

Инструмент, порошки, пасты

УДК 621.921.34–492.544.023.5:539.215

В. И. Лавриненко^{1,*}, В. Г. Полторацкий^{1,},
М. Н. Сафонова^{2,***}, Г. А. Петасюк¹,
А. А. Девицкий¹**

¹Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля
НАН Украины, г. Киев, Украина

²Северо-Восточный федеральный университет
им. М. К. Аммосова, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), РФ

* lavrinenko@ism.kiev.ua

** vg.poltoratsky@gmail.com

*** marisafon_2006@mail.ru

К вопросу об использовании в шлифовальных кругах разнодисперсных порошков из компактов на основе синтетического и природного алмаза с углеродной связкой

Изучена возможность использования разнодисперсных порошков из компактов на основе синтетического и природного алмаза с углеродной связкой в шлифовальных кругах при обработке твердых сплавов. Показано, что частичная (50 %) или полная замена синтетических алмазов порошками компактов, содержащих алмазные зерна с покрытием в виде сверхтвердой оболочки из микропорошков природных якутских алмазов из отходов гранильного производства с углеродной связкой, позволяет существенно (более чем в 3 раза) повысить износостойкость алмазных шлифовальных кругов.

Ключевые слова: углеродная связка, микропорошки якутского природного алмаза, компакты, шлифпорошки, шлифовальные круги, износостойкость.

Практическая реализация эффективности высоких технологий в области механической обработки материалов непосредственно связана с использованием различного вида шлифовальных инструментов, тем или иным образом оснащенных алмазными или абразивными порошками из композиционных материалов на основе сверхтвердых материалов (СТМ). Согласно концепции высоких технологий, такие инструменты должны иметь

© В. И. ЛАВРИНЕНКО, В. Г. ПОЛТОРАЦКИЙ, М. Н. САФОНОВА, Г. А. ПЕТАСЮК, А. А. ДЕВИЦКИЙ, 2016

максимальную производительность, обладать большим запасом рабочего ресурса, обеспечивать высокую эффективность обработки и требуемое качество обработанной поверхности. В этой связи значительное внимание уделяется именно порошкам из композиционных СТМ [1–3]. Обусловлено это тем, что, с одной стороны, в них сочетаются свойства составляющих композиционного материала, с другой – есть возможность воздействовать на свойства получаемого композиционного материала путем выбора процентного соотношения составляющих, параметров и условий синтеза материала. Использование таких абразивных порошков открывает новые перспективы в алмазно-абразивной обработке.

Одним из направлений, обеспечивающим практическую реализацию этих возможностей, является разработка технологии получения компактов из микропорошков методом физико-химического синтеза и получения из них шлифпорошков различных зернистостей. В Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины проведены исследования и разработаны теоретические основы получения плотных зернистых компактов кубического нитрида бора (в среде углеродсодержащего газа – метана), приемлемых для применения в виде шлифпорошков [1]. Для этого разработаны практические рекомендации по изготовлению композиционных компактов на основе микропорошков кубонита с размером зерен менее 3 мкм и получения прочного углеродного связующего зерен кубического нитрида бора в условиях поликонденсации и диффузионной кинетики при высокой (~ 1250 °С) температуре в реакторе и давлении метана ниже атмосферного при наличии молибденового катализатора. Для алмазных кругов введение в их рабочий слой указанных выше компактов, в виде частичной (от 25 до 50 %) замены алмазных зерен, приводит к снижению относительного расхода алмазного порошка в кругах и, соответственно, позволяет гарантированно повышать (в 1,5–3,0 раза) износостойкость алмазных кругов при шлифовании твердых сплавов [2].

В [3] описана новая технология получения компактов (в различных вариантах) микропорошков природного алмаза из отходов гранильного производства методом физико-химического синтеза при давлениях меньших атмосферного. Методом диспергирования таких компактов были изготовлены шлифпорошки широкой гаммы зернистости и изучены их морфометрические и технологические характеристики. Такие порошки по совокупности морфометрических и технологических характеристик пригодны для использования в качестве инструментального материала при алмазно-абразивной обработке.

Вместе с тем, в последнее время особого внимания заслуживают компакты, состоящие из алмазных зерен с покрытием в виде сверхтвердой оболочки, технология получения которых также представлена в [3]. Такая оболочка, в отличие от технологических покрытий зерен СТМ, дает возможность повысить удержание компакта в связующем, поскольку поверхность зерна становится более развитой, а также позволяет доставлять необходимые элементы непосредственно в зону резания зерном, и таким образом изменять контактные процессы в данной зоне. Это показано в ряде проведенных ранее исследований [4, 5], где было установлено, что покрытия абразивных зерен, в частности покрытие стеклом или технологические покрытия металлами, изменяют характер контактных процессов в зоне обработки и тем самым непосредственно влияют на показатели процесса шлифования. При этом в зоне контакта инструмента с деталью наблюдается электризация, которая является следствием фрикционного контакта абразивного слоя шлифовального круга и обрабатываемой поверхности. Выявлено, что есть определенная связь элект-

тризации, возникающей при шлифовании, и износостойкости абразивного инструмента. Так, при шлифовании кругами на полимерном связующем, в результате накопления избыточного заряда, наблюдается повышенный износ алмазно-абразивного инструмента [4]. Одним из путей регулирования уровня электризации является введение в рабочий слой шлифовальных кругов дополнительных примесей (компактов), а также применение покрытий зерен СТМ.

Известно [4], что на фрикционные процессы и электризацию в зоне обработки оказывает влияние добавление в рабочий слой инструмента компактов, которые получали из мелкодисперсных порошков природных алмазов. В настоящей работе изучена целесообразность использования в рабочем слое шлифовальных кругов порошков нового композиционного материала. Для этого на поверхность алмазных шлифпорошков АС6 125/100 наносили композиционный материал на основе субмикронных (3/0) фракций порошков якутских природных алмазов из отходов гранильного производства методом физико-химического синтеза при давлении меньшем атмосферного. В результате были получены порошки из компактов (условная марка – КЯ) зернистостью 160/125 (рис. 1). Физико-механические свойства полученных порошков в сравнении с порошком алмаза АС6 125/100 представлены в табл. 1. Также были определены морфометрические характеристики алмазных шлифпорошков и порошка КЯ (табл. 2).

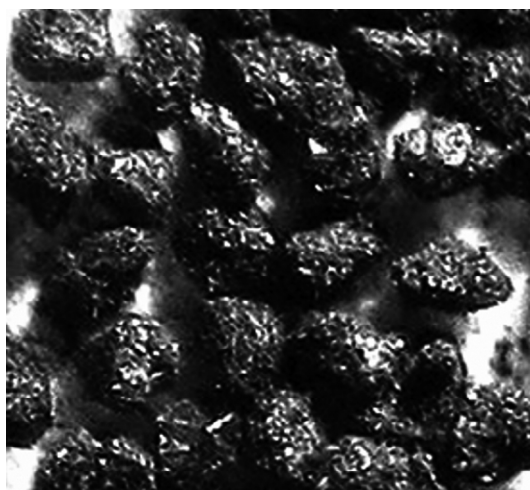


Рис. 1. Порошки из компактов КЯ 160/125.

Результаты исследования морфометрических характеристик алмазных шлифпорошков и порошков из компактов, проводившегося на приборе Dialnspect OSM, представлены в табл. 2, анализ данных которой показывает, что значения большей части характеристик компактов соответствуют средним значениям параметров алмазных шлифпорошков АС6 125/100 и АС6 160/125. Однако по трем показателям (выделены жирным шрифтом) компакты отличаются существенно: шероховатость зерен компактов самая высокая, внешняя удельная поверхность наименьшая, а количество режущих кромок – наибольшее. Логично предположить, что это, как следствие, может улучшить удержание зерен компактов и изменить фрикционный контакт инструмента с обрабатываемой деталью.

Таблица 1. Физико-механические и электрофизические свойства алмазных шлифпорошков и порошков из компактов КЯ 160/125

Порошок	P , Н	ρ , Ом·м	Абразивная способность по твердому сплаву, мг	Потеря массы на воздухе при 900 °С, %	Термостабильность (аргон, 1000 °С, 10 мин)
АС6 125/100	5,8	$5 \cdot 10^8$	276,55	3,3	0,85
КЯ 160/125	5,3	0,20	270,7	0,7	0,93

Таблица 2. Морфометрические характеристики алмазных шлифпорошков и порошков из компактов КЯ 160/125

Порошок	d_3 , мкм	EI	Rg	A_t , мкм ²	p , мкм	$F_{уд.}$, м ² /кг	n , шт.	ϕ , град
АС6 125/100	156,54	1,3232	1,0746	19463	579,12	43,11	10	99,3
КЯ 160/125	176,76	1,2751	1,0936	25025	655,84	28,55	11,7	101,4
АС6 160/100	186,72	1,2418	1,0770	27622	684,00	34,88	11	102,8

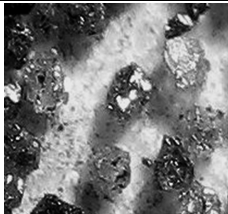
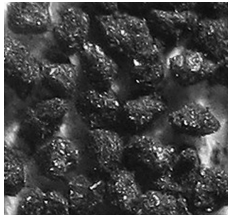
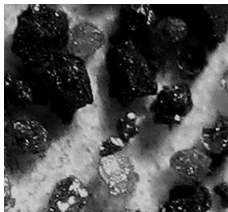
Примечание. d_3 – эквивалентный диаметр зерна; Rg и EI – шероховатость и эллиптичность зерен; A_t – общая площадь проекции зерна; p – периметр фактической проекции зерна; $F_{уд.}$ – внешняя удельная поверхность зерна; ϕ и n – углы заострения и количество режущих кромок зерна.

Были изучены особенности шлифования твердого сплава ВК6 шлифовальными кругами формы 12А2-45° типоразмера 125×5×3×32 на полимерном связующем В2-08 при 100 %-ной относительной концентрации порошка в рабочем слое. Указанные круги были изготовлены с рабочим слоем двух вариантов: на основе стандартного шлифпорошка АС6 125/100 и компакта КЯ 160/125 (см. рис. 1). Шлифование проводили на модернизированном универсальном заточном станке 3В642 при различной производительности обработки без охлаждения. Для определения особенностей контактных процессов в зоне шлифования экспериментальными кругами определяли напряженность электростатического поля продуктов шлифования (шлама). Такие продукты содержат в своем составе как микрочастицы обрабатываемого материала, так и рабочего слоя шлифовального инструмента. В результате была получена обобщенная картина особенностей процесса шлифования. Напряженность электростатического поля шлама при исследованиях фиксировали бесконтактным путем измерителем параметров электростатического поля ИПЭП-1, Указанный прибор устанавливали на определенном расстоянии от исследуемого объекта, на котором наблюдали накопление зарядов, расстояние в процессе эксперимента не изменяли. После обработки с помощью профилометра-профилографа модели SurfTest SJ-201 были определены параметры шероховатости обработанной поверхности, а также рассчитан линейным методом (в соответствии с ГОСТ 16181–82) относительный расход зерен порошка из сверхтвердых материалов. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Испытания показали (см. табл. 3), что использование шлифпорошков компактов КЯ, полученных из стандартного шлифпорошка АС6 125/100 и субмикронных фракций порошков природного алмаза в равных пропорциях, позволяет фактически в 2 раза повысить износостойкость алмазного инструмента. При этом уменьшается также и напряженность электростатического поля шлама (E , кВ/м) в зоне шлифования. Ранее в [4, 5] было показано, что для любого рабочего слоя с компактами из микропорошков КНБ повышение на-

пряженности электростатического поля шлама коррелирует с увеличением относительного расхода алмазных шлифпорошков, т. е. повышение напряженности электростатического поля ухудшает износостойкость шлифовальных кругов. Результаты проведенных исследований (см. табл. 3) соответствуют результатам, полученным ранее для компактов из КНБ. Так, в [4] при одинаковых характеристиках кругов с рабочим слоем из алмазных шлифпорошков $E = 2,1$ кВ/м, а из шлифпорошков компакта КНБ $E = 1,7$ кВ/м. При скорости обработки $500 \text{ мм}^3/\text{мин}$ кругом с рабочим слоем из стандартных алмазных шлифпорошков $E = 2,0$ кВ/м, из шлифпорошков компакта КЯ $E = 1,6$ кВ/м.

Таблица 3. Эксплуатационные показатели процесса шлифования твердого сплава ВК6 кругами с различным рабочим слоем

Рабочий слой	Изображение абразивного материала	Q , мм ³ /мин	E , кВ/м	q_p , мг/г	Ra , мкм
АС6 125/100–В2-08–100		200	-0,2	4,23	0,32
		300	-0,6	9,98	0,30
		400	-1,4	18,27	0,42
		500	-2,0	23,84	0,44
КЯ 160/125–В2-08–100		200	-0,1	2,19	0,42
		300	-0,3	5,39	0,43
		400	-1,4	11,85	0,54
		500	-1,6	12,78	0,64
Смесь [АС6 125/100–50 + + КЯ 160/125–50]–В2-08–100		200	-0,1	1,81	0,31
		300	-0,2	4,65	0,30
		400	-1,2	6,33	0,43
		500	-1,2	6,49	0,47

В [5] показано, что на электризацию в процессах обработки кругами из СТМ оказывает влияние относительная концентрация зерен в рабочем слое круга. Так, при уменьшении концентрации алмазных зерен АС6 125/100 в полимерной связке В2-08 от 125 до 75 % уменьшается и значения напряженности электростатического поля при шлифовании твердого сплава Т15К6: для 125 % до $-(2,2 \pm 0,11)$ кВ/м, для 100 % до $-(1,6 \pm 0,08)$ кВ/м и для 75 % до $-(1,4 \pm 0,07)$ кВ/м. Это дает возможность предположить, что если в рабочий слой круга ввести смесь из алмазных шлифпорошков и порошков из компакта КЯ меньшей концентрации (по 50 %), то можно добиться уменьшения электризации и, соответственно, уменьшения износа шлифовального круга. В табл. 3 представлены данные по шлифованию кругом с рабочим слоем из смеси алмазных шлифпорошков и порошков из компактов (по 50 %), видно, что при небольшой ($200\text{--}300 \text{ мм}^3/\text{мин}$) производительности шлифования электризация немного уменьшается и, соответственно, износ круга со смесью абразива снижается на 15–20 %, тогда как при большой ($400\text{--}500 \text{ мм}^3/\text{мин}$) произво-

длительности обработки электризация уменьшается более ощутимо (с 1,6 до 1,2 кВ/м) и, соответственно, износ круга уменьшается уже до 2 раз. На основании экспериментальных данных получены аппроксимирующие зависимости, описывающие связь между относительным расходом абразивных зерен при обработке и напряженностью электростатического поля шлама (рис. 2).

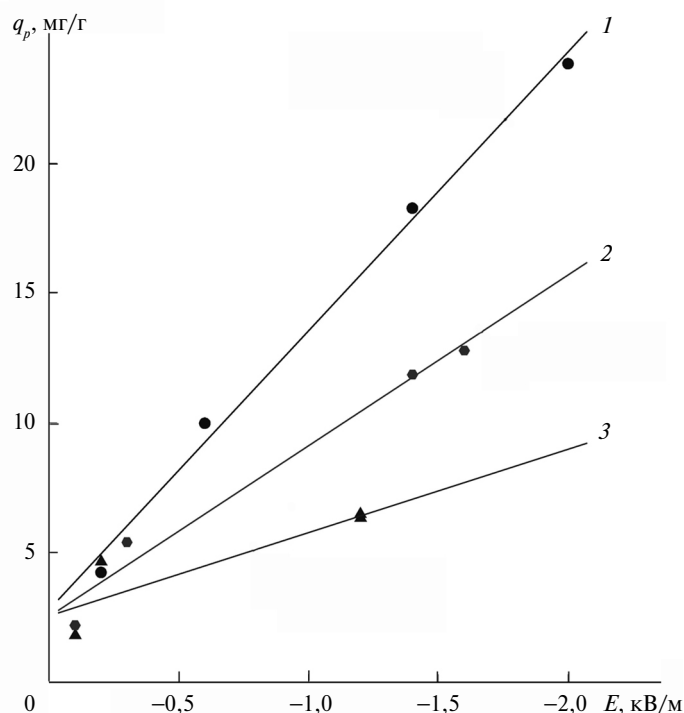


Рис. 2. Зависимость относительного расхода зерен СТМ от напряженности электростатического поля шлама при шлифовании твердого сплава ВК6 для различных сочетаний абразивов в рабочем слое круга: АС6 125/100 (1), КЯ 160/125 (2), КЯС 160/125 (3).

Как следует из рис. 2, напряженность электростатического поля является определенным оценочным критерием – по ее значению можно непосредственно судить о характере процесса шлифования, в том числе об износе алмазно-абразивного инструмента, а характер указанной связи зависит от абразива в рабочем слое. Также следует заметить, что шероховатость обработанной поверхности твердого сплава ВК6 после шлифования абразивными кругами с введением в рабочий слой компактов КЯ больше, чем после обработки стандартным алмазным кругом. Но при небольшой ($200\text{--}300\text{ мм}^3/\text{мин}$) производительности шлифования при использовании смеси алмазных шлифпорошков и порошков из компактов КЯ в рабочем слое круга шероховатость обработанной поверхности такая же, как при обработке стандартными алмазными кругами, а при более высокой производительности шероховатость несколько возрастает (см. табл. 3).

Таким образом, для улучшения износостойкости шлифовальных кругов и качества обработанной поверхности детали при шлифовании твердого сплава ВК6 целесообразно применять круги с рабочим слоем, состоящим из смеси алмазных шлифпорошков (50 %) и порошков из компактов КЯ (50 %). Износостойкость таких кругов при высокой производительности обработки в сравнении со стандартным инструментом повышается более чем в 3 раза.

Вивчено можливості застосування різнодисперсних порошків із компактів з вуглецевою зв'язкою на основі синтетичного і природного алмаза в шліфувальних кругах при обробці твердих сплавів. Показано, що часткова (50 %) або повна заміна синтетичних алмазів порошками із компактів, які містять алмазні зерна з покриттям у вигляді надтвердої оболонки з мікропорошків природних якутських алмазів із відходів огранкового виробництва з вуглецевою зв'язкою, дозволяє суттєво (більш ніж в 3 рази) підвищити зносостійкість алмазних шліфувальних кругів.

Ключові слова: вуглецева зв'язка, мікропорошки якутського природного алмазу, компакти, шліфпорошки, шліфувальні круги, зносостійкість.

The results of studying the possibilities of using a bunch of different compacted carbon powders dispersed synthetic and natural diamond grinding wheels in the machining of hard alloys. Displaying that the partial (50 %) or total replacement of synthetic diamonds compacted powders containing diamond grains coated with a superhard shell of micropowders natural Yakut diamonds, diamond cutting waste production related carbon binder, can significantly (by more than 3-fold) increase the wear resistance diamond grinding wheels.

Keywords: carbon bunch, micropowders of Yakut natural diamond, compacts, grinding powders, grinding wheels, wear resistance.

1. Лаврінченко В. І., Ситник Б. В., Полторацький В. Г. та ін. Композити на основі мікропорошків КНБ, структурованих вуглецевою зв'язкою, як функціональні елементи в структурі робочого шару алмазно-абразивного інструмента. Повідомлення 1. Шліфпорошки з композитів як абразивні елементи // Сверхтв. материалы. – 2014. – № 3. – С. 65–72.
2. Лаврінченко В. І., Ситник Б. В., Полторацький В. Г. та ін. Композити на основі мікропорошків КНБ, структурованих вуглецевою зв'язкою, як функціональні елементи в структурі робочого шару алмазно-абразивного інструмента. Повідомлення 2. Композити як опорні елементи // Там же. – 2014. – № 5. – С. 53–60.
3. Полторацький В. Г., Петасюк Г. А., Сафонова М. Н. и др. Новый композиционный абразивный материал из неостребованных порошков природного алмаза // Там же. – 2014. – № 2. – С. 93–104.
4. Девицький О. А. Підвищення ефективності шліфування матеріалів кругами з НТМ врахуванням електричних явищ, що супроводжують абразивну обробку // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – К.: ІНМ ім. В. М. Бакуля НАНУ, 2014. – 20 с.
5. Лаврінченко В. І., Девицький О. А., Ситник Б. В. та ін. Вплив функціональних домішок у робочому шарі кругів з надтвердих матеріалів та покриттів зерен на процеси електризації при шліфуванні // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. праць ЖДТУ. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – Вип. 9. – С. 92–98.

Поступила 19.02.2015