифованных кругов.

*Досліджено експлуатаційні властивості алмазних порошоків марки АС20 при використанні в шліфувальних кругах і знайдено засоби їх покращення при зміні розмірних і фізико-хімічних характеристик. Встановлено, що на знос кругів впливає виділення більш вузького діапазону зернистостей 100/90 й отримання однорідного порошку з певним коефіцієнтом форми зерна, причому краще використовувати алмазні зерна з більшим значенням коефіцієнта форми. Показано, що при поділі алмазних порошоків на магнітні і немагнітні фракції спостерігається різниця у фізико-хімічному стані їх поверхні, для підвищення зносостійкості кругів на полімерних зв'язках краще застосовувати немагнітні фракції.*

**Ключові слова:** алмазні синтетичні шліфпорошки, магнітна фракція, немагнітна фракція, вузький діапазон зернистостей, однорідність порошку, шліфувальні круги.

*The authors have studied performance of AS20 diamond powders to be used in grinding wheels and have found the ways to improve it through changing the dimensional and physical-chemical characteristics of the powders. It is demonstrated that the wheel wear is influenced by separating the narrowest range of grain sizes 100/90 and providing a uniform powder with a certain grain shape factor; it is preferable to use diamond grains with higher values of the shape factor. It is shown that after diamond powders are separated into magnetic and non-magnetic fractions there is a difference between the fractions in the physical-chemical state of the grain surfaces, and it is preferable to use non-magnetic fractions in resin-bonded wheels in order to improve the wheel wear resistance.*

**Keywords:** synthetic diamond grinding powders, magnetic fraction, non-magnetic fraction, narrow range of grain sizes, powder uniformity, grinding wheels

1. *Сверхтвердые материалы. Получение и применение: В 6 т. / Под общей ред. Н. В. Новикова; НАН Украины. Ин-т сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля. – К., 2003–2007.*
2. *Лавриненко В. И., Ильницкая Г. Д., Петасюк Г. А., Ткач В. Н., Смоквина В. В., Шамраева В. С., Зайцева И. Н. Влияние физико-механических характеристик синтетических алмазных порошков марки АС6 на износостойкость шлифовального инструмента // Сверхтв. материалы. – 2013. – № 5. – С. 72–81.*
3. *Богатырева Г. П., Шепелев А. А., Невструев Г. Ф. и др. Алмазные шлифпорошки для абразивной обработки инструментальных материалов // Инструментальный світ. – 2008. – № 1. – С. 4–7.*
4. *Барский М. Д., Ревнивцев В. И., Соколин Ю. В. Гравитационная классификация зернистых материалов. – М.: Недра, 1974. – 232 с.*
5. *Зайцев А. Г. Исследование линейно-геометрических размеров зерен шлифовальных порошков // Изв. ВУЗов. Машиностроение. – 1978. – № 2. – С. 190–192.*
6. *ДСТУ 3292–95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К.: Госстандарт Украины, 1995. – 71 с.*
7. *Пат. 69947 А Україна, МПК В03С 7/00, В03С 1/00. Спосіб одержання шліфпорошків вузької зернистості / Г. Ф. Невструев, Г. Д. Ильницкая. – Заявл. 16.12.2003; Опубл. 15.09.2004, Бюл. № 9.*
8. *List E., Frenzel J., Vollstadt H. A new system for single particle strength testing of grinding powders // Ind. Diamond Rev. – 2006. – N 1. – P. 42–47.*
9. *Сафонова М. Н., Петасюк Г. А., Сыромятникова А. С. Компьютерно-аналитические методы диагностики эксплуатационных характеристик алмазных порошков и композиционных материалов на их основе. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 222 с.*

10. *Петасюк Г. А.* Інтерпретаційні і прикладні аспекти деяких морфологічних характеристик порошків надтвердих матеріалів // *Сверхтв. матеріали.* – 2009. – № 2. – С. 79–94.
11. *Петасюк Г. А.* Діагностика морфометричних характеристик порошків надтвердих матеріалів засобами цифрової обробки зображень // *Відбір і обробка інформації.* – 2009. – Вип. 30 (106). – С. 138–145.
12. *Новиков Н. В., Никитин Ю. И., Петасюк Г. А.* Однородность шлифпорошков синтетических алмазов и критерии ее количественной оценки // *Сверхт. материалы.* – 1999. – № 5. – С. 65–74.
13. *Лавриненко В. И.* Формоизменение режущей поверхности круга как фактор процесса шлифования // *Там же.* – 2000. – № 5. – С. 45–52.
14. *М88 України 90.256–2004.* Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов (СТМ). – К.: ИСМ НАН Украины, 2004. – 9 с.
15. *Физические свойства алмаза:* Справ. – К.: Наук. думка, 1987. – 188 с.
16. *Богатырева Г. П., Невструев Г. Ф., Ильницкая Г. Д., Маринич М. А., Базалий Г. А., Гвяздовская В. Л., Иценко Е. В., Олейник Н. А.* Взаимодействие порошков синтетического алмаза с жидкими и газовыми средами // *Сверхтвердые материалы. Получение и применение:* В 6 т. / Под общ. ред. Н. В. Новикова; НАН Украины. Ин-т сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля. – Т. 2. Структура и свойства СТМ, методы исследования / Под ред. В. М. Перевертайло. – К., 2004. – С. 97–125.

Поступила 18.07.17