



УДК 669

Поступила 18.05.2018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИРОВКИ РАБОЧЕГО КАНАЛА ВОЛОЧИЛЬНОГО ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРОИЗВОДСТВА ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

Т. П. КУРЕНКОВА, И. В. БОРИСОВЕЦ, И. П. ЛАЗЕБНИКОВА, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37.
E-mail: nlt.plus@bmz.gomel.by

Качество волочильного инструмента напрямую зависит от качества обработки канала. Обработка канала проводится с целью получения требуемой геометрической формы, требуемых размеров и предельных отклонений в соответствии с размером и качеством протягиваемой проволоки, а также для получения требуемой чистоты поверхности канала волокна. Определение шероховатости поверхности в канале волокна не представляется возможным из-за конструкции волокна, поэтому контроль качества полировки канала проводится визуальным методом с помощью стереоскопического микроскопа.

В лабораториях ЦЗЛ ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» выполнена работа по определению параметра шероховатости в канале волокна методом разрушающего контроля. Полученные результаты свидетельствуют о том, что визуальный метод контроля качества полировки рабочего канала твердосплавного волочильного инструмента с помощью стереоскопического микроскопа обеспечивает достаточную точность оценки качества шероховатости поверхности рабочего канала при контроле волок, предназначенных для грубо-среднего и тонкого волочения.

Ключевые слова. Поверхность, шероховатость, микрорельеф, качество полировки, волокна, канал, визуальный контроль.
Для цитирования. Куренкова Т. П. Определение качества полировки рабочего канала волочильного твердосплавного инструмента производства ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / Т. П. Куренкова, И. В. Борисовец, И. П. Лазебникова // Литье и металлургия. 2018. Т. 91. № 2. С. 75–81.

DETERMINATION OF THE POLISHING QUALITY IN THE WORKING CHANNEL OF THE DRAWING OF CARBIDE TOOLS PRODUCED BY OJSC «BSW – MANAGEMENT COMPANY OF HOLDING «BMC»

T. P. KURENKOVA, I. V. BORISOVETS, I. P. LAZEBNIKOVA, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin City, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: nlt.plus@bmz.gomel.by

The quality of the drawing tool depends on the quality of the channel. Channel processing is carried out in order to obtain the desired geometric shape, required size and limit deviations in accordance with the size and quality of the wire stretched, as well as to obtain the required purity of the surface of the channel drawing. The determination of the surface roughness in the die channel is not possible due to the design of the die, so the quality control of the channel polishing is carried out by a visual method using a stereoscopic microscope.

In the laboratories at the Central laboratory of OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC» the experience was undertaken for the determination of the roughness parameter in the channel of the dies by the method of destructive testing. The results obtained show that the visual method of quality control of the working channel polishing of the carbide drawing tool with the help of a stereoscopic microscope provides sufficient accuracy of assessing the quality of the roughness of the surface of the working channel when monitoring the draw die intended for coarse-medium and thin drawing.

Keyword. Surface, roughness, microrelief, polishing quality, draw die, channel, visual inspection.

For citation. Kurenkova T. P., Borisovets I. V., Lazebnikova I. P. Determination of the polishing quality in the working channel of the drawing of carbide tools produced by OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC». Foundry production and metallurgy, 2018, vol. 91, no. 2, pp. 75–81.

Волочение является одним из наиболее распространенных видов обработки металлов давлением и используется для уменьшения поперечного сечения металла с помощью волочильного инструмента (волоки). Волочению подвергают различные по составу металлы и сплавы: технически чистое железо,

стали от низко- до высокоуглеродистых, высоколегированные стали, цветные металлы и разнообразные сплавы.

Волока представляет собой инструмент с воронкообразным отверстием (каналом) определенной формы, через которое протягивается обрабатываемый материал (проволока).

Для изготовления волок применяются твердые сплавы. Качество волок во многом определяет экономические показатели процесса волочения и свойства получаемой проволоки. Применение высоких скоростей волочения нецелесообразно, если не обеспечена высокая стойкость волок.

В процессе волочения проволоки волока испытывает значительные нагрузки, так как в ее канале под действием силы волочения и сопротивления стенок происходит пластическая деформация металла. Кроме того, часть профиля волоки, соприкасающаяся с протягиваемым металлом, подвергается износу вследствие действия значительных сил трения. Поэтому основными показателями качества волочильного инструмента, вытекающими из условий эксплуатации, являются стойкость волоки от истирания и раскола.

Эксплуатационная стойкость волок оценивается количеством протянутого металла до выхода инструмента из строя, а стойкость волок до износа – количеством продукции на единицу износа канала, например, на микрон износа. Высокая стойкость волок и снижение величины силы волочения достигаются применением для изготовления волок специальных материалов, установлением оптимальной формы и качественной отделкой канала волок, а также использованием соответствующей волочильной смазки.

Большое влияние на эксплуатацию волок оказывает качество обработки их канала. Рабочая зона – это наиболее ответственная часть канала волоки. От чистоты поверхности этой части канала зависят силы внешнего трения, возникающие в контактной части рабочей зоны волоки, т. е. на границе поверхностей протягиваемого металла и конуса рабочей зоны. Чем меньше гребешки микронеровностей поверхности рабочей зоны, тем выше эффективность работы слоя смазки, подаваемой в зону деформации, и меньше вероятность схватывания поверхности волоки с протягиваемым металлом. Качественное шлифование и полирование рабочего канала волок уменьшают силу волочения и повышают износостойкость. Установлено, что стойкость волок возрастает в несколько раз, если канал волоки подвергнуть полированию. Особенно высокая стойкость достигается после полирования канала волоки алмазной пудрой [1].

Многочисленные исследования в области волочения показывают, что для получения качественной металлопродукции необходимо использовать не имеющий дефектов и хорошо отполированный волочильный инструмент. Это подтверждается различными литературными источниками, где указано, что канал волоки должен иметь зеркальную поверхность [2, 3, 7], чистота поверхности должна соответствовать наивысшим классам шероховатости по ГОСТ 2789-59 ($\nabla 11$ – $\nabla 12$ [2], $R_a = 0,04$ – $0,08$ мкм [4]).

Классы шероховатости (ГОСТ 2789-59 «Шероховатость поверхности, параметры, характеристики и обозначение») и соответствующие им значения параметров шероховатости (ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики») приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Классы и параметры шероховатости

Класс шероховатости	Разряд	Параметр шероховатости R_a , мкм	Класс шероховатости	Разряд	Параметр шероховатости R_a , мкм
7	<i>a</i>	1,25–1,00	10	<i>a</i>	0,160–0,125
	<i>b</i>	1,00–0,80		<i>b</i>	0,125–0,100
	<i>в</i>	0,80–0,63		<i>в</i>	0,100–0,080
8	<i>a</i>	0,63–0,50	11	<i>a</i>	0,080–0,063
	<i>b</i>	0,50–0,40		<i>b</i>	0,063–0,050
	<i>в</i>	0,40–0,32		<i>в</i>	0,050–0,040
9	<i>a</i>	0,32–0,25	12	<i>a</i>	0,040–0,032
	<i>b</i>	0,25–0,20		<i>b</i>	0,032–0,025
	<i>в</i>	0,20–0,16		<i>в</i>	0,025–0,020

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a представляет собой среднее значение расстояний (ординат) точек $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n)$ измеренного профиля до средней линии в пределах базовой длины l (рис. 1):

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

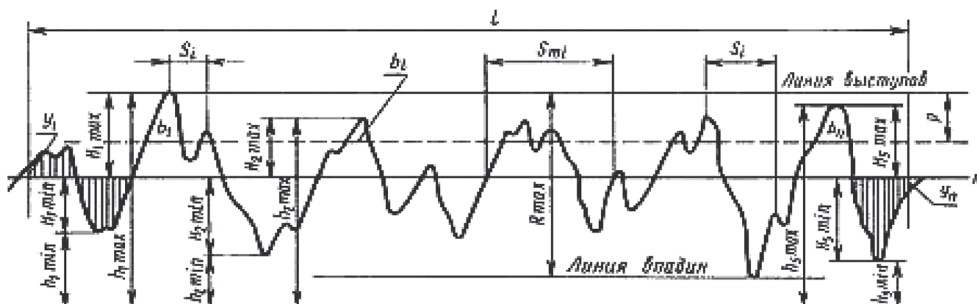


Рис. 1. Профилограмма поверхности, ГОСТ 2789

Качество подготовки рабочего канала волокна на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проверяется визуально с помощью стереоскопических микроскопов на отсутствие царапин, раковин, трещин, продольных и поперечных рисок, полос на рабочем конусе и калибрующем пояске, а также на качество полировки поверхности. Визуальная оценка качества полировки обусловлена тем, что измерить шероховатость R_a в канале твердосплавной волокна не представляется возможной из-за конструкции волокна.

В металлографической лаборатории производства металлокорда № 2 Центральной заводской лаборатории ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проведена работа по оценке качества обработки поверхности рабочего канала волокон с определением параметра шероховатости. Цель работы – подтверждение того, что визуальный метод контроля качества полировки канала волокон с помощью стереоскопического микроскопа при увеличении от 13 до 80 крат обеспечивает достаточную точность оценки качества шероховатости поверхности канала при исследовании волокон с диаметром выходного отверстия от 0,175 до 6,0 мм. Работа проведена в четыре этапа:

- 1) изготовление образцов каналов волокон, предназначенных для грубо-среднего волочения (ГСВ), пригодных для измерения шероховатости на профилографе-профилометре;
- 2) выявление характеристик поверхности, образующих микрорельеф и определяющих параметр шероховатости поверхности каналов волокон, предназначенных для ГСВ с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ);
- 3) выявление характеристик поверхности, образующих микрорельеф и определяющих параметр шероховатости поверхности каналов волокон, предназначенных для тонкого волочения (ТВ) с помощью РЭМ;
- 4) сравнение определяющих характеристик шероховатости поверхности канала, образующих микрорельеф, образцов волокон, предназначенных для ТВ с образцами волокон, предназначенных для ГСВ.

Для проведения *первого этапа* работы были отобраны волокна ГСВ с диаметром выходного отверстия 5 мм, имеющие разную степень шероховатости. Оценку качества полировки проводили визуально с помощью стереоскопического микроскопа на изготовленных волокнах. Качество полировки при визуальном контроле оценивали как удовлетворительное и неудовлетворительное. Далее твердосплавные волокна-заготовки выпрессовывали из оправ и сошлифовывали на плоскошлифовальном станке таким образом, чтобы поверхность каналов волокон-заготовок стала доступной для измерения шероховатости на профилографе-профилометре «HOMMEL TESTER T2000».


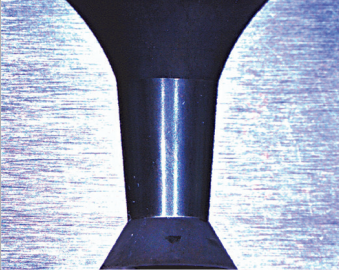
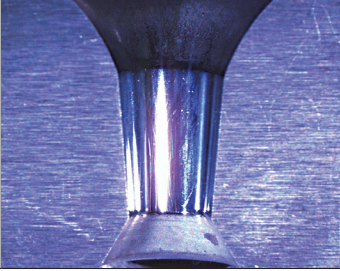
Необходимо отметить, что измерение шероховатости поверхности каналов волокон ГСВ с помощью профилографа-профилометра является разрушающим методом оценки, что неприемлемо в производственных условиях.

Результаты визуальной оценки качества полировки канала волокон ГСВ и измеренного параметра шероховатости поверхности канала образцов волокон-заготовок приведены в табл. 2.

В процессе *второго этапа* работы поверхность канала образцов волокон-заготовок ГСВ исследовали на РЭМ с целью выявления характеристик поверхности, образующих микрорельеф и определяющих параметр шероховатости. Исследование проводили при увеличении 2000 крат. Фотоснимки поверхности канала образцов волокон-заготовок, предназначенных для ГСВ, полученные с помощью стереоскопического микроскопа и с помощью РЭМ, приведены в табл. 3.

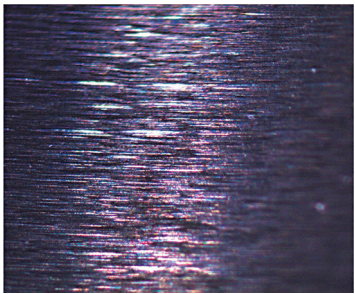
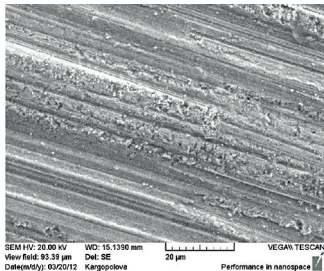
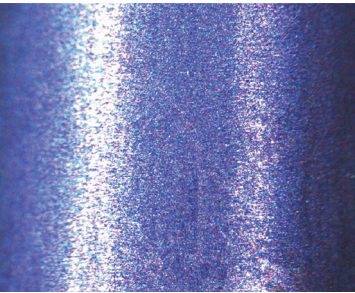
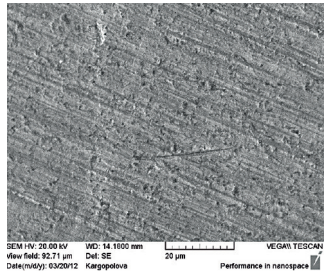
Из таблицы видно, что на поверхности канала образца № 1 присутствуют грубые множественные риски в виде «борозд», которые имеют достаточно большую глубину и ширину. На поверхности канала образца № 2 имеются множественные грубые риски и поры, на поверхности канала образца № 3 – неровности в виде незначительных микропор.

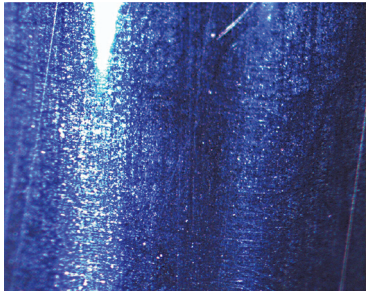
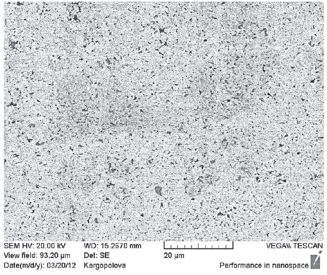
Таблица 2. Параметры шероховатости поверхности канала образцов волок-заготовок, предназначенных для ГСВ

Номер образца	Операция изготовления рабочего канала волокни	Значение шероховатости R_a , мкм	Класс шероховатости ∇	Вид канала сошлифованной волоки-заготовки	Визуальная оценка качества полировки канала волок с помощью стереомикроскопа
		ГОСТ 2789-59		фотоснимки поверхностей получены с помощью стереоскопического микроскопа «Stemi 2000C», $\times 6,5$	
1	Шлифовка канала иглой с алмазным напылением	1,00	7		Неудовлетворительно: канал волокни имеет темную матовую поверхность. На поверхности определяются множественные грубые риски и значительная шероховатость
2	Шлифовка канала иглой с алмазным напылением; полировка канала суспензией на основе порошка АСН 7/3	0,11	10		Неудовлетворительно: канал волокни имеет матовую поверхность. На поверхности определяются риски и незначительная степень шероховатости
3	Шлифовка канала иглой с алмазным напылением; полировка канала суспензией на основе порошка АСН 7/3; полировка канала на основе суспензии порошка АСН 5/2	0,03	12		Удовлетворительно: поверхность канала имеет зеркальный блеск

Примечание: образцы № 1,2 были специально изготовлены для проведения данной работы для измерения различных степеней шероховатости и определения характеристик поверхности, образующих микрорельеф.

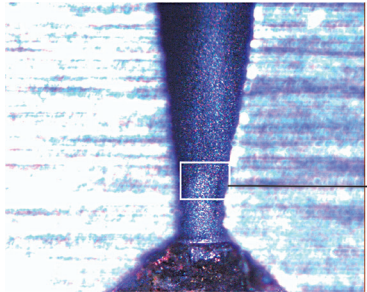
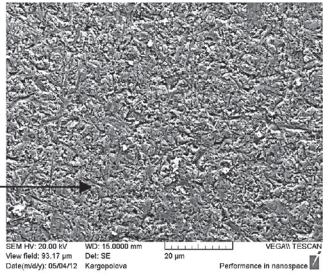
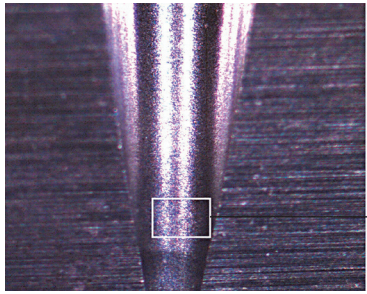
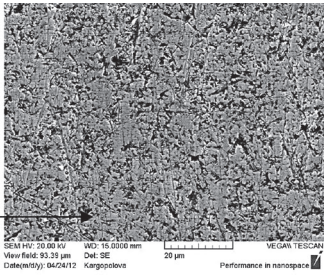
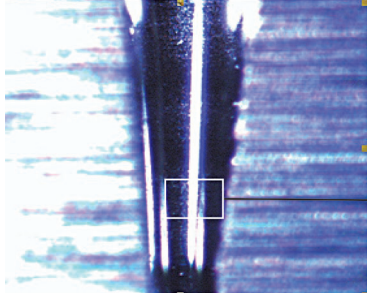
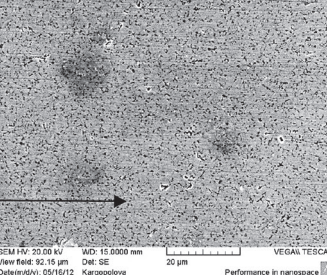
Таблица 3. Поверхность канала образцов волок-заготовок, предназначенных для ГСВ

Фотоснимки, полученные с помощью стереоскопического микроскопа, $\times 50$	Фотоснимки, полученные с помощью РЭМ, $\times 2000$
	 SEM HV: 20.00 kV WD: 15.1310 mm View field: 85.38 μ m Det: SE Date/m/ty: 03/2012 Kargopolova 20 μ m VEGA3 TESCAN Performance in nanospace
Вид поверхности канала волокни-заготовки, образец № 1, шероховатость $R_a = 1$ мкм; $\nabla 7$	
	 SEM HV: 20.00 kV WD: 14.1100 mm View field: 82.71 μ m Det: SE Date/m/ty: 03/2012 Kargopolova 20 μ m VEGA3 TESCAN Performance in nanospace
Вид поверхности канала волокни-заготовки, образец № 2, шероховатость $R_a = 0,11$ мкм; $\nabla 10$	

Фотоснимки, полученные с помощью стереоскопического микроскопа, ×50	Фотоснимки, полученные с помощью РЭМ, ×2000
	
<p>Вид поверхности канала волокна-заготовки, образец № 3, шероховатость $R_a = 0,03$ мкм; $\nabla 12$</p>	

Для проведения *третьего этапа* работы во время визуального контроля качества полировки канала волок, используемых для ТВ (с диаметром выходного отверстия 0,250 мм), были специально отобраны волокна с удовлетворительным и неудовлетворительным качеством полировки. Твердосплавные волокна-заготовки были выпрессованы из оправ и сошлифованы на плоскошлифовальной машине таким образом, чтобы поверхность канала волок-заготовок стала доступной для исследования с помощью РЭМ (при увеличении 2000 крат). Необходимость проведения данного этапа работы связана с невозможностью инструментального измерения шероховатости поверхности канала волок малого диаметра. Фотоснимки поверхности канала образцов волок-заготовок, предназначенных для ТВ, полученные с помощью стереоскопического микроскопа и с помощью РЭМ, приведены в табл. 4.

Таблица 4. Поверхность канала образцов волок-заготовок, предназначенных для ТВ

Фотоснимки, полученные с помощью стереоскопического микроскопа, ×50	Фотоснимки, полученные с помощью РЭМ, ×2000	Визуальная оценка качества полировки канала волок с помощью стереомикроскопа
		<p>Неудовлетворительно: канал волокна имеет темную матовую поверхность – на поверхности определяется значительная шероховатость</p>
<p>Поверхность канала волокна-заготовки, образец № 1</p>		
		<p>Неудовлетворительно: канал волокна имеет матовую поверхность – на поверхности определяется шероховатость</p>
<p>Поверхность канала волокна-заготовки, образец № 2</p>		
		<p>Удовлетворительно: поверхность канала имеет зеркальный блеск</p>
<p>Поверхность канала волокна-заготовки, образец № 3</p>		

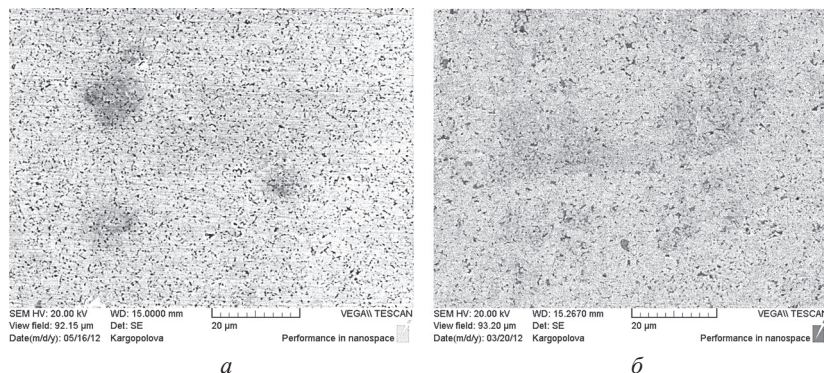


Рис. 2. Поверхность канала образцов волок-заготовок (фотоснимки получены с помощью РЭМ, $\times 2000$): *a* – образец № 3 ТВ, *б* – образец № 3 ГСВ

Из таблицы видно, что поверхность канала образца № 1 с неудовлетворительной оценкой качества полировки при визуальном контроле имеет грубую шероховатость, которая определяется высокой степенью неровностей. Поверхность канала образца № 2 с неудовлетворительной оценкой качества полировки при визуальном контроле имеет шероховатость, которая определяется наличием множественных пор, с большой глубиной и частотой распределения по поверхности. Поверхность канала образца № 3 с удовлетворительной оценкой качества полировки при визуальном контроле имеет неровности в виде незначительных микропор.

На четвертом, заключительном, этапе работы проводили сравнение характеристик поверхности, образующих микрорельеф канала образцов волок-заготовок, используемых для ТВ и ГСВ с удовлетворительной визуальной оценкой качества полировки канала (рис. 2).

Сравнение (рис. 2, *a*, *б*) показывает, что поверхность канала исследуемых образцов волок-заготовок имеет неровности в виде незначительных микропор, количество которых несущественно отличается. Это объясняется разным составом и микроструктурой твердого сплава исследуемых образцов. Образец № 3 ТВ имеет мелкий размер зерна α -фазы (WC – карбид вольфрама), количество кобальта в данном твердом сплаве составляет 3%. Образец № 3 ГСВ имеет средне-крупный размер зерна α -фазы, количество кобальта в данном твердом сплаве составляет 6%. Кобальтовая составляющая твердого сплава имеет более низкую твердость в сравнении с α -фазой, поэтому в процессе изготовления волок при обработке поверхности канала она частично удаляется, образуя микропоры.

Таким образом, канал волокни при удовлетворительном качестве полировки при визуальном контроле с помощью стереоскопического микроскопа имеет зеркальный блеск поверхности, при неудовлетворительном качестве полировки поверхность канала имеет значительные неровности.

Шероховатость поверхности с наличием микропор составляет $R_a = 0,03$ мкм, что соответствует классу $\nabla 12$.

Обсуждение результатов

По рекомендациям различных литературных источников шероховатость обработанной поверхности канала волоочильного инструмента должна составлять:

- чистота поверхности рабочей зоны должна быть не ниже класса $\nabla 11$ – $\nabla 12$ [2];
- шероховатость поверхности R_a должна быть равной 0,04–0,08 мкм [4];
- шероховатость поверхности инструмента для обработки металлов давлением должна соответствовать классам $\nabla 9$ – $\nabla 11$ [5];
- рабочий канал должен иметь зеркальную поверхность [2, 3, 7].

Таким образом, разные авторы предъявляют различные требования к чистоте обработки поверхности канала волоочильного инструмента. Требования имеют существенную разницу в границах R_a (от 0,32 до 0,02 мкм) и не включают рекомендации по использованию как к различным технологическим режимам волочения (сухое, мокрое), так и к группам прочности изготавливаемой проволоки. Анализ литературных данных не дает возможности определить точный, единый критерий параметра шероховатости канала волоочильного инструмента.

По результатам проведенной работы и с учетом обсуждения рекомендаций технической литературы установлено, что шероховатость поверхности волоочильного инструмента, изготовленного на ОАО «БМЗ –

управляющая компания холдинга «БМК» и удовлетворяющего условиям процесса волочения, должна составлять $R_a = 0,08-0,02$ мкм, класс шероховатости $\nabla 11-\nabla 12$.

Выводы

1. Проведен анализ литературных источников, согласно которому рабочий канал волокни должен иметь зеркальную поверхность [2, 3, 7], чистота поверхности должна соответствовать классам шероховатости $\nabla 11-\nabla 12$ [2], $R_a = 0,04-0,08$ мкм [4].

2. В условиях лабораторий ЦЗЛ ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проведено измерение шероховатости поверхности рабочего канала твердосплавных волок ГСВ. Поверхность рабочего канала волокни ГСВ при удовлетворительной оценке качества полировки рабочего канала при визуальном контроле имеет шероховатость поверхности $R_a = 0,03$ мкм ($\nabla 12$).

3. Исследование образцов волок-заготовок на РЭМ показало, что шероховатость поверхности канала волок ГСВ и ТВ, оцененных при визуальном контроле как удовлетворительное качество полировки, определяется только наличием микропор, образующих рельеф поверхности, с отсутствием рисок и следов шлифования.

4. Доказано, что визуальный метод контроля качества полировки рабочего канала твердосплавного волочильного инструмента с помощью стереоскопического микроскопа обеспечивает достаточную точность оценки качества шероховатости поверхности рабочего канала при контроле волок, предназначенных для грубо-среднего и тонкого волочения.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Битков В. В.** Технология и машины для производства проволоки. Екатеринбург: УрО РАН, 2004.
2. **Хаяк Г. С.** Инструмент для волочения проволоки. М.: Metallurgija, 1974.
3. **Юхвец И. А.** Волочильное производство. Ч. I. М.: Metallurgija, 1965.
4. **Николаев В. А.** Теория ковочно-штампового и волочильного производства. Запорожье: ЗГИА, 2005.
5. **Груздев А. П., Зильберг Ю. В., Тилик В. Т.** Трение и смазки при обработке металлов давлением. М.: Metallurgija, 1982.
6. **Киффнер Р., Бенезовский Ф.** Твердые сплавы. М.: Metallurgija, 1971.
7. **Красильников Л. А., Лысенко А. Г.** Волочильщик проволоки. М.: Metallurgija, 1987.
8. **Перлин И. Л.** Теория волочения. М.: Гос. науч.-техн. изд-во лит. по черной и цветной металлургии, 1957.

REFERENCES

1. **Bitkov V. V.** *Tehnologija i mashiny dlja proizvodstva provoloki* [Technology and machines for wire production]. Ekaterinburg, UrO RAN Publ., 2004.
2. **Hajak G. S.** *Instrument dlja volochenija provoloki* [Wire drawing tools]. Moscow, Metallurgija Publ., 1974.
3. **Juhvec I. A.** *Volochil'noe proizvodstvo* [Wire drawing production]. Moscow, Metallurgija Publ., 1965.
4. **Nikolaev V. A.** *Teorija kovozhno-shtampovogo i volochil'nogo proizvodstva* [The theory of forging and stamping and drawing]. Zaporozh'e, ZGIA Publ., 2005.
5. **Gruzdev A. P., Zil'berg Ju. V., Tilik V. T.** *Trenie i smazki pri obrabotke metallov davleniem* [Friction and lubrication in the treatment of metals by pressure]. Moscow, Metallurgija Publ., 1982.
6. **Kiffner R., Benozovskij F.** *Tverdye splavy* [Solid alloys]. Moscow, Metallurgija Publ., 1971.
7. **Krasil'nikov L. A., Lysenko A. G.** *Volochil'shnik provoloki* [Wire welder]. Moscow, Metallurgija Publ., 1987.
8. **Perlin I. L.** *Teorija volochenija* [Theory of drawing]. Moscow, Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatel'stvo literatury po chernoj i cvetnoj metallurgii Publ., 1957.