

УДК 621.923.6

А. А. Адамовский*, **Н. С. Зюкин** (г. Киев)

**adamovskyi@ipms.kiev.ua*

Адгезионно-активная правка абразивных и алмазных шлифовальных кругов

Разработан алмазный твердосплавный высокомодульный композиционный материал, на основе которого изготовлены алмазные карандаши. Испытания показали, что новые карандаши по производительности превосходят стандартные в 2,5 раза. Предложен инструмент для прецизионной правки алмазных кругов, исследовано избирательное разрушение тонких поверхностных слоев алмазного зерна. Показано, что после правки алмазные круги обеспечивают меньшую шероховатость шлифованных поверхностей.

Ключевые слова: абразивы, зерно, правка, абразивный инструмент.

Режущие свойства и геометрию шлифовальных абразивных кругов поддерживают в процессе работы периодической правкой алмазными инструментами, в процессе которой удаляется от 40 до 95 % рабочего объема шлифовального круга [1–3]. Абразивные круги правят точением однокристалльным (резцы, иглы, алмазы в оправках, пластины), многокристалльным (карандаши, ролики, гребенки, бруски) алмазным инструментом [1], шлифованием алмазными роликами, абразивными кругами; обкатыванием алмазными, твердосплавными, металлическими дисками [4] и др. Наиболее широкое применение в машиностроении нашли алмазные карандаши [1, 5] и алмазные ролики [1, 6]. Предложены алмазные карандаши со спеченными поликристаллическими алмазами. Испытаны [5] карандаши со спеченными поликристаллическими алмазами марки АСПК-2, -3, СКМ [7] на операции правки электрокорундовых кругов, которые по производительности уступают природным алмазам.

В Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины предложены композиты славутич (природные алмазы и шихта твердого сплава ВК6) и твесал (синтетические алмазы и шихта твердого сплава ВК6) [8]. Карандаши из славутича испытали на 345-и шлифовальных станках [9]. Среднее значение коэффициента стойкости славутича выше в 1,4 раза по сравнению с серийными алмазными карандашами типа Ц и С. Предложенные композиты улучшают качество изделий-карандашей, однако не удалось использовать свойства естественных алмазов, заложенные в их природе. Твесал и славутич получают методом горячего прессования смеси алмазов с шихтой твердого сплава ВК6 при выдержке несколько секунд. При малых выдержках удается сохранить алмазы – не протекает графитизация алмаза, но недостаточно времени для формирования структуры твердого сплава. Фирма “Винтер” (ФРГ) применяет в карандашах и правящих роликах только “черные” природные алмазы, являющиеся наиболее прочными среди технических алмазов [10].

© А. А. АДАМОВСКИЙ, Н. С. ЗЮКИН, 2015

Правящий инструмент состоит из алмазосодержащего слоя и стального корпуса, в котором закреплены металлической связкой алмазы. Недостаток правящих алмазных инструментов заключается в том, что модуль упругости металлической связки ($E \ll 200$ ГПа) меньше модуля упругости алмаза ($E = 1000$ ГПа) в 5–8 раз. При больших нагрузках, имеющих место в процессе правки, алмазное зерно “тонет” в связке или выкрашивается из алмазосодержащего слоя.

В данной работе предложен новый алмазный твердосплавный композиционный материал марки АВКМ [11]. Композит содержит твердый сплав системы WC–Co марки ВК6, спеченный по стандартному режиму, и природные алмазные зерна марки А8 зернистостью 1000/800 мкм, закрепленные в канавках или отверстиях твердосплавной подложки адгезионно-активным припоем в вакууме [12]. При этом необходимо обеспечить контакт алмазного зерна с матрицей твердого сплава. Структура такого высокомодульного композиционного материала представлена на рис. 1. Алмазные зерна со шликером укладываются в канавки или отверстия выполненные в пластине. Размер отверстий или ширина канавок для укладки алмазного зерна равны 1 мм.

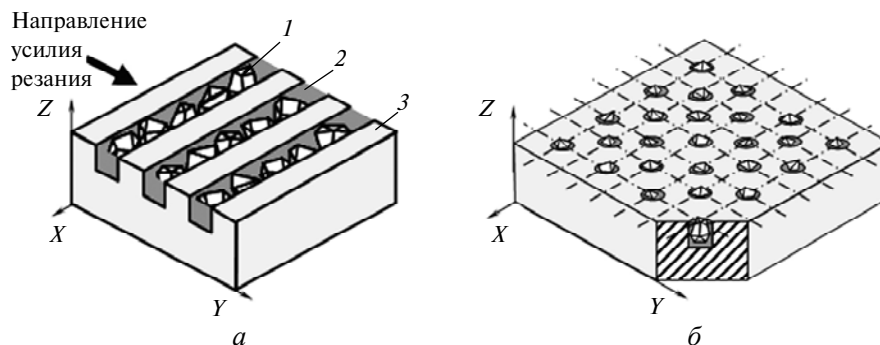


Рис. 1. Алмазный твердосплавный высокомодульный композиционный материал АВКМ: 1 – алмазное зерно; 2 – припой; 3 – пластина твердого сплава марки ВК6; канавки (а) и отверстия (б) в материале.

Испытание правящих карандашей, изготовленных с использованием описанного композита, проведено в лабораторных условиях на круглошлифовальном станке мод. ЗБ12 [5]. Результаты испытаний статистически обрабатывали по стандартной программе Excel (таблица). Средняя удельная производительность разработанных карандашей была равна $75 \text{ см}^3/\text{мг}$. Сравнение производительности стандартных и разработанных алмазных карандашей одинаковой (1000/800) зернистости и качества алмазного зерна марки А8 показывает, что по удельной производительности новые карандаши превосходят стандартные в 2,5 раза.

Результаты испытаний алмазных карандашей АВКМ

Удельная производительность, $\text{см}^3/\text{мг}$	
Карандаш типа 02 по ГОСТ 607–80	Разработанный карандаш АВКМ
30	$75 \pm 1,3$

Эффективность правки алмазных кругов заключается в том, что в процессе правки участвуют не только алмазные зерна, но и твердый сплав подложки –

ВК6. Известно, что модуль упругости ВК6 в 2–3 раза выше металлической связи, закрепляющей алмазные зерна в карандашах типа 02. В процессе правки круга сплав ВК6 обеспечивает повышенную точность его рабочего профиля.

Поскольку на правку кругов из традиционных абразивных материалов расходуют до 95 % рабочего объема шлифовального круга, то при использовании кругов из сверхтвердых материалов (алмаза, плотных модификаций нитрида бора) такой расточительный расход сверхтвердого абразива на правку экономически не оправдан, а также нет материалов, которые могли бы методом резания разрушить алмаз, плотные модификации нитрида бора. Алмаз является хрупким материалом и, как все хрупкие материалы, обладает низкой прочностью на растяжение, поэтому разрушать алмаз следует по слабому месту – преодолеть прочность алмаза на растяжение. На практике это связано с большими техническими трудностями, так как алмазные зерна имеют небольшие (~ 40–800 мкм) размеры, а количество зерен на рабочей поверхности инструмента исчисляется тысячами штук.

Авторами было исследовано хрупкое разрушение поверхностных слоев алмазного зерна при интенсивном воздействии растягивающих напряжений. В процессе шлифования, при интенсивном тепловом воздействии на алмазное зерно, в тонких поверхностных слоях возникают растягивающие остаточные напряжения, ослабляющие алмазное зерно. В основе работы нового правящего инструмента, предложенного авторами, лежит адгезионно-активное взаимодействие металла с поверхностью алмазного зерна. В качестве адгезионно-активных металлов можно использовать, например, Fe, Ti, Zr и др., а в качестве износостойких металлов – Mo, W. Были выбраны адгезионно-активный металл Ti и износостойкий W. Инструмент для правки алмазных кругов выполнен в виде ролика [13], набранного из чередующихся пластин: Ti–W–Ti–W–Ti. Титан с поверхности правящего ролика при обкатке наносится на поверхность алмазного зерна в виде пленки. В результате многократного контакта титанового диска с адгезированной пленкой алмазные зерна подвергаются действию растягивающих напряжений. Разрушение поверхностного слоя алмазного зерна наступает от растягивающих напряжений в тех местах, где напряжения растяжения достигают предела прочности алмаза. Износостойкий металл (W) соответствующей пластины правящего ролика при контакте с рабочей поверхностью алмазного круга снимает лишнюю пленку Ti.

Известно, что обработка кристаллов природного алмаза существенно зависит от типа обрабатываемой плоскости и ее ориентации относительно направления силы резания. Шлифуемость плоскостей алмаза [14] находятся в соотношении $10\{110\}:8,5\{100\}:3,9\{111\}$. На рабочей поверхности шлифовального круга одновременно присутствуют алмазные зерна различной ориентации, которые обладают разной обрабатываемостью. Наиболее трудной для обработки при шлифовании кристалла природного алмаза является плоскость октаэдра $\{111\}$.

Алмазные круги правили описанными выше роликами (рис. 2), которые устанавливали под углом 5° относительно оси алмазного круга [14]. Адгезионно-активный металл правящего ролика при контакте наносили на поверхность алмазного зерна в виде пленки. При обкатке, в результате многократного контакта металла ролика с адгезированной пленкой, алмазные зерна подвергаются действию растягивающих напряжений, направленных перпендикулярно к нормали рабочей поверхности круга [15]. Разрушение поверхно-

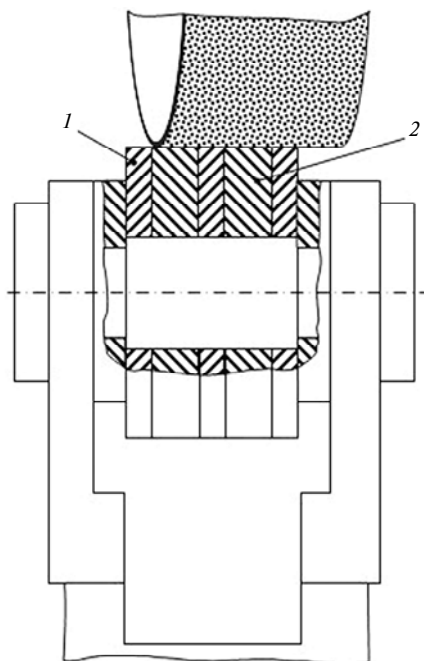


Рис. 2. Ролик для адгезивно-активной правки алмазных кругов: 1 – износостойкий металл (W); 2 – адгезивно-активный металл (Ti).

стного слоя алмазного зерна наступает от растягивающих напряжений в тех местах, где напряжения растяжения достигают значений прочности алмаза. Благодаря наличию на поверхности алмазного зерна плоскостей с разной обрабатываемостью [14], поверхность алмаза разрушается избирательно, т. е. разрушение проходит по слабым плоскостям, на которых достигнут предел прочности на растяжение. Поверхность алмазного зерна покрывается кратерами (рис. 3) с острыми краями. Алмазные круги после правки в процессе шлифования срезают гребешки шероховатости обрабатываемого материала острыми краями кратера алмазного зерна. Такое алмазное зерно обеспечивает низкую шероховатость шлифованной поверхности, так как нет острых выступающих вершин и не образуются глубокие риски. Износостойкий металл правящего ролика при контакте с рабочей поверхностью алмазного круга снимает лишнюю пленку адгезивно-активного металла. Удаление частичек инструментального материала вызвано адгезионными явлениями [16] пары металл–алмаз. Адгезивно-активное разрушение инструментальных материалов наблюдали для алмаза при шлифовании сплавов на основе железа, титана [16, 17], додекаборида циркония при шлифовании титанового сплава марки ВТ1 [18]. Проведенные эксперименты и анализ литературных источников показывает, что кристаллы инструментальных материалов с ковалентными связями в контакте с адгезивно-активными металлами подвергаются адгезионному износу. Стандартные алмазные круги без правки и после правки адгезивно-активными роликами [13] испытаны на операциях шлифования образцов технического молибдена. Ролики и технология правки испытаны на станке мод. 3Е-721ВФ на операции шлифования образцов по режиму: $v_k = 35$ м/с, $S_{пр} = 6$ м/мин, $S_{пол} = 0,3$ мм/дв. ход, $t = 0,005$ мм, СОТС – аквол-11. Испытания показали, что правка алмазных кругов роликами уменьшает шероховатость Ra шлифованных поверхностей молибдена от 0,162 до 0,084 мкм – в ~ 2 раза.

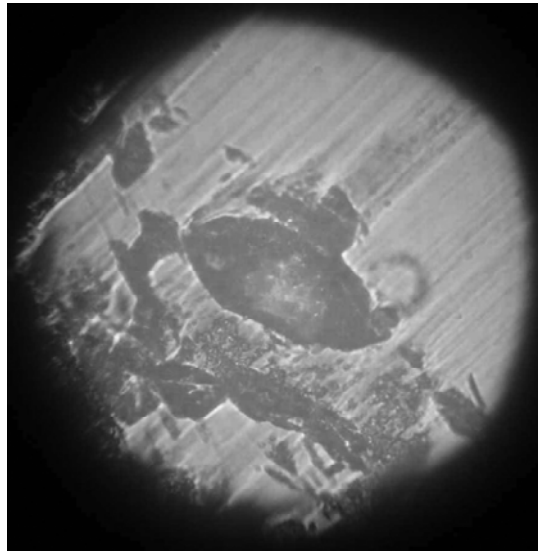


Рис. 3. Поверхность алмазного зерна после адгезионно-активной правки предложенным роликом; $\times 500$.

ВЫВОДЫ

Разработаны алмазный твердосплавный высокомодульный композиционный материал АВКМ, на основе которого изготовлены алмазные карандаши для правки шлифовальных абразивных кругов. Установлено, что новые алмазные карандаши на операции правки шлифовальных электрокорундовых кругов по производительности превосходят алмазные стандартные карандаши в 2,5 раза.

Новый материал марки АВКМ может найти широкое применение в инструментах для правки абразивных кругов (карандашах, роликах, гребенках, брусках), а также в инструментах для разрушения горных пород (алмазных буровых коронках, бучардах и др.).

Предложен инструмент для правки алмазных кругов в виде ролика из различных металлов (износостойкого и адгезионно-активного), который избирательно разрушает поверхностные слои алмазного зерна под действием растягивающих напряжений.

Розроблено алмазний твердосплавний високомодульний композиційний матеріал, на основі якого виготовлено алмазні олівці. Випробування показали, що нові олівці за продуктивністю перевершують стандартні в 2,5 рази. Запропоновано інструмент для прецизійної правки алмазних кругів, досліджено вибіркоче руйнування тонких поверхневих шарів алмазного зерна. Показано, що після правки алмазні круги забезпечують меншу шорсткість шліфованих поверхонь.

Ключові слова: абразиви, зерно, правка, абразивний інструмент.

Is developed diamond–high modulus a composite material, on the basis of which the diamond pencils are made. The tests have shown, that the pencils surpass in productivity standard in 2.5 times. The tool for precision of editing of diamond circles is offered, the selective destruction of thin superficial layers of a diamond grain is investigated. Is shown, that after editing the diamond circles provide a smaller roughness of the ground surfaces.

Keywords: abrasives, grain, dress tool, abrasive the tool.

1. *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. 6:*

- Алмазно-абразивный инструмент в технологиях механообработки / Под ред. А. А. Шепелева. – К., 2007. – 340 с.
2. *Справочник* технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Кошловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 495 с.
 3. *Абразивная* и алмазная обработка материалов: Справ. / Под ред. А. Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 391 с.
 4. *Ролманов В. Ф., Авакян В. В.* Технология алмазной правки шлифовальных кругов. – М.: Машиностроение, 1980. – 119 с.
 5. *ГОСТ 607–80.* Карандаши алмазные для правки шлифовальных кругов. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 5 с.
 6. *ГОСТ 16014–78.* Ролики алмазные для правки шлифовальных кругов. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 5 с.
 7. *Лаптев А. И.* Процессы и технология синтеза алмазных поликристаллических материалов на основе разработанных сплавов-катализаторов Ni–(Mo, Cr, Ti, V). – Дис. ... д-ра техн. наук. – М.: Национальный исследовательский технологический университет “МИСиС”, 2009. – 383 с.
 8. *Синтетические* сверхтвердые материалы: В 3 т. Т. 2: Композиционные инструментальные сверхтвердые материалы / Редкол.: Н. В. Новиков (отв. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 264 с.
 9. *Байкалов А. К., Дубовик Н. П., Коломиец В. В.* Правящий инструмент из славутича // Синтетические алмазы в промышленности. – К.: Наук. думка, 1974. – С. 129–133.
 10. *Синтетические* сверхтвердые материалы: В 3 т. Т. 3: Применение синтетических сверхтвердых материалов / Редкол.: Н. В. Новиков (отв. ред.) и др. – К.: Наук. думка, 1986. – 280 с.
 11. *Пат. 859941, Україна.* Спосіб виготовлення алмазно-твердосплавного макрокомпозиционного матеріалу / Ю. В. Найдіч, О. О. Бугайов, В. О. Євдокимов та ін. – Опубл. 10.03.09, Бюл. № 5.
 12. *Поверхностные* свойства расплавов и твердых тел и их использование в материаловедении / Под ред. Ю. В. Найдича. – К.: Наук. думка, 1991. – 280 с.
 13. *А. с. 1336399 SU.* Инструмент для правки / Г. А. Новиков, А. В. Морозов, Б. Ш. Кишмахов, А. А. Адамовский. – 1987. Не подлежит опубл.
 14. *Семко М. Ф., Грабченко А. И., Ходоревский М. Г.* Алмазное шлифование синтетических сверхтвердых материалов. – Харьков: Вища школа, 1980. – 192 с.
 15. *Григорян М. А.* Технологическая возможность повышения износостойкости угловых алмазных правящих роликов // Сверхтв. материалы. – 2003. – № 6. – С. 80–84.
 16. *Яцирицын П. И., Цокур А. К., Еременко М. Л.* Тепловые явления при шлифовании и свойства обработанных поверхностей. – Минск: Наука и техника, 1973. – 184 с.
 17. *Лоладзе Т. Н., Бокучава Г. В.* Износ алмазов и алмазных кругов. – М.: Машиностроение, 1967. – 112 с.
 18. *Адамовский А. А., Лященко А. Б., Падерно Ю. Б.* Додекаборид циркония – эффективный абразивный материал // Сверхтв. материалы. – 2003 – № 6. – С. 60–65.

Институт проблем материаловедения
им. И. Н. Францевича НАН Украины

Поступила 08.07.14