

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ СВЯЗОК
BrO10 – Sn – Fe МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ
БЕЗ ПОСЛЕДУЮЩЕГО СПЕКАНИЯ**

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; микроскопический анализ; переменное нагружение; пористость; пористые связки; прессование; система «бронза – олово – железо»; скорость нарастания и скорость спада давления; удержание давления; химический состав.

Аннотация: Рассмотрены особенности технологического процесса получения абразивного инструмента на стальном основании на основе связок «бронза – олово – железо». Приведены наиболее распространенные технологические процессы изготовления абразивного инструмента. Разработана технология получения абразивного инструмента для обработки сверхтвердых материалов методом порошковой металлургии по технологии, позволяющей отказаться от последующего спекания изделий. Проведен анализ влияния давления прессования и времени выдержки под давлением на структуру получаемых связок и инструмента в целом. Определены оптимальные параметры удельной нагрузки, времени выдержки, скорости нарастания и спада давления и отработаны особенности технологии получения абразивного инструмента для шлифовки оптических изделий без этапа спекания.

В основу технологий изготовления алмазного инструмента на металлической связке положены методы порошковой металлургии. Рабочий слой инструмента состоит из порошка алмаза и металлического связующего. Использование в качестве исходных материалов порошков позволяет формовать в пресс-форме заготовки алмазного инструмента, точные по форме, что сводит к минимуму объем их механической обработки. Кроме того, отсутствуют многие ограничения, связанные с выбором компонентов сплавов. В отличие от литья, методы порошковой металлургии позволяют создавать композиции, включающие не сплавляемые друг с другом материалы, что используется при закреплении алмазных частиц в металлической связке.

При производстве алмазного режущего инструмента в качестве материала, служащего для закрепления алмазов – связки – обычно используются металлы (медь, железо, никель, медь, олово и ряд других), а также их сплавы. Материалы на основе кобальта и его сплавов, получаемые методами порошковой металлургии, широко используются при производстве алмазного инструмента для камнеобработки и стройиндустрии. Это связано с уникальными физическими и механическими свойствами кобальтовых сплавов – высокими значениями прочности, ударной вязкости, твердости, износостойкости и адгезии к алмазу.

Для повышения активности алмазно-металлической связки в ее состав вводят такие элементы, как хром и титан. Для придания связке необходимых дополнительных физико-механических свойств вводятся легирующие компоненты: молибден, серебро, магний. Кроме этого, широко используются добавки неметаллических материалов – карбиды, нитриды, фториды, бориды, оксиды и т.п., которые используются в качестве наполнителей. Они не вступают во взаимодействие с металлическими компонентами, но оказывают влияние на физико-механические и эксплуатационные свойства алмазно-металлических композиций.

Практика создания алмазного инструмента показывает, что можно изготовить алмазосносный слой на металлической связке без уплотнения в горячем состоянии. Это существенно упрощает технологический процесс и применяемую оснастку. Однако при такой технологии сохраняется остаточная пористость в алмазосносном слое, в этом случае снижается прочность закрепления алмазов и как следствие – стойкость инструмента. Для повышения прочности закрепления алмазов в пористом алмазосносном слое необходимо использовать связки, химически взаимодействующие с алмазами во время спекания. Прочность удержания алмазов в матрице обеспечивается не только силами механического закрепления, но и путем химического взаимодействия связки с алмазами.

На сегодняшний день наиболее распространенным методом изготовления алмазного инструмента на металлической связке является метод горячего прессования [1], основанный на прессовании в горячие пресс-формы и последующем подспекании порошковых изделий. При этом полученный таким образом рабочий слой либо запрессовывается в стальную оправку методом горячего прессования, либо приклеивается к ней [2]. Это существенно удлинит технологический процесс получения инструмента, ведет к его удорожанию, а в ряде случаев приводит к отрыву абразивного слоя от оправки, что выводит из строя как инструмент, так и обрабатываемую деталь [2].

Достоинства абразивных инструментов по сравнению с лезвийными: высокая точность обработки; низкая шероховатость обработанной поверхности; возможность обработки твердых материалов и закаленных металлов. Одним из недостатков является снижение эксплуатационных свойств поверхностного слоя деталей вследствие больших растягивающих напряжений, локальных прижогов и шаржирования обработанной поверхности абразивными отходами. Чтобы уменьшить отрицательное влияние указанных факторов, обработку ведут при малой глубине резания, с обильной подачей смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания.

Рассмотрим способ получения абразивного инструмента методом порошковой металлургии прессованием абразива и связки непосредственно в стальную оправку и изменение технологии прессования для получения изделия без этапа спекания. Металлическая связка состояла из основы – бронзы БрО10 с добавками 15 % олова и 25 % железа [3].

Предыдущие исследования [3], проведенные на кафедре «Материалы и технология», показали возможность получения абразивного «кольца» на основе связки «бронза – олово – железо» совмещением прессования и холодной сварки, были подобраны оптимальные значения нагрузки для получения стабильно плотных образцов. Для предотвращения выкрашивания абразивных связок в процессе испытаний абразивных свойств была изменена методика прикладывания усилия прессования, что позволило получить изменение этапа прессования для надежного сцепления металлической связки и стального корпуса инструмента.

Изготовленный из стали 10 методом точения стальной корпус-оправка собирался в составе стандартной пресс-формы для получения порошковых колец. Отличием корпуса от стандартной формы являлось наличие буртика по краю для лучшей фиксации абразивного материала (рис. 1, а).



Рис. 1. Фрагменты получения абразивного инструмента:

a – корпус абразивного инструмента; *б* – пресс-форма в сборе с корпусом инструмента; *в* – инструмент на оправке

Прессование велось на гидравлическом прессе П-50 в пресс-форме из закаленной инструментальной стали (рис. 1, б). Масса насыпки шихты из металлической связки «бронза – олово – железо» и абразивного материала [4] (карбида кремния со средней зернистостью 0,05 мм в процентном соотношении 3 % по массе металлической основы) составляла 25 г; давление прессования – 13,5 т, что для данного типа связки является оптимальным [5].

Полученные таким способом абразивные инструменты (рис. 1, в) были испытаны на истирание и выкрашивание абразивных частиц.

Для повышения стабильности параметров и предотвращения отслоения «абразивного слоя – связки» от корпуса было применено циклическое нагружение с плавным нарастанием и плавным снятием нагрузки. Скорость нарастания давления составляла 200 кг/с, выдержка на 13,5 т – 1 мин, а скорость сбрасывания нагрузки – 500 кг/с (рис. 2).

Испытания проводились на токарном станке при оборотах зажатого в патрон инструмента 500...700 об/мин, что соответствует общепринятым в практике промышленной обработки сверхтвердых материалов.

В качестве истираемого образца использовалась пластина из стали 20. Масса инструмента в оправке составляла 71,2 г, масса пластины 53,4 г. После минуты

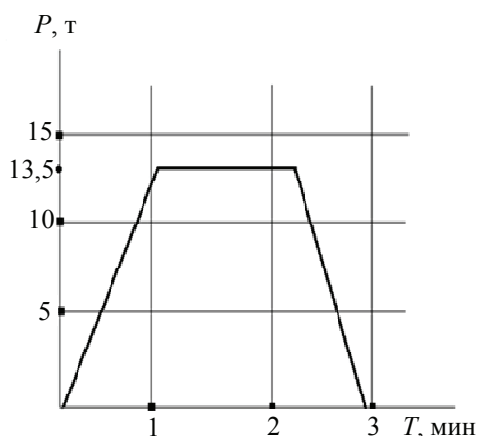


Рис. 2. Изменение усилия прессования P со временем T при изготовлении абразивного инструмента

испытаний при 500 об/мин (пластина прижималась с усилием 200 г/сил) масса пластины составила 52,8 г, а масса инструмента – 71,1 г. При испытании на 700 об/мин после минуты испытания с тем же усилием прижима масса пластины уменьшилась с 52,8 до 51,9 г, а масса инструмента – с 71,1 г до 70 г. При этом поверхность инструмента не имела сколов и выкрашиваний, а обрабатываемая пластина имела поверхность без грубых царапин и задиров, что свидетельствует о возможности изготовления абразивного инструмента для обработки сверхтвердых материалов методом порошковой металлургии при изменении технологии прессования без этапа спекания изделия.

Список литературы

1. 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.
2. Рыбаков, В. А. Абразивные материалы и инструменты / В. А. Рыбаков, В. И. Муцялко // под ред. В. А. Рыбакова. – М. : Изд-во НИИмаш, 1981. – 360 с.
3. Филатов, И. С. Получение пористых связок системы «медь – железо – олово» и исследование влияния химического состава на пористость / И. С. Филатов, А. И. Буренина, А. С. Черкасова // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 707 – 711.
4. 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.
5. Федосов, С. А. Основы технологии сварки: учеб. пособие [Электронный ресурс] / С. А. Федосов, И. Э. Оськин. – Электрон. текстовые данные. – М. : Машиностроение, 2014. – 128 с. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/52122.html> (дата обращения 10.08.2018)

Development of Technology to Produce Abrasive Tools on the Basis of Ligaments BrO10 – Sn – Fe by Powder Metallurgy without Subsequent Sintering

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

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

Keywords: abrasive material; microscopic analysis; variable loading; porosity; porous ligaments; pressing; “bronze – tin – iron” system; slew rate and pressure drop rate; pressure retention; chemical composition.

Abstract: The features of the technological process of producing abrasive steel-based tools on the basis of “bronze – tin – iron” ligaments are considered. The most common technological processes for the manufacture of abrasive tools are described. A technology for producing abrasive tools for processing superhard materials by powder metallurgy has been developed, using the technology that makes it possible to abandon the subsequent sintering of products. The analysis of the influence of pressing pressure and holding time under pressure on the structure of the ligaments and the tool as a whole has been carried out. The optimum parameters of the specific load, holding time, rate of rise and fall of pressure are determined, and features of the technology for producing an abrasive tool for grinding optical products without a sintering stage have been developed.

References

1. 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.)
2. Rybakov V.A., Mazanko V.I. *Abrazivnye materialy i instrumenty* [Abrasive Materials and Tools], Moscow: Izdatel'stvo NIImash, 1981, 360 p. (In Russ.)

3. Filatov I.S., Burenina A.I., Cherkasova A.S. [Preparation of Porous Bonds of the "Copper-Iron-Tin" System and Investigation of the Effect of Chemical Composition on Porosity], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2017, vol. 23, no. 4, pp. 707-711. (In Russ., abstract in Eng.)

4. 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.)

5. <http://www.iprbookshop.ru/52122.html> (accessed 10 August 2018).

Entwicklung der Technologie des Erhaltens des Schleifwerkzeuges auf Basis von Bindungen BrO10 – Sn – Fe durch Pulvermetallurgie ohne nachfolgendes Sintern

Zusammenfassung: Es sind die Merkmale des technologischen Prozesses der Herstellung eines Schleifwerkzeugs auf Stahlfundament auf der Basis von Bindungen "Bronze - Zinn - Eisen" betrachtet. Die gebräuchlichsten technologischen Verfahren zur Herstellung von Schleifwerkzeugen sind angeführt. Es ist eine Technologie zur Herstellung von Schleifwerkzeugen für die Verarbeitung von superharten Materialien durch Pulvermetallurgie entwickelt, wobei eine Technologie verwendet wird, die es ermöglicht, auf das nachfolgende Sintern von Produkten zu verzichten. Die Analyse des Einflusses des Pressdrucks und der Haltezeit unter Druck auf die Struktur der Bindungen und des gesamten Werkzeugs ist durchgeführt worden. Die optimalen Parameter für die Leistungsbelastung, die Haltezeit, die Drucksteigerungsgeschwindigkeit und die Druckabfallgeschwindigkeit sind bestimmt, und es sind Merkmale der Technologie zur Herstellung eines Schleifwerkzeugs zum Schleifen der optischen Produkte ohne Sinterstufe entwickelt.

Elaboration de la technologie de la production de l'outils abrasif à base des faisceaux BrO 10 – SN – Fe par la méthode de la métallurgie de poudres sans frittage ultérieur

Résumé: Sont examinées les caractéristiques du processus technologique de l'obtention d'un outil abrasif sur un fondement en acier à la base des faisceaux "bronze – étain – fer". Sont mentionnés les processus technologiques les plus courants de la fabrication de l'outils abrasifs. Est élaborée la technologie de la production de l'outils abrasifs pour le traitement des matériaux super durs par la méthode de la métallurgie de poudres selon la technologie qui permet de refuser le frittage ultérieur des produits. Est effectuée une analyse de l'effet de la pression du pressage et du temps d'exposition sous la pression sur la structure des ligaments reçus et de l'outil en général. Sont déterminés les paramètres optimaux de la charge spécifique, du temps d'exposition, de la vitesse d'augmentation et de chute de la pression; sont développées les caractéristiques de la technologie de l'obtention de l'outil abrasif pour le meulage des produits optiques sans étape de frittage.

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: *Дмитриев Олег Сергеевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физика», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.