

*СТРУКТУРА И ТВЕРДОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВЯЗОК Cr-WC-Cu,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПРОПИТКИ*

Е.Г. СОКОЛОВ, А.В. ОЗОЛИН, С.А. ГАПОНЕНКО

*Кубанский государственный технологический университет,
350002, Российская Федерация, г.Краснодар, ул.Московская, 2,
электронная почта: e_sokolov.07@mail.ru*

Для изготовления камнеобрабатывающих алмазно-абразивных инструментов предложены новые металлические связки Cr-WC-Cu. Исследовано влияние содержания хрома на их структуру и твердость. Безалмазные связки получали методом пропитки: пастообразную массу, содержащую порошки хрома, карбида вольфрама и водный раствор поливинилового спирта, наносили на стальные ролики. Образцы высушивали и пропитывали медью в вакууме при температуре 1130 °С в течение 20 мин. Структуру полученных образцов изучали методом оптической металлографии, измеряли микротвердость структурных составляющих и макротвердость связок. Установлено, что с увеличением содержания хрома возрастает доля мягких составляющих в структуре связок, и их твердость линейно уменьшается.

Ключевые слова: алмазный инструмент, металлическая связка, хром, карбид вольфрама, инфильтрация, твердость.

Метод пропитки (инфильтрации) применяют для получения буровых, правящих, камнеобрабатывающих алмазных инструментов. Он заключается в том, что смесь алмазов и тугоплавких металлических порошков уплотняют в металлических или графитовых формах, после чего пористую прессовку пропитывают расплавом более легкоплавкого компонента. Одним из преимуществ данного метода является возможность получения алмазных инструментов с рабочими поверхностями сложной фасонной формы.

Металлическая связка алмазного инструмента должна прочно удерживать алмазные зерна и обладать необходимой износостойкостью, соответствующей физико-механическим свойствам обрабатываемого материала. Прочное удержание алмазов в связке достигается введением в ее состав металлов, адгезионно-активных к алмазу, таких как Ti, V, Mn, Si, Zr, Cr, W, Fe, Co [1-5]. Износостойкость связки в основном зависит от ее твердости.

Повышение твердости и износостойкости связок не всегда положительно влияет на эксплуатационные свойства инструмента. Для обеспечения оптимальных режущих свойств необходимо, чтобы алмазы выступали из связки

на определенную величину, и сохранялся постоянный зазор между связкой и обрабатываемым материалом, достаточный для внедрения алмазов в материал и выноса шлама. В связи с этим скорость изнашивания связки должна соответствовать скорости изнашивания алмазных зерен. Чрезмерная твердость и износостойкость связки приводит к «засаливанию» рабочей поверхности алмазного инструмента. При недостаточной твердости связки она интенсивно изнашивается, что приводит к выкрашиванию алмазов.

Таким образом, чем тверже обрабатываемый материал и выше его абразивные свойства, тем более твердой и износостойкой должна быть связка, и наоборот.

Для буровых и правящих алмазных инструментов применяют связки на основе порошков карбида вольфрама или твердых сплавов ВК и ТК, пропитанных медью или бронзой, иногда с добавками металлов, адгезионно-активных к алмазу. Такие связки обладают твердостью 20...55 HRC и высокой износостойкостью [6-8].

Породы природного камня, такие как гранит, мрамор, имеют невысокие абразивные свойства, поэтому для их обработки не пригодны инструменты с износостойкими связками на основе карбида вольфрама. В качестве связок камнеобрабатывающих инструментов используют технически чистый кобальт, оловянную бронзу, смеси кобальта с бронзой, с железом и медью [1, 9]. Камнеобрабатывающие инструменты простой формы получают прессованием и спеканием. Некоторые виды инструментов, например, сложнопрофильные алмазные ролики, затруднительно получать данным методом. Для их изготовления может быть использован метод пропитки. Однако применительно к камнеобрабатывающим алмазным инструментам этот метод исследован недостаточно.

Для получения фасонных камнеобрабатывающих инструментов авторами настоящей работы предложены металлические связки Cr-WC-Cu, в которых карбид вольфрама частично заменен хромовым порошком, с одной стороны – для снижения твердости, с другой – для повышения адгезионной активности

связки к алмазу. Цель работы – установить взаимосвязь между составом, структурой и твердостью металлических связок Cr-WC-Cu, получаемых методом пропитки.

Для экспериментальных исследований готовили смеси порошков карбида вольфрама и хрома с содержанием последнего, % (масс.): 25; 50; 67 и 75. При этом использовали карбид вольфрама марки DIATUC-2000 производства фирмы Dr. Fritsch (Германия) со средним размером частиц 2 мкм и порошок хрома Х99, полученный механическим измельчением, с размером частиц 50...400 мкм.

В шихту вводили 3 %-ный водный раствор поливинилового спирта в количестве 10 % от массы порошков. Полученную пастообразную массу наносили методом накатки на ролики из стали Ст3. Высота роликов составляла 30 мм, диаметр – 20 мм, толщина нанесенного слоя – 3 мм. Образцы высушивали и помещали в графитовую обойму. Зазоры между образцами и стенками отверстий обоймы заполняли мелким кварцевым песком. В качестве пропиточного материала в обойму помещали обрезки меди марки М0.

Обоймы устанавливали в вакуумную печь и нагревали выше температуры плавления меди. Пропитку проводили при температуре 1130 °С в течение 20 мин в вакууме 1×10^{-3} мм рт. ст.

Структуру полученных образцов исследовали с помощью металлографического микроскопа AxioObserver.A1m фирмы Carl Zeiss при увеличениях $\times 50 \dots 1000$. Микротвердость структурных составляющих определяли при нагрузке 50 г на твердомере DuraScan80 фирмы EmcoTest. Макротвердость металлических связок измеряли по методу Роквелла, шкала «В», на приборе ТК-2М.

Проведенные исследования показали, что на всех образцах при указанном режиме достигнута сквозная пропитка нанесенного слоя. Образцы имеют однородную структуру, представленную на рис. 1. Пористость всех образцов приблизительно одинакова и составляет 5...7 %. Ее наличие, по-видимому,

связано с выделением газов при диссоциации поливинилового спирта и оксидных пленок порошков в процессе нагрева [10].

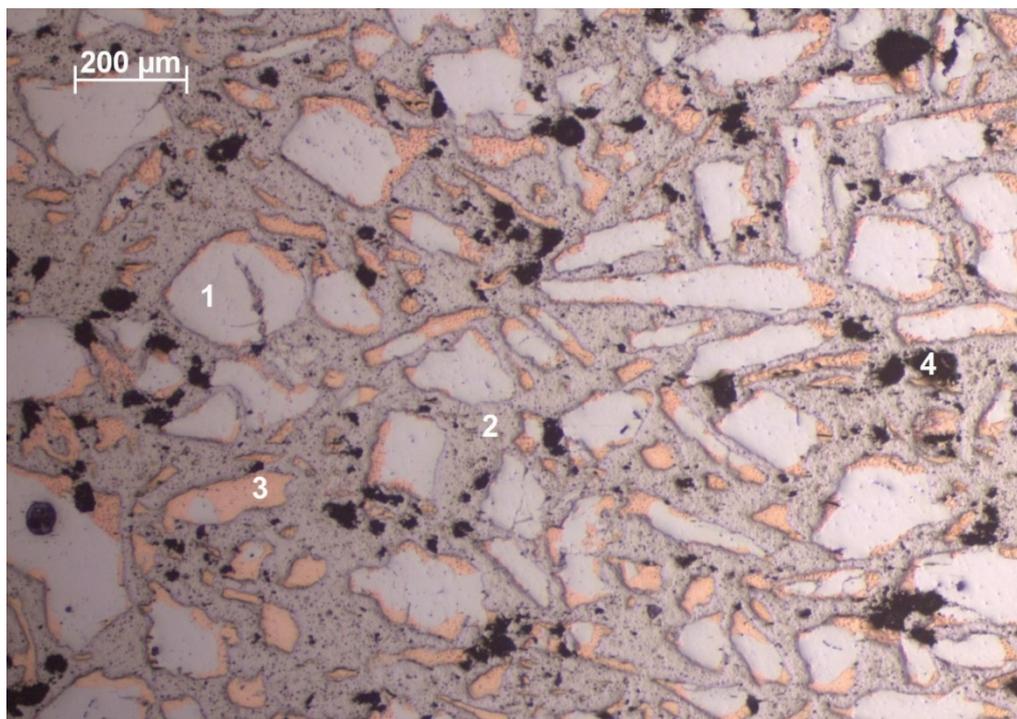


Рис. 1. Структура металлической связки Cr-WC-Cu, содержащей 67% (масс.) хрома (без травления, увеличение $\times 50$):
1 - частицы хрома; 2 - карбид вольфрама, пропитанный медью;
3 - эвтектика хром-медь, 4 – поры

По периметру частиц хрома видны включения эвтектики хром-медь (рис. 2). Согласно диаграмме состояния Cr-Cu [11] растворимость меди в хrome незначительна, например, при температуре 1150 °C она составляет 0,085 % (ат.). Эвтектика с содержанием меди 98,44 % (ат.) образуется при температуре 1076,6 °C.

Наличие включений эвтектики в структуре связки объясняется следующим образом. В соответствии с диаграммой состояния Cr-Cu при температуре пропитки происходило растворение хрома в жидкой меди. При температуре выдержки 1130°C находились в равновесии твердая фаза (практически чистый хром) и жидкая фаза, содержащая около 6 % (ат.) хрома. При последующем охлаждении до 1076,6 °C жидкая фаза кристаллизовалась по эвтектической реакции в виде двух твердых растворов (Cr) и (Cu).

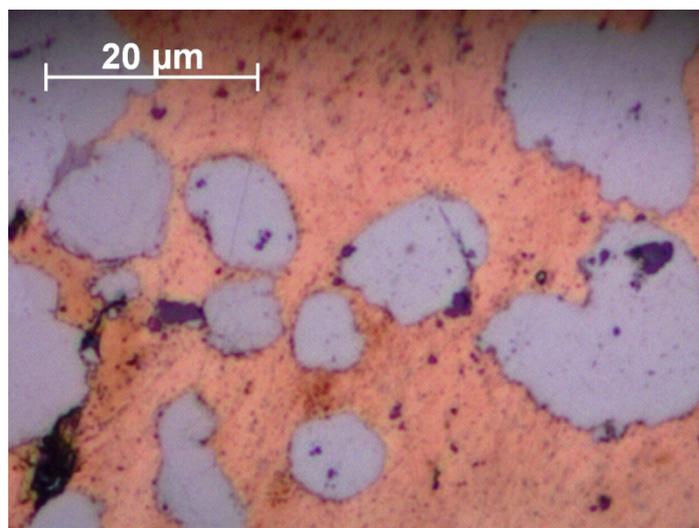


Рис. 2. Эвтектика хром-медь в металлической связке, содержащей 67% (масс.) хрома (без травления, увеличение $\times 1000$)

Микротвердость частиц хрома составляет 194...212 HV, эвтектики хром-медь – 130...145 HV. Карбид вольфрама, пропитанный медью, имеет наиболее высокую микротвердость, составляющую 1188...1458 HV.

При содержании хрома 50 % (масс.) связка имеет твердость 91 HRB. С увеличением содержания порошка хрома возрастает доля мягких составляющих в структуре связок, и их твердость линейно уменьшается. Связка, содержащая 75 % (масс.) хрома имеет твердость 63 HRB.

Полученные связки Cr-WC-Cu обладают значительно меньшей твердостью, а, следовательно, и меньшей стойкостью к абразивному износу, по сравнению со связками, применяемыми для бурового инструмента [6-9]. Как было сказано выше, твердость и износостойкость связки должны соответствовать физико-механическим свойствам обрабатываемого материала. В связи с этим, для определения оптимальной твердости связок Cr-WC-Cu необходимо изготовить на их основе образцы алмазно-абразивных инструментов и провести их испытания при шлифовании природного камня.

Выводы

1. Структура металлических связок Cr-WC-Cu, сформировавшихся при исследованном режиме пропитки, состоит из трех составляющих: не

растворившиеся частицы хрома, эвтектика хром-медь и карбид вольфрама, пропитанный медью.

2. С увеличением содержания хрома возрастает доля мягких составляющих (частиц хрома и эвтектики хром-медь) в структуре связок, и твердость связок линейно уменьшается.

3. Для определения оптимальной твердости связок Cr-WC-Cu необходимо исследовать их износостойкость в условиях шлифования природного камня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Konstanty J. Powder Metallurgy Diamond Tools. – Oxford: Elsevier, 2005. – 152 p.

2. Найдич Ю.В., Колесниченко Г.А., Лавриненко И.А., Моцак Я.Ф. Пайка и металлизация сверхтвердых инструментальных материалов – Киев: Наукова думка, 1977. – 188 с.

3. Rabinkin A., Shapiro A.E., Boretius M. Brazing of diamonds and cubic boron nitride, in: Advances in Brazing: Science, Technology and Applications – Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. – P.160–193.

4. Артемьев В.П., Соколов Е.Г., Козаченко А.Д. Исследование взаимодействия композиционных припоев с алмазом // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2013. – № 6. – С. 28–31.

5. Sokolov E.G. Artemyev V.P. Interaction of composite brazing alloy Sn-Cu-Co-W with diamond at brazing of diamond abrasive tools // Applied Mechanics and Materials.– 2015. – Vol. 799-800.– P. 266-271.

6. Будюков Ю.Е., Власюк В.И., Спирин В.И. Алмазный породоразрушающий инструмент – Тула: ИПП «Гриф и К», 2005. – 288 с.

7. Полушин Н.И., Богатырев А.В., Лаптев А.И., Сорокин М.Н. Влияние состава, структуры и свойств матриц на стойкость алмазного бурового инструмента // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2016. – № 1. – С. 60–66.

8. Полушин, Н.И., Лаптев А.И., Барагунов Э.М. Влияние состава матриц алмазных буровых коронок на их абразивную стойкость. Часть 1. Свойства <http://ntk.kubstu.ru/file/1255>

матриц алмазных буровых коронок // Цветные металлы. – 2013. – № 1 (841). – С. 76–79.

9. Бакуль В.Н., Никитин Ю.И., Верник Е.Б., Селех В.Ф. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента – М.: Машиностроение, 1975. – 296 с.

10. Есенберлин Р.Е. Пайка и термическая обработка деталей в газовой среде и в вакууме. – Л.: Машиностроение, 1972. – 183 с.

11. Диаграммы двойных металлических систем: Справочник: В 3 т.: Т.2. / Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1997. – 1024 с.

REFERENCES

1. Konstanty J. Powder Metallurgy Diamond Tools. – Oxford: Elsevier, 2005. – 152 p.

2. Naydich Yu.V., Kolesnichenko G.A., Lavrinenko I.A., Motsak Ya.F. Payka i metallizatsiya sverkhтвердых инструментальных материалов – Kiev: Naukova dumka, 1977. – 188 s.

3. Rabinkin A., Shapiro A.E., Boretius M. Brazing of diamonds and cubic boron nitride, in: Advances in Brazing: Science, Technology and Applications – Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. – P.160–193.

4. Artemev V.P., Sokolov E.G., Kozachenko A.D. Issledovanie vzaimodeystviya kompozitsionnykh pripoev s almazom // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. – 2013. – № 6. – S. 28–31.

5. Sokolov E.G. Artemyev V.P. Interaction of composite brazing alloy Sn-Cu-Co-W with diamond at brazing of diamond abrasive tools // Applied Mechanics and Materials.– 2015. – Vol. 799-800.– P. 266-271.

6. Budyukov Yu.E., Vlasyuk V.I., Spirin V.I. Almaznyy porodorazrushayushchiy instrument – Tula: IPP «Grif i K», 2005. – 288 s.

7. Polushin N.I., Bogatyrev A.V., Laptev A.I., Sorokin M.N. Vliyanie sostava, struktury i svoystv matrits na stoykost almaznogo burovogo instrumenta // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Poroshkovaya metallurgiya i funktsionalnye pokrytiya. – 2016. – № 1. – S. 60–66.

8. Polushin, N.I., Laptev A.I., Baragunov E.M. Vliyanie sostava matrity almaznykh burovykh koronok na ikh abrazivnyuyu stoykost. Chast 1. Svoystva matrity almaznykh burovykh koronok // Tsvetnye metally. – 2013. – № 1 (841). – S. 76–79.

9. Bakul V.N., Nikitin Yu.I., Vernik E.B., Selek V.F. Osnovy proektirovaniya i tekhnologiya izgotovleniya abrazivnogo i almaznogo instrumenta – M.: Mashinostroenie, 1975. – 296 s.

10. Esenberlin R.E. Payka i termicheskaya obrabotka detaley v gazovoy srede i v vakuume. – L.: Mashinostroenie, 1972. – 183 s.

11. Diagrammy dvoynykh metallicheskiykh sistem: Spravochnik: V 3 t.: T.2. / Pod obshch. red. N.P. Lyakisheva. – M.: Mashinostroenie, 1997. – 1024 s.

*STRUCTURE AND HARDNESS OF CR-WC-CU METALLIC MATRICES,
OBTAINED BY THE INFILTRATION*

E.G. SOKOLOV, A.V. OZOLIN, S.A. GAPONENKO

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350002;
e-mail: e_sokolov.07@mail.ru*

For stone-machining diamond tools production are proposed new Cr-WC-Cu metallic matrices. It has been researched the influence of chromium content on their structure and hardness. Non-diamond-containing matrices are obtained by the infiltration method: paste, which is contains chromium and tungsten carbide powders and polyvinyl alcohol water solution, was applied on the steel rollers. Specimens was dried and copper infiltrated in vacuum at 1130 °C during 20 min. Specimens structure was studied by optical metallography method, microhardness of their structural components and hardness of matrixes was tested. It has been determined, that with chromium content increasing is increased share of the soft structural components and the hardness of matrices lineally decreasing.

Key words: diamond tool, metallic matrix, chromium, tungsten carbide, infiltration, hardness