

ПОЛУЧЕНИЕ ПОРИСТЫХ СВЯЗОК СИСТЕМЫ «МЕДЬ – ЖЕЛЕЗО – ОЛОВО» И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ПОРИСТОСТЬ

И. С. Филатов, А. И. Буренина, А. С. Черкасова

*Кафедра «Материалы и технология»,
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия;
ridder@mail.ru*

Ключевые слова: абразивный материал; жидкофазное спекание; микроскопический анализ; прессование; пористость; пористые связки; система «медь – железо – олово»; химический состав.

Аннотация: Рассмотрены особенности технологического процесса получения металлических связок системы «медь – железо – олово» методом порошковой металлургии. Проведен анализ влияния состава шихты на структуру получаемых при жидкофазном спекании связок. Определены процентные соотношения и размеры пор в зависимости от состава связок.

Связка обрабатывающего инструмента – важнейший компонент рабочего слоя, удерживающий в инструменте абразивные зерна. Вид связки в значительной мере предопределяет его работоспособность. При изготовлении связки методом порошковой металлургии необходимо учитывать также особенности получения и смешивания порошкообразных материалов связок [1].

Круги на металлической связке применяются только для инструмента, в котором абразивом служит алмаз (природный или синтетический), в следующих случаях: если необходимо обеспечить малый удельный расход алмаза, сохранить форму профиля инструмента, снять большой припуск. Необходимо учитывать гранулометрический состав смешиваемых порошков и их соотношение при получении необходимых свойств абразивного инструмента [2]. На таких связках изготавливают рабочие элементы алмазных штрипсовых пил, отрезных и шлифовальных кругов, фрез. Металлическая связка прочно удерживает алмазные зерна, поэтому обеспечивает меньший расход алмазов [3], однако силы и температура резания увеличиваются. Наблюдается склонность к засаливанию и адгезии, что ухудшает чистоту обработанной поверхности.

Пористые связки имеют объемную пористость, необходимую для проникновения охлаждающей жидкости в зону резания и удаления продуктов обработки. Данные связки обладают также высоким уровнем алмазоудержания, что предохраняет алмазные зерна от вдавливания в них и преждевременного выпадения. Стойкость брусков на пористых связках по сравнению с брусками на металлических связках выше в 34 раза [4]. Удельная производительность хонингования при обработке серых и закаленных чугунов крупнозернистыми брусками повышается более чем в 2,5 раза. Процесс резания крупнозернистыми брусками имеет незатухающий характер и позволяет спускать припуск на хонингование до 1 мм [4].

В ходе проведения работы выполнен подбор наилучшего состава металлической связки. Для получения прессовок использовались связки состава медь – олово – железо, с варьируемым содержанием олова: 3; 5; 7; 12; 15; 20 %. Железо во всех составах бралось 25 %, остальное – медь. Исследованием установлено, что изменение содержания олова ведет к изменению содержания пор в данной связке. Исследовались образцы кольцевидной формы после их прессовки с усилием 80 кгс/мм^2 и последующим спеканием при температуре $320 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 4 ч. Изучение микроструктуры проводилось после шлифовки и полировки образцов с их последующим травлением 5%-м раствором хлористого железа.

Для рассмотрения и фотографирования микроструктуры использовался металлографический микроскоп Neophot 21 (Carl Zeiss Jena, Германия) с общим увеличением оптической системы $\times 500$. На рисунке 1 показаны фотографии микроструктуры связок при различном содержании в них олова.

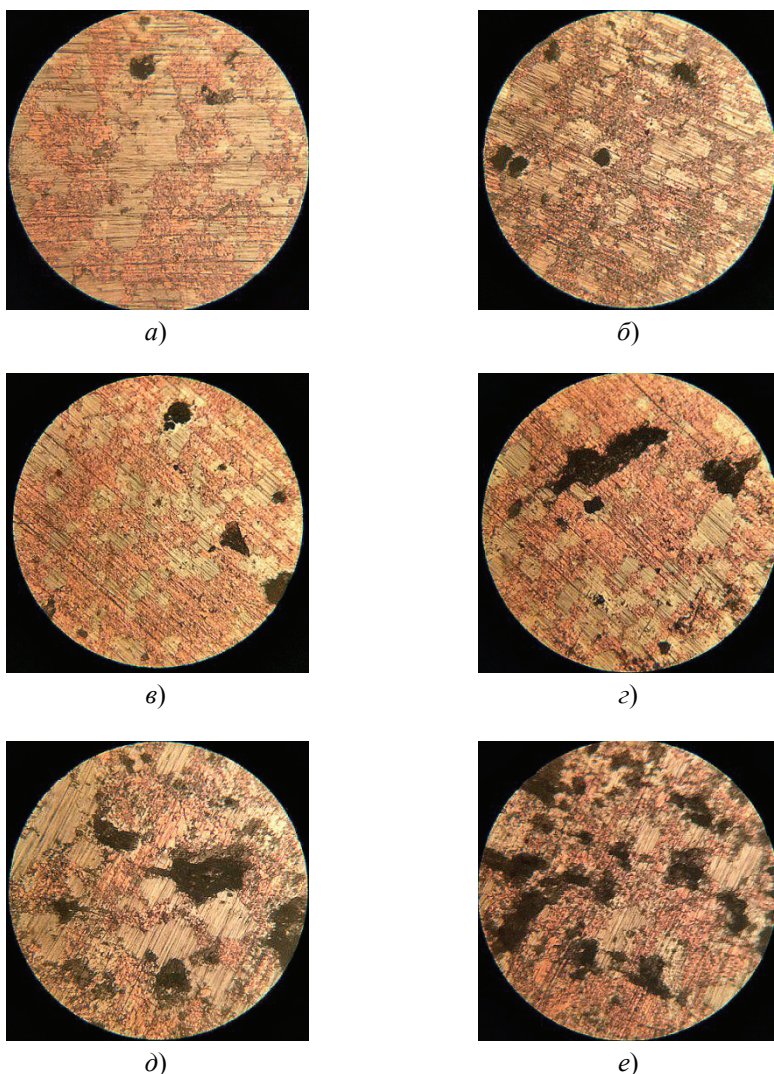


Рис. 1. Микроструктура металлических связок «медь – олово – железо» при различном содержании олова, %:
a – 3; *б* – 5; *в* – 7; *г* – 12; *д* – 15; *е* – 20

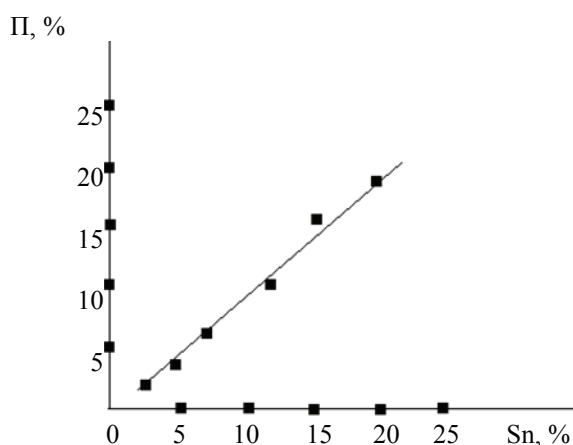


Рис. 2. График зависимости процентного содержания олова и пористости связки

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что наиболее крупные поры образуются в процессе спекания в зернах олова (при спекании олово переходит в жидкую фазу и образует с медью твердый раствор внедрения). При образовании в приповерхностных слоях зерен меди сплава меди с оловом (оловянистой бронзы) происходит жесткое сцепление зерен связки между собой что повышает прочность изделия в целом. Значительное количество олова переходит в твердый раствор в зернах меди, что и приводит к образованию в зернах олова пор. Представим зависимость пористости связок от содержания олова в них, %: 2 – 3; 4 – 5; 6 – 7; 10 – 12; 16 – 15; 18 – 20 (рис. 2.).

Полученные результаты свидетельствуют о явной зависимости пористости связки в целом от процентного содержания олова в ней, что позволяет сделать вывод о возможности контролируемого задания необходимой пористости порошковых материалов изменением фазы, участвующей в жидкофазном спекании и образующей с основной фазой твердые растворы внедрения при температурах спекания. Построение графика позволяет судить о приближенности к линейной зависимости процентного содержания пор от содержания олова в сплаве связки.

Аппроксимация полиномом первой степени позволяет оценить пористость в связках системы «медь – железо – олово» в зависимости от процентного содержания олова в них (при обязательном жидкофазном спекании), %:

$$П = 0,85 Sn, \quad (1)$$

где П – пористость; Sn – процентное содержание олова в связке.

Для выявления влияния режимов спекания и режимов прессования на структуру и свойства порошковых металлических связок абразивных материалов проводят дополнительные исследования, целью которых является разработка оптимального технологического процесса изготовления изделий данного вида.

Список литературы

1. Севостьянов, М. В. Теоретические и экспериментальные исследования процесса компактирования техногенных порошкообразных материалов / М. В. Севостьянов, Т. Н. Ильина, Е. Н. Семерикова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2016. – Т 22, № 4. – С. 420 – 426.

2. Капранова, А. Б. Учет гранулометрического состава сред при описании их смешивания в аппарате с подвижной лентой / А. Б. Капранова, М. Н. Бакин, А. И. Зайцев // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2014. – Т 20, № 4. – С. 754 – 757.

3. Рыбаков, В. А. Абразивные материалы и инструменты / В. А. Рыбаков, В. И. Муцяно // под ред. В. А. Рыбакова. – М. : Изд-во НИИмаш, 1981. – 360 с.

4. Эфрос, М. Г. Современные абразивные инструменты / М. Г. Эфрос, В. С. Миронюк. – Л. : Машиностроение, 1987. – 158 с.

Obtaining Porous Bindings of the “Copper – Iron – Tin” System and Research into the Influence of Chemical Composition on Porosity

I. S. Filatov, A. I. Burenina, A. C. Cherkasova

*Department of Materials and Technology,
TSTU, Tambov, Russia; ridder@mail.ru*

Keywords: abrasive material; chemical composition; “copper – iron – tin” system; liquid-phase sintering; microscopic analysis; porosity; porous bonds; pressing.

Abstract: The features of the technological process for obtaining metal bonds of the “bronze – iron – tin” system by the powder metallurgy method are considered. The influence of the composition of the charge on the structure of the ligaments obtained during liquid-phase sintering is analyzed. Pore percentages and pore sizes are determined depending on the composition of the ligaments.

References

1. Sevostyanov M.V., Ilyina T.N., Semerikova E.N. [Theoretical and experimental studies of the process of technogenic compaction of powdered materials], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2016, vol. 22, no. 4, pp. 420-426. (In Russ., abstract in Eng.)

2. Kapranova A.B., Bakin M.N., Zaitsev A.I. [The account of granulometric composition environments when describing their mixing in the apparatus with a movable tape], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2014, vol. 20, no. 4, pp. 754-757. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Rybakov V.A., Mazanko V.I. *Abrazivnye materialy i instrumenty* [Abrasive materials and tools], Moscow: Izdatel'stvo NIImash, 1981, 360 p. (In Russ.)

4. Efros M.G., Mironyuk V.S. *Sovremennye abrazivnye instrumenty* [Modern grinding tools], Leningrad: Mashinostroenie, 1987, 158 p. (In Russ.)

Erhalten der porösen Bindungen des Systems “Kupfer – Eisen – Zinn” und Untersuchung des Einflusses der chemischen Zusammensetzung auf Porosität

Zusammenfassung: Es sind die Besonderheiten des technologischen Prozesses der Herstellung von Metallbindungen des “Bronze – Eisen – Zinn” – Systems mit Hilfe der Pulvermetallurgie – Methode betrachtet. Der Einfluss der Zusammensetzung der

Ladung auf die Struktur der Bindemittel, die während des Flüssigphasensinterns erhalten werden, ist analysiert. Es sind die Prozentsätze und Porengrößen der Poren in Abhängigkeit von der Zusammensetzung der Bindemittel bestimmt.

Obtention des ligaments poreux du système “cuivre – fer – étain” et étude de l'influence de la composition chimique sur la porosité

Résumé: Sont examinées les caractéristiques du procédé technologique de l'obtention des ligaments métalliques du système “bronze – fer – étain” par la méthode de la métallurgie des poudres. Est effectuée une analyse de l'influence de la composition de la charge sur la structure des ligaments reçus lors du frittage de phase liquide. Sont définis les pourcentages et les dimensions des pores en fonction de la composition des ligaments.

Авторы: *Филатов Иван Сергеевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы и технология», *Буренина Анна Игоревна* – студент, *Черкасова Анастасия Сергеевна* – студент, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Поликарпов Валерий Михайлович* – доктор химических наук, профессор кафедры «Физика», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.
