



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-47-50>  
УДК 621.793:669.018.25

Поступила 18.01.2024  
Received 18.01.2024

## ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ВОЛОК-ЗАГОТОВОК

О. Ю. ХОДОСОВСКАЯ, Л. В. ОВСЯНИКОВА, Т. В. ГАПЕЕНКО,  
ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь, ул. Промышленная, 37.  
E-mail: [gsp.icm@bmz.gomel.by](mailto:gsp.icm@bmz.gomel.by)

Задача современной науки и техники – разработка новых и улучшение характеристик уже используемых материалов для изготовления конкурентоспособной продукции. Ввиду переориентации рынков сбыта, поиска альтернативных поставщиков твердосплавного инструмента ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» начало сотрудничество с китайскими фирмами – производителями (поставщиками) твердосплавных волок-заготовок. В статье рассмотрены особенности микроструктуры таких волок-заготовок, в частности показано, что они отличаются от серийно применяемых по классу зерна карбида вольфрама. Марки сплава с наноразмерным зерном используют для достижения необходимой стойкости волок при эксплуатации. Особенности в микроструктуре твердого сплава повлекли также изменение параметра «плотность» в сторону уменьшения, что присуще всем китайским волокам-заготовкам и не влияет на их эксплуатационные свойства. Для предотвращения роста зерна во время спекания в твердосплавные смеси добавляют ингибиторы – карбиды переходных металлов, например VC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, NbC, TaC. В последнее время наблюдается тенденция введения в сплавы WC–Co присадок TaC + TiC, которые предотвращают рост зерна и незначительно влияют на все остальные свойства твердых сплавов.

**Ключевые слова.** Твердый сплав, карбид вольфрама, волоки-заготовки, микроструктура, размер зерна.

**Для цитирования.** Ходосовская, О. Ю. Особенности микроструктуры твердосплавных волок-заготовок / О. Ю. Ходосовская, Л. В. Овсяникова, Т. В. Гапеенко // Литье и металлургия. 2024. № 1. С. 47–50. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-47-50>.

## FEATURES OF MICROSTRUCTURE OF CARBIDE BLANKS

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

The task of modern science and technology is to develop new and improve the characteristics of already used materials for the production of competitive products. Due to the reorientation of sales markets and the search for alternative suppliers of carbide tools, OJSC “BSW – Management Company of “BMC” Holding” began cooperation with Chinese firms-manufacturers/suppliers of carbide blanks. The article examines the features of the microstructure of carbide blanks. The blanks differ from the serially used blanks in microstructure, in particular, in the class of tungsten carbide grain. This is explained by the fact that grades of alloy with nanoscale tungsten carbide grain are used for the production of blanks to achieve the necessary durability during operation. The features in the microstructure of the hard alloy also led to changes in the “density” parameter towards reduction, which is also inherent in all Chinese blanks and does not affect their operational properties. Inhibitors of grain growth – transition metal carbides, for example, VC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, NbC, TaC are added to hard alloy mixtures to prevent grain growth during sintering. Recently, there has been a trend towards introducing TaC + TiC additives into WC–Co alloys, which prevent grain growth and have a negligible effect on all other properties of hard alloys.

**Keywords.** Hard alloy, tungsten carbide, blanks, microstructure, grain size.

**For citation.** Khodosovskaya O. Yu., Ovsyanikova L. V., Gapeenko T. V. Features of microstructure of carbide blanks. Foundry production and metallurgy, 2024, no. 1, pp. 47–50. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-47-50>.

### Введение

Продукция метизного производства широко применяется во многих сферах и востребована по всему миру. Задачей современной науки и техники становится разработка новых и улучшение характеристик уже используемых материалов для изготовления конкурентоспособной продукции.

Для производства проволоки из черных и цветных металлов выпускают монолитные волоки, волоки-заготовки из твердых и износостойких материалов [1]. В процессе волочения в зоне деформирования

металла в инструменте создается сложное объемно-напряженное состояние, которое характеризуется высокими контактными нагрузками, растягивающими напряжениями и силами трения. Интенсивность волочения и качество проволоки во многом зависят от волочильного инструмента [2]. Материал, предназначенный для волок, должен обладать высокой твердостью, хорошей полируемостью и износостойкостью, т.е. качествами, определяющими строгое постоянство размеров отверстия [3].

### Основная часть

Обработка металлов резанием – основной, но не самый лучший метод изготовления деталей. Коэффициент использования металла при резании редко превышает 60%, т.е. почти половина материала уходит в стружку [4]. Порошковая металлургия позволяет создавать новые материалы с улучшенными физико-механическими свойствами, способствует экономии ресурсов, снижению себестоимости производимых изделий. Высокая эффективность порошковой металлургии реализуется при изготовлении материалов и изделий, которые невозможно или невыгодно получать другими методами.

Твердый сплав является типичным изделием порошковой металлургии. Под ним понимают спеченный материал с высокой твердостью, обычно сопровождающейся высокой износостойкостью [4]. Это, как правило, сплавы на основе высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама, титана, тантала, соединенных металлической связкой. Обычно в качестве связки используют кобальт, так как это нейтральный элемент по отношению к углероду, он не образует карбиды и не разрушает карбиды других элементов. Волоки из литого карбида вольфрама в настоящее время не применяются вследствие недостаточной однородности по составу или неомогенной структуры, а также из-за сильной склонности к трещинообразованию и раскалыванию [3].

Технология изготовления волок из твердых сплавов включает в себя 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 вольфрамовых твердых сплавов. От условий ее выполнения в значительной степени зависят свойства получаемого сплава [5]. Все операции связаны между собой, и любое изменение технологических параметров на одном из этапов может повлиять на формирование окончательной структуры материала, а следовательно, и на его свойства [6].

В России твердые сплавы для обработки металлов давлением выпускают с начала 1950-х гг. В настоящее время разработана технология изготовления сплавов, характеризующихся повышенными сопротивлением разрушению и пластичностью: среднезернистых, имеющих размер основной массы зерен фазы WC 2,0–2,5 мкм, крупнозернистых (3,7–4,5 мкм) и особокрупнозернистых (10 мкм).

Российские производители обеспечивают не более 5% внутреннего рынка, на котором доминируют компании из Европы, США и Израиля. Причина такого положения – невысокие и нестабильные свойства российского твердосплавного инструмента, уступающего по большинству параметров иностранным аналогам [6–8]. Ввиду переориентации рынков сбыта и необходимости поиска альтернативных поставщиков твердосплавного волочильного инструмента ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» начало сотрудничество с КНР.

Твердосплавные волокна-заготовки, предлагаемые китайскими производителями, отличаются от серийно применяемых волок-заготовок по микроструктуре, в частности по классу зерна карбида вольфрама: при требовании класса «мелкий», согласно нормативной документации, в ходе исследований обнаружен нанооптический класс. Это объясняется тем, что для производства волок-заготовок используют марки сплава с наноразмерным зерном карбида вольфрама для достижения необходимой стойкости волок при эксплуатации. Отличие в микроструктуре твердого сплава повлекло также изменение параметра «плотность», хотя он является структурно-нечувствительным механическим свойством [2]. Данная особенность присуща всем китайским волокнам-заготовкам и не влияет на эксплуатационные свойства, что подтверждено результатами ранее проведенных испытаний. Особенности микроструктуры и физико-механических характеристик, в частности плотности, волок-заготовок различных производителей приведены в таблице.

Стоит отметить, что в процессах волочения проволоки постепенно увеличивается использование мелкозернистых твердых сплавов. Это связано с тем, что износ истиранием (т.е. систематическая потеря цельных зерен или какой-то части зерна) снижается при уменьшении размера зерна. Кроме того, большая площадь поверхности всех мельчайших зерен гарантирует оптимальное соединение с кобальтом [9].

Ключевой задачей в достижении цели управления свойствами твердосплавного материала является контроль роста зерна в процессе получения материала. Для предотвращения роста зерна во время

## Особенности микроструктуры и параметра «плотность» волок-заготовок различных производителей

Производитель	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Размер зерна $\alpha$ -фазы (WC), мкм /класс
1	15,10	0,5 мкм / ультрамелкий
2	18,80	среднезернистый
3	14,80	менее 0,2 мкм / нанооптический
4	14,80	0,17 мкм / нанооптический
5	14,28	0,17 мкм / нанооптический
6	14,53	0,1–0,5 мкм нано- / ультрамелкий

спекания в твердые сплавы добавляют ингибиторы – карбиды переходных металлов, например VC, Cr<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, NbC, TaC [6]. Эффективный ингибитор мало влияет на кинетику спекания, но задерживает рост зерна и обеспечивает получение мелкозернистой структуры [4]. Механизм замедления роста зерна карбида вольфрама в присутствии ингибирующей добавки VC посредством исследования методами просвечивающей микроскопии и локального энергодисперсионного анализа границ раздела WC/Co впервые изучен в [6, 10].

Разработанные технологические приемы позволяют получать твердые сплавы, в которых средний размер зерен карбидной составляющей может изменяться от долей микрометра до 10–15 мкм. Эту закономерность широко используют при создании сплавов различного назначения с заданными свойствами [2]. Величина зерна полученного порошка вольфрама зависит от температуры восстановления, содержания влаги в водороде и скорости его потока, а также от состояния исходного вольфрамового ангидрида. Как правило, она тем больше, чем больше размер зерна вольфрамовой кислоты, выше температура восстановления и содержание влаги в водороде, ниже скорость потока водорода [3].

В последнее время наблюдается тенденция введение в сплавы WC–Co присадок TaC + TiC, которые предотвращают рост зерна, незначительно влияя на все остальные свойства твердых сплавов. Небольшие добавки TaC к твердым сплавам WC–Co способствуют уменьшению размера зерен, затормаживая таким образом рекристаллизацию карбидной фазы и делая эти сплавы, как правило, более мелкозернистыми и твердыми, чем соответствующие сплавы без присадок TaC. Кроме того, такие сплавы можно спекать в более широком температурном интервале, следовательно, они менее чувствительны к пережогу. Незначительные добавки TaC снижают склонность протягиваемого материала к привариванию к волоку [3].

## Выводы

В настоящее время вольфрамо-кобальтовые сплавы достаточно изучены и широко используются на практике, однако современные тенденции требуют дальнейшего усовершенствования уже разработанных материалов и технологий. На основе сравнительного анализа образцов твердосплавных волок-заготовок от нескольких производителей представлены различия в микроструктуре твердого сплава.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Метизное производство: практ. пособие / А. В. Веденеев [и др.]; под общ. ред. А. Н. Савенка. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 315 с.
2. Герман, Р. Порошковая металлургия от А до Я: учеб.-справ. рук. / Р. Герман; пер. с англ. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 336 с.
3. Киффер, Р. Твердые сплавы / Р. Киффер, Ф. Бенезовский; пер. с нем. – М.: Металлургия, 1971. – 392 с.
4. Роман, О. В. Порошковая металлургия – безотходная, энергосберегающая технология / О. В. Роман, И. П. Габриелов. – Минск: Беларусь, 1986. – 160 с.
5. Дефекты стальных заготовок и металлопродукции: справ.-атлас / под общ. ред. А. Н. Савенка. – Минск: СтройМедиаПроект, 2019. – 327 с.
6. Формирование структуры твердых сплавов на основе системы WC–Co с субмикронным зерном в присутствии ингибирующих добавок / Е. Н. Каблов [и др.]. // Труды ВИАМ. – 2020. – № 4–5. – С. 89–99.
7. Каблов, Е. Н. Ключевая проблема – материалы / Е. Н. Каблов // Тенденции и ориентиры инновационного развития России. – М.: ВИАМ, 2015. – С. 458–464.
8. Каблов, Е. Н. Материалы – основа любого дела / Е. Н. Каблов // Деловая слава России. – 2013. – № 2. – С. 4–9.
9. Савенок, А. Н. Перспективные направления развития твердосплавного инструмента для волочения проволоки / А. Н. Савенок, Д. Г. Сачава, Т. Н. Липаткина // Литье и металлургия. – 2007. – № 4. – С. 39–43.
10. Ortner, H. The history of the technological progress of hardmetal / H. Ortner, H. Kolaska, P. Etmayer // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2014. – Vol. 44. – P. 148–159.

## REFERENCES

1. **Vedeneev A.V.** *Metiznoe proizvodstvo* [Hardware production]. Gomel', GGTU im. P.O. Suhogo Publ., 2019, 315 p.
2. **German R.** *Poroshkovaja metallurgija ot A do Ja* [Powder metallurgy from A to Z]. Dolgoprudnyj, Intellekt Publ., 2009, 336 p.
3. **Kiffer R., Benezovskij F.** *Tverdye splavy* [Hard alloys]. Moscow, Metallurgija Publ., 1971, 392 p.
4. **Roman O.V., Gabrielov I.P.** *Poroshkovaja metallurgija – bezothodnaja, jenergosberegajushhaja tehnologija* [Powder metallurgy – waste-free, energy-saving technology]. Minsk, Belarus' Publ., 1986, 160 p.
5. **Savenok A.N.** *Defekty stal'nyh zagotovok i metalloprodukcii* [Defects in steel blanks and metal products]. Minsk, StrojMediaProekt Publ., 2019, 327 p.
6. **Kablov E.N., Lukina E.A., Zavodov A.V., Efimochkin I.Ju.** Formirovanie struktury tverdyh splavov na osnove sistemy WC–Co s submikronnym zernom v prisutstvii ingibirujushhijh dobavok [Formation of the structure of hard alloys based on the WC–Co system with submicron grains in the presence of inhibitory additives]. *Trudy VIAM = Proceedings of VIAM*, 2020, no. 4–5, pp. 89–99.
7. **Kablov E.N.** Ključevaja problema – materialy [The key problem is materials]. *Tendencii i orientiry innovacionnogo razvitija Rossii = Trends and guidelines for innovative development in Russia*. Moscow, VIAM Publ., 2015, pp. 458–464.
8. **Kablov E.N.** Materialy – osnova ljubogo dela [Materials are the basis of any business]. *Delovaja slava Rossii = Business glory of Russia*, 2013, no. 2, pp. 4–9.
9. **Savenok A.N., Sachava D.G., Lipatkina T.N.** Perspektivnye napravlenija razvitija tverdosplavnogo instrumenta dlja volochenija provoloki [Perspective directions of development of hard-alloy instrument for wire drawing]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2007, no. 4, pp. 39–43.
10. **Ortner H., Kolaska H., Etmayer P.** The history of the technological progress of hardmetal. *International journal of refractory metals and hard materials*, 2014, vol. 44, pp. 148–159.