



УДК 669.054.82

Поступила 18.05.2018

## ДЕТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ И ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР АБРАЗИВА ДЛЯ МОКРОГО ШЛИФОВАНИЯ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

И. В. БАЗУЕВ, Ю. В. ПРИБЫТКОВ, И. А. КОВАЛЕВА, И. А. ОВЧИННИКОВА,  
ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь,  
ул. Промышленная, 37. E-mail: meh.icm@bmz.gomel.by

*В трубопрокатном цехе на участке подготовки оправок и дисковых пил на бесцентровом токарно-шлифовальном комплексе VT-8 «Hetran» для ремонта оправок проведены исследования по испытанию опытных шлифовальных лент. Выбор основывался на сравнительном анализе работы опытных шлифовальных лент с промышленно-применяемыми. Рассчитана стойкость шлифовальных лент на одну оправку. Получен положительный результат (экономический эффект) при использовании опытных шлифовальных лент.*

**Ключевые слова.** Абразивный материал, оксид алюминия, циркониевый электрокорунд, керамическое зерно, компактное зерно, трубопрокатный цех, бесцентровой токарно-шлифовальный комплекс VT-8 «Hetran», стойкость шлифовальных лент.

**Для цитирования.** Базуев И. В. Детальное исследование показателей работы и оптимальный выбор абразива для мокрого шлифования высоколегированных сталей / И. В. Базуев, Ю. В. Прибытков, И. А. Ковалева, И. А. Овчинникова // *Литье и металлургия*. 2018. Т. 91. № 2. С. 94–98.

## A DETAILED STUDY OF THE PERFORMANCE AND OPTIMAL CHOICE OF ABRASIVE FOR WET GRINDING OF HIGH-ALLOYED STEELS

I. V. BAZUEV, YU. V. PRIBYTKOV, I. A. KOVALEVA, I. A. OVCHINNIKOVA, OJSC «BSW – Management Company of Holding «BMC», Zhlobin City, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str.  
E-mail: meh.icm@bmz.gomel.by

*In the pipe-rolling shop, on the site of preparation of mandrels and disc saws were the centerless turning and grinding complex VT-8 «Hetran» for repair of mandrels are used, studies have been conducted to test experienced grinding belts. The choice was based on a comparative analysis of the work of experienced grinding belts with usual industrial grinding belts. The resistance of grinding belts for one mandrel is calculated. A positive result (economic effect) was obtained by using experienced grinding belts.*

**Keywords.** Abrasive material, aluminium oxide, aluminium zirconate, ceramic grain, compact grain, pipe-rolling shop, centerless turning and grinding complex W-8 «Hetran», the durability of the grinding belts.

**For citation.** Bazuev I. V., Pribytkov Yu. V., Kovaleva I. A., Ovchinnikova I. A. A Detailed study of the performance and optimal choice of abrasive for wet grinding of high-alloyed steels. *Foundry production and metallurgy*, 2018, vol. 91, no. 2, pp. 94–98.

Для подготовки прокатного инструмента применяется операция шлифовки. Операцию шлифовки используют для получения заданных размеров с высокой точностью, а также достижения наименьшей шероховатости поверхности изделия. Основой шлифовального инструмента служат зерна абразивного материала, выполняющие функции микрорезцов, осуществляющих микрорезание обрабатываемого материала и пластическое деформирование поверхностного слоя металла.

На пути к совершенству решающее значение имеет применение лучшего оборудования и высококачественных абразивов. Одним из самых современных и эффективных способов обработки металла является применение шлифовальной ленты.

Основная проблема при выборе шлифовальных лент для обработки высоколегированных сталей – отсутствие рекомендаций производителей шлифовальных лент по материалам и режимам работы оборудования. Шлифовальные ленты различных производителей различаются не только в процентном содержании абразивного материала, но и в качестве связующих слоев.

В качестве абразива шлифовальных лент часто используют карбид кремния, керамический абразив, оксид алюминия, циркониевый электрокорунд. Рассмотрим данные виды абразивов.

### Оксид алюминия (рис. 1)

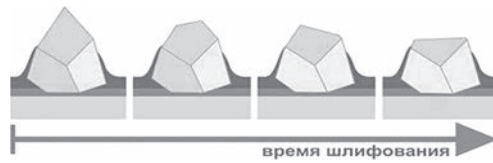


Рис. 1. Схематическое изображение процесса износа

Данный абразивный материал еще называют электрокорунд и получают его искусственным из оксида алюминия. Электрокорунд применяется при обработке всех материалов при практически любых операциях шлифования. Наиболее широко применяется в деревообрабатывающей промышленности, что связано с его невысокой стоимостью. Однако относительно невысокая твердость зерна электрокорунда ограничивает его применение в металлообработке. Абразив довольно хорошо справляется с финишными операциями.

### Циркониевый электрокорунд (рис. 2)

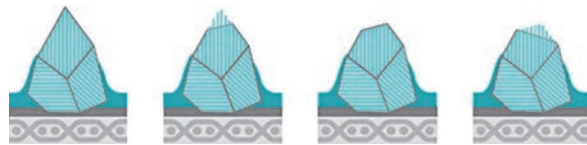


Рис. 2. Схематическое изображение процесса износа

Циркониевый электрокорунд обладает высокой агрессивностью в сравнении с обычным электрокорундом. При изготовлении шлифовальных лент с абразивом из циркониевого электрокорунда к данному абразиву добавляют электрокорунд в определенной пропорции. Содержание циркониевого электрокорунда в лентах нормируется производителем лент. От этого соотношения зависят производительность шлифовальных лент, их назначение и цена.

Шлифовальные ленты с циркониевым электрокорундом наилучшим образом ведут себя при грубой обработке черных металлов. Они обладают довольно высокой скоростью резания за счет высокой способности зерна к самозатачиванию при относительно невысокой стоимости.

### Керамическое зерно (рис. 3)

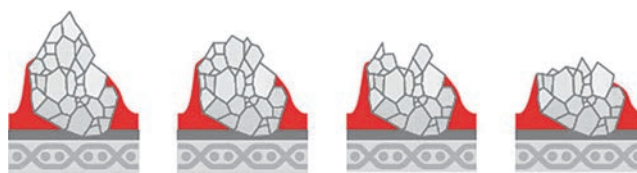


Рис. 3. Схематическое изображение процесса износа

Керамическое зерно было создано для самых агрессивных операций шлифования металла. Ввиду своей высокой твердости и прочности керамическое зерно отлично справляется с обработкой очень твердых материалов. Использование охлаждения при высоких скоростях резания дает возможность избежать перегрева обрабатываемого металла, а также увеличить время службы абразивного материала. Наилучшим образом шлифовальные ленты с керамическим зерном подходят для обработки нержавеющей, жаропрочных сталей и других твердых металлов. Производители абразивных шлифовальных лент имеют в своем ассортименте продукции ленты с различным соотношением керамического зерна и электрокорунда, что влияет на их характеристики и цену.

### Компактное зерно (рис. 4)



Рис. 4. Схематическое изображение процесса износа

Компактное зерно (компакт-зерно) состоит из отдельных гранул, каждая из которых представляет собой склеенный блок с множеством различных абразивных зерен (электрокорунд, циркониевый электрокорунд, керамическое зерно и др.). Наиболее полно потенциал компакт-зерна раскрывается при машинном шлифовании. В процессе шлифования обеспечивается длительный срок службы, одинаковый съем материала и одинаковое качество получаемой поверхности на протяжении всего срока службы абразивного материала\*.

В трубопрокатном цехе на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» при производстве бесшовных труб используется множество сменного инструмента. Одним из этих инструментов являются цилиндрические оправки непрерывного стана PQF длиной 9750 мм, диаметром от 81,4 до 175,4 мм (в зависимости от типоразмера производимой трубы), выполненные из ковanej марки стали X35CrMo05, поверхность которых покрыта слоем блестящего хрома толщиной от 45 до 55 мкм, твердостью 60–62 HRC и шероховатостью 0,4–0,8  $R_a$ . Ее назначение – получение черновой трубы требуемого диаметра, толщины стенки и качества внутренней поверхности из гильзы, полученной на прошивном стане. В процессе работы, несмотря на применяющиеся технологические смазки, на оправку непрерывного стана воздействуют существенные знакопеременные нагрузки, высокие температуры, силы трения достигают значительных величин. Результатом перечисленных выше факторов является местный износ поверхности оправок непрерывного стана. Для предотвращения значительной выработки оправок и снижения качества производимых бесшовных труб данные оправки выводят из работы и отправляют на участок ремонта. Ремонт производят путем переточки оправки в меньший типоразмер (в зависимости от степени залегания дефектов).

На участке подготовки оправок и дисковых пил на бесцентровом токарно-шлифовальном комплексе ВТ-8 «Нетран» для ремонта оправок ранее использовали шлифовальные ленты одного производителя. Ввиду высокой стоимости шлифовальных лент данного производителя, а также низкой стойкости специалистами исследовательского центра была проведена работа по поиску альтернативных производителей с испытанием различных абразивных материалов шлифовальных лент.

Проводя подбор материала шлифовальных лент, обеспечивающих требуемый съем металла оправки, были испытаны комплекты шлифовальных лент с различными абразивными материалами.

Проведение испытаний опытных шлифовальных лент основывалось на сравнительном анализе работы с промышленно-применяемыми. Было подготовлено несколько комплектов экспериментальных шлифовальных лент с различным видом зерна. Ленты выводились из эксплуатации по их фактическому износу, обрыву или по увеличению шероховатости обработанной поверхности выше технически допустимых пределов. Шероховатость поверхности, согласно требованиям, не должна превышать значения 0,8  $R_a$ .

Испытание шлифовальных лент проводили в две кампании (испытание двух комплектов) на полировальном станке. Полировальный станок состоит из трех планетарных ленточных полировальных блоков с тянущими роликами (рис. 5), смонтированными на общей раме основания. Каждый отдельный ленточный полировальный блок состоит из одной полировальной головки с тремя роликами: один холостой, один тянущий и один приводной. Приводной ролик связан с помощью зубчатого ремня с двигателем переменного тока мощностью 45 кВт, получающим управление от преобразователя переменного тока, и обращается вокруг неподвижной шестерни. Четыре блока самоцентрирующихся горизонтальных тянущих роликов с гидравлическим приводом (каждый блок состоит из четырех роликов) смонтированы на раме основания для выполнения подачи материала в полировальный блок.

Первый комплект шлифовальных лент устанавливали в три планетарные ленточно-шлифовальные головы станка ВТ-8 «Нетран» в следующем порядке:

1-я шлифовальная голова – 1/P80 зерно оксид алюминия + керамика;

2-я шлифовальная голова – 1/P120 зерно оксид алюминия + керамика;

3-я шлифовальная голова – 1/P320 зерно оксид алюминия + керамика.

Следующий испытываемый комплект (2-я кампания) устанавливали в следующем порядке:



Рис. 5. Планетарный шлифовальный блок

\* Обзор // Шлифовальные ленты // Как правильно выбрать // [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.gtool.ru/testy/shlifovalnye-lenty-kak-pravilno-vybrat/>

- 1-я шлифовальная голова – 2/P80 керамическое зерно;
- 2-я шлифовальная голова – 2/P120 керамическое зерно;
- 3-я шлифовальная голова – 2/P180 компактное зерно (карбид кремния).

При обработке опытными шлифовальными лентами производили интенсивное охлаждение зоны шлифовки смазочно-охлаждающей жидкостью. В табл. 1 приведены технические характеристики испытываемых лент, а в табл. 2 – технические характеристики промышленно-применяемых шлифовальных лент.

Таблица 1. Технические характеристики шлифовальных лент

Наименование лент	1/P80	1/P120	1/P320	2/P80	2/P120	2/P180
	1-я кампания			2-я кампания		
Зерно	Оксид алюминия + керамика	Оксид алюминия + керамика	Оксид алюминия + керамика	Керамическое зерно	Керамическое зерно	Компактное зерно (карбид кремния)
Зернистость	80	120	320	80	120	180
Основа	Полиэстер	Полиэстер	Полужесткий полиэстер	Жесткий полиэстер	Жесткий полиэстер	Полужесткий полиэстер
Связка	Синтетическая смола	Синтетическая смола	Синтетическая смола	Синтетическая смола	Синтетическая смола	Синтетическая смола

Таблица 2. Технические характеристики промышленно-применяемых шлифовальных лент

Наименование лент	0/P80	0/P120	0/P180
	Промышленно-применяемые		
Зерно	Оксид алюминия	Оксид алюминия	Оксид алюминия
Зернистость	80	120	180
Основа	Жесткий полиэстер	Жесткий полиэстер	Жесткий полиэстер
Связка	Синтетическая смола	Синтетическая смола	Синтетическая смола

В процессе проведения испытаний двух кампаний проводили контроль расхода шлифовальных лент (табл. 3).

Таблица 3. Расход опытных шлифовальных лент

Месяц проведения испытаний	Наименование материала	Количество лент, шт.	Количество обработанных оправок
Май/июнь	1/P80	30	110
	1/P120	40	110
	1/P320	4	25
Июль-август	2/P80	30	126
	2/P120	32	103
	2/P180	20	126

В табл. 4 приведен расход промышленно-применяемых лент за февраль.

Таблица 4. Расход промышленно-применяемых шлифовальных лент

Месяц проведения испытаний	Наименование материала	Количество лент, шт.	Количество обработанных оправок
Январь /февраль	0/P80	90	145
	0/P120	151	145
	0/P180	83	145

Шлифовальными лентами 1/P80 и 1/P120 в количестве 70 шт. было обработано 110 оправок, лентами 1/P320 в количестве 4 шт. – 25 оправок. Использование шлифовальных лент 1/P320 с зерном из карбида кремния на финишной обработке обеспечило шероховатость 0,4–0,7  $R_a$  при требовании 0,8  $R_a$ .

Шлифовальными лентами 2/P80, 2/P120 и 2/P180 в количестве 90 шт. было обработано 126 оправок. Использование шлифовальных лент с зерном из карбида кремния на финишной обработке обеспечивает шероховатость 0,2–0,6  $R_a$  при требовании 0,8  $R_a$ .

Лентами 0/P80, 0/P120 и 0/P180 в количестве 324 шт. было обработано 145 оправок, в процессе шлифовки требовалось проводить повторное шлифование ввиду не попадания в заданные параметры шеро-

ховатости. Шлифовальные ленты с зерном из оксида алюминия на конечной обработке обеспечивали шероховатость 0,2–0,6  $R_a$  при требовании 0,8  $R_a$ .

Стойкость шлифовальных лент опытных и промышленно-применяемых компаний приведена в табл. 5, 6.

Таблица 5. Стойкость опытных шлифовальных лент на одну оправку по кампаниям

Зернистость ленты	Наименование материала	Стойкость, лент шт./оправка
P 80	1/P80	0,27
P 120	1/P120	0,36
P 320	1/P320	0,16
P 80	2/P80	0,24
P 120	2/P120	0,32
P 180	2/P180	0,16

Таблица 6. Стойкость промышленно-применяемых шлифовальных лент на одну оправку

Зернистость ленты	Наименование материала	Стойкость, лент шт./оправка
P 80	1/P80	0,62
P 120	1/P120	1,04
P 180	1/P180	0,57

В ходе проведенной работы были получены положительные результаты использования шлифовальных лент 1/P80, 1/P120, 1/P320 (кампания 1) и шлифовальных лент 2/P80, 2/P120 и 2/P180 (кампания 2). Испытания показали, что стойкость лент кампании 1 с абразивом зерна из оксида алюминия и керамики в 2 раза выше, а с абразивом из керамики и карбидом кремния в 2–3 раза выше стойкости промышленно-применяемых лент (с абразивным зерном из оксида алюминия).

Использование комплекта шлифовальных лент с различным зерном при бесцентровом шлифовании позволяет значительно увеличить стойкость инструмента, снизить простои оборудования. Ленты с керамическим зерном позволяют получать постоянное качество обработки на протяжении всего срока службы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щеглов А. Г. Технология восстановления раскатных оправок непрерывного стана PQF в трубном цехе ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» // *Литье и металлургия*. 2013. № 2. С. 72–74.

## REFERENCES

1. Shheglov A. G. Tehnologija vosstanovlenija raskatnyh opravok nepreryvnogo stana PQF v trubnom cehe ОАО «BMZ – upravljajushhaja kompanija holdinga «BMK» [Technology of restoration of rolled mandrel of continuous mill PQF in tube-shop of OJSC «BSW – management company of holding «BMC»]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2013, no. 2, pp. 72–74.