

Андрій Єрошенко¹, Ярослав Кужельний², Володимир Морочко³, Володимир Винник⁴

¹кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: yeroshenkoam@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1629-9516>. **ResearcherID:** G-6757-2014

²кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування
Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5269-8557>. **ResearcherID:** J-1127-2016

³аспірант

Національний університет «Чернігівська політехніка» (Чернігів, Україна)

E-mail: itmia@ukr.net. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6160-2812>

⁴налагоджувальник верстатів і маніпуляторів з програмним керуванням
PET Technologies (Чернігів, Україна)

E-mail: vovavynnyk7@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4179-5765>. **ResearcherID:** F-8938-2016

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ ТА ОПОРНИХ ШИЙОК РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛА ПЕРИФЕРІЄЮ ОРІЄНТОВАНОГО КРУГА В РЕЖИМІ ЗАТУПЛЕННЯ

У науковій роботі представлені результати експериментального дослідження процесу шліфування циліндричних поверхонь валів та опорних шийок розподільчого вала периферією орієнтованого круга в режимі затуплення. Виміряно активну потужність залежно від повздовжньої подачі під час шліфування. Наведено розподіл температури, осцилограми т.е.р.с. по координаті обробки та осцилограми радіального биття деталей під час обробки. Також було виміряно шорсткість оброблених поверхонь деталей.

Ключові слова: шліфування в режимі затуплення; циліндрична поверхня вала; опорна шийка розподільчого вала; орієнтований інструмент; периферія абразивного круга.

Рис.: 16. Бібл.: 11.

Актуальність теми дослідження. Конкурентоспроможність сучасних підприємств залежить від впровадження нових ефективних способів обробки деталей. Ці способи обробки дають можливість підвищити продуктивність процесу, при цьому зберігаючи задані вимоги щодо геометричної точності, шорсткості та якості поверхонь деталей.

Постановка проблеми. У великій кількості різних механізмів використовують циліндричні деталі. До найпоширеніших циліндричних деталей відносяться вали, розподільчі вали та інші. Залежно від призначення деталі приймається відповідний спосіб обробки. Удосконалення вже наявних способів обробки або розробка нових дають можливість забезпечити необхідні вимоги до виготовлення циліндричних деталей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [1-4] розглянуті основи різання матеріалу та особливості процесу шліфування.

Основні способи та особливості шліфування зі схрещеними осями круга та деталей розглянуті в роботі [5].

У роботах [6; 7] наведено способи глибинного шліфування зі схрещеними осями циліндричної деталі та інструмента. Особливість цього способу обробки полягає в тому, що кут орієнтації інструмента приймається за такими умовами, щоб отримати найбільшу продуктивність процесу. При цьому приймаються великі припуски на обробку, що можуть негативно вплинути на структуру поверхневого шару обробленої деталі.

Робота [8] присвячена розробці моделі правки інструментальної поверхні при шліфуванні зі схрещеними осями круга й циліндричної деталі. Особливість правки круга полягає в тому, що різна подача правлячого інструмента забезпечує різну розвиненість різальної периферійної ділянки інструмента. Працюючи в режимі затуплення, збільшується інтервал між його правками.

Використовуючи роботи [9; 10], у роботі [11] було проведено дослідження теплонапруженості процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга в режимі затуплення.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутність експериментального дослідження процесу шліфування циліндричних поверхонь валів та опорних шийок розподільчого вала периферією орієнтованого круга в режимі затуплення.

Мета статті. Метою цієї статті є експериментальне дослідження процесу шліфування циліндричних поверхонь валів та опорних шийок розподільчого вала периферією орієнтованого круга в режимі затуплення.

Виклад основного матеріалу. Обробка циліндричних поверхонь валів та опорних шийок розподільчого вала периферією орієнтованого абразивного круга в режимі затуплення проводилась на верстаті з ЧПК В3208Ф3. Оброблювальним інструментом було прийнято абразивний круг 200×25×32 13А 16 К3 СТ3 35 В (рис. 1). На рис. 2 зображено загальний вигляд верстата з ЧПК В3208Ф3.



Рис. 1. Абразивний круг



Рис. 2. Загальний вигляд верстата з ЧПК В3208Ф3

Проведено шліфування циліндричних поверхонь валів (рис. 3) та опорних шийок розподільчого вала (рис. 4). Матеріал оброблювального вала – сталь 40Х, діаметр – 30 мм, матеріал розподільчого вала – сталь 18ХГТ, діаметр опорної шийки – 45 мм. Обробка здійснювалась периферією орієнтованого круга в режимі затуплення. Оброблювальні деталі зображені на рис. 5.

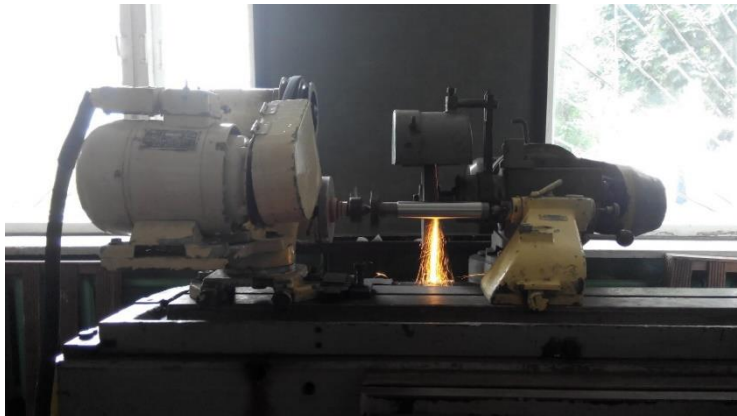


Рис. 3. Процес шліфування циліндричної поверхні вала

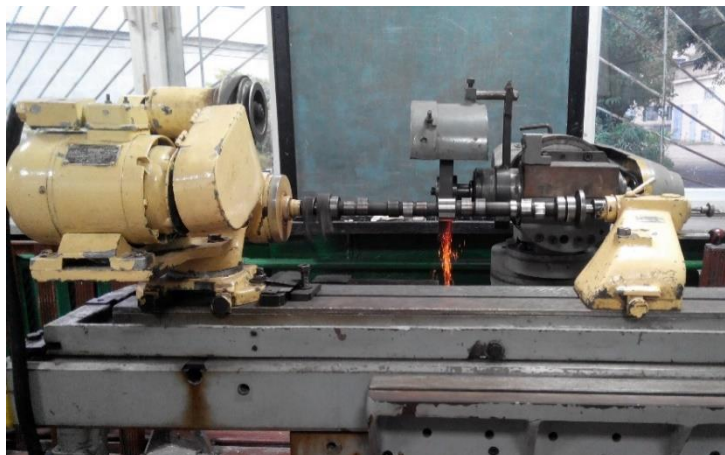


Рис. 4. Процес шліфування опорних шийок розподільчого вала



а



б

Рис. 5. Оброблювальні деталі: вал (а), розподільчий вал (б)

Потужність холостого ходу (рис. 6) та активна потужність були визначені під час процесу шліфування. Експеримент проводився з припуском на обробку 0,1 мм та з різною повздовжньою подачею: $S1 = 0,05$; $S2 = 0,1$ та $S3 = 0,15$ мм/об.

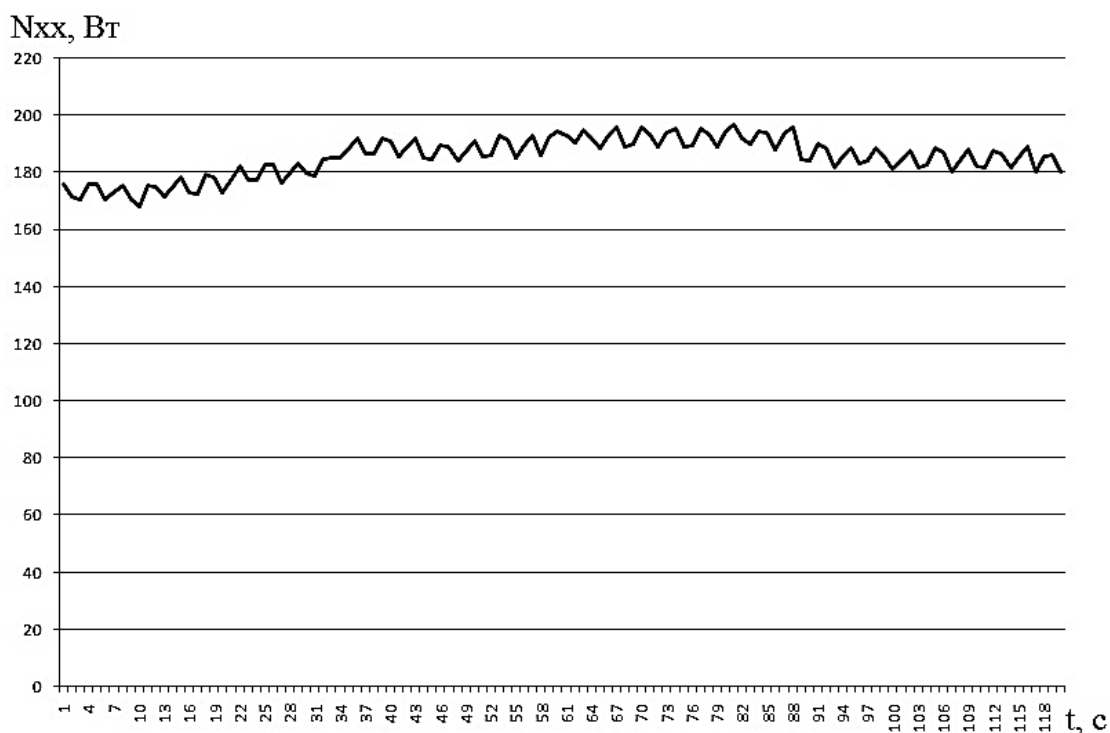


Рис. 6. Графік потужності холостого ходу

На рис. 7 наведено графік активної потужності під час процесу шліфування з паралельними осями круга та деталі.

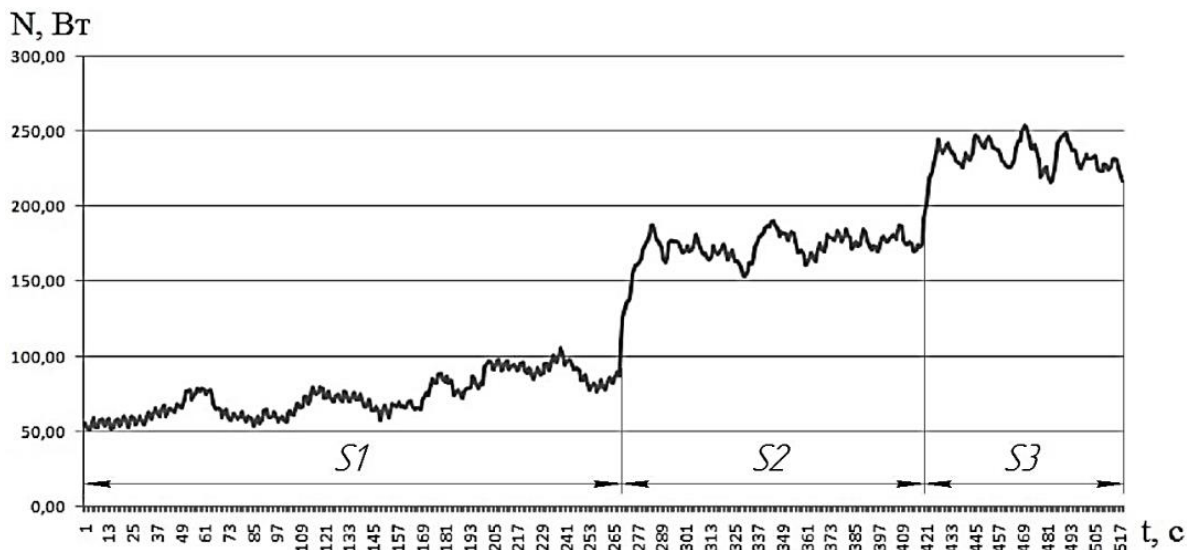


Рис. 7. Графік активної потужності під час процесу шліфування з паралельними осями круга та деталі

На рис. 8 наведено графік активної потужності під час процесу шліфування циліндричної поверхні вала периферією орієнтованого круга (кут орієнтації інструмента $\alpha = 1^\circ$).

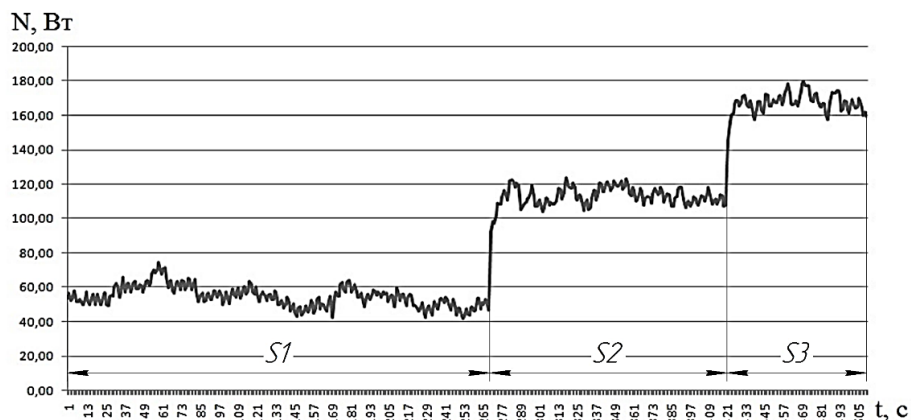


Рис. 8. Графік активної потужності під час процесу шліфування циліндричної поверхні вала периферією орієнтованого круга

Активна потужність вимірювалась за допомогою перетворювача активної потужності С.А 8220, а розподіл температури під час шліфування тепловізором моделі URIRVISION TI-384. На рис. 9 наведено розподіл температури під час обробки циліндричної поверхні вала.

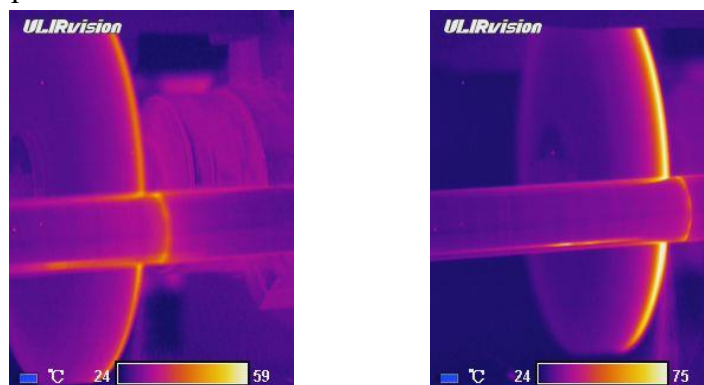
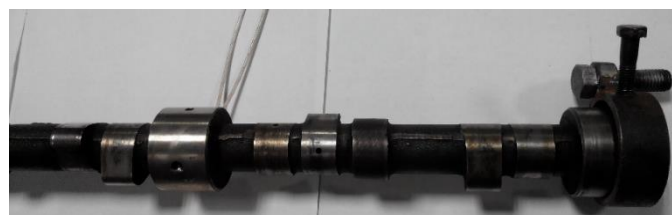


Рис. 9. Розподіл температури під час обробки циліндричної поверхні вала

За допомогою термопари (рис. 10) визначено температуру в зоні обробки під час процесу шліфування циліндричної поверхні вала з паралельними осями (рис. 11, а) та при повороті круга на кут $\alpha = 1^\circ$ (рис. 11, б).

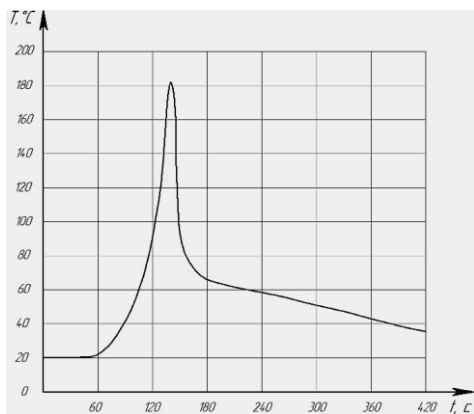


а

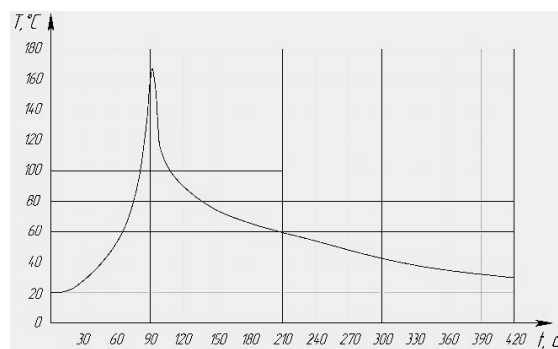


б

Рис. 10. Розміщення термопари в середині вала (а) та в середині опорної шийки розподільчого вала (б)



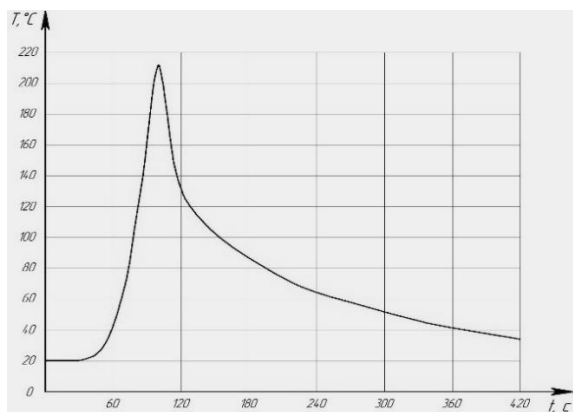
а



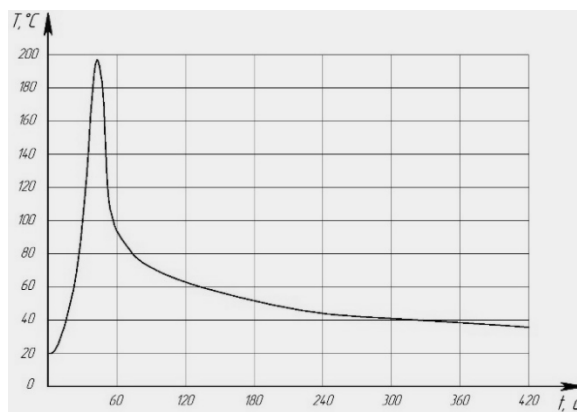
б

Рис. 11. Осцилограма т.е.р.с. по координаті обробки при паралельних осях (а) та при повороті шліфувального круга (б)

На рис. 12 наведено осцилограму т.е.р.с. по координаті обробки при шліфуванні опорної шийки розподільчого вала з паралельними осям (а) та зі схрещеними (б).



а



б

Рис. 12. Осцилограма т.е.р.с. по координаті обробки при шліфуванні опорної шийки розподільчого вала з паралельними осям (а) та зі схрещеними (б)

Радіальне биття вала та опорної шийки розподільчого вала було виміряно, використовуючи оптиволоконний датчик. Осцилограма радіального биття вала та опорної шийки розподільчого вала наведено на рис. 13 та 14 відповідно.

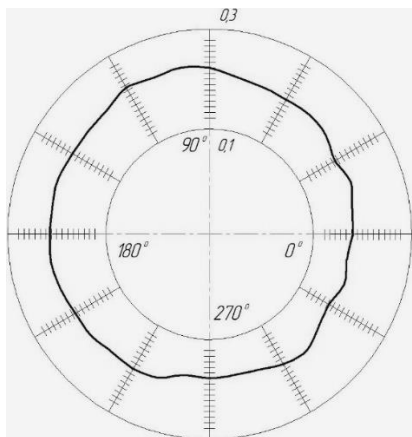


Рис. 13. Осцилограма радіального биття вала

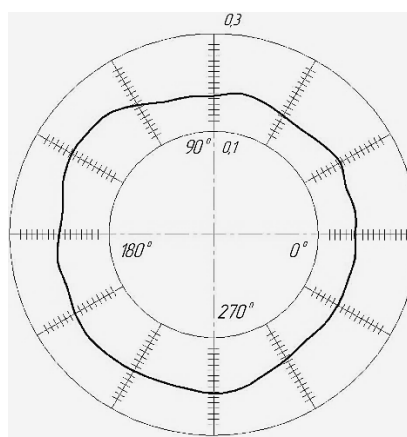


Рис. 14. Осцилограма радіального биття опорної шийки розподільчого вала

Портативним профілометром Pocket Surf III було визначено шорсткість R_a циліндричної поверхні вала та опорної шийки розподільчого вала. Результати вимірювання наведені на рис. 15 та 16. Згідно з результатами вимірювання шорсткість циліндричної поверхні вала та опорної шийки розподільчого вала знаходяться в межах $R_a = 0,32 - 0,63$ мкм.

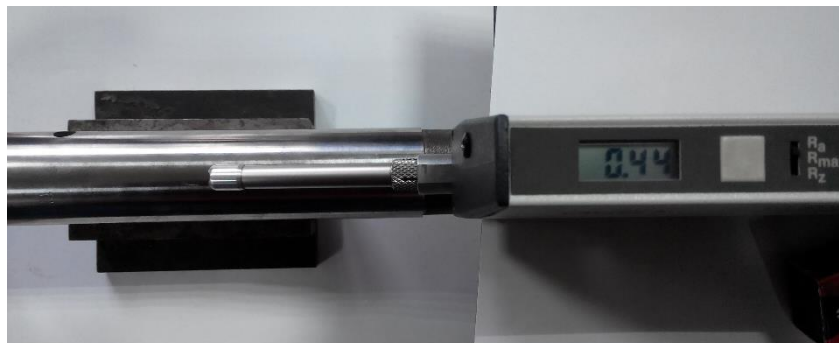


Рис. 15. Результат вимірювання шорсткості циліндричної поверхні вала

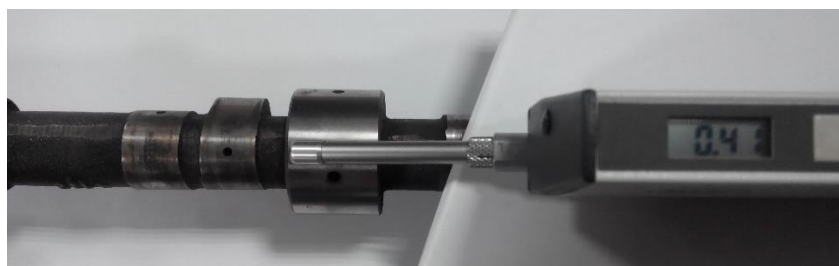


Рис. 16. Результат вимірювання шорсткості поверхні опорної шийки розподільчого вала

Висновки. Експериментально досліджено процес шліфування циліндричних поверхонь валів та опорних шийок розподільчого вала периферією орієнтованого круга в режимі затуплення.

Виміряно активну потужність під час процесу шліфування з припуском на обробку 0,1 мм та з різною повздовжньою подачею (0,05; 0,1 та 0,15 мм/об). Приведено розподіл температури під час обробки циліндричної поверхні вала, осцилограми т.е.р.с. по координаті обробки при шліфуванні циліндричної поверхні вала та опорної шийки розподільчого вала при паралельних осях інструмента й деталі та зі схрещеними. Також наведено осцилограми радіального биття деталей.

При експериментальному дослідженні шорсткість обробленої циліндричної поверхні вала та опорної шийки розподільчого вала склала $R_a = 0,32 - 0,63$ мкм.

Розбіжність результатів, отриманих при теоретичному та експериментальному дослідженнях процесу шліфування циліндричних поверхонь валів та опорних шийок розподільчого вала периферією орієнтованого круга в режимі затуплення, знаходиться в межах 9 %.

Згідно з експериментальними дослідженнями, оброблені поверхні деталей мають необхідні геометричні розміри та шорсткість. У поверхневому шарі оброблених поверхонь відсутні структурні перетворення.

Цей спосіб шліфування можна застосовувати для обробки як жорстких, так і не жорстких деталей.

Список використаних джерел

1. Ящерицын П. И. Основы резания материала и режущий инструмент / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко. – Минск: Высшая школа, 1975. – 528 с.
2. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов / Е. Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974. – 320 с.

3. Байкалов А. К. Введение в теорию шлифования материалов / А. К. Байкалов. – К.: Наукова думка, 1978. – 207 с.
4. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. – 248 с.
5. Грабченко А. И. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали: монография / А. И. Грабченко, В. И. Кальченко, В. В. Кальченко. – Чернигов: ЧГТУ, 2009. – 356 с.
6. Кальченко В. И. Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным элборовым кругом / В. И. Кальченко, Н. Н. Погиба, Д. В. Кальченко // Сверхтвердые материалы: научно-теоретический журнал. – 2012. – № 2. – С. 58–73.
7. Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece / V. V. Kalchenko, A. M. Yeroshenko, S. V. Boyko, N. M. Sira // Acta Mechanica et Automatica. – 2017. – Vol. 11, No. 1(39). – Pp. 58–63.
8. Development of a model of tool surface dressing when grinding with crossed wheel and cylindrical part axes / V. Kalchenko, V. Kalchenko, O. Kalchenko et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – Vol. 3(1). – Pp. 23-29.
9. Корчак С. Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С. Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
10. Основы теории резания материалов: учебник / Н. П. Мазур, Ю. Н. Внуков, А. И. Грабченко и др. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – 534 с.
11. Дослідження теплонапруженості процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга в режимі затуплення / В. В. Кальченко, Н. М. Сіра, Я. В. Кужельний, В. В. Морочко // Технічні науки та технології. – 2021. – № 1 (23). – С. 9–16.

References

1. Iashcheritsyn, P.I., Eremenko, M.L., & Zhigalko, N.I. (1975). *Osnovy rezaniia materiala i rezhushchii instrument [Fundamentals of cutting material and the cutting tool]*. Vysheishaia shkola.
2. Maslov, E.N. (1974). *Teoriia shlyfovaniia materialov [The theory of grinding of materials]*. Mashinostroenie.
3. Baikalov, A.K. (1978). *Vvedenie v teoriuu shlifovaniia materialov [Introduction to the theory of grinding materials]*. Naukova dumka.
4. Filimonov, L.N. (1979). *Vysokoskorostnoe shlifovanie [High-speed grinding]*. Mashinostroenie leningradskoe otdelenie.
5. Grabchenko, A.I., Kalchenko, V.I., & Kalchenko, V.V. (2009). *Shlifovanie so skreshchivaiushchimisia osiami instrumenta i detali [Grinding with crossed axes tool and workpiece]*. CHGTU.
6. Kalchenko, V. I., Pogiba, N. N., & Kalchenko, D. V. (2012). *Opredelenie sostavliaiushchikh sily rezaniia pri glubinnom shlifovanii poverkhnostei vrashcheniia orientirovannym elborovym krugom [Determination of the components of the cutting force for deep grinding of surfaces of revolution by an oriented elbor wheel]*. *Sverkhtverdye materialy – Superhard materials*, (2), 58–73.
7. Kalchenko, V. V., Yeroshenko, A. M., & Boyko, S. V. (2017). *Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. Acta Mechanica et Automatica*, 11 (1(39)), 58–63.
8. Kalchenko, V., Kalchenko, V., Kalchenko, O., Sira, N., Kalchenko, D., Morochko, V., & Vynnyk, V. (2020). *Development of a model of tool surface dressing when grinding with crossed wheel and cylindrical part axes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(1), 23-29.
9. Korchak, S. N. (1974). *Proizvoditelnost protcessa shlifovaniia stalnykh detalei [Productivity of the the grinding process of steel parts]*. Mashinostroenie.
10. Mazur, N. P., Vnukov, Ju. N., Grabchenko, A. I., Dobroskok, V. L., Zaloga, V. A., Novoselov, Ju. K., & Jakubov, F. Ja. (2013). *Osnovy teorii rezaniia materialov [Fundamentals of the theory of cutting materials]*. NTU «KhPI».
11. Kalchenko V. V., Sira N. M., Kuzhelnyi Ya. V., & Morochko V. V. (2021). *Doslidzhennia teplonapruzenosti protsesu shlifuvannia tsylindrychnykh poverkhon peryferiiei u oriientovanoho kruha v rezhyimi zatuplennia [Research of the heat tension of the grinding process of cylindrical surfaces by the periphery of an oriented circle in the blunting mode]*. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, (1(23)), 9–16.

Отримано 11.07.2021

UDC 621.923.42

Andrii Yeroshenko¹, Yaroslav Kuzhelnyi², Volodymyr Morochko³, Volodymyr Vynnyk⁴

¹PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering and Wood Technology
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: yeroshenkoam@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1629-9516>. **ResearcherID:** G-6757-2014

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building
Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5269-8557>. **ResearcherID:** J-1127-2016

³PhD Student

Chernihiv Polytechnic National University (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: itmia@ukr.net. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6160-2812>

⁴Adjuster of Machine Tools and Manipulators with Programmed Control
PET Technologies (Chernihiv, Ukraine)

E-mail: vovavynnyk7@gmail.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4179-5765>. **ResearcherID:** F-8938-2016

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE PROCESS OF GRINDING CYLINDRICAL SURFACES OF SHAFTS AND SUPPORT NECKS OF A CAMSHAFT BY THE PERIPHERY OF AN ORIENTED CIRCLE IN A BLUNT MODE

The competitiveness of modern enterprises depends on the ways of processing parts that directly affect productivity.

To meet the necessary requirements for the manufacture of cylindrical parts, it is required to improve existing processing methods or develop new ones.

Methods of deep grinding with crossed axes of a cylindrical part and a tool are created. A model of editing the tool surface during grinding with crossed axes of a circle and a cylindrical part in the blunting mode is developed. The heat tension of the grinding process of cylindrical surfaces by the periphery of the oriented circle in the bluntness mode has been researched.

The absence of an experimental research of the process of grinding the cylindrical surfaces of the shafts and camshaft support necks with the periphery of the oriented circle in the blunt mode.

The aim of the research is an experimental study of the process of grinding the cylindrical surfaces of shafts and camshaft support necks by the periphery of an oriented circle in the bluntness mode.

To ensure the treatment of the cylindrical surfaces of the shafts and camshaft support necks by the periphery of the grinding wheel, a method of grinding the periphery of the oriented wheel in the blunting mode is used.

The active power was measured as a function of the longitudinal feed in the process of grinding with the periphery of an oriented wheel in the blunt mode. The distribution of temperature, oscillograms of the thermo-electric driving force along the processing coordinate and oscillograms of the radial runout of parts during processing are given. The roughness of the processed surfaces of the parts was $Ra = 0,32 - 0,63 \mu m$.

Keywords: grinding in the blunting mode; cylindrical shaft surface; camshaft support neck; oriented tool; the periphery of the abrasive wheel.

Fig.: 16. References: 11.