

РОЗДІЛ II. ТЕХНОЛОГІЇ

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОТРАНСПОРТУ

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-1(1)-25-31

Володимир Кальченко, Володимир Венжега,
Олександр Литвин, Дмитро Кальченко

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТОРОННЬОГО ШЛІФУВАННЯ ТОРЦІВ РІЗНОГО ДІАМЕТРА ШТОВХАЧІВ З КАЛІБРУЮЧИМИ ДІЛЯНКАМИ ТА БЕЗ НИХ

Актуальність теми дослідження. Забезпечення високої продуктивності та точності обробки торцевих поверхонь різного діаметра потребує розробки нових, високоефективних методів та способів обробки.

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку на автомобілебудівних та машинобудівних заводах отримання високоточних торцевих поверхонь деталей пов'язане з високими вимогами до точності та продуктивності шліфування із застосуванням технологій сучасної механічної обробки, які мають високі вимоги щодо точності та якості оброблюваних торцевих поверхонь та повинні мати великий ресурс експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Шліфування торцевих поверхонь деталей з різними діаметрами торців здійснюється на двосторонніх торцешліфувальних верстатах. Шліфування та інші фінішні операції являють собою складні процеси.

Відомий спосіб одночасного шліфування стержневидних деталей. Недоліком способу є те, що шліфувальні круги не мають калібруючих ділянок.

Відомий спосіб одночасного шліфування двох торців циліндричних деталей. Недоліком способу є те, що не розглядається обробка деталей з різними діаметрами торців.

Виділення не досліджених частин загальної проблеми. Потрібно здійснити підвищення ефективності обробки деталей завдяки вдосконаленню способів двостороннього шліфування торців штовхачів з різними діаметрами орієнтованими профільованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них, за рахунок урівноваження сил різання, а також обертання оброблюваної деталі на калібруючій ділянці.

Постановка завдання. Представлено спосіб двостороннього шліфування торців різного діаметра орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них, що забезпечує підвищення точності та продуктивності обробки деталей.

Виклад основного матеріалу. Підвищення точності обробки торцевих поверхонь деталей різних діаметрів шліфувальними кругами, досягається завдяки тому, що формоутворення торця меншого діаметра виконується максимальним діаметром плоского торця одного круга, а формоутворення торця більшого діаметра – калібруючою ділянкою другого круга, довжина якої дорівнює діаметру більшого торця й заправлена алмазним олівцем, вісь якого переміщується по радіусу, який збігається з радіусом розташування осей деталей у барабані подачі.

Висновки відповідно до статті. Уперше запропонована універсальна методика практичного використання моделі точності формоутворення торців деталей різних діаметрів, орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них. Представлений спосіб спрощує правку шліфувального круга, не потребує спеціальної правки, дозволяє використовувати штатну правку. Це дозволяє створити передумови для нових високоефективних технологій та методів шліфування торців деталей з різним діаметром торців, а також їх подальшого впровадження у виробничі процеси.

Ключові слова: шліфування; торці різного діаметра; штовхачі; орієнтовані шліфувальні круги; калібруючі ділянки.

Рис.: 2. Бібл.: 6.

Постановка проблеми. У багатьох галузях, а саме верстатобудуванні, автомобілебудуванні, сільськогосподарському машинобудуванні, виробництвах, де необхідне забезпечення високої точності поверхонь деталей з різними діаметрами торців, потрібно дотримуватися високих вимог до якості, що висуваються до геометричних розмірів, шорсткості та точності формоутворення. А також необхідно підвищувати і продуктивність обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Шліфування торцевих поверхонь деталей з різними діаметрами торців здійснюються на двосторонніх торцешліфувальних верстатах. Шліфування та інші фінішні операції являють собою складні процеси.

Відомий спосіб одночасного шліфування стержневидних деталей [1]. Недоліком способу є те, що шліфувальні круги не мають калібруючих ділянок.

Відомий спосіб одночасного шліфування двох торців циліндричних деталей [2]. Недоліком способу є те, що не розглядається обробка деталей з різними діаметрами торців.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Потрібно здійснити підвищення ефективності обробки деталей, завдяки вдосконаленню способів двостороннього шліфування торців штовхачів з різними діаметрами орієнтованими профільованими

шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них, за рахунок урівноваження сил різання, а також обертання оброблювальної деталі на калібруючій ділянці.

Мета статті. Підвищення точності обробки торцевих поверхонь деталей різних діаметрів шліфувальними кругами досягається завдяки тому, що формоутворення торця меншого діаметра виконується максимальним діаметром плоского торця одного круга, а формоутворення торця більшого діаметра – калібруючою ділянкою другого круга, довжина якої дорівнює діаметру більшого торця й заправлена алмазним олівцем, вісь якого переміщується по радіусу, який збігається з радіусом розташування осей деталей у барабані подач. Цей спосіб спрощує правку шліфувального круга, не потребує спеціальної правки, дозволяє використовувати штатну правку.

Виклад основного матеріалу. Перед обробкою деталей з торцями різних діаметрів на двосторонніх торцешліфувальних верстатах спочатку визначається величина припуску, що знімається при шліфуванні. Якщо припуск невеликий, то доцільно виконувати обробку орієнтованими шліфувальними кругами без калібруючих ділянок [3] та без обертання деталі навколо власної вісі. Якщо потрібна більша точність формоутворення, використовують спосіб з обертанням деталі. У випадку обробки деталей зі зняттям великих припусків, перевіряється можливість обробки орієнтованими шліфувальними кругами без калібруючих ділянок з одностороннім розташуванням торців одного діаметра. Такий варіант обробки обираємо, якщо похибка на торці більшого діаметра не більше допустимої. Для забезпечення обробки деталей за один прохід та необхідної точності обробки, при великосерійному та масовому виробництві використовується спосіб шліфування [4–6] орієнтованими кругами з калібруючими ділянками з одностороннім розташуванням торців одного діаметра. Калібруючі ділянки при цьому робляться різної довжини, залежно від діаметра, відповідно більшого та меншого. Розрахунок точності формоутворення деталей здійснюється за програмою універсальної моделі точності формоутворення деталей з торцями різних діаметрів.

Мета досягається завдяки тому, що формоутворення торця меншого діаметра виконується максимальним діаметром плоского торця одного круга, а формоутворення торця більшого діаметра – калібруючою ділянкою другого круга, довжина якої дорівнює діаметру більшого торця й заправлена алмазним олівцем, вісь якого переміщується по радіусу, який збігається з радіусом розташування осей деталей у барабані подач.

На рис. 1 показано розрахункову схему шліфування торців різних діаметрів. На рис. 2 зображено штовхач газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання.

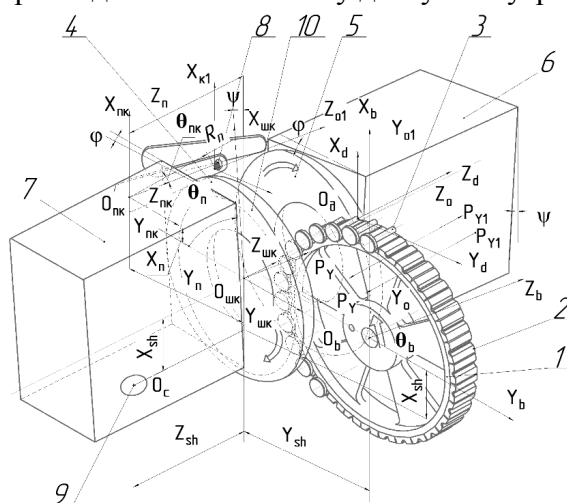


Рис. 1. Розрахункова схема шліфування торців різних діаметрів:

- 1 – барабан подач виробів; 2 – призма; 3 – заготовка; 4, 5 – шліфувальні круги; 6, 7 – шліфувальні бабки;
- 8 – пристрій для правки торцевих ділянок шліфувальних кругів; 9 – сферичний шарнір; відносно якого відбувається поворот кругів; 10 – калібруюча ділянка шліфувального круга, що обробляє торці більших діаметрів

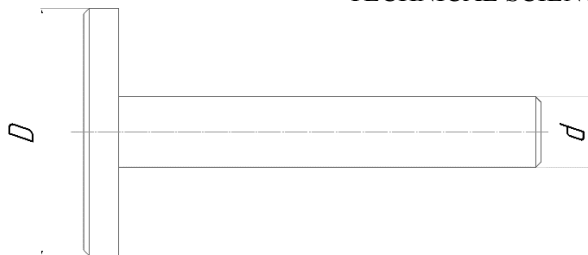


Рис. 2. Штовхач газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання:

D – діаметр більшого торця заготовки та d – діаметр меншого торця заготовки

Схема процесу двостороннього шліфування торців штовхачів газорозподільних механізмів двигунів внутрішнього згорання зображена на рис. 1, де заготовки 3, встановлені у призмах 2 барабана подач виробів 1, оброблюються шліфувальними кругами 4, 5, які повернуті на оптимальні кути разом зі шліфувальними бабками 6, 7. Поворот шліфувальних кругів 4, 5 на кути ψ та ϕ відбувається відносно сферичних шарнірів 9.

Шліфувальні бабки разом із кругами орієнтують на кути ψ у вертикальній площині і на кути ϕ – у горизонтальній. У процесі шліфування деталі переміщуються в зону, що звужується.

Для розробки математичних моделей найбільш важливих характеристик процесу шліфування використовується функція формоутворення верстата. Вона являє собою аналітичну залежність, що зв'язує переміщення ланок формоутворюючої системи з траєкторією руху точок інструмента відносно оброблюваної деталі в системі координат деталі.

Торець інструмента при його профілюванні на верстаті описується залежністю

$$\begin{aligned} \vec{R}_i(\theta_B, \theta) = & M6(\theta) \cdot M1(-X_{sh}) \cdot M5(\psi) \cdot M4(\phi) \cdot M2(Y_{sh}) \times \\ & \times M1(X_{sh}) \cdot M3(Z_{sh}) \cdot M6(-\theta_B) \cdot M1(R_B) \cdot \vec{e4}, \end{aligned} \quad (1)$$

де θ_B, θ – параметри поверхні різального інструменту, що відповідають за кутове й радіальне положення точки робочої поверхні круга;

$M1, M2, M3, M4, M5, M6$ – матриці перетворення систем координат, які моделюють поступальний рух вздовж осей координат і повороти навколо них;

X_{sh}, Y_{sh}, Z_{sh} – розміри, які визначають положення центра сферичного пальця щодо барабана подач і робочої площини круга;

ϕ, ψ – кути орієнтації шліфувальної бабки в горизонтальній і вертикальній площинах;

R_B – радіальний розмір розташування осей заготовок у барабані подач;

$e4 = (0,0,0,1)^T$ – радіус-вектор вершини алмазного олівця для правки, що збігається з початком координат.

Формоутворююча модель верстата описує сукупність інструментальних поверхонь у системі координат деталі

$$\begin{aligned} \vec{R}_o(\theta_k, \theta_B, \theta) = & M1(-R_B) \cdot M6(\theta_k) \cdot M3(-Z_{sh}) \cdot M1(-X_{sh}) \times \\ & \times M2(-Y_{sh}) \cdot M4(-\phi) \cdot M5(-\psi) \cdot M6(X_{sh}) \cdot \vec{R}_i(\theta_B, \theta), \end{aligned} \quad (2)$$

θ_k – кутова координата положення центра заготовки відносно системи координат круга.

У формоутворенні торця більшого діаметра заготовки бере участь вся поверхня калібруючої ділянки, але остаточна точність може формуватися колом найменшого радіусу R_{min} , найбільшого радіусу R_{max} або лінією контакту заготовки з кругом. Остаточна точність при обробці меншого діаметра заготовки формується максимальним радіусом плоского торця шліфувального круга.

Радіус-вектор характеристики на формоутворюючій ділянці торцевої поверхні круга визначається із рівняння (2), враховуючи рівняння зв'язку для однопараметричного огинання.

$$\frac{\partial \overline{R}_o(\theta_k, \theta_B, \theta)}{\partial \theta_k} \cdot \frac{\partial \overline{R}_o(\theta_k, \theta_B, \theta)}{\partial \theta_B} \cdot \frac{\partial \overline{R}_o(\theta_k, \theta_B, \theta)}{\partial \theta} = 0. \quad (3)$$

Остаточна точність обробки більшого діаметра заготовки формується колами найменшого R_{\min} (4) та найбільшого R_{\max} (5) радіусів калібруючої ділянки шліфувального круга.

$$\overline{R}_o(\theta_k, \theta) = M1(-R_B) \cdot M6(\theta_k) \cdot M3(-Z_{sh}) \cdot M1(-X_{sh}) \cdot M2(-Y_{sh}) \times \\ \times M4(-\phi) \cdot M5(-\psi) \cdot M1(X_{sh}) \cdot M6(\theta) \cdot M1(R_{\min}) \cdot M3(Z_{\min}) \cdot \overline{e^4}. \quad (4)$$

$$\overline{R}_o(\theta_k, \theta) = M1(-R_B) \cdot M6(\theta_k) \cdot M3(-Z_{sh}) \cdot M1(-X_{sh}) \cdot M2(-Y_{sh}) \times \\ \times M4(-\phi) \cdot M5(-\psi) \cdot M1(X_{sh}) \cdot M6(\theta) \cdot M1(R_{\max}) \cdot M3(Z_{\max}) \cdot \overline{e^4}. \quad (5)$$

Для забезпечення найбільшої точності торців деталей формоутворення торця меншого діаметра виконується максимальним діаметром плоского торця одного круга, а формоутворення торця більшого діаметра – калібруючою ділянкою другого круга, довжина якої дорівнює діаметру більшого торця й заправлена алмазним олівцем, вісь якого переміщується по радіусу, який збігається з радіусом розташування осей деталей у барабані подачі.

Висновки відповідно до статті. Уперше запропонована універсальна методика практичного використання моделі точності формоутворення торців деталей різних діаметрів, орієнтованими шліфувальними кругами з калібруючими ділянками та без них. Представлений спосіб спрощує правку шліфувального круга. Не потребує спеціальної правки, дозволяє використовувати штатну правку. Це дозволяє створити передумови для нових високоефективних технологій та методів шліфування торців деталей з різним діаметром торців, а також їх подальшому впровадженню у виробничі процеси.

Список використаних джерел

1. Деклараційний патент 10636 Україна на винахід (корисну модель), МПК В24В5/04. Спосіб одночасного шліфування двох торців циліндричних деталей / Кальченко В. В., Жадан О. В.; заявник та патентовласник Кальченко В. В., Жадан О. В. – № u200505125 ; заявл. 30.05.05 ; опубл. 15.11.05, Бюл. № 1.
2. Декларационный патент 2417148 Российская Федерация, МПК, В 24 В 1/00, В 24 В 19/00. Способ шлифования стержневидных обрабатываемых деталей, шлифовальный станок (варианты) и шлифовальная секция спаренного расположения / Химмельсбах Георг (DE), Мюллер Хуберт (DE) ; заявитель и патентообладатель Эрвинюнкер Грайнддинг Текнолоджи А.С. (CZ) – № EP 2007/001183 ; заявл. 12.02.2007 ; опубл. 27.04.2011, Бюл. № 12.
3. Saturn. Торцевое шлифование спаренными шлифовальными кругами: [Журнал для клиентов фирмы «Junkermaschinen»] / ErwinJunker: Maschinenfabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 77787. – Nordrash, Germany, 2005. – 8 с.
4. Вайнер Л. Г. Моделирование сил резания и характеристик съема припуска при двустороннем шлифовании торцов одиночной заготовки / Л. Г. Вайнер // Новые материалы и технологии в машиностроении : сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. – Брянск : БГИТА, 2011. – Вып. 14. – С. 14–17.
5. Каминская В. В. Расчетное определение сил резания при обработке торцов роликов на двухстороннем торцешлифовальном станке / В. В. Каминская, Л. Г. Вайнер // Повышение эффективности использования технологического оборудования, гибких автоматизированных станочных комплексов : тез. докл. науч.-техн. конф. – Комсомольск-на-Амуре : ХЦНТИ, 1985. – С. 12–13.
6. Филимонов Л. Н. Плоское шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л. : Машиностроение, 1985. – 109 с.

References

1. Kalchenko, V. V. & Zhadan, O. V. (2005). *Sposib odnochasnoho shlifuvannia dvokh tortsiv tsylindrychnykh detalei [The method of simultaneous grinding of two ends of cylindrical parts]*. Deklaratsiyuniy patent 10636 Ukrainy na vynakhid (korysnu model) – Declarative patent 10636 of Ukraine for invention (utility model), МПК V24V5/04 [in Ukrainian].

2. Khimmelsbakh Georg (DE), Miuller Khubert (DE), Erviniun-ker Grainding Teknolodzhi A. S. (CZ). *Sposob shlifovaniia sterzhnevidnykh obrabatyvaemykh detalei shlifovalnyi stanok va-rianty i shlifovalnaia seksiiia sparennogo raspolozheniia* [The method of grinding rod-shaped workpieces, a grinding machine (variants) and a grinding section of a paired arrangement]. Deklaratsionnyi patent 2417148 Rossiiskoi Federatsii – Declaration patent 2417148 of Russian Federation, MPK, V 24 V 1/00, V 24 V 19/00 [in Russian].

3. Saturn. *Tortcevoe shlifovanie sparennymi shlifoval'nymi krugami: Zhurnal dlja klientov firmy «Junkermaschinen»* [Saturn. Mechanical grinding paired grinding wheels: Customer magazine company «Junkermaschinen»] (2005). Erwin Junker: Maschinenfabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 77787. Nordrash, Germany [in Russian].

4. Vainer, L.G. (2011). Modelirovanie sil rezaniia i kharakteristik sema pripuska pri dvustoronnem shlifovanii tortcov odinochnoi zagotovki [Simulation of the cutting forces and the stock removal performance at the bilateral ends of a single billet grinding]. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii FGBOU VPO Brianskaia gosudarstvennaia inzhenerno-tekhnologicheskaja akademiia – New materials and technologies in mechanical engineering. VPO Bryansk State Engineering and Technological Academy*, 14, 14–17 [in Russian].

5. Kaminskaia, V. V. & Vainer, L. G. (1985). Raschetnoe opredelenie sil rezaniia pri obrabotke tortcov rolikov na dvukhstoronnem tortceshlifovalnom stanke [Estimated determination of cutting forces during the processing of the ends of rollers on a two-sided face grinding machine]. Proceedings from *Povyshenie effektivnosti ispolzovaniia tekhnologicheskogo oborudovaniia, gibkikh avtomatizirovannykh stanochnykh kompleksov – Increasing the efficiency of using process equipment, flexible automated machine tools* (pp. 12–13). Komsomolsk-na-Amure: KhTcNTI [in Russian].

6. Filimonov, L. N. (1985). *Ploskoe shlifovanie* [Surface grinding]. Leningrad: Mashinostroenie [in Russian].

UDC 621.923.42

*Volodymyr Kalchenko, Volodymyr Venzheha,
Oleksandr Lytvyn, Dmytro Kalchenko*

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF TORCHES DOUBLE-SIDED GRINDING OF PUSHERS WITH DIFFERENT DIAMETERS WITH CALIBRATION PARTS AND WITHOUT THEM

Urgency of the research. Ensuring high performance and precision processing of faceplates of different diameters requires the development of new, high-efficient methods and processing methods.

Target setting. In modern conditions of development at automotive and machine-building factories, the receipt of high-precision end surfaces of parts is associated with high requirements for the accuracy and productivity of grinding with the use of modern mechanical processing technologies, which have high requirements for the accuracy and quality of machined end surfaces and should have a large operational life.

Actual scientific researches and issues analysis. Grinding of end surfaces of parts with different diameters of faces, is carried out on two-sided end-grinding machines. Grinding and other finishing operations are complex processes.

A known method of simultaneous grinding of rod-shaped parts is known. The disadvantage of the method is that the grinding wheels do not have calibration areas.

A known method of simultaneous grinding of two ends cylindrical parts. The disadvantage of the method is that the processing of parts with different face diameters is not considered.

Uninvestigated parts of general matters defining. It is necessary to increase the efficiency of parts processing thanks to the improvement of the methods of two-sided polishing of the ends of pushers with different diameters oriented grinding wheels with and without calibration sections due to the balancing of the cutting forces and the rotation of the workpiece in the calibration section.

The research objective. The method of two-sided grinding of ends of different diameters with oriented grinding wheels with calibration sections is presented, which provides an increase in the accuracy and performance of parts processing.

The statement of basic materials. Improving the accuracy of finishing the end surfaces of parts of various diameters with grinding wheels, is achieved by the fact that the shaping of the ends of the smaller diameter is performed by the maximum diameter of the flat end of one circle, and the shaping of the end face of a larger diameter – is by the calibration section of the second circle, the length of which is equal to the diameter of the larger end and filled with diamond pencil, which moves along a radius, which coincides with the radius of the location of the axes of the parts in the feed drum.

Conclusions. For the first time, a universal method of practical application of the model of the accuracy of forming the ends of parts of various diameters, oriented grinding circles with and without calibration plots is presented. The following method simplifies the grinding of the grinding wheel. It does not require special editing, allows you to use regular editing. It allows us to create the preconditions for new highly effective technologies and methods of grinding end faces with different diameter of the ends, as well as their further implementation in production processes.

Keywords: grinding; ends of different diameters; pushers; oriented grinding wheels; calibration sections.

Fig.: 2. References: 6.

Владимир Кальченко, Владимир Венжега,
Александр Литвин, Дмитрий Кальченко

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВУХСТОРОННЕГО ШЛИФОВАНИЯ ТОРЦОВ РАЗНОГО ДИАМЕТРА ТОЛКАТЕЛЕЙ С КАЛИБРУЮЩИМИ УЧАСТКАМИ И БЕЗ НИХ

Актуальность темы исследования. Обеспечение высокой производительности и точности обработки торцевых поверхностей разного диаметра требует разработки новых, высокоэффективных методов и способов обработки.

Постановка проблемы. В современных условиях развития на автомобилестроительных и машиностроительных заводах получение высокоточных торцевых поверхностей деталей связано с высокими требованиями к точности и производительности шлифования с применением технологий современной механической обработки, которые имеют высокие требования по точности и качества обрабатываемых торцевых поверхностей и должны иметь большой ресурс эксплуатации.

Анализ последних исследований и публикаций. Шлифовка торцевых поверхностей деталей с различными диаметрами торцов осуществляются на двусторонних торцешлифовальных станках. Шлифовка и другие финишные операции представляют собой сложные процессы.

Известен способ одновременного шлифования стержневидных деталей. Недостатком способа является то, что шлифовальные круги не имеют калибрующих участков.

Известен способ одновременного шлифования двух торцов цилиндрических деталей. Недостатком способа является то, что не рассматривается обработка деталей с разными диаметрами торцов.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. Необходимо провести повышение эффективности обработки деталей благодаря совершенствованию способов двустороннего шлифовки торцов толкателей с различными диаметрами ориентированными профилированными шлифовальными кругами с калибровкой участками и без них, за счет уравновешивания сил резания, а также вращения обрабатываемой детали на калибровкой участке.

Постановка задачи. Представлен способ двустороннего шлифования торцов разного диаметра ориентированными шлифовальными кругами с калибровкой участками и без них, что обеспечивает повышение точности и производительности обработки деталей.

Изложение основного материала. Повышение точности обработки торцевых поверхностей деталей разных диаметров шлифовальными кругами достигается благодаря тому, что формообразования торца меньшего диаметра выполняется максимальным диаметром плоского торца одного круга, а формообразования торца большего диаметра – калибрующим участком второго круга, длина которого равна диаметру большего торца и заправленная алмазным карандашом, ось которого перемещается по радиусу, который совпадает с радиусом расположения осей деталей в барабане подачи.

Выводы в соответствии со статьей. Впервые предложена универсальная методика практического использования модели точности формообразования торцов деталей различных диаметров, ориентированными шлифовальными кругами с калибрующими участками и без них. Представленный способ упрощает правку шлифовального круга, не требует специальной правки, позволяет использовать штатную правку. Это позволяет создать предпосылки для новых высокоэффективных технологий и методов шлифования торцов деталей с различным диаметром торцов, а также их дальнейшему внедрению в производственные процессы.

Ключевые слова: шлифовка; торцы разного диаметра; толкатели; ориентированные шлифовальные круги; калибрующие участки.

Рис.: 2. Библ.: 9.

Кальченко Володимир Віталійович – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Кальченко Владимир Витальевич – доктор технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической работе, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Kalchenko Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector in Scientific and Pedagogical Work, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vvkalchenko74@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9072-2976>

ResearcherID: G-6752-2014

Венжега Володимир Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Вежега Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Venzheha Volodymyr – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Road Transport Industry and Mechanical Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: venzhegavi@mail.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8857-349X>

ResearcherID: H-3560-2014

Литвин Олександр Олександрович – аспірант кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Литвин Александр Александрович – аспірант кафедры информационных технологий и программной инженерии, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Lytvyn Oleksandr – PhD student of the Department of Information Technologies and Software Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: xpower4718@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5243-3970>

ResearcherID: J-1479-2016

Кальченко Дмитро Володимирович – магістр, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Кальченко Дмитрий Владимирович – магистр, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

Kalchenko Dmytro – master, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net