

4. Прогнозирование работоспособности металлорежущего инструмента / Л. Н. Девин. – К. : Наук. думка, 1992. – 131 с.
5. Стахнив Н. Е., Сулима А. Г. Закономерности изменения силы резания при врезании и выходе инструмента из заготовки при точении силуминов резцами с круглыми АТП // Сверхтвердые матер. – 2010. – № 5. – С. 88–99.
6. Стахнив Н. Е., Девин Л. Н., Исследование влияния износа резца, оснащенного пластиной из композита на основе КНБ на его вибрации при чистовом точении // Сверхтвердые матер. – 2012. – № 3. – С. 62–69.
7. Прогнозирование виброустойчивости инструмента при точении и фрезеровании / С. А. Васин. – М. : Машиностроение, 2006. – 384 с.
8. Повышение надежности резцов путем демпфирования режущих пластин из поликристаллов КНБ / Л. М. Девин, О. А. Осадчий, А. Г. Сулима // Новітні технології в машинобудуванні: металообробка, інструмент, реновація: зб. Наук. праць / редкол. С. С. Сомотугін та ін. – Маріуполь : ПДТУ, 2010. – Вип. 2. – С. 25–37.
9. Девин Л. Н., Осадчий А. А. Повышение эксплуатационных характеристик резцов из КНБ путем увеличения их демпфирующих свойств / Сверхтвердые матер. – 2012. – № 5. – С. 62–71.

Поступила 09.06.15

УДК 621.762.922.02

В. И. Лавриненко, д-р. техн. наук; **Г. Д. Ильницкая**, **О. О. Пасечный**, **В. В. Смоквина**, **А. А. Девицкий**, **В. В. Шатохин**, **Л. А. Романко**, кандидаты технических наук; **И. Н. Зайцева**, **В. В. Тимошенко**, **В.И. Мельник**¹; **Е. В. Ищенко**, д-р. хим. наук, **С. В. Гайдай**, канд. хим. наук²

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

²Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, г. Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННОГО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ШЛИФОВАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Приведены результаты термодесорбционных исследований алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 металлизированных покрытий Ni и композиционных покрытий на основе Ni–Al. Установлено, что создание на поверхности алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 металлизированных покрытий Ni и композиционных покрытий на основе Ni–Al способствует увеличению их удельной площади поверхности, повышает стойкость к окислению и электропроводность, что приводит к снижению удельного расхода алмазов и повышению износостойкости шлифовального инструмента.

Ключевые слова: термодесорбционные исследования, удельный расход алмазов, электропроводность, износостойкость, шлифовальный инструмент

Введение

В машиностроении широко применяют шлифовальный алмазный инструмент для обработки труднообрабатываемых инструментальных материалов. Одним из путей повышения износостойкости алмазно-абразивного инструмента и увеличения алмазоудержания является металлизация алмазов различными покрытиями [1–3]. В процессе алмазного шлифования могут возникать электрические явления, которые могут дать дополнительную информацию об износе алмазного круга, так как напрямую связаны с эксплуатационными показателями обработки [4; 5].

Развитие инструментального производства, необходимость в обработке новых труднообрабатываемых материалов, поиск путей энергосбережения диктуют необходимость получения композиционных покрытий с новыми свойствами, позволяющими внести в зону контакта

необходимые функциональные материалы, например, твердые смазки или СОТС [6] либо позволяют укрепить контакт «зерно – связка» в шлифовальном инструменте.

Цель настоящей работы – исследовать влияние физико-химических характеристик инструментального материала на износостойкость шлифовального инструмента.

Методика исследований

Исследовали исходные алмазы марки АС6 зернистостью 125/100, металлизированные методом химического восстановления Ni (25 мас.%) и затем покрытые методом обкатки в присутствии специального связующего тонкодисперсным порошком алюминия марки АСД крупностью –40 мкм. Степень металлизации алмазов с композиционным покрытием составляла 70–75 мас.%.

Физико-химические характеристики исследовали с помощью масс-спектрометра МИ 1201 при температуре 20–1000 °С в воздушной среде [7]. Для получения информации о состоянии поверхности порошков алмазов исходных (образец 1), покрытых никелем (образец 2), а затем алюминием (образец 3) снимали термодесорбционные спектры. С этой целью исследуемые образцы переносили в кварцевую кювету, вакуумировали и снимали масс-спектры до температуры 800 °С, скорость нагрева составляла 10 °С/мин.

Электрофизические характеристики образцов, в частности удельное электросопротивление, измеряли по разработанной в ИСМ НАН Украины методике [8].

Износостойкость экспериментальных шлифовальных кругов определяли по удельному расходу алмазов q_p [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Для получения информации о состоянии поверхности исследуемых порошков сняли термодесорбционные спектры.

Принцип метода термодесорбции заключается в адсорбции реагентов на поверхности образца при заданных условиях: удалении молекул исходных веществ из газовой фазы (вакуумирование образца до 10^{-4} Па при комнатной температуре); последующем нагревании образца с постоянной скоростью с одновременным анализом выделяемых продуктов. С помощью масс-спектрометра МИ 1201 анализировали пары воды, газы, десорбированные с поверхности образцы (диоксид углерода, монооксид углерода, молекулярный кислород). Непрерывная регистрация фиксированных масс в памяти ЭВМ позволяет строить термодесорбционные кривые для каждого вещества отдельно. Построили зависимости интенсивности термодесорбционных спектров от температуры для всех изученных образцов (рис. 1–4).

Термодесорбционные кривые диоксида углерода на поверхности исходных 1 алмазов марки АС6 зернистостью 125/100, металлизированных никелем 2 и покрытых алюминием 3 показаны на рис. 1.

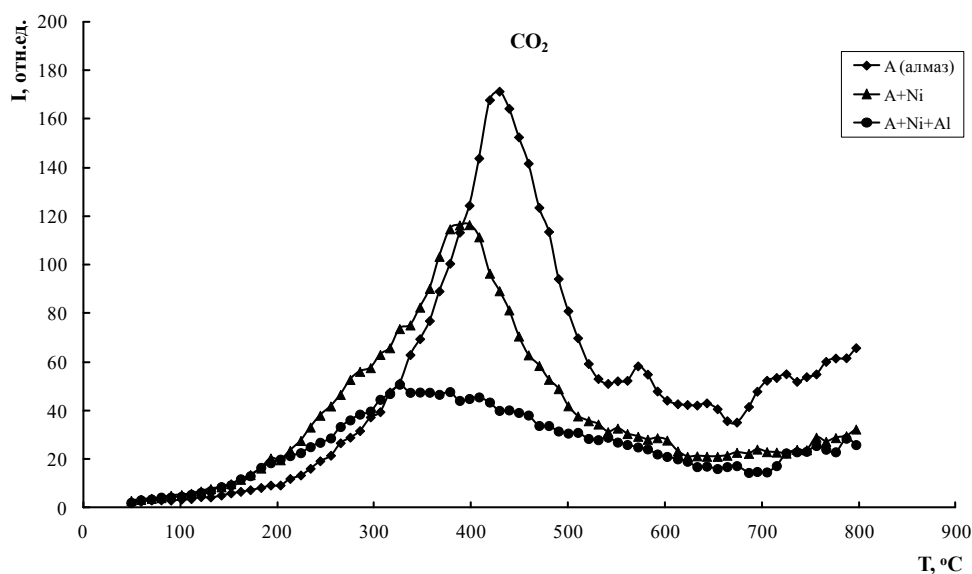


Рис. 1. Термодесорбционные кривые диоксида углерода CO_2 на поверхности алмазов марки АС6 зернистости 125/100: 1 – исходных; 2 – метал-лизированных никелем; 3 – покрытых алюминием

Термодесорбционные кривые монооксида углерода на поверхности исходных 1 алмазов марки АС6 зернистостью 125/100, металлизированных никелем 2 и покрытых алюминием 3 показаны на рис. 2.

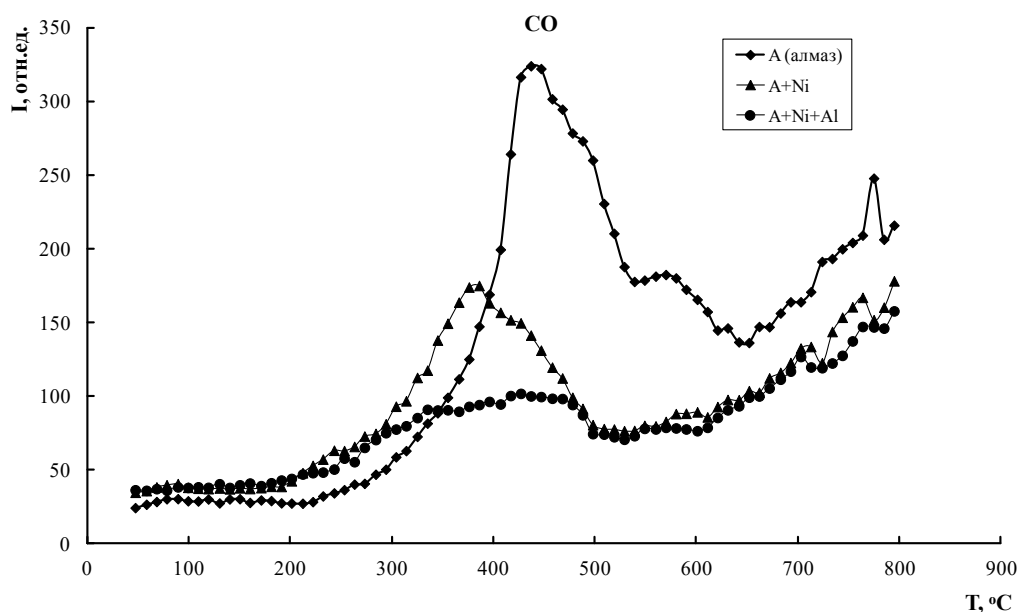


Рис. 2. Термодесорбционные кривые монооксида углерода CO на поверхности алмазов марки АС6 зернистостью 125/100: 1 – исходных; 2 – металлизированных никелем; 3 – покрытых алюминием

Как следует из данных рис. 1 и 2, диоксид и монооксид углерода начинают выделяться при температуре с 200 и 300 °С, максимальное выделение происходит при температуре соответственно 370 и 430 °С. При этом нанесения на поверхность исходных порошков алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 металлизированных покрытий никеля и алюминия позволяют повысить окислительную стойкость алмазов.

Термодесорбционные кривые паров воды на поверхности исходных 1, алмазов марки АС6 зернистостью 125/100, металлизированных никелем 2 и покрытых алюминием 3 показаны на рис. 3.

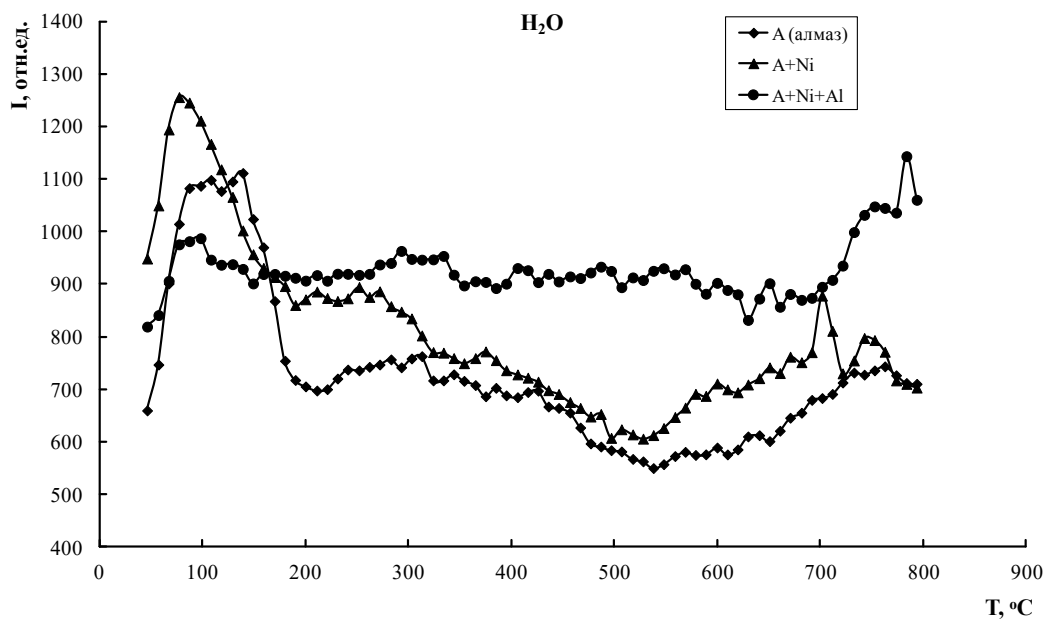


Рис. 3. Термодесорбционные кривые паров воды на поверхности алмазов марки АС6 зернистостью 125/100: 1 – исходных; 2 – металлизированных никелем; 3 – покрытых алюминием

Из данных на рис. 3 следует, что вода выделяется постоянно на протяжении всего периода нагревания. Пики на кривых до температуры 200 °С свидетельствуют о наличии воды на поверхности всех образцов, после чего начинает активно выделяться вода, содержащаяся в пористой структуре образцов. Содержание воды в порошках алмаза тесно связано с их удельной площадью поверхности. Кривая 1 на рис. 3 (для исходного образца) указывает на наименьшее содержание воды в образце и меньшую удельную площадь поверхности порошков алмаза. Покрытие порошков алмаза сначала никелем (кривая 2, на рис. 3), а затем алюминием (кривая 3, на рис. 3) способствуют увеличению их площади поверхности. Создание на поверхности образца 3 композиционного покрытия Ni–Al приводит к образованию развитой поверхности, о чем свидетельствует наибольшее содержание воды (кривая 3).

Термодесорбционные кривые молекулярного кислорода на поверхности исходных 1 алмазов марки АС6 зернистостью 125/100, металлизированных никелем 2 и покрытых алюминием 3 показаны на рис. 4.

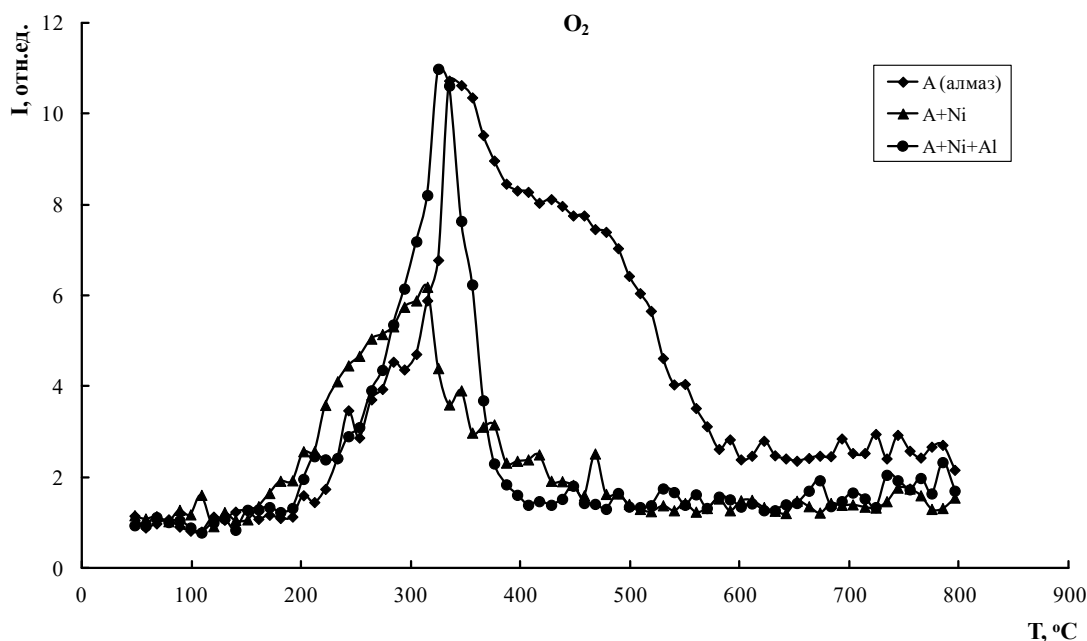


Рис. 4. Термодесорбционные кривые молекулярного кислорода на поверхности алмазов марки АС6 зернистостью 125/100: 1 – исходных; 2 – метал-лизированных никелем; 3 – покрытых алюминием

Согласно данным рис. 4 выделение молекулярного кислорода в образцах незначительное по сравнению с парами воды. При этом создание на поверхности образцов металлизированных покрытий (кривые 2 и 3, на рис. 4.) повышают стойкость к окислению порошков алмаза и выделение молекулярного кислорода снижается.

Таким образом, как показали результаты термодесорбционных исследований при создании на поверхности алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 металлизированных покрытий никелем и композиционных покрытий на основе Ni–Al увеличивается их удельная площадь поверхности и повышается стойкость к окислению.

Электрофизические характеристики образцов порошков алмаза (1, 2 и 3) оценивали по изменению их удельного электросопротивления ρ . Так, если для исходного порошка алмаза $\rho = 5,47 \cdot 10^{10}$ Ом·м), то после металлизации порошков алмаза электропроводным металлом Ni материал (образец 2), естественно, становится электропроводным с $\rho = 1 \cdot 10^{-5}$ Ом·м. Алмазы, металлизированные композиционными покрытиями (Ni–Al), имеют удельное электросопротивление на порядок выше. В ходе экспериментов установили, что если удельное электросопротивление металлизированных алмазов низкое то электропроводность процесса выше, что при электроэрозионном шлифовании должно положительно влиять на износостойкость инструмента.

Для оценки износостойкости инструмента с использованием исследуемых образцов (1, 2 и 3) изготовили серию шлифовальных кругов формы 12А2-45° на полимерной связке В2-08. Твердый

сплав ВК6 шлифовали без охлаждения при производительности обработки $Q = 300 \text{ мм}^3/\text{мин}$ и $Q = 400 \text{ мм}^3/\text{мин}$. Результаты испытаний приведены в таблице.

Результаты алмазной обработки (без охлаждения) твердого сплава ВК8 шлифовальными кругами, оснащенными алмазами марки АС6 зернистостью 125/100 с металлизированными покрытиями

№ п/п	Шлифовальный инструмент	R_a , мкм	E , кВ/м	q_p , мг/г
$Q = 300 \text{ мм}^3/\text{мин}$				
1.	АС6 125x5x3x32 125/100–В2-08–100	0,34	-0,5	9,98
2.	АС6 125x5x3x32 125/100 (Ni)–В2-08–100	0,36	-0,9	8,48
3.	АС6 125x5x3x32 125/100 (Ni-Al)–В2-08–100	0,40	-0,4	5,69
$Q = 400 \text{ мм}^3/\text{мин}$				
1.	АС6 125x5x3x32 125/100–В2-08–100	0,47	-1,6	18,27
2.	АС6 125x5x3x32 125/100 (Ni)–В2-08–100	0,42	-1,7	14,85
3.	АС6 125x5x3x32 125/100 (Ni-Al)–В2-08–100	0,53	-1,4	10,04

Как следует из данных таблицы, удельный расход алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 при шлифовании без охлаждения алмазами, металлизированными Ni и с композиционными покрытиями на основе Ni–Al, ниже, чем при шлифовании порошками алмазов без покрытий (исходными). Использование в шлифовальных кругах алмазов, металлизированных Ni, способствует снижению удельного расхода алмазов и повышению износостойкости до 15% при производительности обработки $Q = 300 \text{ мм}^3/\text{мин}$ и до 20% при $Q = 400 \text{ мм}^3/\text{мин}$. Оснащение шлифовального инструмента алмазами с композиционными покрытиями на основе Ni–Al приводит к повышению износостойкости на 30% при производительности обработки $Q = 300 \text{ мм}^3/\text{мин}$ и на 45 % при $Q = 400 \text{ мм}^3/\text{мин}$ по сравнению с применением алмазов без металлизированного покрытия. В этой связи согласно результатам исследований применение покрытий металлами рабочих зерен целесообразно при высокой производительности обработки.

Как показали результаты исследований (см. таблицу), применение кругов с металлизированным покрытием алмазных зерен позволяет получить более качественную обработанную поверхность детали.

Для установления особенностей контактных процессов в зоне шлифования измерителем параметров электростатического поля ИПЭП-1 дополнительно определяли напряженность электростатического поля шлама. При более высокой производительности обработки процессы, связанные с электризацией в зоне шлифования, протекают интенсивнее, о чем свидетельствует высокая напряженность электрического поля. Эти значения следует также применять в качестве критерия, по которому можно оценивать износ алмазных кругов, поскольку высшей напряженности электростатического поля соответствует больший относительный расход зерен СТМ [10]. Это подтверждено предыдущими исследованиями, где обращено внимание на то, что при обработке кругами на полимерном связующем электризация, возникающая в зоне шлифования, негативно влияет на износостойкость алмазно-абразивного инструмента [11]. Результаты исследований свидетельствуют о том, что при покрытии зерен СТМ изменяется характер контакта инструмента с обрабатываемой деталью, а следовательно, процессы, связанные с электризацией. Выбор оптимального покрытия алмазных зерен позволит уменьшить износ шлифовальных кругов, что очень важно при реализации процессов, предусматривающих обработку при высокой производительности.

Таким образом, металлизация алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 никелем, а также покрытие зерен алмаза композиционным материалом на основе Ni–Al способствуют получению зерен алмаза с более развитой поверхностью и более стойких к окислению по сравнению с исходными порошками алмаза. При этом покрытие зерен алмаза на основе Ni и Ni–Al усиливает их электропроводные свойства и способствуют снижению удельного расхода алмазов при алмазной обработке труднообрабатываемых инструментальных материалов, что приводит к повышению износостойкости шлифовального инструмента.

Выводы

1. На основании термодесорбционных исследований установлено, что с созданием на поверхности алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 металлизированных покрытий Ni и композиционных покрытий на основе Ni–Al увеличивается их удельная площадь поверхности и повышается стойкость к окислению.

2. Показано, что металлизированные покрытия Ni и композиционные покрытия на основе Ni–Al повышают электропроводность порошков алмаза марки АС6 зернистостью 125/100 более чем в 10 порядков по сравнению с исходными порошками.

3. Установлено, что удельный расход алмазов марки АС6 зернистостью 125/100 при алмазной обработке алмазами, металлизированными Ni и с композиционными покрытиями на основе Ni–Al, ниже по сравнению с этим показателем порошков алмазов без покрытий (исходных). Использование в шлифовальных кругах алмазов, металлизированных Ni, способствует снижению удельного расхода алмазов и повышению износостойкости до 15% при производительности обработки $Q = 300 \text{ мм}^3/\text{мин}$ и до 20% при $Q = 400 \text{ мм}^3/\text{мин}$. Оснащение шлифовального инструмента алмазами с композиционными покрытиями на основе Ni–Al приводят к повышению износостойкости на 30% при производительности обработки $Q = 300 \text{ мм}^3/\text{мин}$ и на 45 % при $Q = 400 \text{ мм}^3/\text{мин}$ по сравнению с неметаллизированными алмазами.

Наведено результати термодесорбційних досліджень алмазів марки АС6 зернистістю 125/100 металізованих покриттів Ni і композиційних покриттів на основі Ni–Al. Встановлено, що створення на поверхні алмазів марки АС6 зернистістю 125/100 металізованих покриттів Ni і композиційних покриттів на основі Ni–Al сприяє збільшенню їх питомої площі поверхні, підвищує стійкість до окислення і електропровідність, що зумовлює зниження питомої витрати алмазів та підвищення зносостійкості шліфувального інструменту.

Ключові слова: термодесорбційні дослідження, електропровідність, питомі витрати алмазів, зносостійкість, шліфувальний інструмент.

Results thermodesorption researches of diamonds of mark AC6 of granularity of 125/100 metalized coverings Ni and composite coverings on basis Ni–Al are resulted. Creation is established on surfaces of diamonds of mark AC6 of granularity of 125/100 metalized coverings Ni and composite coverings on basis Ni–Al, that, increase their specific area of a surface, raise stability oxidation and electroconductivity, that results reduction of the specific charge of diamonds and increase in wear resistance of the grinding tool.

Key words: thermodesorption researches, electroconductivity, the specific charge of diamonds, wear resistance, the grinding tool.

Литература

1. Дуда Т. М. Взаимодействие на границах контакта алмаз-покрытие-связка / Т.М. Дуда // Сверхтвердые материалы. – 1986. – № 5. – С. 30–33.
2. Дуда Т. М. Эффективные покрытия для порошков алмаза и КНБ, их структурные особенности и области промышленного применения / Т.М. Дуда // Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ им.В.Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – С. 86–95.
3. Дуда Т. М. Некоторые особенности получения и физико-механические свойства алмазных порошков, металлизированных композиционными химическими покрытиями с включением УДА / Т.М. Дуда, Ю.И. Никитин, В.Г. Полторацкий и др. // Сверхтвердые материалы. – 2000. – № 5. – С. 88–94.
4. Лавріненко В. І. Дослідження зміни напруженості електростатичного поля при шліфуванні / В.І. Лавріненко, Б.В. Ситник, О.А. Девицький // Високі технології в машинобудуванні: зб. наук. Пр. НТУ «ХП». – Х.: 2008. – С. 215–220.
5. Лавріненко В. І. Електричні явища в процесах механічної обробки, їх взаємозв'язок із продуктивністю та енергоємністю оброблювання та способи ефективного застосування цих явищ / В.І. Лавріненко, О.А. Девицький, Б.В. Ситник // Прогресивні технології і системи машинобудування : Міжнар. зб. наук. пр. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – Вип. 38. – С. 122–126.
6. Пат. на корисну мод. № 34193, Україна, МПК (2006) С10М 159/00. Тверде мастило для алмазно-абразивної обробки інструментальних матеріалів / А.М. Бровченко, В.І. Лавріненко, В.В. Смоквина, І.П. Пономаренко, В.Г. Волошина / – Заявл. 14.04.08; Опубл. 25.07.08, Бюл. № 14.

7. Богатырева Г. П. Взаимодействие порошков синтетического алмаза с жидкими и газовыми средами / Г.П. Богатырева, М.А. Маринич, Г.А. Базалий и др. // Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Т. 2. Структура и свойства СТМ, методы исследования : монография в 6 т. / под общ. ред. Н.В. Новикова; Отв. ред. В.М. Перевертайло. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН» НАНУ, 2004. – С. 97–125.
8. М 23.9-303:2014. Методика определения удельного электрического сопротивления дисперсных порошков сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, 2014. – 6 с.
9. Бакуль В. Н. Справочник по алмазной обработке металлорежущего инструмента – под общ. ред. В.Н. Бакуля – К.: «Техніка», 1971. – 208 с.
10. Пат. на корисну мод. № 83782 Україна, МПК (2013.01) B23B 25/00. Спосіб оцінювання зносостійкості шліфувального інструмента з надтвердих матеріалів із введенням функціональних домішок у робочий шар інструмента / В.І. Лавріненко, О.А. Девицький, Б.В. Ситник, С.А. Кухаренко. – Заявл. 19.04.13; Опубл. 25.09.13, Бюл. № 18.
11. Выбор характеристик рабочего слоя абразивного инструмента из сверхтвердых материалов с учетом электрических явлений, сопровождающих процесс шлифования / В.И. Лавриненко, А.А. Девицкий, О.О. Пасичный, и др. // Инструмент. світ. – 2013. – № 3-4 (59–60). – С. 17–22.

Поступила 10.06.2015

УДК 539.216:621.762

**В. В. Ивженко, О. Н. Кайдаш, Н. М. Прокопий, П. П. Иценко, кандидаты технических наук,
Г. Ф. Сарнавская**

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

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ СМС-КОМПОЗИТОВ $V_4C-15(VC-TiH_2)$

Установлены кинетические закономерности одноосного горячего прессования СМС-композиатов $V_4C-15(VC-TiH_2)$. Показано, что добавки TiH_2 и VC активируют уплотнение V_4C и улучшают спекание. Изучены особенности образования структуры и ее влияние на физико-механические свойства материала.

Ключевые слова: карбид бора, V_4C , TiH_2 , VC , горячее прессование.

Среди тугоплавких соединений карбид бора выделяется высокой твердостью, износостойкостью, химической инертностью, низким удельным весом, высоким модулем упругости [1; 2]. В этой связи применение керамики на основе карбида бора в качестве термо-, износо-, химически стойких ответственных конструктивных элементов, узлов машин, уплотнительных колец, броневых систем вызывает повышенный интерес. Более широкое использование V_4C -керамики напрямую зависит от ее прочности и трещиностойкости – характеристик, определяемых качеством полученного материала. Предпочтительной технологией получения плотных материалов является горячее или горячее изостатическое прессование. Однако для уплотнения материалов при температуре 1900–2200 °С требуется введение в них легирующих (активирующих) добавок. Механизм активации уплотнения карбида бора добавками заключается либо в образовании жидкой фазы, либо в протекании химических реакций на поверхности частиц карбида бора, ускоряющих поверхностную диффузию. Эффективными добавками могут быть дибориды переходных металлов [3], присутствие которых улучшает спекание, замедляет рост зерен, повышает прочность и трещиностойкость спеченных композиций. Особенности взаимодействия V_4C с боридами переходных металлов IV–VI групп Периодической системы и диаграммы состояния квазибинарных систем изучены С. С. Орданьяном [4]. Общее для этих систем в том, что они описываются эвтектическими диаграммами состояния. Процесс горячего прессования материалов на основе