

УДК 621.762.5:679.826

ЗАВИСИМОСТЬ АБРАЗИВНОЙ СПОСОБНОСТИ АЛМАЗНЫХ ПРАВЯЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТРИЦ

© 2013 г. **Н. И. Полушин, А. И. Лаптев, М. Н. Сорокин, А. Б. Тлеужев, А. С. Кушхабиев, Р. В. Таов**

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва
ОАО «Терекалмаз», КБР, г. Терек

Н. И. Полушин – канд. техн. наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией сверхтвердых материалов НИТУ «МИСиС» (119049, г. Москва, В-49, Ленинский пр-т, 4). Тел.: (495) 638-46-95. E-mail: polushin@isis.ru.

А. И. Лаптев – докт. техн. наук, вед. науч. сотр. той же лаборатории. Тел.: (495) 638-44-64. E-mail: laptev@isis.ru.

М. Н. Сорокин – ст. науч. сотр. той же лаборатории. E-mail: sorokin@isis.ru.

А. Б. Тлеужев – ген. директор ОАО «Терекалмаз» (361200, Россия, КБР, г. Терек, ул. Татиева, 1). Тел.: (866) 324-42-49. E-mail: mail@terekalmaz.ru.

А. С. Кушхабиев – зам. ген. директора ОАО «Терекалмаз».

Р. В. Таов – инженер ОАО «Терекалмаз».

Настоящая работа посвящена изучению твердости, плотности, износостойкости образцов металлических матриц и абразивной способности правящего алмазного инструмента. Методом инфильтрации при температурах 1100–1150 °С в течение 15 мин в атмосфере водорода были изготовлены алмазосодержащие и безалмазные образцы диаметром 14 мм и высотой 7 мм следующих составов: W–Cu, W–C–Cu, W–C–Co–Cu. В экспериментах использовали синтетические алмазы SDB 1100 40/50. В ходе исследования установлено, что увеличение абразивной стойкости металлических матриц приводит к повышению абразивной способности алмазного правящего инструмента. Экспериментально доказано, что пористость (до 4 %) матриц алмазного инструмента оказывает сильное влияние на их абразивную стойкость и слабое – на их твердость.

Ключевые слова: алмазный правящий инструмент, матрица, абразивная стойкость, абразивная способность, твердость, плотность.

The present work is devoted to the study of hardness, density, wear resistance of metal matrix samples and the abrasive ability of truing diamond tool. Diamond-containing and diamond-free samples of 14 mm in diameter and 7 mm high of the following compositions: W–Cu, W–C–Cu, W–C–Co–Cu have been produced with the use of the infiltration method at temperatures of 1100–1150 °C for 15 min in the hydrogen environment. Synthetic diamonds of SDB 1100 40/50 grade were used in the experiments. It has been established during the investigation that the increase in abrasive resistance of metal matrices leads to elevation of abrasive ability of the truing diamond tool. It is proved by the experiments that the porosity (up to 4 %) of the diamond tool matrices exercises strong impact on their abrasive resistance and weak one on their hardness.

Key words: truing diamond tool, matrix, abrasive resistance, abrasive ability, hardness, density.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе шлифования различных материалов абразивными кругами происходят затупление и выпадение режущих зерен, изменение размера и формы кругов, поэтому требуется их периодическая правка для придания им формы и восстановления режущей способности абразивных зерен. В этих целях применяются алмазные инструменты различного вида, состоящие из матрицы с распределенными в ней алмазными зернами. В настоящее время появились новые высокопрочные синтетические алмазные материалы зарубежного производства, пригодные для изготовления алмазных правящих карандашей, но в литературе нет сведений о применении их в правящем инструменте.

Синтетические алмазы, в отличие от природных, как правило, содержат некоторое количество включений сплавов-катализаторов (Fe, Ni, Co, Cr, Mn), существенно снижающих их термостойкость, которая имеет решающее значение для правящего инструмента, так как алмазы испытывают значительный нагрев и при изготовлении, и при эксплуатации. Однако прочностные, ценовые характеристики и доступность делают привлекательным использование синтетических алмазов при производстве алмазного инструмента.

Поэтому целью настоящей работы являлись определение возможности применения новых марок синтетических алмазных порошков в правящем инструменте и подбор металлических матриц для их изготовления.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для проведения экспериментов были выбраны 3 состава матриц алмазного правящего инструмента, применяемого при изготовлении его из природных алмазов, на основе композиций W–Cu (1), W–C–Cu (2) и W–C–Co–Cu (3). В качестве режущих зерен использовали наиболее термостойкие синтетические алмазные порошки марки SDB 1100 40/50 (420/297 мкм). Масса алмазов одного образца составляла 10 мг. Такое точное дозирование необходимо для расчета абразивной способности при испытаниях алмазных образцов.

Несмотря на то, что используемые в настоящей работе матрицы применяются для изготовления алмазного правящего инструмента, данные по их структурному строению и механическим свойствам в литературе представлены мало, носят отрывочный и несистемный характер, а исследования их абразивной стойкости вообще отсутствуют. Поэтому в настоящей работе большое внимание было уделено изучению механических характеристик и структурного строения матриц алмазного инструмента и влиянию этих свойств на абразивную способность правящего инструмента. Безалмазные и алмазосодержащие цилиндрические образцы матриц диаметром 14 мм и высотой 7 мм изготавливали методом инфильтрации медью порошка вольфрама (композиция 1), порошка карбида вольфрама WC (2) и смеси порошков твердого сплава ВК-6 и вольфрама (3) при температурах 1100–1150 °С в атмосфере водорода [1].

Полученные образцы шлифовали, определяли их плотность, пористость, твердость, также оценивали абразивную стойкость безалмазных матриц. В ходе работы проводили металло- и

фрактографические исследования, изучение фазового и химического составов безалмазных матриц.

На рис. 1–4 приведены микроструктуры шлифов 1, 2 и 3. Различные части шлифов образца 3 представляют собой двухструктурную композицию с различным соотношением компонентов: на рис. 3 W-содержащие частицы имеют размер до 50 мкм, а на рис. 4 – до 10 мкм, а содержание кобальта повышено до 4 %. Такая структура определяется технологией получения высокотемпературной составляющей матрицы до процесса инфильтрации.

Структуры образцов 1 и 2 более однородны и представлены каркасом W-содержащих частиц с включениями меди (композиция 1) и матрицей из меди с включениями частиц вольфрама (2). При анализе шлифов образца 2 наблюдались поры размером до 0,5 мм. По-видимому, такая пористость была заложена на стадии формирования матриц, и последующая инфильтрация не привела к их «залечиванию». Получение равномерной пористости при формировании образцов является важной технологической задачей, от выполнения которой зависят прочностные и эксплуатационные свойства алмазных инструментов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Фазовый состав, определенный количественным рентгенофазовым анализом шлифов матриц на дифрактометре Дрон-3М, для всех трех образцов матриц составляет:

1 – твердый раствор на основе Cu – 44 % (параметр решетки $a = 0,3617$ нм, что несколько выше справочного значения, равного 0,3615 нм), $W_{Cu6} = 56$ %;

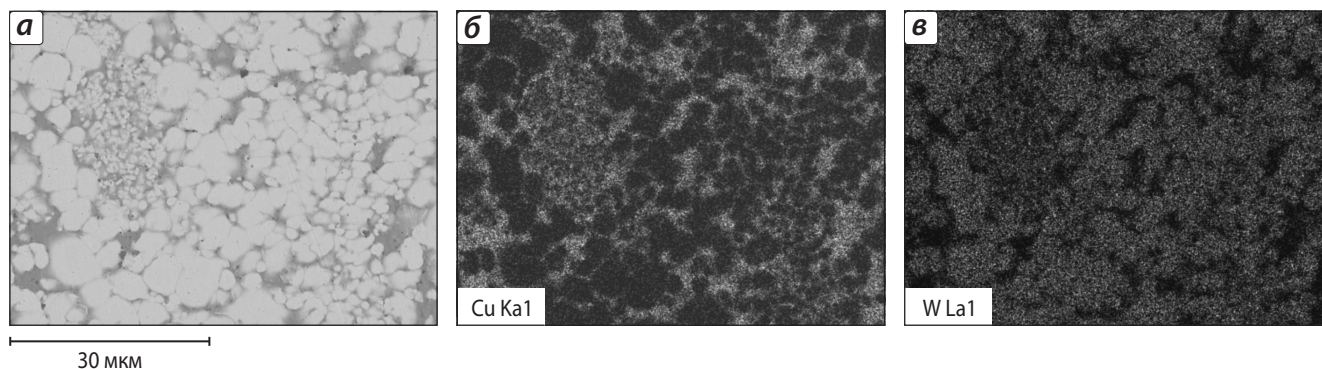


Рис. 1. Микроструктура поверхности шлифов матриц состава W–Cu (а) и распределение в ней Cu (б) и W (в)

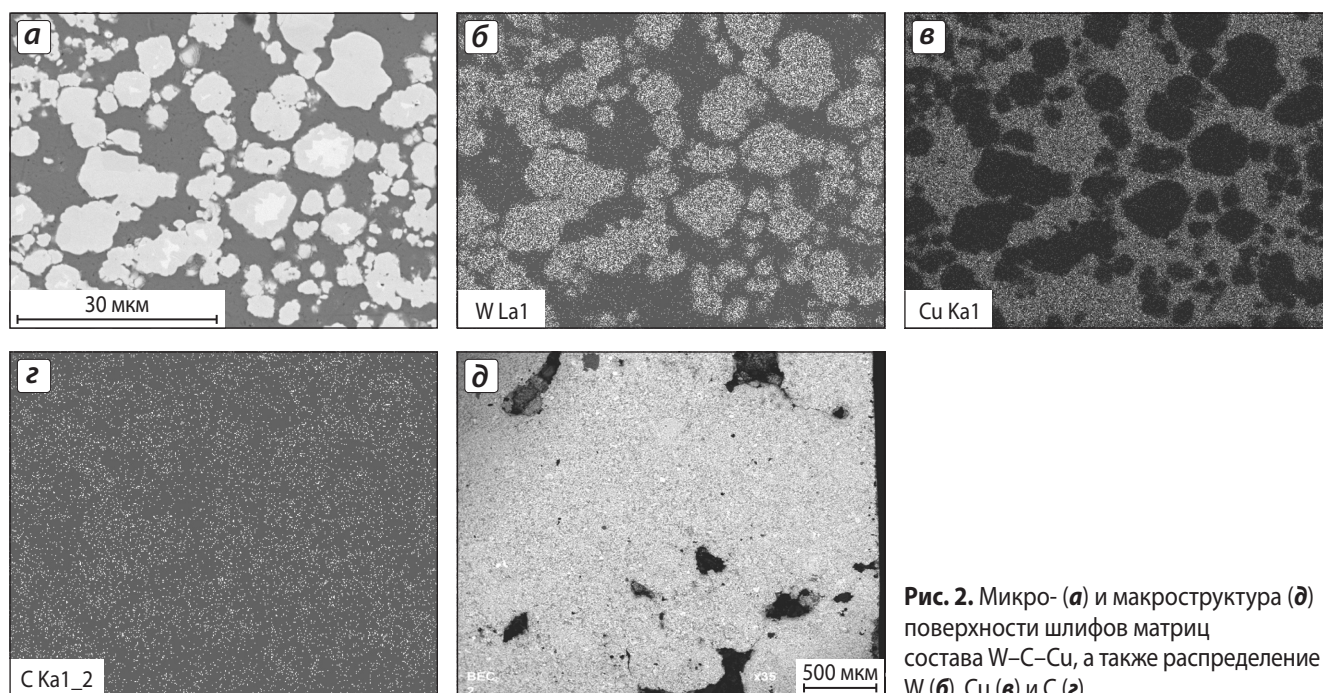


Рис. 2. Микро- (а) и макроструктура (д) поверхности шлифов матриц состава W–C–Cu, а также распределение W (б), Cu (в) и C (з)

2 – Cu – 43 % ($a = 0,3615$ нм), WC – 57 %;
3 – твердый раствор на основе Cu – 35 % ($a = 0,3617$), $W_{\text{куб}}$ – 40 %, WC – 25 %.

Изучение распределения элементов по поверхности шлифа проводили на сканирующем микроскопе марки JSM 6610 методом рентгеновского микроанализа с помощью микроанализатора X-Max Oxford Instruments на платформе INKA.

Плотность (ρ) матриц определили методом гидростатического взвешивания в воде и этиловом спирте. В первом случае перед испытанием образцы покрывали тонким слоем вазелина, для того чтобы избежать попадания жидкости в поры. При использовании спирта в качестве жидкости считали, что из-за высокой смачиваемости компонентов матриц он проникает в объем образца и заполняет открытую пористость. По полученным значениям рассчитывали пористость (P) изучаемых образцов. Результаты приведены в табл. 1.

Как следует из представленных данных, матрицы состава 3 практически не имеют открытой пористости, а у образцов 2 этот показатель самый высокий, что и наблюдалось при изучении их шлифов (см. рис. 2).

Твердость определяли двумя методами: измерением на приборе Роквелла по шкале HRB и путем измерения микротвердости на приборе

ПМТ-3 при нагрузке 2 Н. Результаты приведены в табл. 2. Как следует из ее данных, образцы состава 3 имеют самые высокие значения и твердости, и микротвердости, что определяется их химическим и фазовым составами и плотностью. Значения твердости матриц 1 и 2 примерно одинаковы. Присутствие карбида вольфрама высокой твердости в образцах 2 «компенсируется» их высокой пористостью.

Таблица 1. Значения плотности и пористости образцов матриц

№ обр.	Состав	Плотность, г/см ³		P, %
		в спирте	в воде	
1	W–Cu	13,81	13,66	1,1
2	W–C–Cu	11,84	11,35	4,1
3	W–C–Co–Cu	13,56	13,52	*

* При определении пористости матрицы W–C–Co–Cu ее значение составило менее 0,7 %, что сравнимо с точностью используемого метода.

Таблица 2. Значения твердости и микротвердости образцов матриц

№ обр.	Состав	HRB (HRC)	Микротвердость*, МПа
1	W–Cu	88	1967
2	W–C–Cu	89	1848
3	W–C–Co–Cu	102 (27)	3779

* В работе не ставилось целью определение микротвердости отдельных структурных составляющих матрицы, поэтому применяли нагрузку 2 Н, диаметр отпечатка составлял 3–5 мкм. Приведенные значения микротвердости имеют усредненные для конкретных матриц значения.

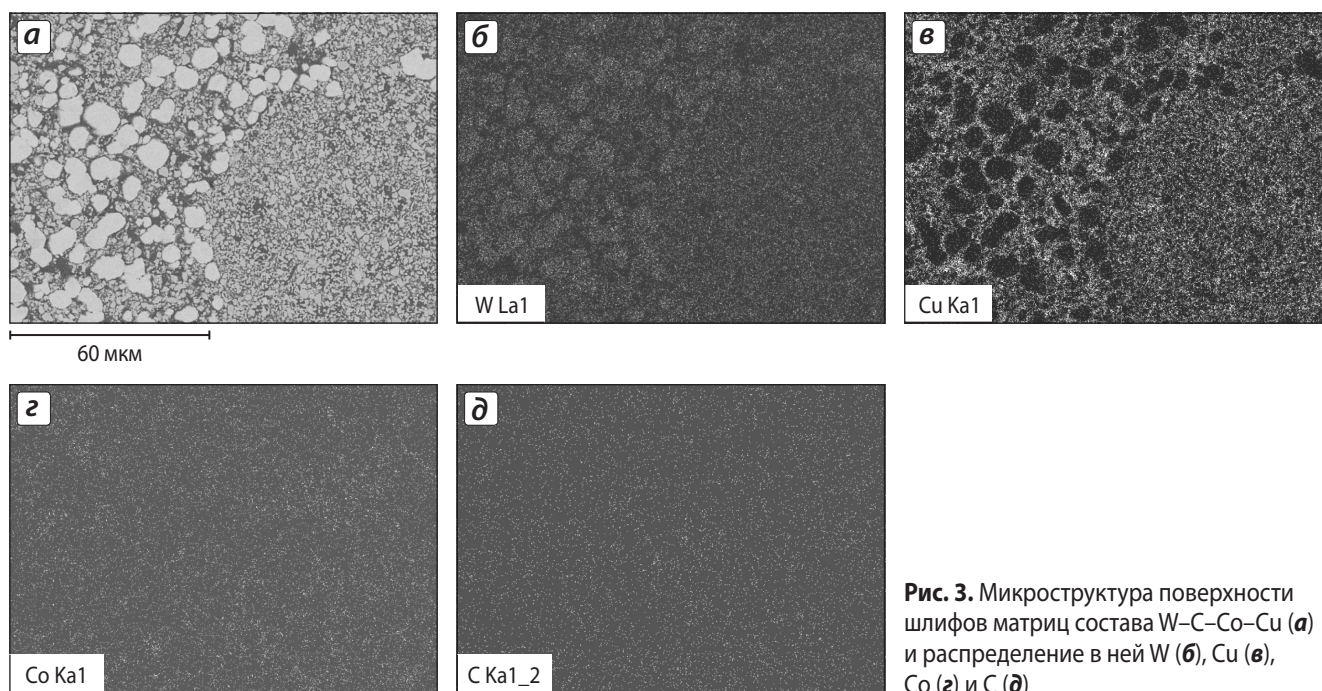


Рис. 3. Микроструктура поверхности шлифов матриц состава W–C–Co–Cu (а) и распределение в ней W (б), Cu (в), Co (г) и C (д)

Метод оценки абразивной стойкости безалмазных образцов матриц алмазного инструмента заключается в определении убыли их массы (Δm) после шлифования абразивным порошком при определенных режимах испытания [2]. В нашем случае использовался алмазный микропорошок АСМ 10/7. Одновременно испытывали по 3 образца с диаметром основания 14 мм. Нагрузка при определении абразивной стойкости составляла 0,04 Н/мм².

В табл. 3 представлены полученные результаты. Как следует из ее данных, образцы состава 3 имеют максимальные значения абразивной стойкости, что определяется их высокой твердостью, у матрицы 2 этот показатель наименьший из-за ее высокой пористости. Несмотря на то, что значения твердости обоих образцов близки, их абра-

зивная стойкость значительно отличается – почти в 2 раза. Это подтверждают выводы различных авторов о том, что наименее зависимым от пористости механическим свойством является твердость, а наиболее зависимыми – прочностные и эксплуатационные свойства при сложном механизме нагружения.

Таблица 4. Результаты испытаний абразивной способности алмазных образцов

№ обр.	Состав матрицы	Уд. абразивная способность, см ³ /мг
1	W–Cu	99,3
2	W–C–Cu	68,84
3	W–C–Co–Cu	105,67

Таблица 3. Результаты испытаний абразивной стойкости безалмазных образцов после шлифования алмазным порошком АСМ 10/7

№ обр.	Состав	m_0 , г	m , г	Δm , г	$\Delta m_{ср}$, г
1	W–Cu	119,2597	119,1129	0,1468	0,15
		119,1129	118,9619	0,1510	
2	W–C–Cu	112,4002	112,1968	0,2034	0,26
		112,1968	111,8785	0,3183	
3	W–C–Co–Cu	126,8282	126,6904	0,1378	0,13
		126,6904	126,5682	0,1222	

Примечание. m_0 и m – массы блока с образцами до и после испытания соответственно.

Методика определения абразивной стойкости алмазного инструмента заключается в правке абразивного круга образцами с фиксированным содержанием алмазов (10 мг), изготовленными из разных матриц, до полного прекращения обработки с последующим замером объема израсходованного абразивного круга. Удельную абразивную способность оценивали по значению снятого объема, отнесенного к массе исходного алмаза. Испытания проводили по ГОСТ 607-80 «Карандаши алмазные для правки шлифовальных кругов» на абразивных кругах марки 24А25СТ1К. Полученные результаты приведены в табл. 4. Как следует из ее данных, алмазные образцы 3 и 1 имеют са-

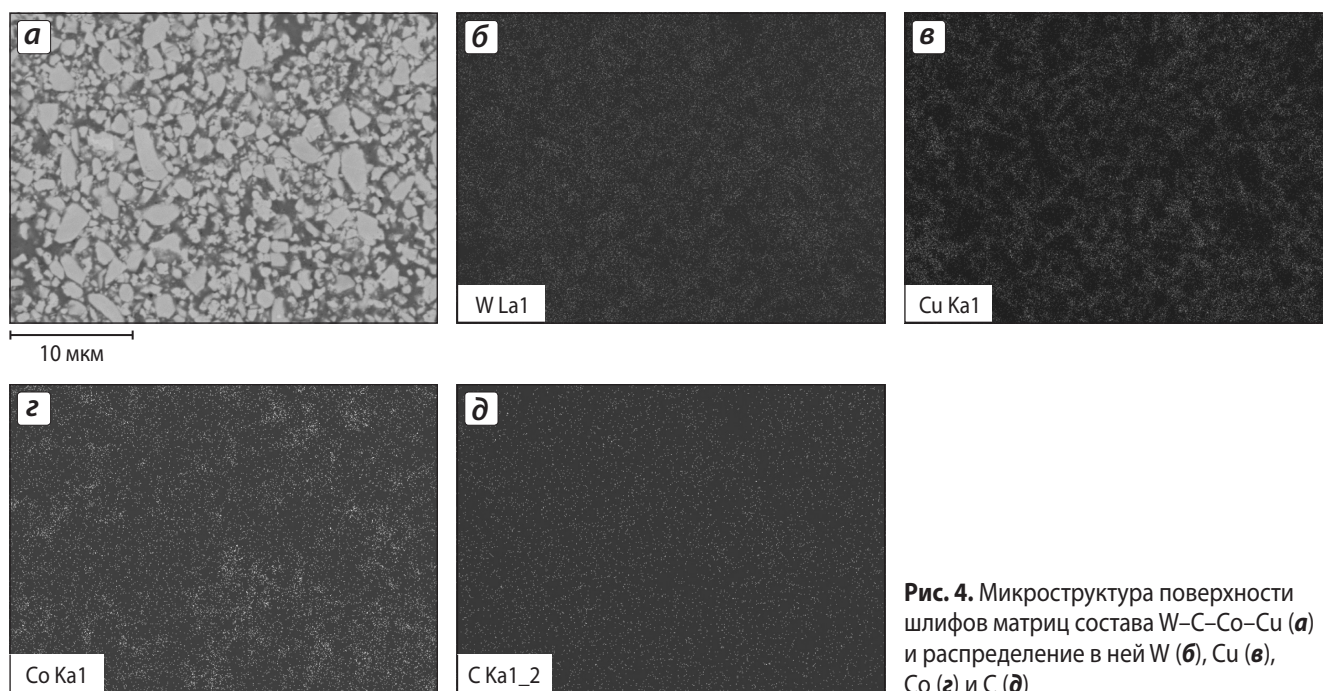


Рис. 4. Микроструктура поверхности шлифов матриц состава W–C–Co–Cu (**а**) и распределение в ней W (**б**), Cu (**в**), Co (**г**) и C (**д**)

мые высокие значения абразивной способности, что определяется высокой абразивной стойкостью их матриц. У образцов состава 2 этот показатель наименьший, что также обусловлено низкой абразивной стойкостью его матрицы.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что увеличение абразивной стойкости матриц приводит к повышению абразивной способности алмазного правящего инструмента.

2. Экспериментально установлено, что пористость матриц алмазного инструмента (до 4 %) оказывает значительное влияние на их абразивную стойкость и мало влияет на их твердость.

Данная работа выполнена по госконтракту № 14.513.11.0045 «Разработка нового поколения однокристалльного и металлорежущего инструмента из сверхтвердых материалов с наномодифицированной металлической связкой», проводимой в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России на 2007–2013 гг.».

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента / Под ред. В. Н. Бакуля. М.: Машиностроение, 1975.
2. Бугаков В. И., Елютин А. В., Караваев К. М. и др. // Изв. вузов. Цв. металлургия. 1998. № 4. С. 54–57.