

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВЯЗОК СИСТЕМ Sn-Cu-Co И Sn-Cu-Co-W СО СТАЛЬНЫМИ ПОДЛОЖКАМИ

*Озолин А.В., Бурым Т.А.*

*Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар*

**Ключевые слова:** абразивные инструменты, металлическая связка, порошковый материал, твердость.

**Аннотация.** Целью работы является изучение взаимодействия металлических связок Sn-Cu-Co и Sn-Cu-Co-W со стальными подложками при спекании. Для исследования были приготовлены порошковые смеси следующих составов (% масс.): 46 Cu; 21 Sn; 33 Co и 43 Cu; 20 Sn; 30 Co; 7 W. Порошки смешивали с органическим пластификатором и наносили слой толщиной 2 мм на стальные ролики диаметром 20 мм. Полученные заготовки подвергали спеканию в вакууме при 820°C с выдержкой 20 минут. Структуру образцов исследовали методами оптической металлографии. Распределение элементов в структуре образцов исследовали методом микрорентгеноспектрального анализа. Результаты исследования показали, что после спекания алмазных инструментов на границе между стальной основой и алмазосодержащим композитом отсутствуют хрупкие интерметаллидные прослойки. На этой границе образуется переходный кобальтовый слой, который способствует прочному сцеплению алмазосодержащего композита со стальной основой.

## INVESTIGATION OF THE INTERACTION OF METALL MATRICES OF THE Sn-Cu-Co AND Sn-Cu-Co-W SYSTEMS WITH STEEL SUBSTRATES

*Ozolin A.V., Buryim T.A.*

*Kuban State Technological University, Krasnodar*

**Keywords:** abrasive tools, metal matrices, powder material, hardness.

**Abstract.** The aim of this work is to study the interaction of Sn-Cu-Co and Sn-Cu-Co-W metal bonds with steel substrates during sintering. Powder mixtures of the following compositions (% wt.) were prepared for the study: 46 Cu; 21Sn; 33Co and 43Cu; 20 sn; 30Co; 7 W. The powders were mixed with an organic plasticizer and coated 2 mm thick on steel rollers 20 mm in diameter. The obtained workpieces were subjected to vacuum sintering at 820°C with a holding time of 20 minutes. The structure of the samples was studied by optical metallography. The distribution of elements in the structure of the samples was studied by X-ray microanalysis. The results of the study showed that after sintering of diamond tools, there are no brittle intermetallic interlayers at the interface between the steel base and the diamond-containing composite. A transition cobalt layer is formed at this boundary, which promotes strong adhesion of the diamond-containing composite to the steel base.

Фасонные алмазно-абразивные инструменты применяются для обработки деталей машин, а также архитектурных деталей из натурального и искусственного камня [1]. Такие инструменты, как правило, имеют металлический корпус, на который нанесен алмазосодержащий слой, состоящий из частиц алмаза и охватывающей их металлической связки.

В качестве связок часто применяются сплавы систем Sn-Cu-Co и Sn-Cu-Co-W [2-5]. Это обусловлено хорошими прочностными свойствами этих сплавов, способностью прочно соединяться с поверхностью алмазов при спекании [6-8].

Для работоспособности алмазного инструмента большое значение имеет прочность сцепления алмазосодержащего материала со стальной основой [9].

Целью данной работы является изучение взаимодействия металлических связок Sn-Cu-Co и Sn-Cu-Co-W со стальными подложками при спекании.

Порошки технически чистых меди, олова, кобальта и вольфрама смешивали с органическим пластификатором и наносили слой толщиной 2 мм на стальные ролики диаметром 20 мм. Смесь содержала порошки металлов в следующих соотношениях (% масс.): 46 Cu; 21 Sn; 33 Co и 43 Cu; 20 Sn; 30 Co; 7 W. Для исследований использовали порошки олова, меди, кобальта и вольфрама технической чистоты с равноосной формой частиц и следующими размерами: олово 17-30 мкм, медь 45-70 мкм, кобальт 1-2 мкм и вольфрам 19-24 мкм. Стальные трубки, используемые в качестве подложек, были изготовлены из углеродистой стали с содержанием 0,17-0,2% С.

Образцы нагревали в вакууме до температуры 450°C и выдерживали при этой температуре 40 мин для удаления органического пластификатора. Затем температуру повышали и спекали образцы при 820°C с выдержкой 20 минут. Микроструктуру полученных образцов исследовали с помощью металлографического микроскопа AxioObserver.A1m (ZEISS). Распределение элементов в структуре образцов исследовали методом микрорентгеноспектрального анализа с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-7500F (JEOL). Микротвердость (HV0.01) структурных составляющих измеряли с помощью микротвердомера DuraScan80 (EmcoTest).

В ходе исследования установлено, что при температурах спекания 820°C на границе между стальной основой и спеченным материалом формируется переходный слой (рис. 1).

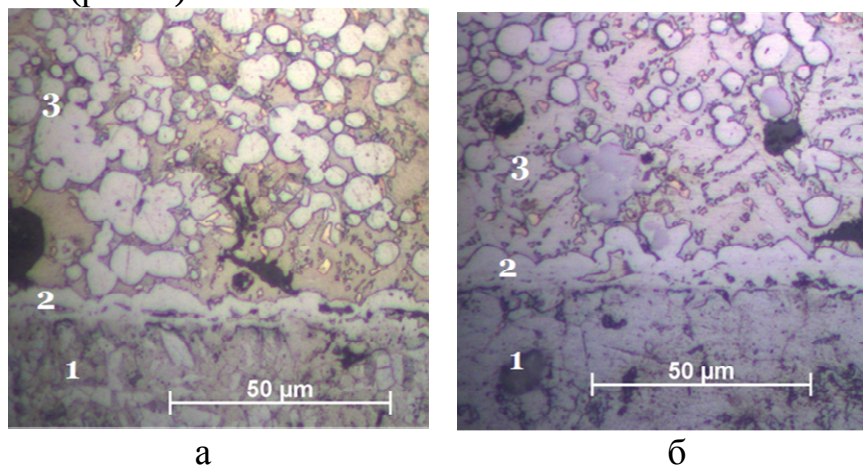


Рис. 1. Граница взаимодействия спеченного материала со сталью,  $\times 500$ ;  
а – Sn-Cu-Co, б – Sn-Cu-Co-W; 1 – стальная основа, 2 – переходный кобальтовый слой, 3 – спеченный материал

Переходный слой состоит из твердого раствора на основе кобальта с микротвердостью 124-157 HV. Это указывает на то, что при температуре спекания происходит осаждение кобальта из жидкой фазы на стальную основу. При этом объемная диффузия кобальта в сталь практически отсутствует. Диффузионные зоны между сталью и кобальтовым слоем не наблюдаются, что видно на результатах микрорентгеноспектрального сканирования по линии (рис. 2). Механическими испытаниями подтверждено, что образование переходного

кобальтового слоя способствует прочному сцеплению алмазосодержащего слоя со стальной основой [10].

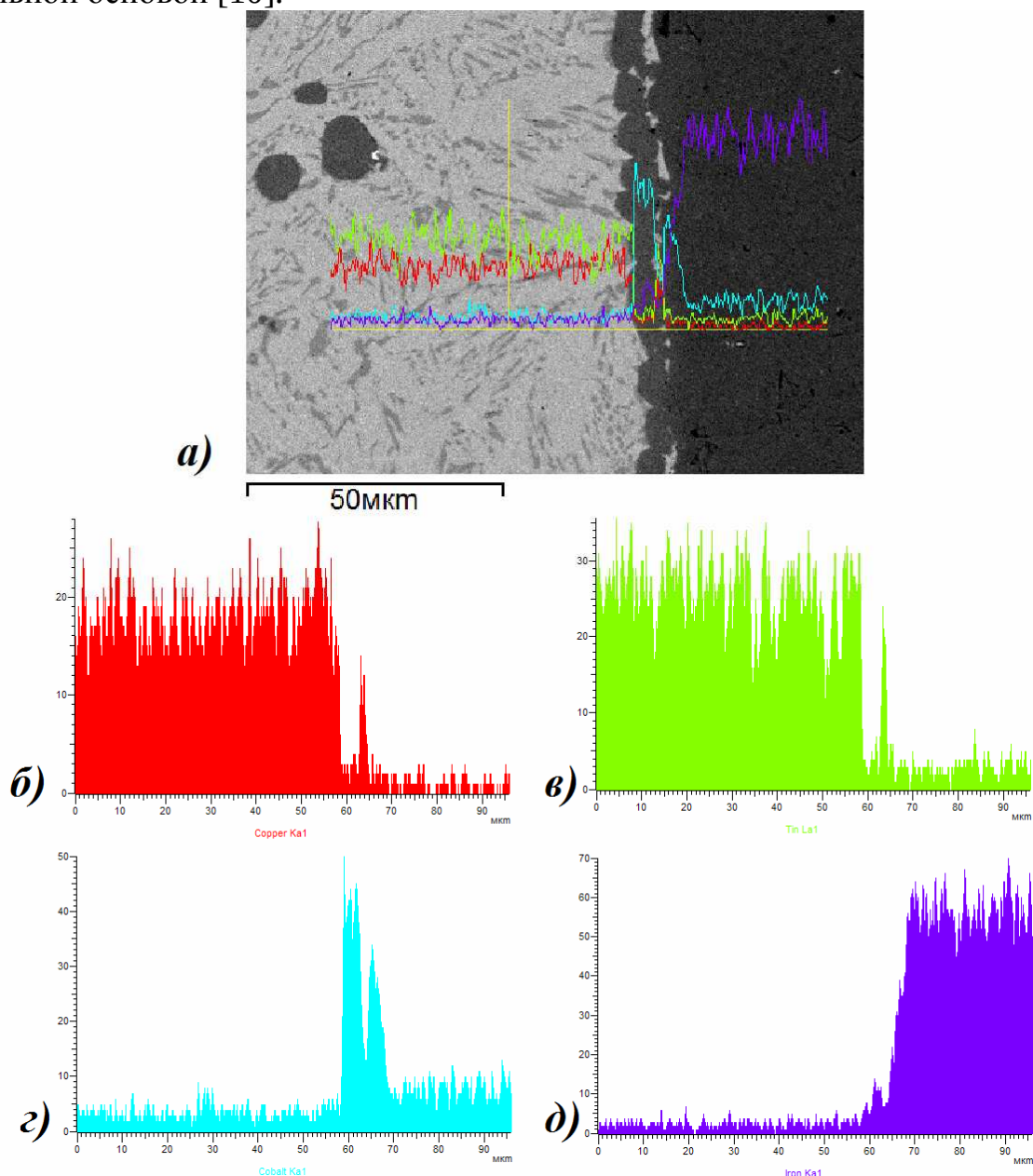


Рис. 2. Структура сплава Sn-Cu-Co и кривые распределения элементов сплава:  
*a* – структура сплава, *б* – Cu, *в* – Sn, *г* – Co, *д* – Fe

Таким образом, после спекания алмазных инструментов отсутствуют хрупкие интерметаллидные прослойки на границе между стальной основой и алмазосодержащим композитом. На этой границе образуется переходный кобальтовый слой, который способствует прочному сцеплению алмазосодержащего композита со стальной основой.

#### Список литературы

1. Konstanty J. Powder metallurgy diamond tools. – Oxford: Elsevier, 2005.
2. Novikov M.V., Mechnyk V.A., Bondarenko M.O et al. Composite materials of diamond-(Co-Cu-Sn) system with improved mechanical characteristics. Part 1. The influence of hot re-pressing on the structure and properties of diamond-(Co-Cu-Sn) composite // Journal of Superhard Materials. 2015. Vol. 37. P. 402-416.

3. Патент №2725485 РФ. Связка для изготовления алмазного инструмента / Е.Г. Соколов, А.В. Озолин. – Оpubл. 02.07.2020.
4. Патент №2457935 РФ. Способ получения абразивного инструмента из сверхтвердых материалов / Е.Г. Соколов, А.Д. Козаченко. – Оpubл. 10.08.2012.
5. Соколов Е.Г., Козаченко А.Д. Исследование связующих веществ композиционных припоев, применяемых для пайки алмазно-абразивного инструмента // Известия высших учебных заведений. Сев.-Кавк. регион. Технические науки. 2012. №5. С. 66-68.
6. Озолин А.В. Физико-химическое обоснование выбора компонентов металлических связок алмазных инструментов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2017. № 9. С. 80-87.
7. Ozolin A. V., Sokolov E. G., Golius D. A. Effect of tungsten nanoparticles on interaction of Sn-Cu-Co metallic matrices with diamond // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: III International Scientific Conference, Krasnoyarsk, 29-30 апреля 2021 года. – С. 12016. – DOI 10.1088/1757-899X/1155/1/012016.
8. Соколов Е.Г., Артемьев В.П., Озолин А.В. Получение алмазно-металлических композитов с помощью припоев, содержащих тугоплавкие наполнители // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2016. Т. 59, № 8. С. 56-59.
9. Бакуль В.Н. Основы проектирования и технологии изготовления абразивного и алмазного инструмента / Под ред. В.Н. Бакуля. – М.: Машиностроение, 1975. – 297 с.
10. Соколов Е.Г., Озолин А.В., Голиус Д.А. Исследование эксплуатационных свойств фасонных алмазных инструментов, полученных композиционной пайкой // Прогрессивные технологии в современном машиностроении. Материалы и технологии XXI века: Сб. статей XVI Международной науч.-техн. конф., Пенза, 24–25 июня 2021 года, 2021. – С. 122-127.

Сведения об авторах:

*Озолин Александр Витальевич* – младший научный сотрудник;  
*Бурым Тимофей Александрович* – магистрант.