

УДК 532.612.539.612

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

© 2020 г. Е. Н. Козырев^а, В. К. Кумыков^б, А. С. Кушхабиев^б,
А. Р. Манукянц^а, Ю. Н. Касумов^а, В. А. Созаев^а, *

^аСеверо-Кавказский горно-металлургический институт
(Государственный технологический университет), Владикавказ, 362021 Россия

^бКабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова, Нальчик КБР, 360004 Россия

*e-mail: sozaeff@mail.ru

Поступила в редакцию 21.08.2019 г.

После доработки 23.09.2019 г.

Принята к публикации 23.09.2019 г.

Предлагается технология создания новых алмазно-металлических композиций для камнерезного алмазного инструмента, основанная на подборе новых металлических связок с использованием порошков “хвостов” (измельченной пробы карбида вольфрама и кобальта) Тырныаузского вольфрамомолибденового комбината и “черных отвалов” завода “Победит”, имеющих примерно такой же состав. Использование предлагаемой технологии существенно повышает эффективность алмазно-металлических композиций. Добавка в шихту порошков Тырныаузского вольфрамомолибденового комбината или их смеси с порошками “черных отвалов” завода “Победит” обеспечивает высокую твердость алмазно-металлических композиций и более высокую мелкопористость, повышая долговечность алмазного инструмента.

Ключевые слова: шихта, нанопорошок, алмазно-металлические композиции, углы смачивания, поверхностное натяжение.

DOI: 10.31857/S1028096020050076

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее распространенными методами изготовления алмазно-металлических композиций (АМК) является спекание вольфрамкобальтовых порошков с участием жидкой металлической фазы и дальнейшая пропитка. В этих процессах важное место занимают капиллярные явления, такие как смачивание и растекание металлических расплавов по поверхности твердых частиц, пропитка, адгезия расплавов к алмазу, карбидам, оксидам и т.д. [1].

Управление капиллярными явлениями достигается путем контролируемого введения в расплавы адгезионно-активных добавок, металлов с электронными дефектами в d - или f -слое, а также элементов, образующих с углеродом ковалентные соединения (Al, Si, В и др.). С помощью неметаллических добавок к связкам и к шихте (карбидов, боридов, нитридов, силицидов, оксидов и др.) можно также регулировать физико-химические свойства АМК, в том числе и режим “самозатачивания” инструмента, который существенно зависит от соответствия прочностных свойств обрабатываемого изделия и АМК. В ряде случаев для

этих целей в шихту АМК в качестве дополнительного компонента вводятся также порошки материалов, которые предполагается обрабатывать алмазным инструментом.

В настоящей работе путем подбора новых металлических связок предлагается технология создания новых АМК для камнерезного алмазного инструмента. Повышение эффективности предполагается осуществить двумя способами. Первый связан с добавлением материалов, близких по своим прочностным свойствам к камнерезному инструменту. Второй основан на использовании малых добавок вольфрам – кобальтовых нанопорошков.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В первом случае шихта АМК состояла из порошков карбида вольфрама и кобальта, а в качестве добавок использовались измельченные в порошок пробы из “хвостов” Тырныаузского вольфрамомолибденового комбината (ТВМК) – измельченной пробы карбида вольфрама и кобальта – и имеющих примерно такой же состав

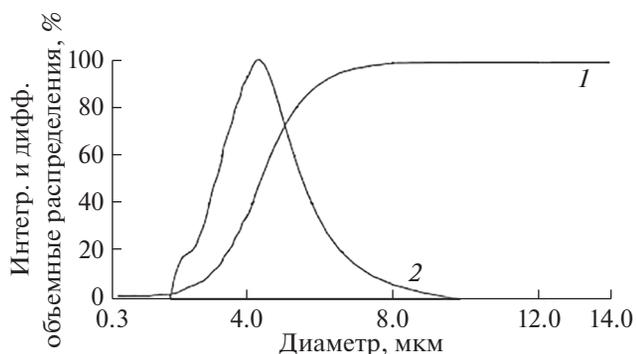


Рис. 1. Распределение по размерам частиц вольфрамкобальтового порошка, полученного в режиме центрифугирования на приборе Brookhaven XDC: 1 – интегральное распределение, 2 – дифференциальное распределение.

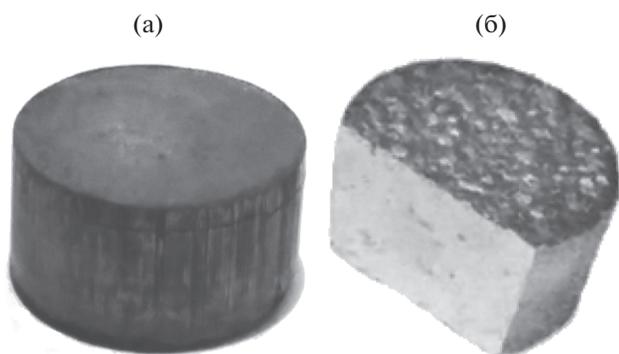


Рис. 2. Фотография спрессованной шихты: а – до пропитки медью, б – после пропитки медью.

“черных отвалов” завода “Победит”, смешанные в различных соотношениях. Распределение частиц по размерам изучалось в режиме центрифугирования на установке Brookhaven XDC (рис. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из рис. 1 видно, что наибольшее число частиц имеет размер 4.38 мкм. Примерно такого же порядка размер порошков предприятия ТВМК и “Победит”. Для испытаний из шихты спрессовались таблетки диаметром 15 мм и толщиной 5–7 мм, давление прессования составляло 200–300 МПа. Таблетки пропитывались в атмосфере водорода медью и сплавом состава: Cu – 80 мас. %, Sn – 20 мас. %. Углы смачивания расплавами материала шихты АМК изучались методом большой капли [2–4], параллельно изучалась микроструктура и твердость металлических связей и безалмазный слой АМК.

Добавки в шихту порошков из “хвостов” ТВМК или смеси с порошками “черных отвалов” завода “Победит” в сочетании с этими связками обеспечивают высокую твердость АМК (40 НРС) и большую мелкопористость, повышая долговечность алмазного инструмента. На процессы жидкофазного спекания и пропитки существенное влияние оказывают явления смачивания и растекания, капиллярное впитывание, которые могут регулироваться добавками нанопорошков, например, WC–Co.

Образцы для исследования изготавливали из порошковых металлов методом прессования. При этом использовалась шихта на железокобальтовой основе. В шихту добавляли железо, медь, никель и нанопорошок WC–Co. Окончательный состав шихты определялся как WC–Co – 31 мас. %, Fe – 30 мас. %, Cu – 30 мас. %, Ni – 8 мас. %, нанопорошок WC–Co – 31 мас. % (размер частиц ≈ 500 нм).

Порошки чистых металлов и смеси, входящие в состав шихты, взвешивали на лабораторных электронных весах ЛВ 210-А с допустимой погрешностью 0.6 мг. Далее порошки смешивали в специальном контейнере с постепенным добавлением порошков металлов. Сначала смешивали металлы с большей плотностью, а затем добавляли с меньшей плотностью. Далее смесь металлических порошков помещали в обезжиренную пресс-форму высотой 30 мм и внутренним диаметром отверстия для прессования 10 мм. Затем пресс-форма с порошком помещалась в гидравлический пресс Sirio P400 для формирования образцов в виде таблеток.

Спрессованный порошок выдерживался под давлением 10^7 Па в течение пяти минут, после чего готовые таблетки помещались в вакуумную печь и пропитывались чистой медью. Изучение углов смачивания θ в интервале температур от 1083 до 1200°C показало, что с увеличением температуры угол θ уменьшается. Пропитка осуществлялась также сплавом Cu – 80 мас. % + Sn – 20 мас. %. В этом случае углы смачивания были меньше.

Следует отметить, что в последнее время данные по поверхностному натяжению (ПН) меди уточнены как в твердом, так и в жидком состояниях [5–8]. Измеренные методом нулевой ползучести [9–12] значения ПН меди σ составляют 1520 ± 14 мДж/м² при температуре 1253 К, в жидком состоянии ПН меди – 1290 мДж/м². Эти данные позволяют оценить адгезионные характеристики в композициях. Фотографии образцов спрессованной шихты представлены на рис. 2.

Для изучения морфологии поверхности образцов и глубины пропитки изготавливался продольный шлиф, часть которого обрабатывалась уксусной кислотой, который помещали в высо-

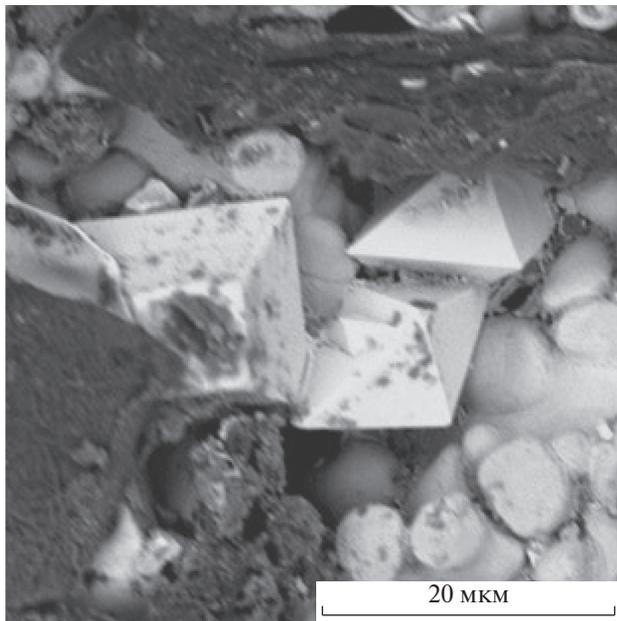


Рис. 3. РЭМ-изображение интерметаллических соединений Co_7W_6 и Fe_7W_6 . Увеличение $\times 6300$.

ковакуумную камеру растрового электронного микроскопа Phenom G2 Pure. При этом выявлялась зернистая структура. Как было показано, с тыльной стороны образца обнаруживаются интерметаллические соединения (рис. 3). Малые добавки нанопорошков позволяют регулировать капиллярное впитывание. Теоретический анализ этой проблемы позволил уточнить зависимость скорости капиллярного впитывания от размера капилляра [13].

Рентгенофазовый анализ, выполненный на установке D2-PHASER с длиной волны $1,54060 \text{ \AA}$, показал (рис. 4) наличие фаз Co_7W_6 и Fe_7W_6 с ромбоэдрической структурой $R-3m$.

Периоды решеток для фазы Co_7W_6 составляют: $a = 4,723 \text{ \AA}$, $c = 25,480 \text{ \AA}$ и для фазы Fe_7W_6 – $a = 4,757 \text{ \AA}$, $c = 25,840 \text{ \AA}$. Остальные данные рентгенофазового анализа приведены в табл. 1.

Для изготовления алмазного инструмента в шихту добавляли 25% природных металлизированных алмазов, подвергнутых импульсно-плазменной металлизации. Твердость с алмазосодержащей стороны по шкале HRV составила 46 единиц.

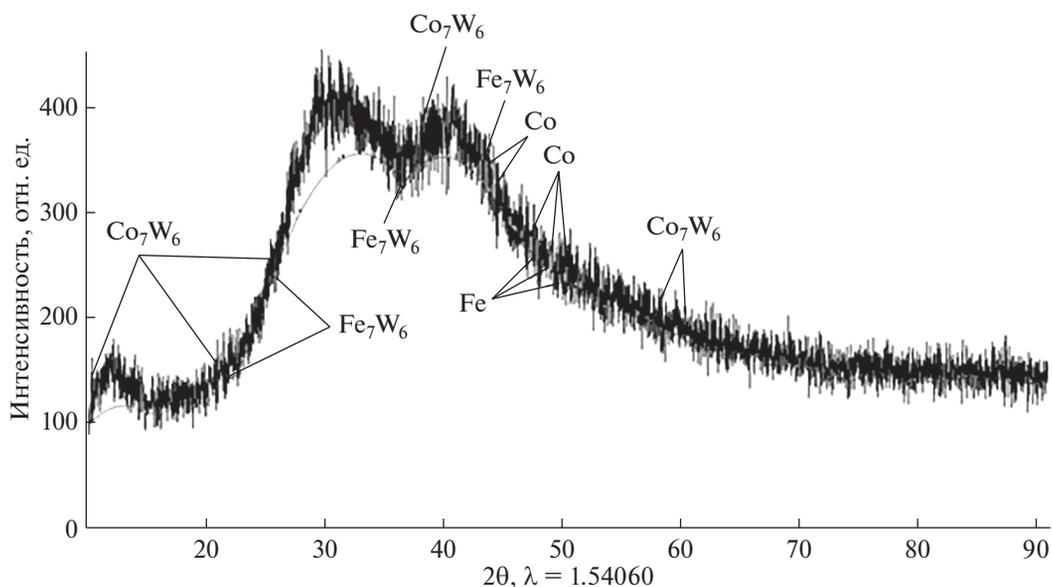


Рис. 4. Дифрактограмма алмазно-металлической композиции.

Таблица 1. Результаты рентгенофазового анализа шихты

Формула	I/I_c^*	Система	Группа	$a, \text{ \AA}$	$c, \text{ \AA}$	z
Co_7W_6	9.92	Ромбоэдрическая	$R-3m$ (166)	4.7230	25.4800	3
Co	3.46	Гексагональная	$P63mc$ (186)	8.2880	10.5420	46
Fe	2.54	Тетрагональная	$P42/mnm$ (136)	8.4283	4.3911	28
Fe_7W_6	6.83	Ромбоэдрическая	$R-3m$ (166)	4.7570	25.8400	3
Co	2.29	Тетрагональная	$P42/mnm$ (136)	8.4244	4.4557	28

* Примечание: I/I_c^* – нормированная интенсивность рентгеновского излучения, z – координационное число.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлена новая технология, существенно повышающая эффективность алмазно-металлических композиций. Технология основана на введении малых добавок нанопорошков карбида вольфрама и кобальта в алмазно-металлические композиции, что обеспечивает высокую твердость алмазно-металлических композиций, более высокую мелкопористость, что в свою очередь, позволяют регулировать капиллярное впитывание. Долговечность алмазного инструмента при этом повышается.

Как показал рентгенофазовый анализ, введение добавок нанопорошков приводит к образованию фаз Co_7W_6 и Fe_7W_6 с ромбоэдрической структурой $R\text{-}3m$ (1). Периоды решеток для фазы Co_7W_6 составляют: $a = 4.723 \text{ \AA}$, $c = 25.480 \text{ \AA}$ и для фазы Fe_7W_6 : $a = 4.757 \text{ \AA}$, $c = 25.840 \text{ \AA}$.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках выполнения соглашения № 14.577.21.0196 от 27 октября 2015 г. Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57715X0196.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поверхностные свойства расплавов твердых тел и их использование в материаловедении. / Под ред. Найдича Ю.В., Киев: Наукова думка, 1991. 280 с.
2. Созаев В.А., Сергеев И.Н., Кумыков В.К., Манукянц А.Р. // Изв. РАН. Сер. физ. 2012. Т. 76. № 7. С. 891.
3. Елекова К.М., Касумов Ю.Н., Кутуев Р.А., Манукянц А.Р., Понежев М.А., Созаев В.А., Хасцаев Б.Д. // Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтрон. исслед. 2017. № 10. С. 48.
4. Камболов Д.А., Кашежев А.З., Кутуев Р.А., Манукянц А.Р., Понежев М.А., Созаев В.А., Шерметов А.Х. // Поверхность. Рентген., синхротр. и нейтрон. исслед. 2016. № 12. С. 92.
5. Сергеев И.Н., Кумыков В.К., Созаев В.А., Гедгагова М.В. // Изв. РАН. Сер. физ. 2017. Т. 81. № 3. С. 386.
6. Гедгагова М.В., Гукетлов Х.М., Кумыков В.К., Манукянц А.Р., Сергеев И.Н., Созаев В.А. // Изв. РАН. Сер. физ. 2007. Т. 71. № 5. С. 631.
7. Сергеев И.Н., Кумыков В.К., Созаев В.А. // Изв. РАН. Сер. физ. 2017. Т. 81. № 3. С. 319.
8. Сергеев И.Н., Кумыков В.К., Созаев В.А., Шебзухова М.А. // Изв. РАН. Сер. физ. 2008. Т. 72. № 10. С. 1464.
9. Kumikov V.K. // Materials Science and Engineering. 1983. V. 60. № 3. P. L23.
10. Kutykov, V.K., Guketlov, H.M. // Zavodskaya Lab. Diagnostika Mat. 2004. V. 70. № 6. P. 35.
11. Digilov R.M., Zadumkin S. N., Kutykov V.K., Khokonov Kh.B. // Phys. Metals Metallogr. 1976. V. 41. № 5. P. 68.
12. Kutykov V.K., Guketlov Kh.M. // Phys. Metals Metallogr. 1983. V. 56. № 2. P.185.
13. Lesev V.N., Sozaev V.A. // J. Heat Mass Transfer. 2016. V. 13. № 2. P. 183.

The Development of Diamond-Metal Compositions with the Purpose of Efficiency Improvement of the Diamond Tool

E. N. Kozyrev¹, V. K. Kumykov², A. S. Kushhabiev², A. R. Manukyants¹, Y. N. Kasumov¹, V. A. Sozaev^{1,*}

¹North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, 362021 Russia

²Kabardino-Balkar State University, Nalchik KBR, 360004 Russia

*e-mail: sozaeff@mail.ru

The creation technology of new diamond-metal compositions for stone-cutting diamond tool, based on selection of new metallic sheaves with use of powders of “tails” of “Tyrnyauz Tungsten-molibdenum Concern” – crushed the trials of tungsten carbide and Co and “black mouldboards” of plant “Pobedit”, having much the same the composition is offered. Use proposed technology essentially increases the efficiency of diamond-metal compositions. Additive the charge TTMC powders or their mixtures with powders of black mouldboards of plant “Pobedit” provides higher fine porosity, increasing the durability of diamond tool.

Keywords: blend, nanopowder, diamond-metall compositions, angles of wetting, surface tension.