

Модифицирование шлифпорошков синтетического алмаза

ДЛЯ ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Спектр предлагаемых рынком алмазных шлифовальных кругов достаточно велик, и зачастую металлообработчики задаются вопросом: какими критериями руководствоваться при выборе инструмента, наиболее подходящего для работы с труднообрабатываемыми материалами? Исследования украинских ученых показали, что шлифовальные круги, в которых используются алмазные порошки с модифицированной поверхностью, отличаются повышенной износостойкостью и позволяют получить качественную поверхность

В промышленности при обработке изделий из твердого сплава, керамики, стекла и других хрупких материалов широко применяются алмазные синтетические порошки марок АС6–АС20. Дальнейшее развитие современных технологий алмазной обработки связано с использованием в алмазном инструменте порошков с новыми уникальными свойствами, особой морфологией зерен, с повышенной химической и термической стойкостью.

Одной из причин повышенного расхода алмазов при эксплуатации инструмента, а также при изготовлении некоторых видов инструмента на металлической связке является склонность алмаза к окислению в условиях высоких температур. Разработка эффективных способов повышения термостойкости шлифпорошков из сверхтвердых материалов, в том числе шлифпорошков абразивного назначения из порошков синтетического алмаза, способствует повышению качества шлифовального инструмента. Для повышения термостойкости алмазов их покрывают металлическим (металлизация) либо керамическим слоем или вводят в реакцию смесь, используемую при синтезе алмазов, легирующие добавки определенных элементов. Также разработаны другие способы нанесения покрытий для повышения термостойкости алмазов, такие как: стеклопокрытие, вакуумное ионно-плазменное напыление, эпитаксиальный синтез, магнетронное распыление, способ жидкофазного нанесения.

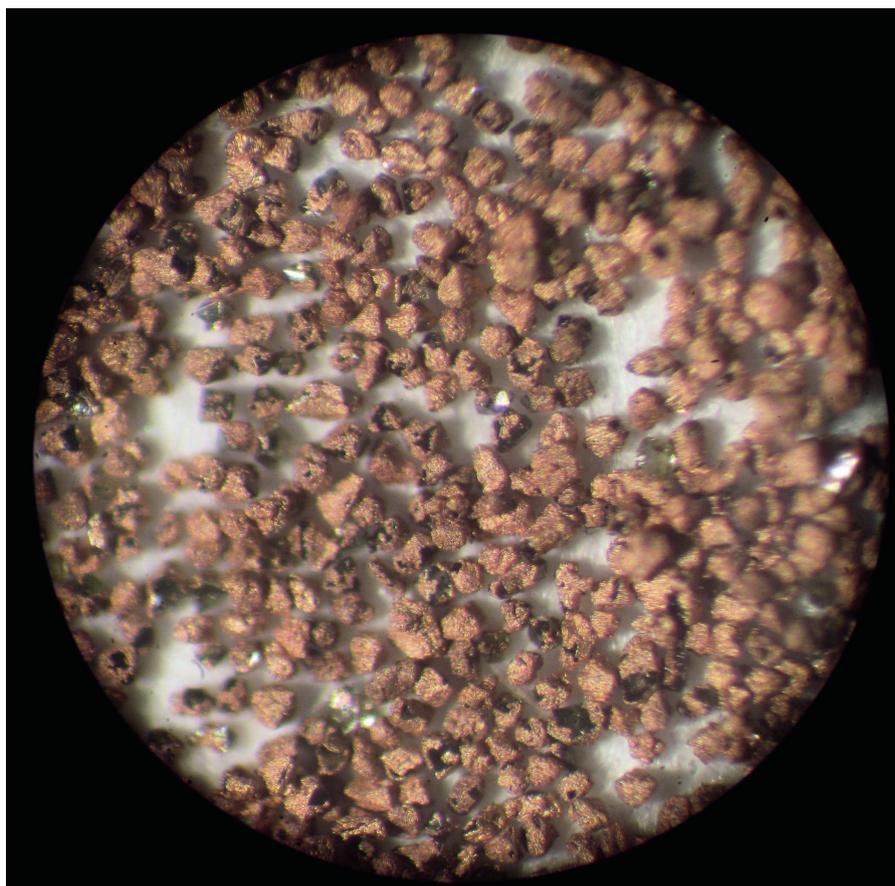
В последнее время было установлено, что перспективным является модифицирование поверхности зерен шлифпорошков термостойкими неорганическими неметаллическими покрытиями (оксидами и хлоридами металлов и неметаллов). Выявлено, что экономически наиболее выгодным является способ жидкофазного нанесения модификатора — из водных растворов оксидов и хлоридов металлов и неметаллов.

Целью данного исследования была разработка технологии модифицирования методом жидкофазного нанесения термостойких неорганических покрытий (оксидов и хлоридов металлов и неметаллов) на поверхность зерен шлифпорошков синтетического алмаза, используемых для шлифовального инструмента. Модифицирование проводилось изотермическим методом жидкофазного нанесения из насыщенных растворов как термостойких оксидов (B_2O_3 , Al_2O_3) и хлоридов ($CaCl_2$, $NaCl$, $MgCl_2$, $FeCl_3$), так и их смесей ($B_2O_3 + CaCl_2$, $B_2O_3 + NaCl$).



Авторы статьи

Лавриненко В. И., д-р техн. наук
 Бочечка А. А., д-р техн. наук
 Полторацкий В. Г., канд. техн. наук
 Институт сверхтвердых материалов
 им. В. Н. Бакуля НАН Украины
 Солод В. Ю., канд. техн. наук
 Днепропетровский государственный
 технический университет МОН Украины



■ Модификация поверхности твердого тела методом жидкофазного нанесения

Модификация поверхности твердого тела методом жидкофазного нанесения представляет собой процесс осаждения выделяющегося (кристаллизующегося) из раствора вещества-модификатора в виде кристаллов или пленок на поверхность твердого тела.

Кристаллизация вещества из раствора — это процесс перехода растворенного вещества из жидкой фазы в твердую, кристаллическую. Обычно он сопровождается появлением множества мелких монокристаллов. Массовая кристаллизация вызвана одновременным возникновением в пересыщенном растворе многих центров кристаллизации, что может происходить при охлаждении либо при нагревании раствора. Такую кристаллизацию можно вызвать не только изменением температуры раствора, но и введением другого растворителя или, как в нашем случае, удалением части растворителя при выпаривании раствора, а также внесением затравочных кристаллов (в данном случае ими являются зерна шлифпорошка синтетического алмаза).

Закрепление модификатора на частицах такого порошка обусловлено процессом физической адсорбции — явлением поглощения некоторыми твердыми телами газов, солей и т.п. веществ из растворов. Активные центры, существующие на поверхности частиц синтетического алмаза, являются первичными центрами закрепления модификатора. Адсорбированные частицы при этом сохраняют свою молекулярную природу, т.е. они в химическом смысле неизменны.

На рис. 1 показана схема процесса физической адсорбции (модификации), где адсорбентом (а) является исходный материал — шлифпорошок синтетического алмаза, адсорбат (b) — осажденный слой вещества-модификатора ($B_2O_3/NaCl/CaCl_2/...$), адсорбтив (с) — насыщенный раствор вещества-модификатора.

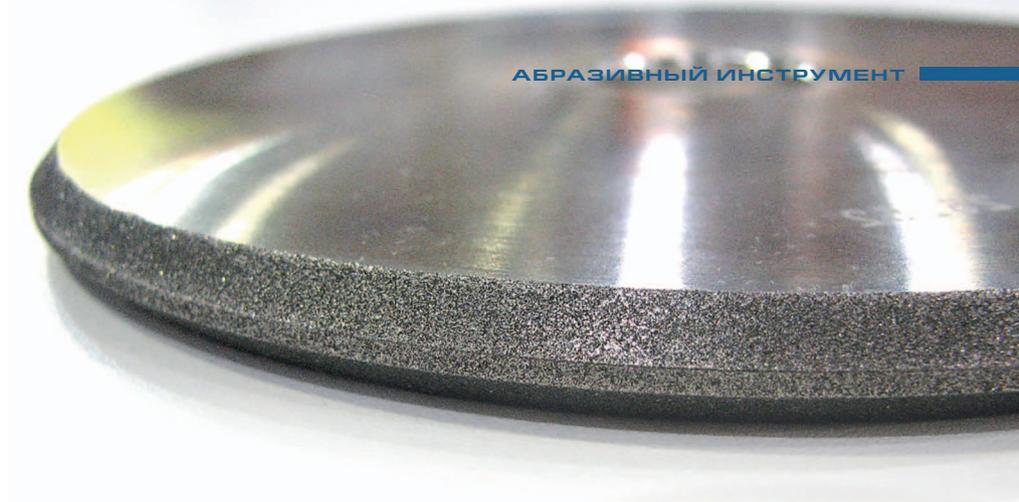
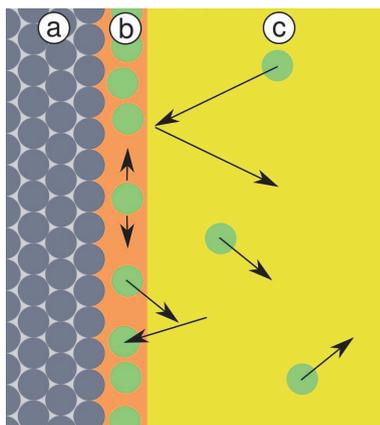


Таблица 1. Результаты модифицирования шлифпорошков синтетического алмаза насыщенными растворами термостойких оксидов и хлоридов

№ п/п	Алмазный порошок	Модификатор	Количество модификатора, %	Ктс
1	AC6 125/100	CaCl ₂	8,2	0,95
2	AC6 125/100	NaCl	9,7	0,98
3	AC6 125/100	B ₂ O ₃	6,3	0,98
4	AC6 125/100	B ₂ O ₃ (трижды)	7,4	0,98
5	AC6 125/100	MgCl ₂	6,0	0,92
6	AC6 125/100	FeCl ₃	5,2	0,97
7	AC6 125/100	B ₂ O ₃ + CaCl ₂	8,7	0,94
8	AC6 125/100	B ₂ O ₃ + NaCl	9,2	0,98
9	AC15 250/200 (Ni)	B ₂ O ₃	5,9	0,95
10	AC6 125/100 исходный			0,91

При жидкофазном способе формирования осаждённого слоя из раствора термостойких соединений (например, оксида бора (B_2O_3); хлоридов кальция ($CaCl_2$), магния ($MgCl_2$), железа (III) ($FeCl_3$) и др.) при осаждении вещества на поверхность зерен порошкового материала происходит кристаллизация материала осаждающегося слоя. Этот процесс имеет место в случае концентрации насыщения раствора и является положительным фактором, поскольку способствует достижению достаточной толщины осажденного слоя. Как показали наши исследования, в этом случае и при малой длительности процесса модификации размер образующихся кристаллов значительно меньше (на один-два порядка) по сравнению с размером зерен шлифпорошков, на которые осаждаются кристаллы.

Исследуемый шлифпорошок синтетического алмаза AC6 125/100 – 25 ст смешивали с 10–15 мл насыщенного раствора вещества-модификатора с применением магнитной мешалки в течение 10 мин при нормальных условиях. Излишек раствора сливали, оставшуюся смесь фильтровали. Полученную влажную массу порошка высу-

шивали, размешивая при температуре 120°C до сухого однородного состояния. После нанесения покрытия методом гравиметрии определили относительное количество вещества-модификатора, а также изменение термостойкости покрытых (модифицированных) порошков. Была проведена термообработка как исходных, так и модифицированных образцов в воздушной среде в трубчатой печи при температуре 800–900°C в течение 30 мин. Образцы взвешивались до и после нагревания, по результатам взвешивания был вычислен коэффициент термостойкости Ктс. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Степень покрытия зерен порошкового материала, например, оксидом бора (B_2O_3) в среднем составляет 5,64% (плотность $B_2O_3 = 2,55 \text{ г/см}^3$, плотность алмаза = $3,56 \text{ г/см}^3$).

На рис. 2 показаны зерна шлифпорошка синтетического алмаза AC6 125/100, трижды модифицированного термостойким оксидом B_2O_3 (образец № 4 в табл. 1), и приведены элементы, в которых был определен элементный состав поверхности зерен методом локального рентгеноспектрального (ЛРС) анализа (табл. 2). Результаты количественного ЛРС анализа образца № 4 (трижды модифицированного B_2O_3) показывают содержание углерода (алмаз) — от 72,26 до 19,69%, бора — от 0,0 до 12,53%, кислорода — от 22,58 до 67,79%.

➊ Рис. 1. Схема процесса физической адсорбции (модификации): адсорбент (а), адсорбат (b), адсорбтив (раствор) (с)

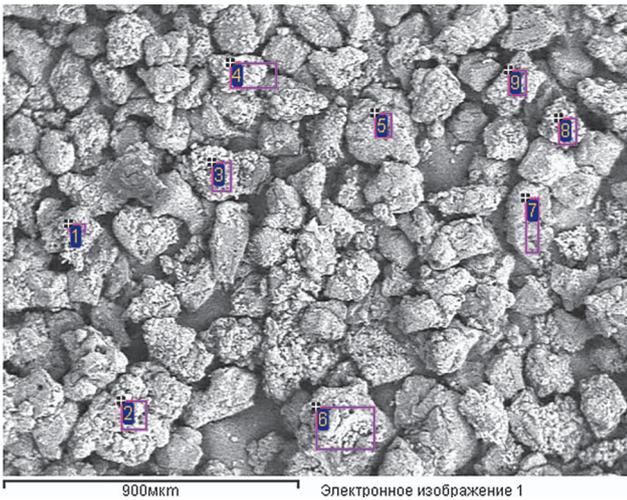


Рис. 2. Аналитические области, в которых выполнен элементный анализ, на поверхности образца № 4

Таблица 2. Результаты количественного элементного анализа поверхности образца № 4 (в массовых %)

Номер спектра на рис. 2	Бор	Углерод	Кислород
1	10,05	28,63	61,32
2	12,53	19,69	67,79
3	4,85	41,01	54,14
4	8,87	28,78	62,35
5	0,00	34,53	65,47
6	7,16	37,88	54,96
7	5,17	72,26	22,58
8	9,44	41,60	48,97
9	8,52	26,96	64,52

Указанные порошковые материалы были исследованы методом дифференциального термического анализа на дериватографе Q-1500 D. На рис. 3 и рис. 4 представлены результаты термогравиметрического, дифференциально-термогравиметрического и дифференциального термического анализа образцов шлифпорошка синтетического алмаза AC6 125/100: образец № 10 — исходный, образец № 3 — модифицированный B_2O_3 .

Навеска образцов № 10 и № 3 — 150 мг, скорость нагрева — 10 °/мин. Потеря массы после полного остывания печи: образец № 10 — 26,3%, образец № 3 — 7,5 %, т. е. потеря массы модифицированного образца в 3,5 раза меньше по сравнению с исходным. Таким образом, на основании анализа результатов проведенных исследований (см. табл. 1, рис. 3 и рис. 4) можно констатировать, что нанесение покрытий из неорганических веществ (некоторых оксидов и хлоридов) повышает термостойкость шлифпорошков синтетического алмаза.

■ Эксплуатационные характеристики шлифовальных кругов

Рассмотрим, как модифицирование поверхности алмазных шлифпорошков отражается на эксплуатационных показателях шлифовальных кругов. Результаты приведены в табл. 3.

Из данных табл. 3 видно, что **модифицирование позволяет снизить расход алмазов в кругах при шлифовании, и можно построить ряд модификаторов по мере повышения износостойкости кругов:**

Без модифицирования — B_2O_3 — $FeCl_3$ — $B_2O_3/MgCl_2$ — $CaCl_2$ — B_2O_3/Al_2O_3 .

Разница в износе алмазного круга для первого места этого ряда (без модифицирования) и последнего (модификация поверхности — B_2O_3/Al_2O_3) составляет 2,18. То есть,

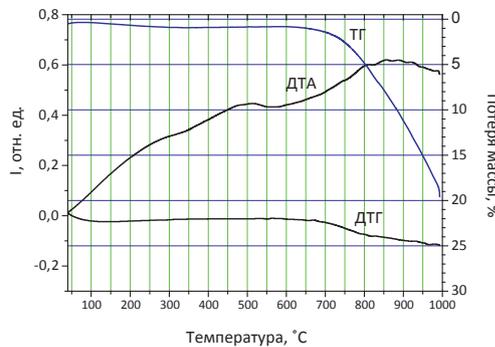


Рис. 3. Термограмма образца шлифпорошка синтетического алмаза AC6 125/100 (исходного, необработанного) — образец № 10

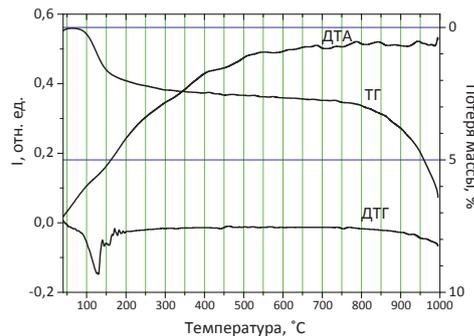


Рис. 4. Термограмма образца шлифпорошка синтетического алмаза AC6 125/100, модифицированного B_2O_3 , — образец № 3

Таблица 3. Эксплуатационные характеристики алмазных шлифовальных кругов на полимерной связке В2-08 с относительной концентрацией зерен — 100% с разными вариантами модификации поверхности алмазных зерен марки AC6 125/100 при шлифовании твердого сплава Т15К6 с производительностью 400 мм³/мин

Варианты модифицирования поверхности алмазных зерен в рабочем слое алмазных кругов 12А2-45° 125 × 5 × 3 × 32	Относительный расход алмазов в круге при шлифовании, q, мг/г	Шероховатость обработанной поверхности по параметру Ra, мкм
Модифицирование B_2O_3 (50 % зерен) и Al_2O_3 (50 % зерен)	17	0,43
Модифицирование $CaCl_2$	20	0,41
Модифицирование B_2O_3 (50 % зерен) и $MgCl_2$ (50 % зерен)	24	0,41
Модифицирование $FeCl_3$	26	0,43
Модифицирование B_2O_3	32	0,49
AC6 125/100 В2-08 100 без модифицирования поверхности зерен	37	0,52
Модифицирование смесь ($B_2O_3 + CaCl_2$) поверхности зерен	43	0,40
Модифицирование $NaCl$	46	0,44

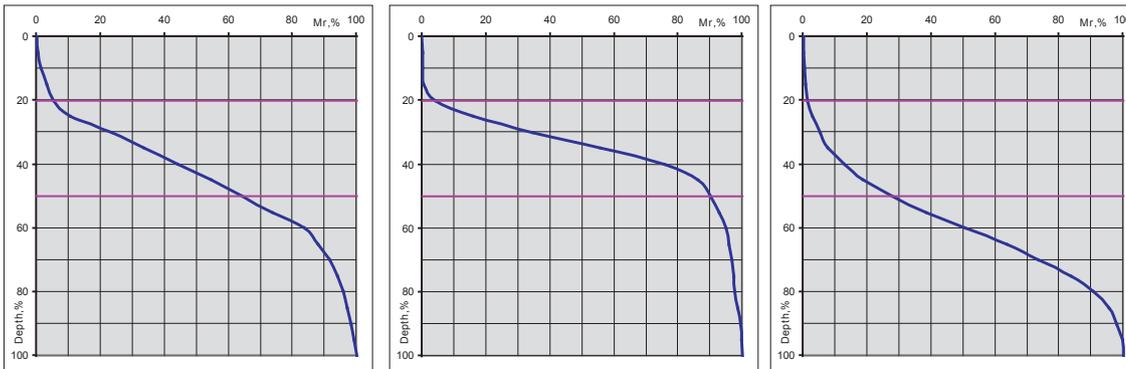


Рис. 5. Кривые относительной опорной длины профиля поверхности, обработанной кругом без модификации поверхности алмазных зерен (а), с модификацией поверхности зерен комбинацией B_2O_3/Al_2O_3 (б) и кругом с модификацией поверхности зерен NaCl (в) при шлифовании твердого сплава с производительностью $400 \text{ мм}^3/\text{мин}$

модифицирование поверхности алмазных зерен комбинацией B_2O_3/Al_2O_3 гарантированно в 2 раза повышает износостойкость алмазных кругов.

Теперь обратим внимание на показатели шероховатости обработанной поверхности (см. табл. 3). Видно, что во всех случаях модифицирования шероховатость по параметру Ra снижается. При этом, модификаторы, которые дают наибольший эффект на снижение параметра Ra, можно расположить в ряд по мере увеличения параметра Ra:

$B_2O_3/CaCl_2$ — $(CaCl_2 — B_2O_3/MgCl_2)$ — $(FeCl_3 — B_2O_3/Al_2O_3)$ — NaCl.

Кроме того, покажем, что при необходимости изменением модификатора поверхности алмазных зерен можно повлиять на несущую способность шероховатой поверхности, полученной при шлифовании (рис. 5).

Из рис. 5 видно, что модификация поверхности алмазных зерен комбинацией B_2O_3/Al_2O_3 позволяет повысить заполненность шероховатой поверхности и её несущую способность. В свою очередь, модификация поверхности алмазных зерен модификатором NaCl значительно снижает заполненность шероховатого слоя и несущую способность такой поверхности.

Укажем, что в последнем случае такая поверхность может найти применение в том случае, когда нам необходимо быстро обработать поверхность детали.

По вопросам изготовления специального шлифовального инструмента с использованием улучшенных алмазных шлифпорошков, внедрения эффективных процессов алмазно-абразивной обработки и для получения более детальной информации можно обратиться в ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, отдел алмазно-абразивной и физико-технической обработки, тел. (044) 432-95-15, e-mail: lavrinenko@ism.kiev.ua

JIMTOF 2020

30-та Японська міжнародна виставка машинобудування JIMTOF 2020

відбудеться в режимі онлайн з 10:00 16.11.2020 р. по 17:00 27.11.2020 р.
Архів заходу буде доступний з 17:00 27.11.2020 р. по 17:00 11.12.2020 р.

Для отримання детальної інформації щодо JIMTOF 2020 Online



www.jimtof.org