

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕНТОЧНОГО ШЛИФОВАНИЯ ВАЛОВ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Коротков Александр Николаевич, Коротков Виталий Александрович,
Баштанов Вячеслав Геннадиевич, Видяев Михаил Петрович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*для корреспонденции: korotkov.a.n@mail.ru



Информация о статье

Поступила:

17 ноября 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 декабря 2022 г.

Принята к публикации:

08 декабря 2022 г.

Ключевые слова:

Схемы ленточного шлифования, режимы шлифования, характеристика лент, режущая способность и износ шлифовальных лент, температура и шероховатость при шлифовании лентами

Аннотация.

В представленной работе дана практическая оценка эффективности применения различных конструкций станочных приспособлений (съёмных модулей) для ленточного шлифования валов на токарном станке. Проведен анализ схем ленточного шлифования, применяемого оборудования и характеристик шлифовальных лент, а также режимов обработки. На основе результатов анализа принято и реализовано решение по сравнению трех схем ленточного шлифования валов на токарных станках – с неподвижным упором, с прижатием вращающегося ролика к заготовке и с прижатием «свободной ветви» шлифовальной ленты. В результате сравнительных испытаний определена наиболее приемлемая схема ленточного шлифования валов на токарных станках, а именно шлифование «свободной ветвью» ленты. Установлены рациональные режимы обработки и характеристики шлифовальных лент. Оптимальный натяг между лентой и заготовкой составил 5 мм на диаметр по лимбу поперечной подачи токарного станка. Рациональная скорость ленточного шлифования – 35 м/с, частота вращения заготовок – 31,5 об/мин и продольная подача ленты – 0,7 мм/об. Применение на этих режимах шлифовальных лент из зерен нормального электрокорунда зернистостью 50, 100 и 250 мкм обеспечивало съём материала заготовок в пределах 0,009÷0,013 мм на диаметр за 1 проход инструмента и шероховатость поверхностей $Ra=0,53\div 1,73$ мкм, $Rz=3,96\div 10,05$ мкм. Применение других зернистостей абразивных зерен в лентах приводило к чрезмерному увеличению шероховатости и съёма материала либо к невозможности эффективной обработки из-за малой поперечной жесткости мелкозернистых лент.

Для цитирования: Коротков А.Н., Коротков В.А., Баштанов В.Г., Видяев М.П. Оценка эффективности ленточного шлифования валов на токарных станках // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 6 (154). С. 24-35. doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-24-35

Введение

Круглое чистовое шлифование является одним из обязательных видов механической обработки при изготовлении шпинделей станков, валов редукторов и других механизмов. При изготовлении ступенчатых валов в условиях мелкосерийного производства часто требуется проводить операцию круглого шлифования непосредственно на токарных станках без снятия заготовок после точения. В случаях, когда изделие шлифуется не по всем цилиндрическим поверхностям и не требует объемной термической обработки, возможно применение станочных

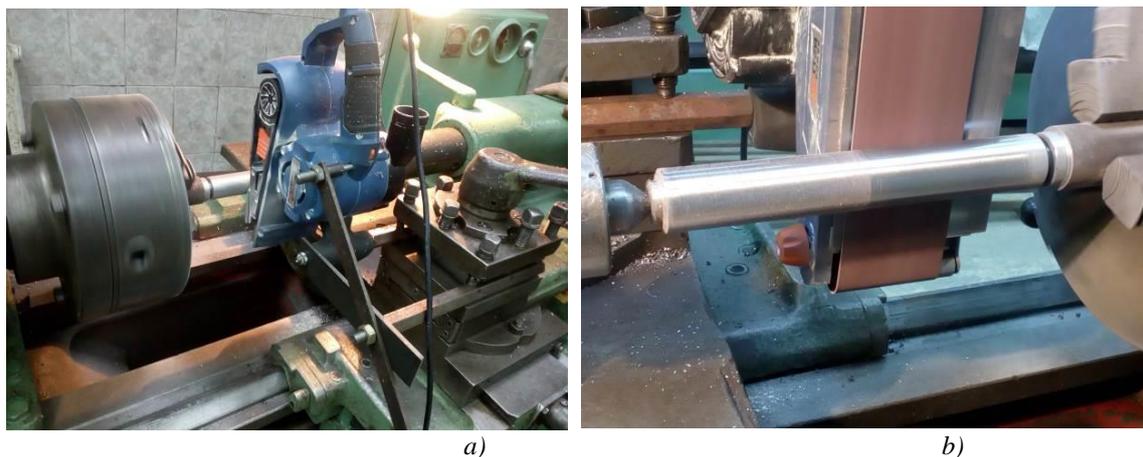


Рис. 1. Крепление съемного модуля для ленточного шлифования на токарном станке модели 1К62 по схеме с неподвижным плоским упором (а) и обработка на нем вала после точения (б)

Fig. 1. Attachment of a removable module on a model 1K62 lathe according to the scheme with a fixed flat stop (a) and processing of the shaft on it after turning (b)

приспособлений в виде съемных модулей для ленточного шлифования. В качестве альтернативы можно также вести обработку деталей шлифовальной лентой вручную, используя вращение шпинделя токарного станка, что представляется малопродуктивным и травмоопасным. Поэтому целесообразно провести исследования в области создания и применения съемных ленточно-шлифовальных модулей на токарных станках. Решение этой задачи сопряжено с необходимостью экспериментального определения наиболее рациональной схемы ленточного шлифования, а также установления рациональных режимов обработки и характеристик шлифовальных лент с учетом требований к точности и шероховатости обрабатываемых поверхностей.

Методика исследований

На первом этапе исследований решался вопрос о подборе рациональной схемы ленточного шлифования на токарных станках. При этом учитывалось, что для ленточного шлифования различных изделий могут применяться следующие основные схемы обработки: с жестким или эластичным упором (копиром), с жестким или эластичным контактным роликом, обработка свободной ветвью ленты [1, 2].

Для оценки эффективности применения схемы ленточного шлифования с жестким упором использована ручная ленточно-шлифовальная машина (ЛШМ) модели Dexter NC900BS, которая устанавливалась на токарно-винторезный станок 1К62. Машина предназначена для обработки в основном плоских поверхностей и имеет 2 ролика (приводной и натяжной), а также плоский стальной упор, расположенный между ними. На ней обеспечивается работа шлифовальной ленты с регулировкой скорости в пределах $2\div 8$ м/с. Для закрепления ЛШМ в резцедержателе токарного станка использованы 2 штатных отверстия диаметром 8 мм на передней рукоятке и на корпусе машины. Схема крепления и базирования реализовывалась за счет двух прутков-шестигранников с резьбовыми оконцовками М8 и М12, зажимаемых в резцедержателе станка. На один из шестигранников (с оконцовкой М8) ленточная машина закреплялась за переднюю рукоятку, а второй (М12) обеспечивал две дополнительные связи посредством металлических пластин и резьбовых соединений с передней рукояткой и корпусом ЛШМ (см. рис. 1, а, б).

При проведении испытаний оценивались:

- диаметр обрабатываемой заготовки по 4-м точкам;
- износ шлифовальной ленты;
- коэффициент шлифования ленты как отношение массы сошлифованного материала к массе износа инструмента;
- эффективная мощность резания, Вт;
- температура заготовки до и после шлифования;
- шероховатость R_a и R_z до и после обработки.

Для измерения массы ленты использовались электронные весы с ценой деления 0,01 г., а для

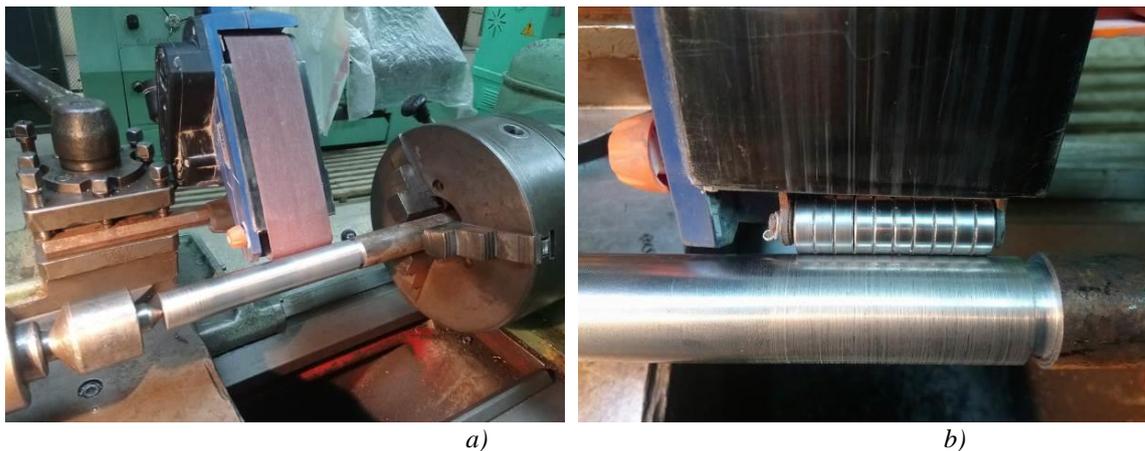


Рис. 2. Модуль для ленточного шлифования валов на токарном станке 1К62, работающий по схеме с прижатием вращающегося ролика к заготовке (а), и конструкция модернизированного прижимного ролика (б)

Fig. 2. Module for the belt grinding of shafts on a 1K62 lathe, working according to the scheme of pressing of a rotating roller to the workpiece (a) and design of a modernized pressure roller (b)

контроля температуры заготовки применялся оптический пирометр с пределом измерения 950°C . Масса сошлифованного металла рассчитывалась через измерения диаметров и определение объема заготовки до и после испытаний. Шероховатость измерялась на профилографе-профилометре модели TR-200. Для проведения испытаний использовались заготовки из стали 45, предварительно обточенные до диаметра 33 мм, с длиной шлифуемой части 200 мм. Шлифование производилось при минимальном прижатии инструмента к заготовке двумя продольными проходами (прямым и обратным). Скорость шлифовальной ленты выбрана максимально возможной для примененной ЛШМ и составляла 8 м/с. Частота вращения заготовки – 25 об/мин, а продольная подача суппорта – 0,61 мм/об. При испытаниях использовалась лента из зерен нормального электрокорунда марки 14А зернистостью P120 (средний размер зерен составлял 100 мкм), размер ленты – 533x75 мм.

При реализации схемы ленточного шлифования на токарном станке с прижатием заготовки к неподвижному плоскому упору выявлены существенные эксплуатационные недостатки:

- интенсивный двусторонний износ шлифовальной ленты ($K_{ш} < 1$);
- локальный активный износ упора ЛШМ;
- большой съем материала заготовки (0,1÷0,2 мм на диаметр за проход при минимальном прижатии инструмента);
- конусность получаемых поверхностей в местах выхода инструмента (до $\pm 0,1$ мм от среднего диаметра заготовки).

В то же время при таком виде обработки достигался следующий положительный эффект – при шлифовании лентой с размером зерен P120 (100 мкм) шероховатость поверхностей уменьшалась с $Ra=6\div 8$ мкм ($Rz=32\div 40$ мкм) после точения до $Ra=1,25$ мкм ($Rz=9,43$ мкм).

При проведении испытаний также установлено, что эффективная мощность резания составляла 80 Вт, а температура нагрева заготовок после испытаний достигала 31°C (при исходной температуре $22,4^{\circ}\text{C}$).

Таким образом, установлено, что схема ленточного шлифования на токарном станке с неподвижным плоским упором в целом не соответствует требованиям, предъявляемым к геометрической точности на операции круглого шлифования валов, а также критерию минимального износа инструмента.

Второй опробованной схемой обработки являлось ленточное шлифование с прижатием вращающегося ролика к заготовке. Она реализована за счет регулирования угла наклона ЛШМ и изменения межосевых расстояний в связях резьбовых соединений ее крепления на резцедержателе токарного станка (см. рис. 2, а). В качестве прижимного здесь использовался натяжной ролик ЛШМ, а для обеспечения геометрической точности при шлифовании потребовалось заменить штатный прижимной ролик бочкообразной формы с интегрированным игольчатым подшипником (с максимальным наружным диаметром 17 мм) на ролик

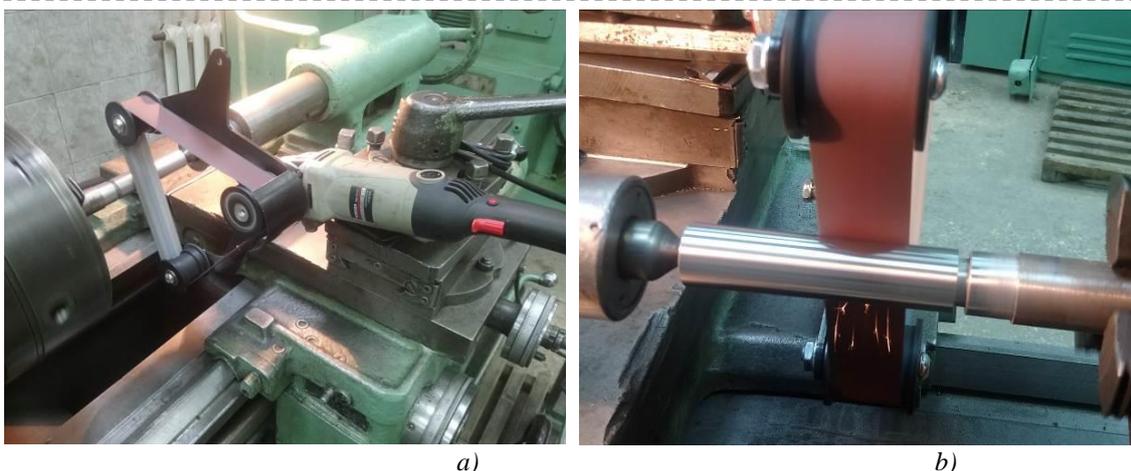


Рис. 3. Модуль для ленточного шлифования валов на токарном станке на основе угловой шлифовальной машины, работающий по схеме прижатия свободной ленты к заготовке (а), и обработка на нем вала после точения (б)

Fig. 3. Module for the belt grinding of shafts on a lathe, based on angle grinder, working according to the scheme of pressing a free belt to the workpiece (a) and processing of the shaft on it after turning (b)

цилиндрической формы. В качестве него применен комплект из 10 радиально-упорных подшипников с наружным диаметром 19 мм (см. рис. 2, б).

При реализации схемы ленточного шлифования на токарном станке с прижатием заготовки к вращающемуся ролику выявлены следующие недостатки:

- чрезвычайно интенсивный съем материала заготовки ($0,1 \div 0,2$ мм на диаметр за 1 проход при минимальном прижатии инструмента);
- конусность получаемых поверхностей в местах выхода инструмента (до $\pm 0,1$ мм от среднего диаметра заготовки).

В то же время достигается следующий положительный эффект:

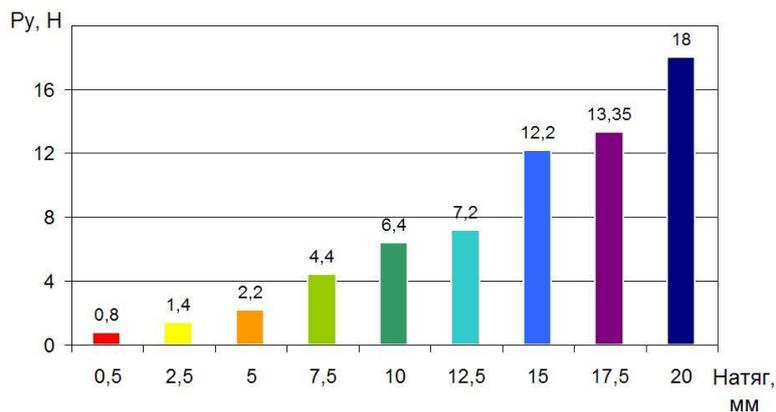
- лента работает с небольшим износом и имеет большой ресурс ($K_{ш}=22$);
- при шлифовании лентой с размером зерен P120 (100 мкм) удается снизить шероховатость поверхностей с $Ra=6 \div 8$ мкм ($Rz=32 \div 40$ мкм) до $Ra=1,2$ мкм ($Rz=8,85$ мкм).

Установлено также, что при ленточном шлифовании по схеме с прижатием заготовки к вращающемуся ролику эффективная мощность резания снизилась по сравнению с предыдущей схемой обработки и составила в среднем порядка 57 Вт. Снизилась также и температура нагрева заготовок (исходная составляла $22,4^{\circ}\text{C}$, а после шлифования – 27°C).

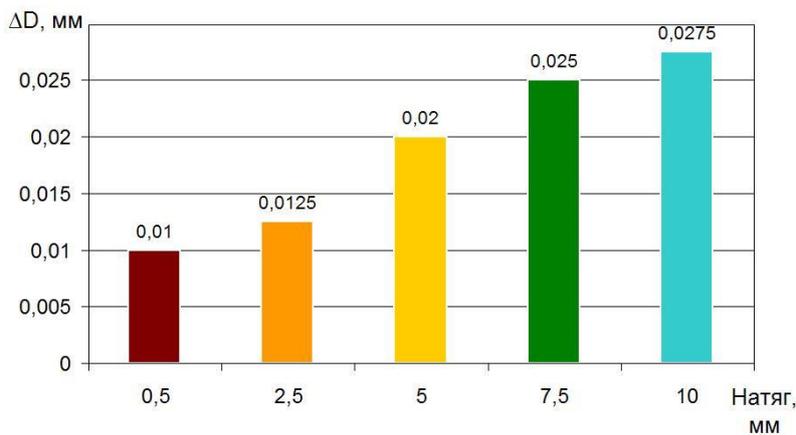
Таким образом, применение данной схемы обработки по сравнению с предыдущей позволило многократно снизить износ инструмента, существенно уменьшить эффективную мощность резания (на 29%), а также прирост температуры заготовок (на 47%).

Вместе с тем схема с прижатием заготовки к вращающемуся ролику не позволила добиться необходимого уровня геометрической размерной точности при круглом чистовом шлифовании валов. В связи с этим потребовалось реализовать и оценить эффективность схемы ленточного шлифования «свободной ветвью». Данная схема (но без вращения ленты) обычно применяется при ручном шлифовании на токарных станках. Для ее реализации использована угловая шлифовальная машина модели УШМ 125/1075 с дополнительно установленным ленточно-шлифовальным устройством для зачистки труб и прутков. Такие съемные устройства используются для зачистки ржавчины, окалины, лакокрасочных покрытий и сварных швов на трубах в коммунальном хозяйстве. Конструкция устройства включает 3 ролика, один из которых (ведущий) навинчивается на шпиндель УШМ, а два других (один из которых подпружиненный натяжной) располагаются на раме, закрепляемой на фланце УШМ вместо защитного кожуха. Замена штатной рукоятки УШМ на шестигранник позволяет закрепить ее в резцедержателе токарного станка и использовать по новому назначению – для круглого ленточного шлифования валов (см. рис. 3, а, б).

При проведении испытаний использовались заготовки из стали 45, предварительно обточенные до диаметра 27 мм, с длиной шлифуемой части 110 мм. Шлифование производилось при минимальном и различном прижатии ленты к заготовке. Один цикл обработки лентой



a)



b)

Рис. 4. Зависимости усилия прижатия ленты к заготовке (a) и съема материала заготовки (b) от величины натяга ленты по лимбу поперечного перемещения резцедержателя токарного станка
 Fig. 4. The dependence of the force of pressing the grinding belt to the workpiece (a) and the removal of the material of the workpiece (b) on the amount of belt tension along the limb of the transverse movement of the cutter holder of the turning machine

заклучался в двух продольных проходах (прямом и обратном) при выбранных режимах обработки.

В ходе экспериментов осуществлен поиск рациональных режимов шлифования. При этом скорость шлифования регулировалась при помощи диммера мощностью 2 кВт, встроенного последовательно в цепь питания УШМ, в диапазоне от 13 до 35 м/с. Установлено, что наиболее эффективна обработка при максимально возможной рекомендуемой скорости ленточного шлифования, т.е. при 35 м/с [3]. Рациональная продольная подача ленты составила 0,7 мм/об. Она позволяла производить обработку достаточно быстро и давала оператору возможность вовремя среагировать для изменения направления подачи [4]. Продольная подача на токарном станке существенно меньше, чем на круглошлифовальных станках, что обусловлено конструктивными особенностями токарного оборудования. Рациональная частота вращения заготовок составила 31,5 об/мин и обеспечивала высокое качество, точность обработки и достаточную производительность. Машинное время одного цикла шлифования насчитывало порядка 5 мин [5].

При испытаниях по нахождению рациональных режимов шлифования использовалась лента с размерами абразивных зерен 100 мкм (P120) из нормального электрокорунда. Размер применяемых лент на ленточно-шлифовальном модуле составлял 740x40 мм, основа лент – тканевая, клеевой состав – полимерный.

Экспериментальным путем также установлено оптимальное усилие прижатия ленты к заготовке, задаваемое ее натягом. Дело в том, что схема ленточного шлифования свободной ветвью нежесткая, так как в ленточно-шлифовальном устройстве имеется подпружиненный натяжной ролик, а сама лента имеет некоторую податливость. Фактическая глубина шлифования

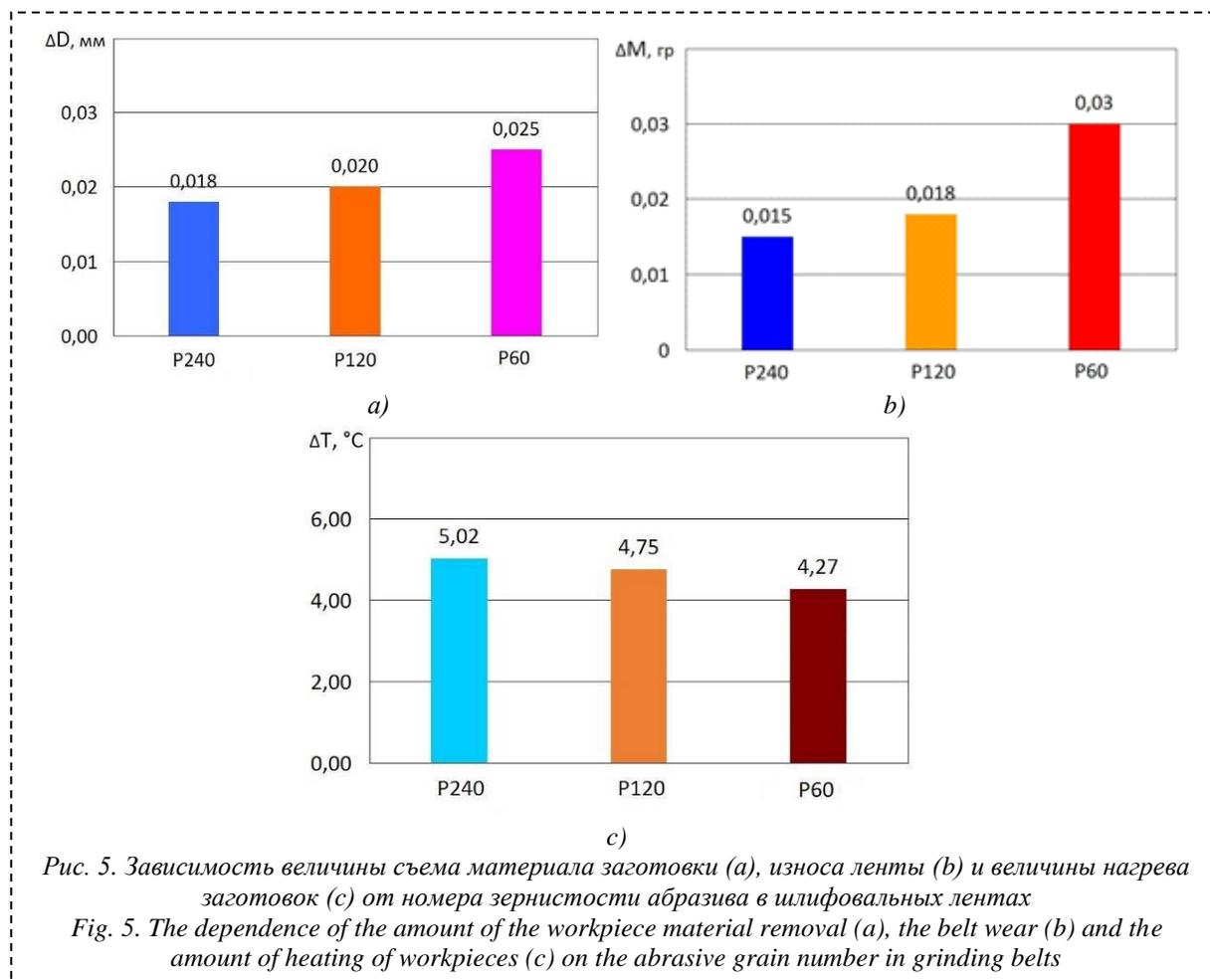


Рис. 5. Зависимость величины съема материала заготовки (а), износа ленты (b) и величины нагрева заготовок (с) от номера зернистости абразива в шлифовальных лентах
 Fig. 5. The dependence of the amount of the workpiece material removal (a), the belt wear (b) and the amount of heating of workpieces (c) on the abrasive grain number in grinding belts

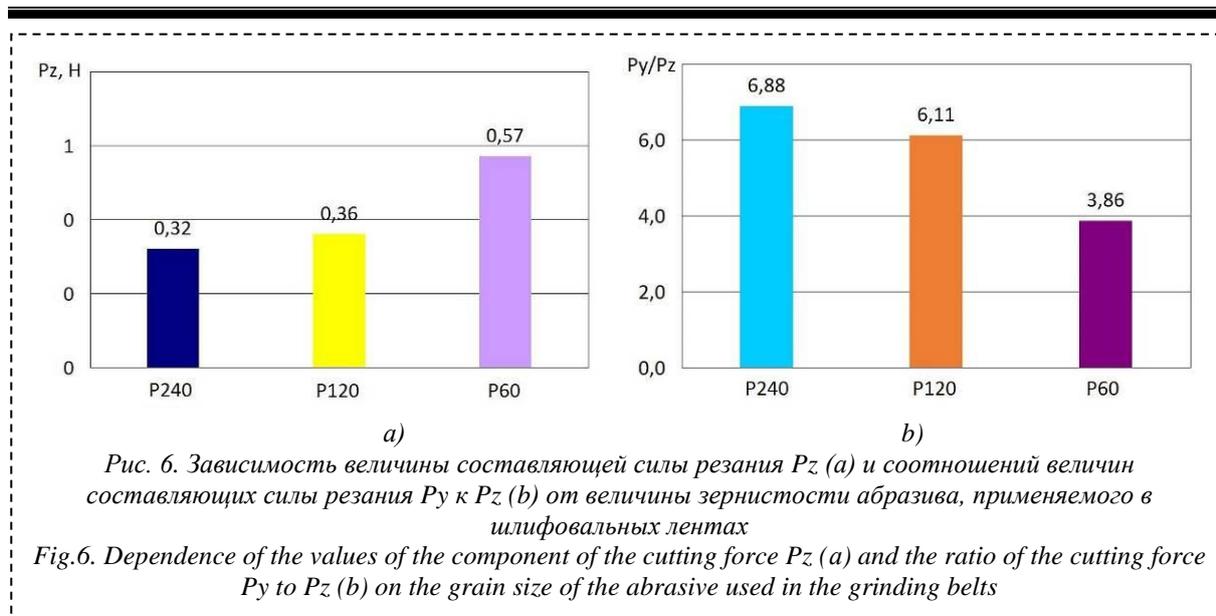
при такой схеме зависит от натяга (усилия прижатия) между лентой и заготовкой, что для последующего применения требует установления эмпирической зависимости «глубина шлифования – натяг ленты» [6].

Первоначально установлена зависимость усилия прижатия ленты (P_y , Н) к заготовке от натяга по показаниям лимба поперечного перемещения резцедержателя токарного станка (см. рис. 4, а). Для этого между лентой и валом, закрепленным в патрон станка, устанавливались электронные весы с пределом измерения 30 Н, после чего лента ЛШМ прижималась путем вращения маховика поперечной подачи токарного станка на различные величины натяга (мм на диаметр). Заготовка и лента при этом не вращались. Далее устанавливалась зависимость величины съема материала заготовки (ΔD , мм) от натяга ленты (см. рис. 4, б) [7].

Измерения диаметров производились микрометром по четырем равноудаленным по длине заготовки точкам до и после шлифования, а полученные значения усреднялись.

В результате установлено, что ленточно-шлифовальное устройство, работающее по схеме прижатия свободной ленты к заготовке, обеспечивает возможность ее эффективного применения на токарных станках для получения изделий с высокой геометрической точностью и с низкой шероховатостью шлифуемых поверхностей. При этом оптимальный натяг между лентой и заготовкой составил 5 мм на диаметр по лимбу поперечной подачи токарного станка ($P_y=2,2$ Н). При таком натяге обеспечивается съем материала порядка 0,02 мм на диаметр за 1 цикл обработки (0,01 мм за 1 проход) и минимальный разброс величин диаметральных размеров при измерении по четырем равноудаленным по длине заготовки точкам [8,9].

В дальнейшем на установленных рациональных режимах шлифования (скорости шлифования 35 м/с, продольной подаче ленты 0,7 мм/об, частоте вращения заготовок 31,5 об/мин и натяге ленты 5 мм на диаметр по лимбу поперечной подачи) проведены исследования по оценке эффективности обработки лентами с различной зернистостью абразивных зерен [10]. При испытаниях использовались шлифовальные ленты из зерен нормального электрокорунда с номерами зернистости P240, P120 и P60 (размер зерен 50, 100 и 250 мкм соответственно). Каждой



лентой осуществлялось по 6 циклов обработки заготовок, при этом контролировали следующие параметры:

- средний съём материала заготовок за 1 цикл (ΔD , мм) при измерении микрометром по четырем равноудалённым вдоль заготовки точкам до и после шлифования;
- средний износ лент за 1 цикл обработки (ΔM , г);
- температуру нагрева заготовок (ΔT , °C);
- составляющую силы резания P_z (Н) – посредством измерения эффективной мощности шлифования с помощью ваттметра и ее отношения к скорости шлифования (35 м/с);
- соотношение составляющих силы резания P_y к P_z исходя из того, что P_y во всех случаях одинакова и задавалась натягом ленты (натяг – 5 мм на диаметр, $P_y = 2,2N$);
- шероховатости R_a и R_z исходных заготовок после точения и после ленточного шлифования путем измерения на профилографе-профилометре модели TR-200.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных исследований по оценке съема материала заготовок, а также износа лент с разной зернистостью абразива и температур нагрева заготовок представлены на рис. 5, а, б, с [11,12].

Установлено, что размер абразивных зерен на лентах непосредственно влияет на съём материала заготовок. Чем больше размер зерна, тем интенсивнее съём материала. Так, применение зерен P120 (100 мкм) по сравнению с зернами P240 (50 мкм) позволяет увеличить съём материала на 11%, а зерен P60 (250 мкм) – на 39%. При этом износ лент также зависит от зернистости применяемого абразива. Чем больше размер зерен, тем выше износ ленты. Так, применение на шлифовальных лентах зерен P120 (100 мкм) по сравнению с зернами P240 (50 мкм) приводит к увеличению износа ленты на 20%, а зерен P60 (250 мкм) – к увеличению износа в 2 раза [13].

Вместе с тем температура нагрева заготовок характеризуется обратной зависимостью. Чем крупнее абразив, тем меньше температура при шлифовании. Например, применение зерен P120 (100 мкм) по сравнению с зернами P240 (50 мкм) позволяет снизить температуру нагрева заготовок на 5,5%, а зерен P60 (250 мкм) – на 15% [14].

Результаты по оценке составляющей силы резания P_z в зависимости от размера зерен применяемых шлифовальных лент и соотношения составляющей P_y к P_z (см. рис. 6, а, б) коррелируют с результатами оценки интенсивности съема материала и износа лент [15]. Установлено, что с ростом размера абразивных зерен увеличивается составляющая силы резания P_z . Так, применение в шлифовальных лентах зерен P120 (100 мкм) по сравнению с зернами P240 (50 мкм) приводит к увеличению P_z на 12,5%, а применение зерен P60 (250 мкм) – к увеличению P_z на 78%. При этом условия работы единичных зерен при росте их размера ухудшаются, что подтверждается существенным уменьшением соотношений P_y к P_z . В частности, применение в шлифовальных лентах зерен P120 (100 мкм) по сравнению с зернами P240 (50 мкм) приводит к уменьшению соотношения P_y/P_z на 11%, а зерен P60 (250 мкм) – на 44% [16].

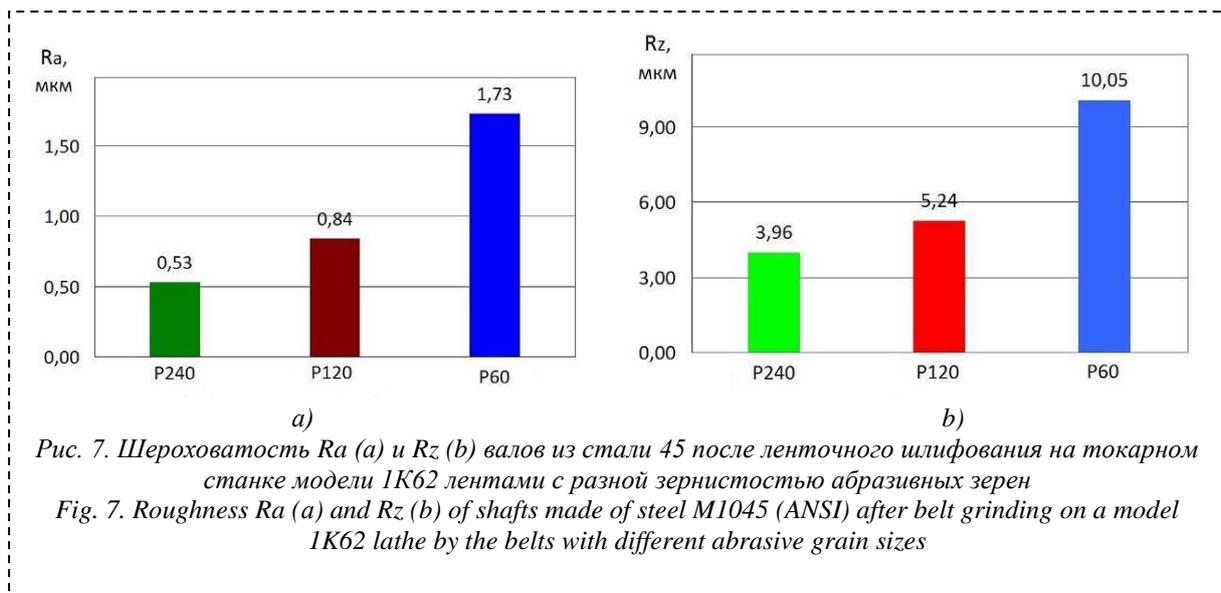


Рис. 7. Шероховатость R_a (a) и R_z (b) валов из стали 45 после ленточного шлифования на токарном станке модели 1К62 лентами с разной зернистостью абразивных зерен
 Fig. 7. Roughness R_a (a) and R_z (b) of shafts made of steel M1045 (ANSI) after belt grinding on a model 1K62 lathe by the belts with different abrasive grain sizes

Видимо, дело в том, что предел прочности на изгиб у абразивных материалов в 8÷10 раз меньше, чем их предел прочности на сжатие. Соответственно, увеличение изгибающего усилия (P_z) по сравнению со сжимающим усилием (P_y) приводит к более интенсивному скалыванию и износу абразивных зерен [17].

Результаты оценки шероховатости поверхностей валов после шлифования лентами с различной зернистостью абразивных зерен представлены на рис. 7, а, б. Каждая исследуемая заготовка подвергалась измерениям по четырем различным участкам до и после шлифования. На каждом из участков контролировалась шероховатость R_a и R_z . Исходные шероховатости валов из стали 45 после точения ($n=400$ об/мин, $S=0,084$ мм/об) варьировались в диапазонах $R_a=6\div8$ мкм ($R_z=32\div40$ мкм).

В результате проведенных исследований установлено, что при ленточном шлифровании на токарном станке по схеме обработки «свободной ветвью» во всех случаях обеспечиваются достаточно низкие показатели R_a и R_z , удовлетворяющие критериям чистового круглого шлифования валов. В частности, достигается шероховатость $R_a=0,53\div1,73$ мкм ($R_z=3,96\div10,05$). При этом, как и ожидалось, чем меньше зернистость абразивных зерен на лентах, тем меньше получаемая шероховатость. Так, применение зерен P120 (100 мкм) по сравнению с зернами P60 (250 мкм) позволяет снизить шероховатость R_a и R_z на 51÷53%, а применение зерен P240 (50 мкм) приводит к снижению R_a и R_z в 2,5÷3,2 раза.

Выводы

В результате проведенных сравнительных испытаний установлено, что при ленточном шлифовании валов на токарных станках наиболее приемлемой является схема обработки с прижатием свободной ленты к заготовке. Выявлено, что наиболее эффективна обработка при максимально возможной рекомендуемой скорости ленточного шлифования, т.е. при 35 м/с. Рациональные продольная подача ленты и частота вращения заготовок составили 0,7 мм/об и 31,5 об/мин соответственно. Оптимальный натяг между лентой и заготовкой составил 5 мм на диаметр по лимбу поперечной подачи токарного станка, что обеспечивало прижатие ленты к заготовке с усилием $P_y=2,2$ Н. Применение в шлифовальных лентах зерен нормального электрокорунда с зернистостью 50, 100 и 250 мкм обеспечивало средний съем материала заготовок за 1 цикл обработки в пределах $\Delta D=0,018\div0,025$ мм ($0,009\div0,013$ мм за 1 проход) и шероховатость обработанных поверхностей $R_a=0,53\div1,73$ мкм ($R_z=3,96\div10,05$ мкм). С целью повышения производительности шлифования и достижения наилучших показателей качества шлифуемых поверхностей целесообразно рекомендовать производить обработку заготовок последовательно тремя циклами, где первый цикл осуществлять лентой с размером зерен 250 мкм (P60), второй – с размером зерен 100 мкм (P120) и третий с размером 50 мкм (P240). Испытания также выявили, что применение лент с более мелкой зернистостью ограничивается их малой поперечной жесткостью и неравномерным контактом с обрабатываемыми заготовками при выбранной схеме обработки. Применение лент с более крупной зернистостью также

нецелесообразно ввиду чрезмерного увеличения шероховатости и съема материала заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абразивные материалы и инструменты. Каталог / под ред. В. Н. Тыркова. М. : ВНИИТЭМР, 1986. 358 с.
2. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента / под ред. А.М. Ковальчука. М. : Машиностроение, 1984. 288 с.
3. Коротков А. Н. Повышение эксплуатационных возможностей шлифовальных инструментов: монография. ГУ КузГТУ. Кемерово, 2005. 232 с.
4. Tips for Off-hand Abrasive Belt Grinding Safety, Norton Abrasives, 20.04.2017 [www.nortonabrasives.com/en-us/resources/expertise/tips-hand-abrasive-belt-grinding-safety]
5. Hamdi A., Aliouane T., Bouzid D. Technological Parameters of Belt Grinding Process of Hard Steel, December 2017, Mechanics and Mechanical Engineering. 2017. Vol. 21. No 4. Pp. 843-853.
6. Syrechikova N. V., Pimenov D. Y., Gupta M. K., Nadolny K., Giassin K., Aamir M., Sharma S. Relationship between Pressure and Output Parameters in Belt Grinding of Steels and Nickel Alloy, Additive and Subtractive Manufacturing of Advanced Materials: Applications, Future Trends and Perspective of Industry 4.0. 2021 14(16). 4704; <https://doi.org/10.3390/ma14164704>.
7. Stadnik T., Sidorov D., Kharchenko A. Investigation of Diamond Elastic Belts Characteristics Effect on Rotary Belt Grinding Process Output Performance // International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, Procedia Engineering 206. 2017. Pp. 1415-1418.
8. Wang Y., Hou B., Wang F., Ji Zh. A controllable material removal strategy considering force-geometry model of belt grinding process // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 93. 2017. Pp. 241-251.
9. Коротков В. А. Повышение эксплуатационных возможностей отрезных шлифовальных кругов: монография. М. : Машиностроение, 2009. 178 с.
10. Ваксер Д. Б. Пути повышения производительности при шлифовании. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 448 с.
11. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. Ленинград : Машиностроение, 1979. 248 с.
12. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник / под ред. Резникова А. Н. – М. : Машиностроение, 1977. 391 с.
13. Лурье Г. Б., Комиссаржевская В. Н. Шлифовальные станки и их наладка. М. : Высшая школа, 1972. 416 с.
14. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. М. : Машиностроение, 1985. 304 с.
15. Goad D. Is Your Roll Grinding Wheel Being Used Efficiently?, Norton Abrasives, 16.09.2019. Pp. 1-5. [www.nortonabrasives.com/en-us/resources/expertise/your-roll-grinding-wheel-being-used-efficiently].
16. Jackson M. J. A review of the design of grinding wheels operating at excessive speeds // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. Vol. 94. Pp. 3979-4010 [link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-1131-2].
17. Klocke F., Barth S., Mattfield P. High Performance Grinding // Aachen University, ScienceDirect, Procedia CIRP. 2016. Vol. 46. Pp. 266-271 [doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.067].

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Коротков Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Металлорежущие станки и инструменты», Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: korotkov.a.n@mail.ru

Коротков Виталий Александрович, кандидат техн. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: korotkov-va@mail.ru

Баштанов Вячеслав Геннадиевич, старший преподаватель, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: vyaclbst@yandex.ru

Видяев Михаил Петрович, старший учебный мастер, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail:

vid_mp@mail.ru.ru

Заявленный вклад авторов:

Коротков А.Н. – постановка цели и оценка актуальности темы исследования, финальный анализ результатов работы и корректировка текста статьи, общий менеджмент.

Коротков В.А. – планирование экспериментов, выбор схем обработки, режимов обработки, обеспечение экспериментов необходимым оборудованием и инструментами, анализ результатов и написание текста статьи.

Баштанов В.Г. – исследование качества и точности поверхностей заготовок до и после проведения экспериментов, анализ и систематизация полученных результатов.

Видяев М.П. – изготовление оснастки, сборка лен-точно-шлифовальных модулей, проведение экспериментов по ленточному шлифованию валов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF BELT GRINDING OF SHAFTS ON LATHES

Alexander N. Korotkov, Vitaly A. Korotkov,
Vyacheslav G. Bashtanov, Mikhail P. Vidyayev

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: Korotkov.a.n@mail.ru



Article info

Submitted:

17 November 2022

Approved after reviewing:

01 December 2022

Accepted for publication:

08 December 2022

Keywords: Belt grinding schemes, grinding modes, cutting capacity and wear of sanding belts, temperature and roughness during belt grinding

Abstract.

In the presented work, a practical assessment of the effectiveness of the use of various designs of machine tools (removable modules) for belt grinding of shafts on a lathe is given. The analysis of belt grinding schemes, the equipment used and the characteristics of grinding belts, as well as processing modes, was carried out. Based on the results of the analysis, a decision was made and implemented to compare three schemes for belt grinding of shafts on lathes - with a fixed stop, with a rotating roller pressed against the workpiece, and with pressing the "free branch" of the grinding belt. As a result of comparative tests, the most acceptable scheme for belt grinding of shafts on lathes was determined, namely, grinding with a "free branch" of the belt. Rational modes of processing and characteristics of grinding belts were established. The optimal tightness between the belt and the workpiece was 5 mm per diameter along the transverse feed dial of the lathe. The rational belt grinding speed is 35 m/s, the workpiece rotation frequency is 31.5 rpm and the longitudinal belt feed is 0.7 mm/rev. The use of grinding belts from grains of normal electrocorundum with a grain size of 50, 100 and 250 microns in these modes ensured the removal of workpiece material within 0.009÷0.013 mm per diameter per 1 pass of the tool and surface roughness $R_a = 0.53 \div 1.73$ microns, $R_z = 3.96 \div 10.05$ μm . The use of other grain sizes of abrasive grains in the belts led to an excessive increase in roughness and material removal, or to the impossibility of effective processing due to the low transverse rigidity of fine-grained belts.

For citation: Korotkov A.N., Korotkov V.A., Bashtanov V.G., Vidyayev M.P. Evaluation of the efficiency of belt grinding of shafts on lathes. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 6(154):24-35. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-24-35

REFERENCES

1. Abrasive materials and tools. Catalog / edited by Tyrkov V.N. Moscow: VNIITEMR; 1986.
2. Fundamentals of design and manufacturing technology of abrasive and diamond tools / ed. by Kovalchuk A.M. Moscow: Mashinostroenie; 1984.
3. Korotkov A.N. Improving the operational capabilities of grinding tools: monograph. Kemerovo: GU KuzSTU; 2005.
4. Safety tips for grinding with an abrasive belt, Norton Abrasives, 04/20/2017 [www.nortonabrasives.com/en-us/resources/expertise/tips-hand-abrasive-belt-grinding-safety]
5. Hamdi A., Aliouance T., Bouzid D. Technological parameters of the process of belt grinding of hard steel. December 2017. *Mechanics and Mechanical Engineering*. 2017; 21(4):843-853.
6. Syrechikova N.V., Pimenov D.Yu., Gupta M.K., Nadolny K., Giassin K., Amir M., Sharma S., The relationship between pressure and output parameters in belt grinding of steels and nickel alloys, Additive and substrate production of advanced materials: applications, future trends and prospects of Industry 4.0, *Materials*. 2021; 14(16):4704. <https://doi.org/10.3390/ma14164704>.
7. Stadnik T., Sidorov D., Kharchenko A., Investigation of the influence of the characteristics of diamond elastic bands on the performance of the rotary belt grinding process, International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2017, *Procedia Engineering* 206. 2017. 1415-1418 p.
8. Wang Y., Hou B., Wang F., Ji Zh. Strategy of controlled material removal taking into account the force-geometric model of the belt grinding process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*. 2017; 93:241-251.
9. Korotkov V.A. Improving the operational capabilities of cutting grinding wheels: monograph. Moscow: Mashinostroenie; 2009.
10. Waxer D.B. Ways to increase productivity during grinding. Moscow: Publishing House of the Bauman Moscow State Technical University; 2001.
11. Filimonov L.N. High-speed grinding. Leningrad: Mashinostroenie; 1979.
12. Abrasive and diamond processing of materials. Handbook / ed. Reznikov A.N. Moscow: Mashinostroenie; 1977.
13. Lurie G.B., Komissarzhevskaya V.N. Grinding machines and their adjustment. Moscow: Higher School; 1972.
14. Granovsky G.I., Granovsky V.G. Metal cutting. Moscow: Mashinostroenie; 1985.
15. Goad D. Is your roller grinding wheel being used effectively?, Norton Abrasives, 09/16/2019. Pp. 1-5. [www.nortonabrasives.com/en-us/resources/expertise/your-roll-grinding-wheel-being-used-efficiently].
16. Jackson M.J. Review of the design of grinding wheels operating at excessive speeds *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*. 2018; 94:3979-4010 [link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-1131-2].
17. Klocke F., Barth S., Mattfield P. High-performance grinding. *Aachen University, ScienceDirect, Procedia CIRP*. 2016; 46:266-271 [doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.067].

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Korotkov Alexander N., Dr. Sc. in Engineering, Professor, Head of the Department of Metal Cutting Machines and Tools, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: Korotkov.a.n@mail.ru

Korotkov Vitaly A., C. Sc. in Engineering, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: korotkov-va@mail.ru

Bashtanov Vyacheslav G., Senior Lecturer, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: vyacbst@yandex.ru

Vidyaev Mikhail P., senior training master, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: vid_mp@mail.ru.ru

Contribution of the authors:

Korotkov A.N. – setting goals and assessing the relevance of the research topic, final analysis of the results of the work and correction of the text of the article, general management.

Korotkov V.A. – experiment planning, selection of processing schemes, processing modes, provision of experiments with necessary equipment and tools, analysis of results and writing the text of the article.

Bashtanov V.G. – study of the quality and accuracy of the surfaces of the workpieces before and after the experiments, analysis and systematization of the results obtained.

Vidyaev M.P. – manufacture of tooling, assembly of belt-grinding modules, conducting experiments on belt grinding of shafts.

All authors have read and approved the final manuscript.

