



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-49-53>
УДК 621.762:621.778.1.073

Поступила 30.04.2024
Received 30.04.2024

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВОЛОК–ЗАГОТОВОК ИЗ ТВЕРДОСПЛАВНОЙ ГРАНУЛИРОВАННОЙ СМЕСИ И ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА СМЕСИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ВОЛОК–ЗАГОТОВОК

О. Ю. ХОДОСОВСКАЯ, Л. В. ОВСЯНИКОВА, Т. В. ГАПЕЕНКО,

ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»,

г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: gsp.icm@bmz.gomel.by

Технология изготовления волок из твердосплавной гранулированной смеси включает следующие операции: подготовку исходных материалов, формование заготовок и последующее спекание. Приготовление твердосплавных смесей, состоящих из порошков карбидов и металлов связки, является одной из основных операций в производстве твердых сплавов. Свойства получаемых сплавов во многом зависят от условий выполнения этой операции. Все операции связаны между собой и любое изменение технологических параметров может привести к изменению формирования окончательной структуры материала, а следовательно, и его свойств. В данной статье рассматриваются технология изготовления и процесс производства волок-заготовок из твердосплавной гранулированной смеси. Описаны результаты лабораторных исследований твердосплавной смеси, изготовление и производственные испытания волок-заготовок.

Ключевые слова. Твердосплавная гранулированная смесь, карбид вольфрама, микроструктура, эта-фаза, волокна-заготовки.
Для цитирования. Ходосовская, О. Ю. Изготовление волок-заготовок из твердосплавной гранулированной смеси и влияние химического состава смеси на технологические свойства твердосплавных волок-заготовок / О. Ю. Ходосовская, Л. В. Овсяникова, Т. В. Гапеенко // Литие и металлургия. 2024. № 2. С. 49–53. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-49-53>.

MANUFACTURING OF DIE BLANKS FROM HARD ALLOY GRANULATED MIXTURE AND INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION OF THE MIXTURE ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF HARD ALLOY DIE BLANKS

O. Yu. KHODOSOVSKAYA, L. V. OVSYANIKOVA, T. V. GAPEENKO, OJSC “BSW – Management Company of Holding “BMC”, Zhlobin, Gomel Region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: gsp.icm@bmz.gomel.by

The technology of manufacturing dies from a hard alloy granulated mixture includes the following operations: preparation of raw materials, forming of blanks, and subsequent sintering. The preparation of hard alloy mixtures consisting of carbide powders and binder metals is one of the main operations in the production of hard alloys. The properties of the resulting alloys largely depend on the conditions of performing this operation. All operations are interconnected, and any change in technological parameters can lead to a change in the formation of the final material structure and, consequently, its properties. This article discusses the technology of manufacturing and the production process of die blanks from a hard alloy granulated mixture. The results of laboratory studies of the hard alloy mixture, the manufacture, and production tests of die blanks are described.

Keywords. Hard alloy granulated mixture, tungsten carbide, microstructure, phase, die blanks.

For citation. Khodosovskaya O. Yu., Ovsyanikova L. V., Gapeenko T. V. Manufacturing of die blanks from hard alloy granulated mixture and influence of chemical composition of the mixture on technological properties of hard alloy die blanks. Foundry production and metallurgy, 2024, no. 2, pp. 49–53. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-2-49-53>.

Введение

Материалы и изделия, получаемые методом порошковой металлургии, применяются практически в любой отрасли промышленности [1]. Порошковая металлургия дает очень высокую точность изготовления получаемой продукции и обеспечивает высокие значения различных свойств [2]. Особенностью таких изделий является сочетание свойств как исходных компонентов, так и твердого сплава в целом.

Процесс изготовления изделий из металлических порошков можно разделить на следующие этапы: размол, просев и смешивание порошков; формование заготовок из порошков; спекание порошковых изделий [1].

Для изготовления твердосплавных волок-заготовок исходным материалом служит гранулированная твердосплавная смесь на основе порошка карбида вольфрама, связанного кобальтовой металлической связкой. Подбор подходящей твердосплавной гранулированной смеси является сложным процессом, поскольку от качества смеси зависят свойства получаемых волок-заготовок.

Многие свойства спеченных твердосплавных изделий определяются не только составом и структурой твердого сплава, но и дефектами:

- инородными включениями, которые попадают в твердый сплав, как правило, в исходную смесь из внешних источников в процессе ее переработки;
- кольцевыми порами, обусловленными попаданием в смесь отдельных крупных гранул в результате некачественного отсева после гранулирования;
- пористостью;
- неравномерным распределением частиц β -фазы (кобальтовой фазы, размещающейся тонкими прослойками между частицами карбидных фаз);
- разнотельностью α -фазы (твердого раствора карбида вольфрама в кобальте), данный дефект заключается в наличии в структуре твердого сплава отдельных крупных зерен;
- расслоенными трещинами, причиной появления которых является нарушение процесса прессования;
- вспучиванием, возникающим при интенсивном газовыделении при жидкофазном спекании или местных перегревах в связи с неравномерностью нагрева;
- появлением η -фазы / свободного углерода [3].

В стандартных WC-Co твердых сплавах химический состав, магнитные свойства и плотность обычно регулируются таким образом, что присутствуют только две фазы WC и Co. Co-фаза представляет собой сплав с незначительным содержанием W и C в твердом растворе. WC-фаза является стехиометрической. Если химический состав имеет высокое или низкое общее содержание углерода, тогда можно видеть третью фазу в структуре. Для высокого содержания C – это графит, для низкого содержания C – η -фаза (кубический карбид на основе структуры M₆C или M₁₂C, где M – смесь Co и W). Образование η -фазы возможно в рамках одной из двух морфологий, т.е. в форме больших розеток или в форме небольших частиц, размер которых аналогичен размеру других твердых фаз, присутствующих в твердом сплаве [4]. Характер включений зависит от количества этой фазы (связанного в свою очередь с содержанием углерода в сплаве), температуры спекания, а следовательно, от состава и количества жидкой фазы в процессе спекания и в начальный момент охлаждения, а также от скорости охлаждения. Механизм образования включений η -фазы в настоящее время до конца не изучен. Особенностью η -фазы является повышенная хрупкость, которая ухудшает эксплуатационные свойства изделий. Твердосплавные вставки с η -фазой в микроструктуре могут быть подвержены образованию скрытых микротрещин еще на стадии запрессовки в оправы и при обработке канала волок. Инструмент с такой микроструктурой не устойчив к перепадам температур. Наличие η -фазы в микроструктуре – один из показателей, который влияет на значение твердости спеченного твердого сплава. Ее наличие повышает твердость материала, о чем свидетельствуют лабораторные испытания готовых волок-заготовок.

В производственных условиях весьма сложно получить твердосплавные смеси со стехиометрическим содержанием углерода в карбиде вольфрама WC [3].

Результаты исследований

Для обеспечения бесперебойной работы предприятия и поиска альтернативных поставщиков материалов в ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» (далее – предприятие) ведется работа по расширению списка одобренных поставщиков/производителей материалов. В рамках проведения данной работы на предприятие поступила опытная партия твердосплавной гранулированной смеси от нового поставщика из КНР, которая имела значительные отличия от серийно применяемой смеси.

На основании информации, предоставленной производителем, данная смесь отличается по химическому составу: присутствует TaC, который фирма-изготовитель добавляет вместо Cr₃C₂, поскольку Cr₃C₂ только сдерживает аномальный рост зерна WC во время процесса спекания, а TaC не только сдерживает аномальный рост зерна WC, но также повышает высокотемпературные свойства конечного сплава.

Были проведены лабораторные исследования опытной партии смеси (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Результаты лабораторных исследований смеси

Контролируемые параметры	Тип смеси	
	опытная	серийная
Текучесть, с/50 г	21,97	16,5
Насыпная плотность, г/см ³	3,50	3,71

Согласно результатам лабораторных исследований, значения параметров текучесть и насыпная плотность опытной твердосплавной смеси отличались от серийной смеси. Параметры текучесть и насыпная плотность являются физико-технологическими параметрами твердосплавной гранулированной смеси, которые определяют производительность прессы. Насыпная плотность определяется размером и формой частиц, состоянием поверхности, плотностью их укладки и обеспечивается гранулометрическим составом порошка, когда мелкие частицы заполняют пустоты между крупными.

На рис. 1 показан внешний вид опытной и серийной твердосплавных смесей.

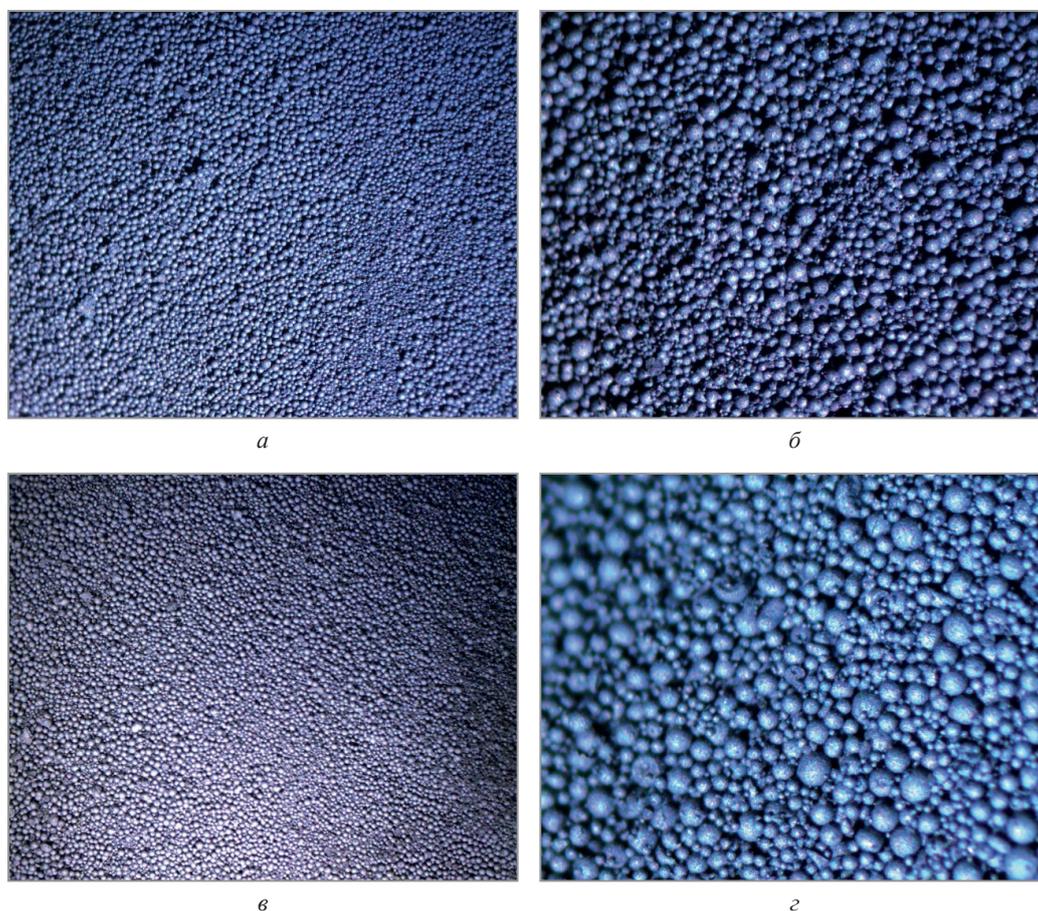


Рис.1. Вид твердосплавной смеси: *а, б* – опытная смесь; *в, з* – серийная смесь. *а* – $\times 6,5$; *б* – $\times 15,5$; *в* – $\times 4$; *з* – $\times 31,5$

Из рисунка следует, что как для опытной смеси, так и для серийной характерно наличие гранул, отличающихся по размеру между собой. Данная особенность твердосплавных смесей оказывает положительное влияние на плотность прессовки, т.е. способствует предотвращению появления пор.

Такой химический состав смеси и значения исследуемых параметров (насыпная плотность, текучесть) альтернативного поставщика испытывали на предприятии впервые.

Изготовление твердосплавных волок-заготовок

Прессование волок-заготовок типоразмером 9×6 мм, диаметрами 0,16; 0,27 и 0,29 мм проводили на полуавтоматическом прессе «Дорст» ТРА сразу после вскрытия упаковки.

Прессование твердосплавных волок-заготовок производили в пресс-формах в ручном режиме. При настройке пресса на заданные технологические параметры было выполнено семь прессовок. Параметры прессования волок-заготовок приведены табл. 2.

Таблица 2. Характеристики прессованных волок-заготовок

Параметры	Значения параметров волок-заготовок типоразмером 9х6 мм			
	опытная смесь		серийная смесь	
	мин.	макс.	мин.	макс.
Масса, г	5,55	5,63	5,45	5,65
Высота заготовки, мм	7,78	7,84	7,67	7,78

Из таблицы видно, что имелось незначительное отличие опытных заготовок по высоте по сравнению с серийными, что связано с меньшей насыпной плотностью опытной смеси. Масса опытных заготовок сопоставима с массой серийных заготовок. Визуально прессованные заготовки были схожи по цвету и структуре с заготовками, изготовленными из серийно используемой смеси (рис. 2). Исходя из полученных данных следует, что изменение текучести и насыпной плотности не привело к появлению проблем при переработке опытной твердосплавной смеси.



Рис. 2. Твердосплавные волоки-заготовки типоразмером 9×6 мм

Предварительное и окончательное спекание волок-заготовок из опытной смеси проводили в электрической вакуумной печи СГВ-2.4-2/15ИЗ по стандартным имеющимся на предприятии режимам спекания. Процессы предварительного и окончательного спекания проводили в автоматическом режиме.

После окончательного спекания были получены положительные результаты по следующим параметрам: степень пористости по типу В (В00); отсутствие единичных пор; отсутствие свободного углерода (С00); равномерное распределение β-фазы; отмечено наличие зерен γ-фазы, что говорит о присутствии легирующих элементов и является допустимым.

Были зафиксированы несоответствия у некоторых опытных волок-заготовок по следующим параметрам: степень пористости по типу А (А06 при требовании не более А04); наличие η-фазы (большие розетки по центру, в виде небольших частиц по внешнему контуру, большие розетки в нижней части заготовки (рис. 3).

Возможной причиной появления η-фазы для данного твердого сплава стала выдержка на воздухе спрессованных волок-заготовок из опытной смеси между предварительным и окончательным спеканием. При проведении спекания волок-заготовок без выдержки η-фаза не выявлена. Спекание опытной смеси необходимо проводить без выдержки между предварительным и окончательным спеканием.

Согласно результатам испытаний физико-механических свойств, для опытных волок-заготовок характерна высокая твердость, которая составила в среднем:

- для волок-заготовок диаметром 0,29 мм – 1844 HV30;
- для волок-заготовок диаметром 0,27 мм – 1869 HV30;
- для волок-заготовок диаметром 0,16 мм – 1850 HV30.

Твердость волок, спеченных из серийно используемой твердосплавной смеси, составила 1700–1740 HV30.

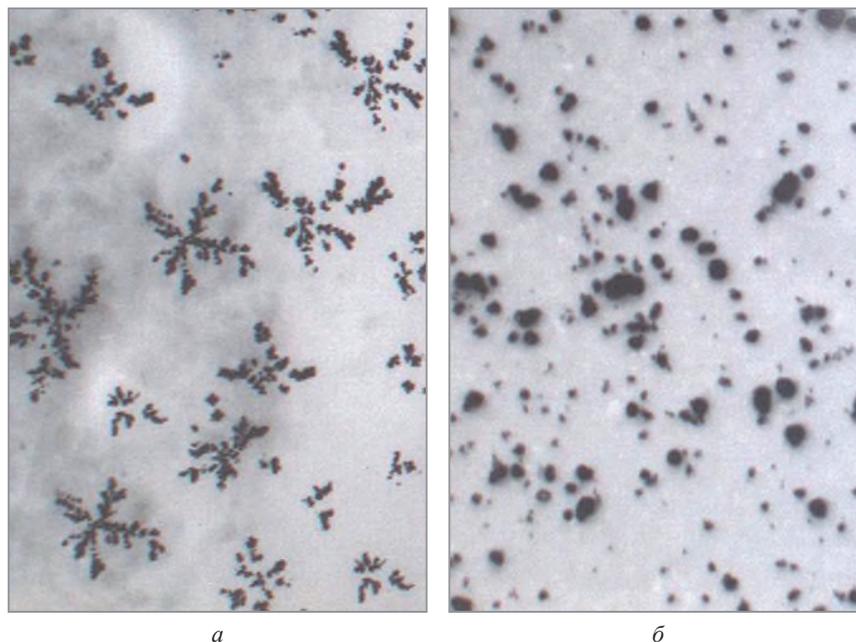


Рис. 3. Включения η -фазы в микроструктуре твердого сплава:
 а – в виде больших розеток; б – в виде небольших частиц. а – $\times 50$; б – $\times 1500$

Производственные испытания годных опытных волок-заготовок

После спекания годных опытных волок-заготовок и исследований в лаборатории была произведена их шлифовка по наружному диаметру, запрессовка в оправу и изготовление опытных маршрутов волочения. Изготовленные волокнистые материалы прошли промышленные испытания на станах тонкого волочения типа НТ12.6 при волочении тонкой стальной латунированной проволоки, согласно которым получены сопоставимая с серийными стойкость волок и эксплуатационные свойства конечной продукции.

Выводы

В условиях ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проведены лабораторные исследования характеристик опытной твердосплавной гранулированной смеси китайского производителя. Использование твердосплавной гранулированной смеси, легированной TaC, позволило изготовить волокнистые материалы, характеризующиеся более высокой твердостью, а также обеспечить получение требуемых эксплуатационных характеристик заготовок. Применение опытной смеси требует подбора оптимальных режимов спекания для исключения η -фазы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роман, О.В. Порошковая металлургия – безотходная, энергосберегающая технология / О.В. Роман, И.П. Габриелов. – Минск: Беларусь, 1986. – 160 с.
2. Шарпова, В.А. Композиционные материалы специального назначения: учеб. пособие / В.А. Шарпова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 147 с.
3. Дефекты стальных заготовок и металлопродукции: справочник-атлас / З.А. Микирова, Е.А. Перетягина, В.И. Грицаенко. – Минск: СтройМедиаПроект, 2019. – 327 с.
4. ISO 4499-4-2016. Сплавы твердые. Металлографическое определение микроструктуры. Ч. 4. Характеристика пористости, дефектов углерода и содержания эта-фазы, 2016.

REFERENCES

1. Roman O.V., Gabrielov I.P. *Poroshkovaya metallurgiya – bezotходnaya, energosberegayushchaya tekhnologiya* [Powder metallurgy – waste-free, energy-saving technology]. Minsk, Belarus Publ., 1986, 160 p.
2. Sharapova, V.A. *Kompozitsionnye materialy special'nogo naznacheniya: ucheb. posobie* [Composite materials for special purposes: textbook allowance]. Ekaterinburg, 2020, 147 p.
3. Mikirova Z.A., Peretyagina E.A., Gricaenko V.I. (ed. and comp.) *Defekty stal'nykh zagotovok i metalloprodukcii: spravochnik-atlas* [Defects in steel blanks and metal products: reference-atlas]. Minsk, StrojMediaProekt Publ., 2019, 327 p.
4. ISO 4499-4-2016. *Splavy tverdye. Metallograficheskoe opredelenie mikrostruktury. Chast' 4. Harakteristika poristosti, defektov ugleroda i sodержaniya eta-fazy* [Hardmetals – Metallographic determination of microstructure. Part 4. Characterisation of porosity, carbon defects and eta-phase content]. Published 01.10.2016.