

Марусич К.В., канд. техн. наук, доц.,  
Шабает М.М., магистрант  
Оренбургский государственный университет

## АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ВОЛОК

Развитие и совершенствование технологических процессов многих отраслей промышленности неразрывно связаны с применением твердых сплавов, что способствует существенному повышению эксплуатационных характеристик инструмента и производительности труда. В настоящее время развитие получили следующие методы повышения стойкости инструментов: применение новых и усовершенствованных инструментальных материалов; улучшение качества рабочих поверхностей инструмента; усовершенствование конструкции и оптимизации геометрии параметров. Термической обработке твердых сплавов посвящен ряд работ, результаты которых во много противоречивы. В этих работах делались попытки проведения различных видов термической обработки, как спеченных твердых сплавов, так и при изменении условий охлаждения в процессе спекания. В данной работе был проведен анализ шести режимов термической обработки волок из твердого сплава ВК8.

**Ключевые слова:** волокна, твердый сплав, термическая обработка, волочильные станы.

**Введение.** Дефектами волок из твердосплавного сплава являются: разнообразные трещины; выход части твердосплавной вставки; выкрашивание выходной распушки; раскол твердосплавной вставки; полный выход твердосплавной вставки; грубая выработка твердого сплава в

виде «бороздок»; грубое кольцо износа; односторонняя выработка; выкрашивание; налипание латуни, окалины [1–4]. На рис. 1 представлены в процентном отношении наиболее встречающиеся дефекты волок.

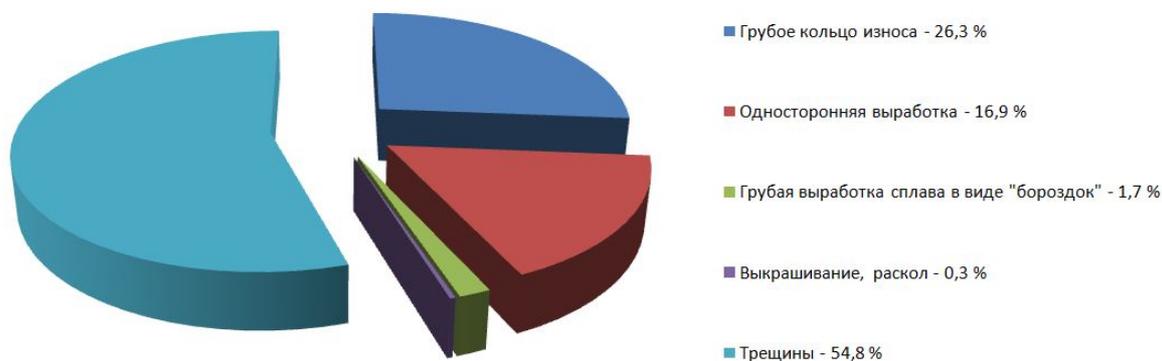


Рис. 1. Дефекты волок

Поперечные трещины (рис. 2) появляются в результате разрушения от растягивающих напряжений. Разрушение от растяжения начинается с кольцевой трещины, которая, вероятнее всего, зарождается на «дне» кольца износа [5]. Такие трещины трудноопределимы на ранней стадии развития из-за маскирующего эффекта кольца износа. Если трещина возникла, она развивается до полного разрушения волокна. Причинами возникновения являются: нарушение времени эксплуатации волок; наличие в микроструктуре дефектов твердого сплава; наличие дефектов проволоки (окалина, грубый сварной шов, включения).

Продольные трещины (рис. 3) имеют «зубчатость» границ и часто мелкие сколы вдоль краев. Причины возникновения: избыточное усилие волочения; отклонение параметров латунированной заготовки от требований; натяг оправки не

соответствует требованиям; параметры эмульсии не соответствуют требованиям; несоответствие реального диаметра волок требованиям; наличие в микроструктуре дефектов твердого сплава; несоответствие геометрии канала волок требованиям.

Повышение износостойкости волок из твердосплавного сплава во многом могло бы способствовать повышению производительности труда и снижению потребности в этом дорогостоящем инструменте [6–7]. В настоящее время существует множество методов повышения износостойкости инструмента из твердосплавного сплава: термическая обработка [8–9]; упрочнение механической и термомеханической обработкой; вибрационная обработка; термовибрационная и дробеструйная обработка; нанесение износостойкого покрытия.

стойкого покрытия; воздействие высокоэнергетическими источниками; воздействие ультразвуком и т.д.

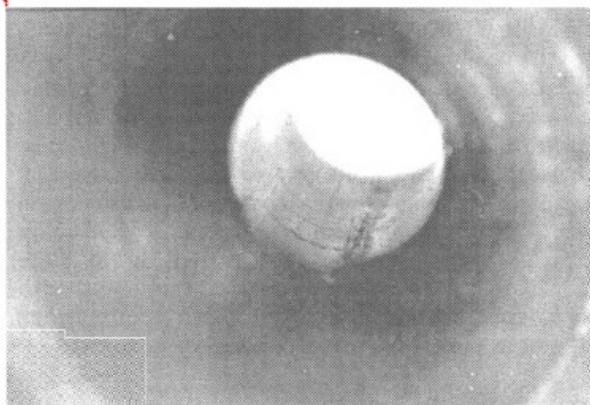


Рис. 2. Трещина поперечная

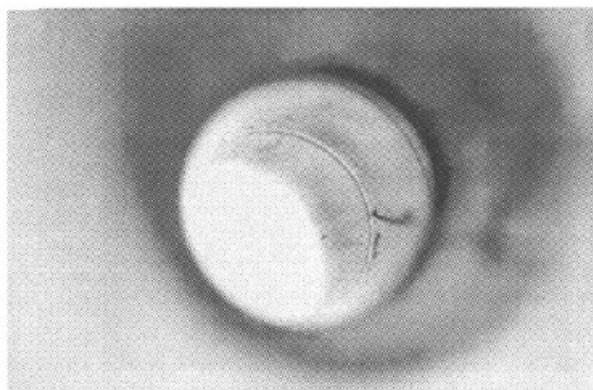


Рис. 3. Трещина продольная

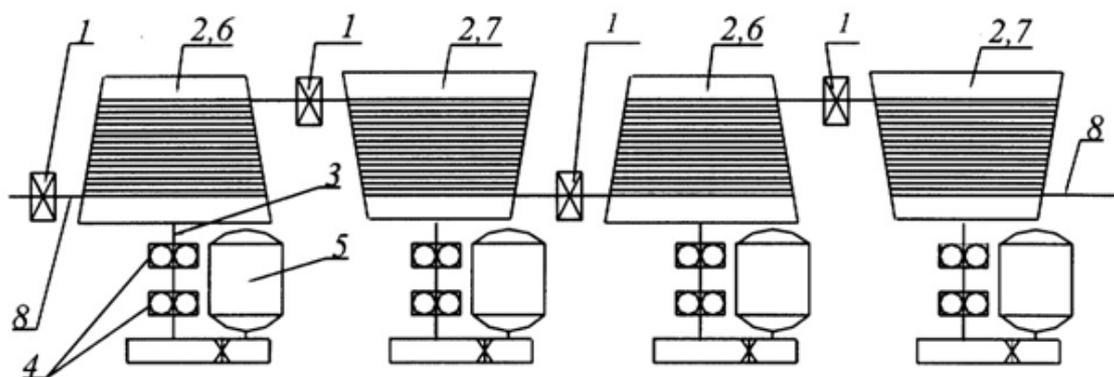


Рис.4. Конструкция прямогочного волочильного стана

После прохождения шести стадий обработки проволока скручивается в бухту и транспортируется к экструзионному прессу, где её нарезают нужной длины. Оголённые электроды пропускают через проволочную втулку для окончательного выравнивания поверхности. Затем под давлением 20 МПа они проходят обмазку, проходя через обмазочную втулку. Материал волоки, проволочной и обмазочной втулки должен иметь высокую износостойкость. Особенно это относится к обмазочной втулке, так как здесь трение происходит в абразивной среде.

Идеальным материалом для изготовления волок по твердости является алмаз. Однако в

Вопросам повышения качества твердых сплавов посвящено большое число работ, причем выводы во многих случаях в работах не совпадают. Авторы это объясняют тем, что исходные свойства инструмента, даже в одной партии, сильно различаются, а тем более от партии к партии.

**Методология.** Проволока на волочильном стане протягивается с помощью приводного барабана, на который наматывается. Волочильные машины классифицируют по принципу волочения, расположению тянущих шайб, числу волок, системам управления и числу одновременно протягиваемых проволок [10–12].

Прямоточный волочильный стан (рис. 4) включает ряд последовательных волок 1 и соответствующих им тяговых барабанов 2. Тяговые барабаны установлены на взаимно параллельных валах 3, размещенных в двух опорах 4 и соединенных с приводом 5. Рабочие поверхности барабанов выполнены в виде усеченных конусов, причем конусности нечетных 6 и четных 7 барабанов выполнены взаимно обратными. Волоки размещены в плоскостях больших оснований конической рабочей поверхности соответствующих тяговых барабанов. В волочильный стан заправлена проволока 8. Она протягивается через волоку, предварительно пройдя смазывание.

силу значительных экономических затрат на данный материал выгодным решением являются альтернативные варианты. Такими являются литые, металлокерамические и твердые сплавы. При условии прокатки труб диаметром свыше 10 мм главными конкурентами твердосплавных волок выступают стальные волокна и обоймы.

На рис. 5 представлена конструкция волоки [13–14]. Конус волочения и цилиндрическая направляющая нагружаются непосредственно при волочении и изнашиваются вследствие трения и давления [15–16]. Входной и выходной конусы не подвергаются давлению волочения и,

следовательно, как правило, не изнашиваются и не претерпевают изменений.

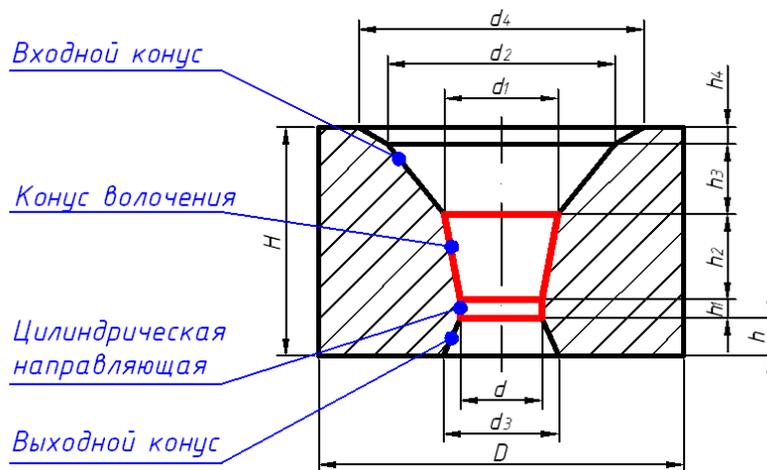


Рис. 5. Конструкция волокна

При условиях подбора требуемого метода повышения износостойкости важную роль играет материал самих волок [18]. В зависимости от протягиваемого материала, способа протяжки и

условий волочения твердосплавные волокна могут дать в 30–200 раз большую производительность, чем обычные волокна.

Получение твердых сплавов методом порошковой металлургии состоит из следующих последовательных операций (рис. 6):



Рис. 6. Процесс изготовления волок из твердого сплава

- получение порошков карбидов вольфрама и кобальта методом восстановления их оксидов;
- измельчение и перемешивание порошков карбидов вольфрама и кобальта в смесителях (шаровых мельницах) до фракции от 1 до 2 мкм;
- просеивание и дальнейшее измельчение при необходимости;
- приготовление смеси порошка в соответствии изготавливаемого сплава;
- добавления клея и прессование в специальных пресс-формах, соответствующих форме и размерам изделия, на гидравлических или механических прессах;
- сушка спрессованных изделий при температуре от 80 до 130 °С;
- спекание заготовок при 1400–1500 °С в среде водорода. Кобальт плавится и смачивает порошки карбидов, при охлаждении кобальт кристаллизуется, соединяя между собой частицы карбидов. Клей сгорает при 800–850 °С.

Спечённые заготовки твердосплавных изделий при необходимости подвергаются механической обработке алмазным инструментом. На поверхности некоторых видов изделий наносится

износостойкое покрытие для повышения режущих свойств [19].

Для изготовления волок заготовок применяют порошки карбида вольфрама, цементованные кобальтом. В табл. 1. приведены состав и свойства твердых сплавов, используемых для изготовления волок.

Существенным преимуществом твердосплавных волок перед волокнами из других материалов является большая стабильность их размеров, обусловленная высокой износостойкостью [17]. Отсюда и другие практические преимущества: большая стойкость при волочении проволоки без заметного увеличения диаметра отверстия; возможность большей скорости волочения; возможность более сильного обжатия; более точное соблюдение размеров тянутой проволоки; более длительное использование волокна без повторного контроля; соответствующая экономия времени на замену волочильного инструмента; более блестящая и гладкая поверхность проволоки; увеличение массы бухты. Указанные достоинства твердосплавных волок компенсируют более высокую стоимость их изготовления.

Таблица 1

## Состав и свойства волок из твердого сплава

Марка сплава	WC, %	Co, %	$\sigma_{в(изг)}$ , Н/мм <sup>2</sup> , не менее	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	HRC, не менее
ВК3	97	3	980	14,9–15,3	89
ВК6	94	6	1180	14,6–15,0	88
ВК8	92	8	1270	14,35	87,5
ВК10	90	10		14,25	87

**Основная часть.** В рамках магистерской диссертации по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств на тему «Повышение износостойкости твердосплавных волок для проволочных волочильных станков» проводился анализ шести режимов термической обработки волок из твердого сплава ВК8

[20]. В табл. 2 представлены условия проведения термической обработки.

На разрывной электромеханической машине ИР 5047-50 провели испытания на изгиб, после которого был определен предел прочности твердого сплава до и после термической обработки. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 2

## Условия проведения термической обработки

№	Условия проведения термической обработки
1	Нагрев под закалку 1150 °С, среда охлаждения – масло, отпуск - 500 °С
2	Нагрев под закалку 1150 °С, среда охлаждения – воздух, отпуск - 200 °С
3	Нагрев под закалку 1050 °С, среда охлаждения – масло, отпуск - 500 °С
4	Нагрев под закалку 1050 °С, среда охлаждения – воздух, отпуск - 200 °С
5	Нагрев под закалку 1150 °С, среда охлаждения – воздух, отпуск - 350 °С
6	Нагрев под закалку 1050 °С, среда охлаждения – масло, отпуск - 350 °С

Таблица 3

## Предел прочности сплава ВК8 до и после термической обработки

№	Твердость по Виккерсу, HV	Нагрузка P, Н	Предел прочности при изгибе, $G_{изг}$ , Н/мм <sup>2</sup>
1	1380	199	168
2	1382	159	179
3	1361	127	174
4	1324	173	175
5	1518	172	166
6	1514	237	165

Из результатов испытаний видно, что у образцов, подвергнутых термической обработке по сравнению с исходным образцом, увеличились прочностные характеристики.

Исследование влияния термической обработки на износостойкость твердых сплавов основано на трении образца по алмазному кругу. Испытания проводили на установке, разработанной

на кафедре Оренбургского государственного университета (рис. 7). Сущность этого метода состоит в том, что производят трение испытуемого и эталонного образцов об алмазно-абразивную чашку. Затем определяют весовой и линейный износ и вычисляют коэффициент трения материала.

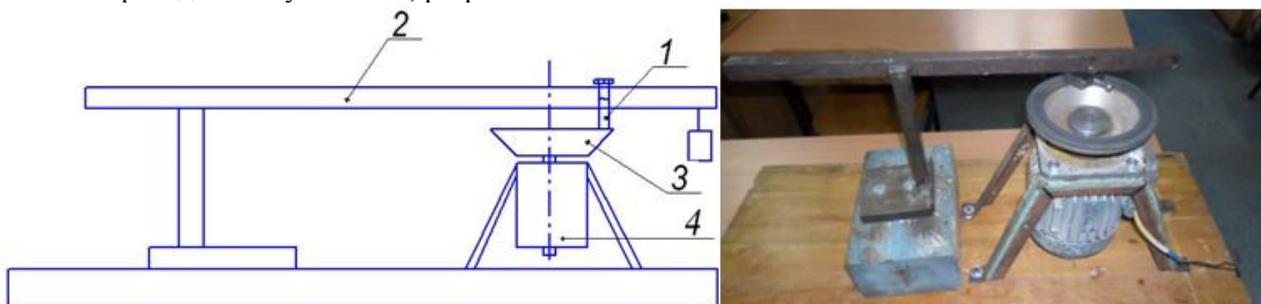


Рис. 7. Вид установки для испытания на абразивный износ

1 – державка с образцом; 2 – рычаг; 3 – чашечный алмазный круг; 4 – электродвигатель

Продолжительность испытаний составляла 9 минут на каждый образец. Замеры веса производились через каждые 3 минуты при остановке ма-

шины. Для снятия замеров использовали весы лабораторные ВМ510Д. Результаты испытаний на абразивный износ представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты испытаний на абразивный износ в граммах

№	Масса образца				Износ		
	$m_0$	$m_3$	$m_6$	$m_9$	$\Delta m_3$	$\Delta m_6$	$\Delta m_9$
1	3,298	3,293	3,288	3,275	0,005	0,01	0,023
2	3,298	3,075	3,065	3,053	0,006	0,016	0,028
3	2,458	2,451	2,449	2,447	0,007	0,009	0,011
4	1,956	1,953	1,947	1,943	0,003	0,009	0,013
5	2,807	2,803	2,801	2,798	0,004	0,006	0,009
6	3,935	3,924	3,917	3,914	0,011	0,021	0,006

**Выводы:** На основании проведенных опытов по упрочнению волок из твердого сплава ВК8 получено: повышение твердости в 2 раза; предела прочности при изгибе в 1,5 - 2 раза; понижение после алмазно-абразивного износа в 2 раза. Приведенные режимы термообработки показали эффективность их применения. В дальнейшем планируется провести анализ существующих методов повышения износостойкости твердосплавного инструмента, а также постараться выявить дополнительные способы упрочнения волок.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сачава Д.Г., Лазебникова И.П. Классификация, причины возникновения, способы предотвращения износа и разрушения волоочильного инструмента // *Литье и металлургия*. 2006. №4 (40). С. 6–8.
2. Куренкова Т.П., Лазебникова И.П., Липаткина Т.Н. Определение возможных причин образования дефекта "точечное выкрашивание" в твердосплавном волоочильном инструменте в процессе волочения // *Литье и металлургия*. 2011. № 3 (62). С. 80–83.
3. Luis C.J., Leon J., Luri R. Comparison between finite element method and analytical methods for studying wire drawing processes // *Journal of materials processing technology*. 2005. №. 164-165. pp. 1218–1225.
4. Rubio E.M., Camacho A.M., Sevilla L., Sebastian M.A. Calculation of the forward tension in drawing processes // *Journal of Materials Processing Technology*. 2005. № 162–163. Pp. 551–557.
5. Гурьянов Г.Н. Факторы усталостного износа рабочего канала волоочильного инструмента // *Механическое оборудование металлургических заводов*. 2013. № 2. С. 44–52.
6. Богодухов С.И., Козик Е.С., Свиденко Е.В. Упрочнение твердых сплавов (обзор) // *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2015. № 11 (131). С. 3–11.
7. Fabík R., Halfarová P. Impact of drawing process parameters on uniformity of strain in spring wire // *Metal*. 2011. №. 18–20.
8. Богодухов С.И., Козик Е.С., Свиденко Е.В. Влияние химико-термической обработки на износостойкость спеченных твердых сплавов // *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2016. № 3 (135). С. 21–25.
9. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гурьев М.А., Черных Е.В., Иванова Т.Г. Химико-термическая обработка материалов для режущего инструмента // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2015. № 8 (58). С. 578–582.
10. Желтков А.С. Современные технологии изготовления твердосплавных волок // *Металлообработка и сбыт*. 2013. № 10. С. 22–28.
11. Радионова Л.В., Радионов А.А. Современное состояние и перспективы развития волоочильного производства стальной проволоки // *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. 2013. №1. С. 3–11. URL: <http://industrial-engineering.ru/issues/2013/2013-1.pdf> (27.04.2018)
12. Крымчанский И.И. Высокоскоростное волочение стальной проволоки и волоочильный инструмент // *Сталь*. 2013. № 12. С. 41–47.
13. Колмогоров Г.Л., Чернова Т.В., Аверьянова Е.М., Снигирева М.В. Оптимальная геометрия технологического волоочильного инструмента // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2013. № 7. С. 51–53.
14. Колмогоров Г.Л., Чернова Т.В., Бурдина Ю.А. Эффективность оптимизации геометрии технологического инструмента для волочения // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2015. № 3 (51). С. 55–58.
15. Muskalski Z., Wiewiórowska S. The theoretical analysis of wire drawing process or hydrodynamic friction conditions // *Metallurgical and mining industry*. 2011. Vol. 3. № 7. Pp. 74–78.
16. Гурьянов Г.Н., Железков О.С. Неоднородность деформации материальных волокон в

рабочем конусе волокни // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2013. № 3. С. 22–27.

17. Шабаев М.М., Марусич К.В. Обзор преимуществ твёрдосплавных фильер для проволочных волочильных станков / Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции // Оренбург. гос. ун-т., (Оренбург, 1-3 февраля 2017 г.), Оренбург: ОГУ, 2017. С. 280–283.

18. Богодухов С.И., Козик Е.С. Материаловедение. М.: Машиностроение, 2015. 504 с.

*Информация об авторах*

**Марусич Константин Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов.

E-mail: mkv82@mail.ru

Оренбургский государственный университет.

Россия, 460018, Оренбург, просп. Победы, д. 13.

**Шабаев Максим Миратович**, магистрант кафедры технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и комплексов.

E-mail: juzt@inbox.ru

Оренбургский государственный университет.

Россия, 460018, Оренбург, просп. Победы, д. 13.

*Поступила в мае 2018 г.*

© Марусич К. В., Шабаев М.М., 2018

**K.V. Marusich, M.M. Shabaev**

### **MODES ANALYSIS OF HEAT TREATMENT OF HARD ALLOYS DURABILITY**

*Development and improvement of technological processes in many industries are inextricably linked with the use of hard alloys, which contributes to a significant increase in the operational characteristics of the tool and labor productivity. At present, the following methods for increasing the resistance of tools have been developed: the use of new and improved tool materials; Improving the quality of the working surfaces of the tool; improvement of design and optimization of the geometry of parameters. Heat treatment of hard alloys is devoted to a number of works, the results of which are in many contradictory. In these works attempts were made to carry out various types of heat treatment, both sintered hard alloys, and when the cooling conditions change during the sintering process. In this paper, we analyzed six modes of heat treatment of durability from a hard alloy VK8.*

**Keywords:** durability, hard alloy, heat treatment, drawing machines.

### **REFERENCES**

1. Sachava D.G., Lazebnikova I.P. Classification, causes, methods of preventing wear and tearing of the drawing tool. Casting and metallurgy. 2006. no. 4 (40). pp. 6–8.

2. Kurenkova T.P., Lazebnikova I.P., Lipatkina T.N. Determination of the possible causes of the formation of a defect "point stain" in a carbide drawing tool in the course of drawing. Casting and metallurgy, 2011, no. 3 (62), pp. 80–83.

3. Luis C.J., Leon J., Luri R. Comparison between finite element method and analytical methods for studying wire drawing processes. Journal of materials processing technology, 2005, no. 164–165. pp. 1218–1225.

19. Богодухов С.И. Технологические процессы машиностроительного и ремонтного производства. Старый Оскол: ТНТ, 2015. 464 с.

20. Шабаев М.М., Марусич К.В. Анализ режимов термической обработки волок из твердого сплава VK8 / Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции // Оренбург. гос. ун-т., (Оренбург, 31 января-2 февраля 2018 г.), Оренбург: ОГУ, 2018. С. 756–758.

4. Rubio E.M., Camacho A.M., Sevilla L., Sebastian M.A. Calculation of the forward tension in drawing processes. Journal of Materials Processing Technology, 2005, no. 162–163. pp. 551–557.

5. Guryanov G.N. Factors of fatigue wear of the drawing tool working channel. Mechanical equipment of metallurgical plants, 2013, no. 2. pp. 44–52.

6. Bogodukhov S.I., Kozik E.S., Svidenko E.V. Hardening of hard alloys (review). Strengthening technologies and coatings, 2015, no. 11 (131), pp. 3–11.

7. Fabík R., Halfarová P. Impact of drawing process parameters on uniformity of strain in spring wire. Metal. 2011, no. 18–20.

8. Bogodukhov S.I., Kozik E.S., Svidenko E.V. Influence of chemical-thermal treatment on wear resistance of sintered hard alloys. *Strengthening technologies and coatings*, 2016, no. 3 (135), pp. 21–25.
9. Guriev A.M., Ivanov S.G., Guriev M.A., Chernykh E.V., Ivanova T.G. Chemical-thermal treatment of materials for cutting tools. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ferrous metallurgy*, 2015, no. 8 (58), pp. 578–582.
10. Zheltkov A.S. Modern technologies of manufacturing hard-alloy fibers. *Metallosnabzhenie and sale*, 2013, no. 10, pp. 22–28.
11. Radioova L.V., Radionov A.A. The Current State and Prospects for the Development of Wire Drawing of Steel Wire. *Machine Building: A Networked Electronic Scientific Journal*, 2013, no.1, pp. 3-11. Available at: <http://indust-engineering.ru/issues/2013/2013-1.pdf> (accessed 27.04.2018)
12. Krymchanskiy I.I. High-speed drawing of steel wire and drawing tool. *Steel*, 2013, no. 12, pp. 41–47.
13. Kolmogorov G.L., Chernova T.V., Averyanova E.M., Snigireva M.V. Optimum geometry of the technological drawing tool. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ferrous metallurgy*, 2013, no. 7, pp. 51–53.
14. Kolmogorov G.L., Chernova T.V., Burdina Yu.A. Efficiency of optimizing the geometry of a technological tool for drawing. *Bulletin of the magnitogorsk state technical university. G.I. Nosov*, 2015, no. 3 (51), pp. 55–58.
15. Muskalski Z., Wiewiórowska S. The theoretical analysis of wire drawing process or hydrodynamic friction conditions. *Metallurgical and mining industry*, 2011. vol. 3, no. 7, pp. 74–78.
16. Guryanov G.N., Zhelezkov O.S. Inhomogeneity of the deformation of material fibers in the working cone of the volok. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Ferrous metallurgy*, 2013, no. 3, pp. 22–27.
17. Shabaev M.M., Marusich K.V. Overview of the advantages of carbide dies for wire mills. University complex as a regional center for education, science and culture: materials of the All-Russian scientific and methodological conference. Orenburg. state. un-t., (Orenburg, 1-3 February 2017), Orenburg: OSU, 2017, pp. 280–283.
18. Bogodukhov S.I., Kozik E.S. *Materials Science*. Moscow: Mechanical Engineering, 2015, 504 p.
19. Bogodukhov S.I. Technological processes of machine-building and repair production. *Stary Oskol* .: TNT. 2015, 464 p.
20. Shabaev M.M., Marusich K.V. Analysis of modes of heat treatment of fiber from hard alloy VK8. University complex as a regional center of education, science and culture: materials of the All-Russian scientific and methodological conference. Orenburg. state. un-t., (Orenburg, 31 January-2 February 2018), Orenburg: OSU, 2018, pp. 756–758.

*Information about the author*

**Konstantin V. Marusich**, PhD, Assistant professor.

E-mail: [mkv82@mail.ru](mailto:mkv82@mail.ru)

Orenburg State University.

Russia, 460018, Orenburg, ave. Pobedy, 13.

**Maxim M. Shabaev**, Master student.

E-mail: [juzt@inbox.ru](mailto:juzt@inbox.ru)

Orenburg State University.

Russia, 460018, Orenburg, ave. Pobedy, 13.

---

*Received in May 2018*

**Для цитирования:**

Марусич К.В., Шабает М.М. Анализ режимов термической обработки твердосплавных волок // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №7. С. 96–102. DOI: 10.12737/article\_5b4f02c0ba93d4.75284700.

**For citation:**

Marusich K.V., Shabaev M.M. Modes analysis of heat treatment of hard alloys durability. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2018, no.7, pp. 96–102. DOI: 10.12737/article\_5b4f02c0ba93d4.75284700.