

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2019-2(16)-54-61

Віталій Кальченко, Володимир Кальченко, Ярослав Кужельний, Володимир Морочко
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧИСТОВОГО ОДНОПРОХІДНОГО
ШЛІФУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ПОВЕРХНІ ВАЛА ОРІЄНТОВАНИМ
ІНСТРУМЕНТОМ**

Актуальність теми дослідження. Для забезпечення високої конкурентоспроможності сучасних вітчизняних підприємств необхідно підвищувати продуктивність процесу обробки за умови забезпечення необхідної якості та точності.

Постановка проблеми. Для досягнення високих техніко-економічних показників під час фінішної обробки деталей, необхідно удосконалювати вже існуючі або розробляти нові ефективні способи шліфування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існують способи глибинного шліфування зі схрещеними осями інструмента й циліндричної деталі та спосіб поздовжнього круглого багатопрохідного шліфування деталі периферією циліндричного круга. Розроблено спосіб чистового шліфування циліндричної поверхні вала за умови розподілу припуску вздовж всієї ділянки периферії інструмента.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Експериментальні дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом відсутні.

Постановка завдання. Для забезпечення високих вимог до якості, геометричних розмірів і точності циліндричних деталей необхідно удосконалювати вже існуючі або розробляти нові ефективні способи фінішної обробки.

Виклад основного матеріалу. Для забезпечення обробки циліндричних валів за один прохід при рівномірному розподілі припуску вздовж периферії шліфувального круга використовується спосіб чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом.

Висновки відповідно до статті. Експериментально визначено активну потужність під час чистового однопрохідного шліфування залежно від величини припуску та поздовжньої подачі. Визначено розподіл температури під час обробки. Шорсткість обробленої поверхні деталі $Ra = 0,63 - 1,25$ мкм.

Ключові слова: однопрохідне шліфування; чистова обробка; орієнтований інструмент; абразивний круг; циліндрична поверхня вала.

Рис.: 12. Бібл.: 12.

Актуальність теми дослідження. Для забезпечення високої конкурентоспроможності сучасних вітчизняних підприємств, необхідно вирішувати задачі по розробці нових способів шліфування циліндричної поверхні вала. Це, у свою чергу, підвищить продуктивність процесу, витримуючи при цьому необхідну якість та точність деталі.

Постановка проблеми. Велику кількість циліндричних деталей використовують у різноманітних галузях виробництва, зокрема у верстатобудуванні, автомобілебудуванні, тракторобудуванні та ін. Щоб забезпечити задані вимоги до точності та якості циліндричних поверхонь деталей, необхідно удосконалювати вже існуючі або розробляти нові ефективні способи механічної обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують способи [1; 2; 3] глибинного шліфування зі схрещеними осями інструмента та циліндричної деталі. У цих способах кут орієнтації інструмента приймається за умови отримання найбільшої продуктивності процесу. Оскільки при зазначених способах обробки приймаються великі припуски, то це призводить до підвищення температури в зоні обробки й негативно впливає на структуру поверхневого шару деталі.

Існує спосіб поздовжнього круглого багатопрохідного шліфування деталі периферією циліндричного круга [4]. Основним недоліком цього способу є нерівномірний знос круга, що призводить до нестабільного положення формоутворюючої ділянки інструмента. У роботі [5] розглянуто спосіб глибинного шліфування поверхонь обертання орієнтованим ельборовим кругом. Проте в цьому способі обробка відбувається як периферією, так і торцем круга.

Використовуючи роботи [6-11], у роботі [12] було наведено спосіб чистового шліфування циліндричної поверхні вала за умови розподілу припуску вздовж всієї ділянки периферії інструмента.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Експериментальні дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом відсутні.

Мета статті. Метою цієї статті є експериментальне дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Виклад основного матеріалу. Чистову однопрохідну обробку циліндричної поверхні вала здійснювали на верстаті з ЧПК В3208Ф3 абразивним кругом 1–200×20×32 25А 7 К5 СМ1 35 В. На рис. 1 зображено загальний вигляд та розташування основних складових частин верстата з ЧПК В3208Ф3.

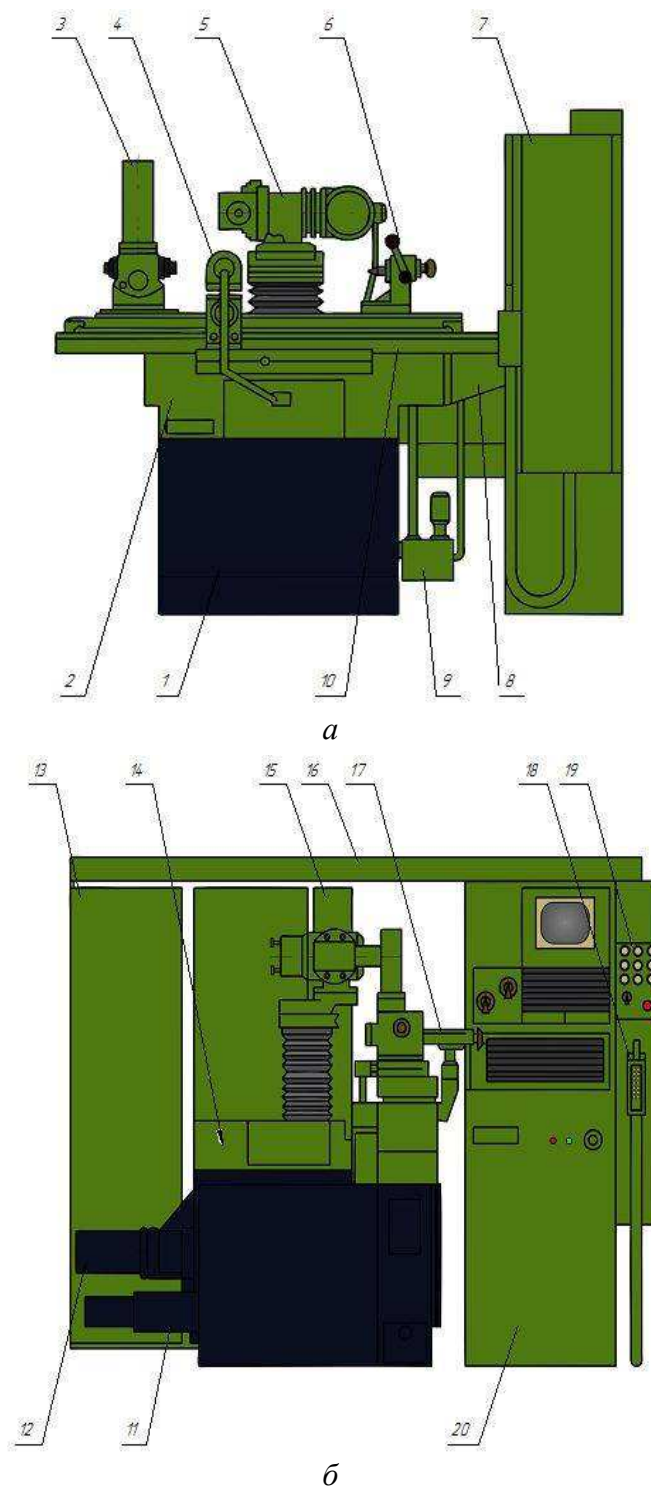


Рис. 1. Загальний вигляд верстата з ЧПК В3208Ф3:

*а – вид спереду, б – вид збоку; 1 – станина; 2 – основа стола; 3 – бабка виробу; 4 – опора;
5 – бабка шліфувальна; 6 – задня бабка; 7 – електрошкаф; 8 – механізм повздовжньої подачі;
9 – станція змащування; 10 – стіл; 11 – механізм вертикальної подачі; 12 – механізм поперечної подачі;
13 – електрообладнання електричної шафи; 14 – каретка з колоною; 15, 16 – короб; 17 – кронштейн
опори; 18 – пульт переносний; 19 – електрообладнання пульта керування; 20 – система ЧПК*

На рис. 2 зображено кінематичну схему верстата з ЧПК В3208Ф3.

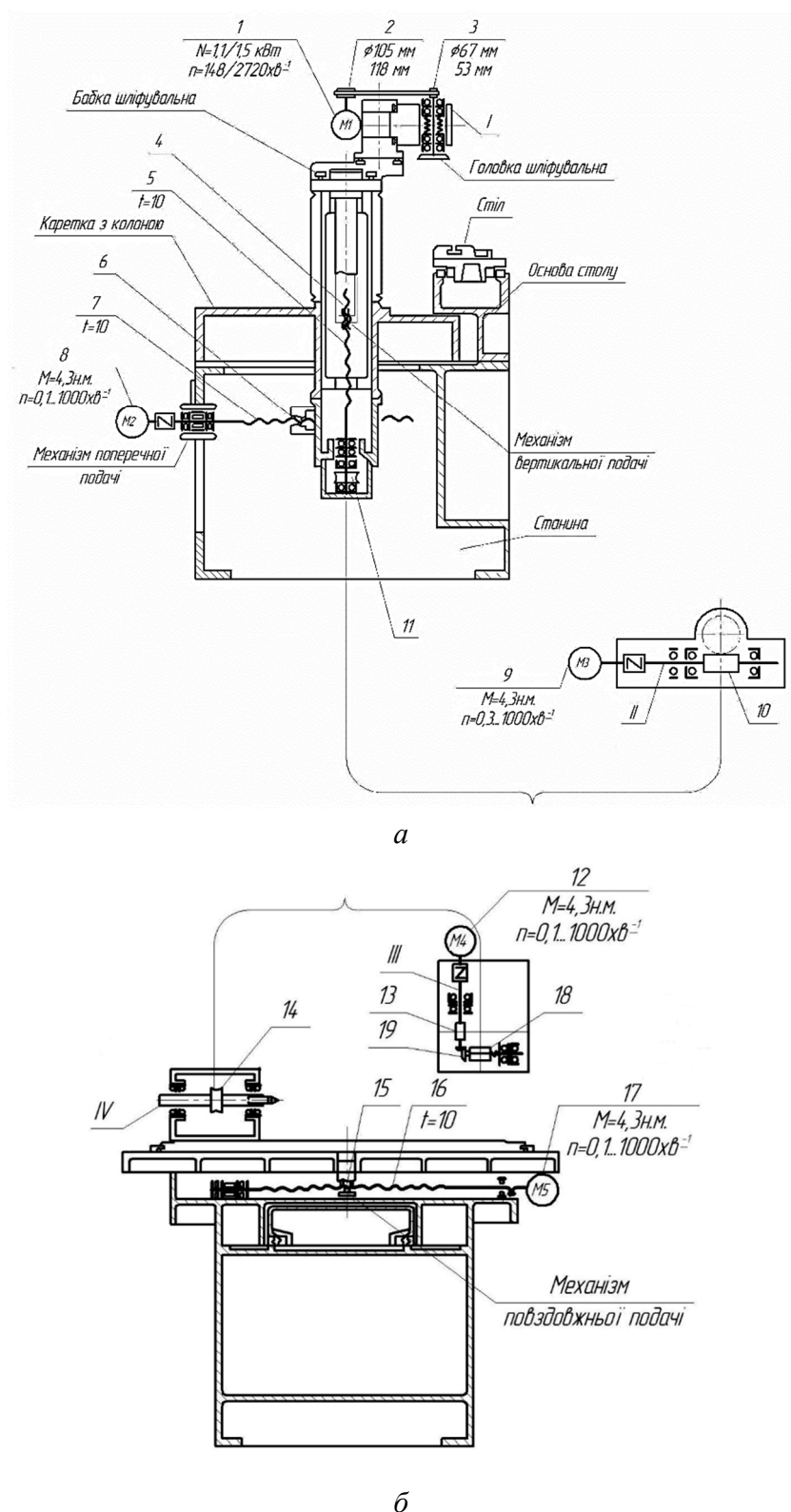


Рис. 2. Кінематична схема верстата з ЧПК В3208Ф3:

а – вид збоку, б – вид спереду; 1 – електродвигун; 2, 3 – шківні ремінної передачі; 4 – гайка механізму вертикальної подачі; 5 – гвинт механізму вертикальної подачі; 6 – гайка механізму поперечної подачі; 7 – гвинт механізму поперечної подачі; 8, 9, 12, 17 – електродвигун; 10, 11, 13, 14, 18 – черв'ячна передача; 15 – гайка механізму повздовжньої подачі; 16 – гвинт механізму повздовжньої подачі; 19 – конічна передача. I, II, III, IV – вали, які отримують крутний момент від електродвигуна

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Здійснювався процес чистового однопрохідного шліфування (рис. 3) циліндричного вала, матеріал деталі – сталь 45, діаметр – 25 мм (рис. 4). Обробка здійснювалась периферією абразивного круга.



Рис. 3. Процес чистового однопрохідного шліфування вала



Рис. 4. Оброблювана деталь

Під час шліфування була визначена потужність холостого ходу (рис. 5) та активна потужність (рис. 6–8), яка витрачається у процесі шліфування. Експеримент проводився з різним припуском на обробку: 0,1; 0,15 та 0,2 мм та з різною повздовжньою подачею: 0,1; 0,15 та 0,2 мм/об.

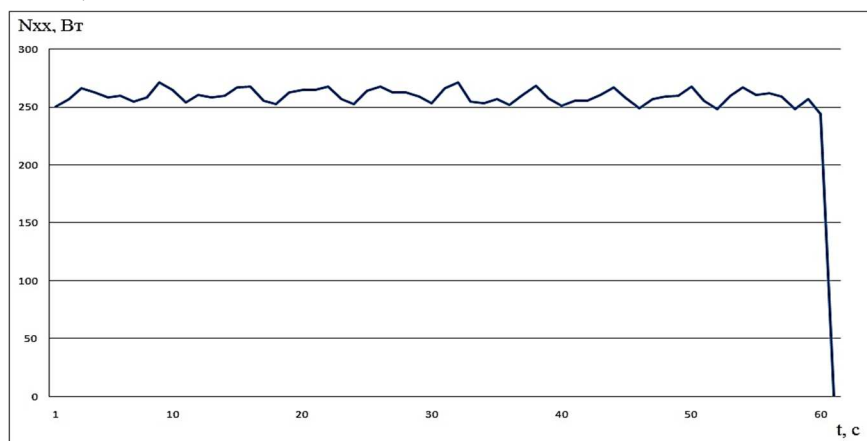


Рис. 5. Потужність холостого ходу

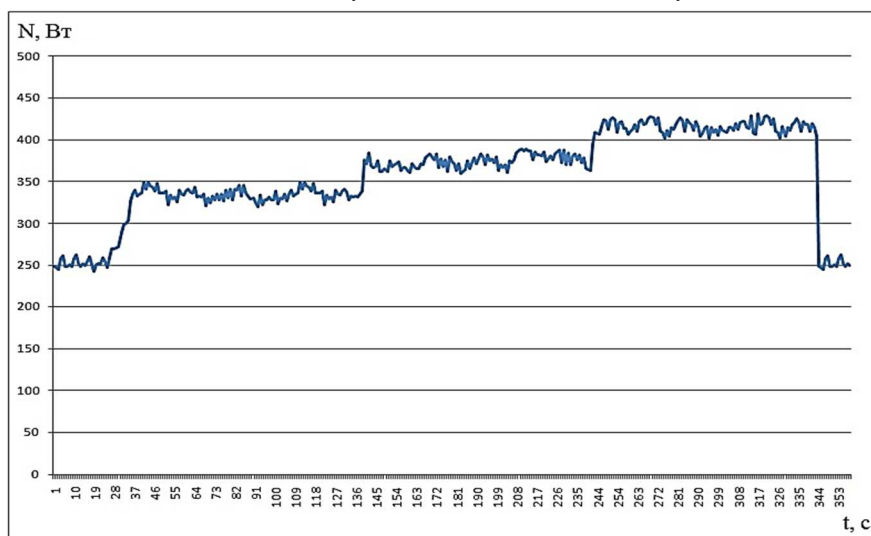


Рис. 6. Активна потужність під час шліфування з припуском на обробку 0,1 мм

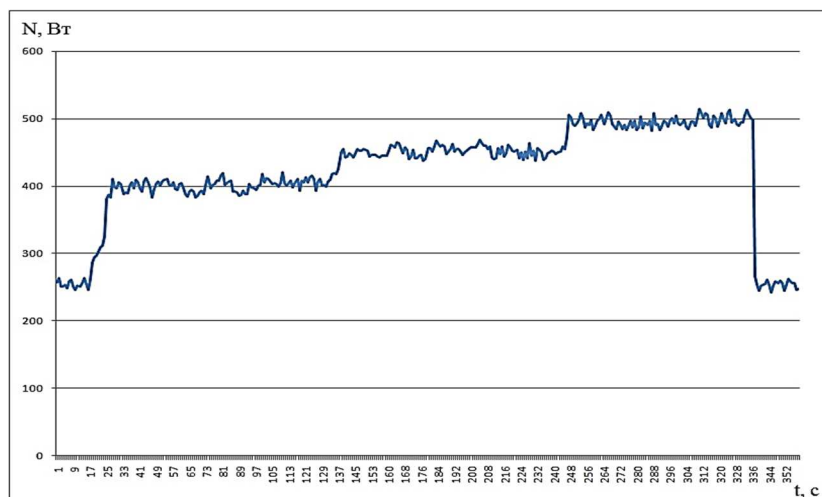


Рис. 7. Активна потужність під час шліфування з припуском на обробку 0,15 мм

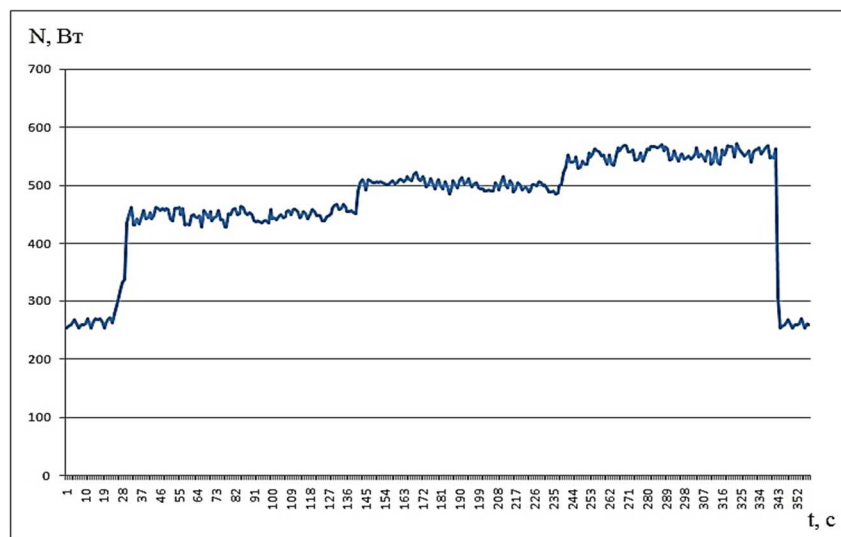


Рис. 8. Активна потужність під час шліфування з припуском на обробку 0,2 мм

Активна потужність була заміряна за допомогою вимірювального перетворювача активної потужності С.А 8220 (рис. 9).



Рис. 9. Вимірювальний перетворювач активної потужності С.А 8220

Під час шліфування циліндричного вала за допомогою тепловізора моделі URIRVISION TI-384 було визначено розподіл температури під час обробки (рис. 10).



Рис. 10. Тепловізор моделі URIRVISION TI-384

На рис. 11 зображено розподіл температури під час чистового однопрохідного шліфування вала.

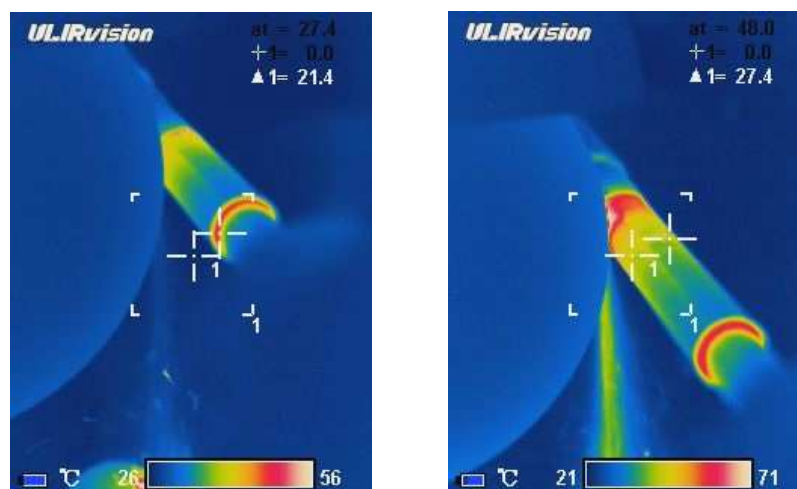


Рис. 11. Розподіл температури під час чистового однопрохідного шліфування вала

Було визначено шорсткість R_a циліндричної поверхні вала за допомогою профілографа-профілометра моделі 201 та портативного профілометра Pocket Surf III. Із отриманої профілограми (рис. 12) шорсткість циліндричної поверхні вала становила $R_a = 0,63 - 1,25$ мкм.

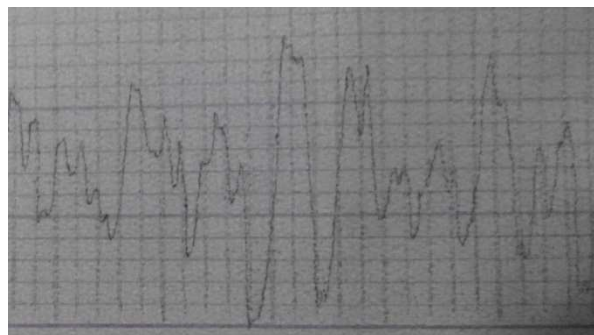


Рис. 12. Профілограма обробленої поверхні циліндричного вала

Висновки відповідно до статті. Експериментально досліджено процес чистового однопрохідного шліфування периферією абразивного інструмента. При цьому способі шліфування припуск рівномірно розподіляється вздовж периферії шліфувального круга, що дає можливість зменшити глибину різання за один прохід та теплонапруженість процесу обробки.

Виміряно активну потужність під час шліфування з різними припусками на обробку (0,1; 0,15 та 0,2 мм) та повздовжньою подачею (0,1; 0,15 та 0,2 мм/об). Визначено розподіл температури під час процесу шліфування.

Шорсткість обробленої поверхні деталі при експериментальному дослідженні становила $Ra = 0,63 - 1,25$ мкм.

Розбіжність результатів, отриманих при експериментальному та теоретичному дослідженнях процесу чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом, знаходиться в межах 9 %.

Список використаних джерел

1. Кальченко В. И., Погиба Н. Н., Кальченко Д. В. Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом. *Сверхтвердые материалы*: научно-теоретический журнал. 2012. № 2. С. 58–73.
2. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boiko S. V. & Sira N. M. Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece. *Acta mechanica et automatica*. 2017. Vol. 11. No. 1. P. 58–63.
3. Грабченко А. И., Кальченко В. И., Кальченко В. В. Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали: монография. Чернигов: ЧГТУ, 2009. 356 с.
4. Ящерицын П. И., Еременко М. Л., Жигалко Н. И. Основы резания материала и режущий инструмент. Минск: Высшая школа, 1975. 528 с.
5. Кальченко В. И., Погиба Н. Н., Кальченко Д. В. Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом. *Сверхтвердые материалы*: научно-теоретический журнал. 2012. № 2. С. 58–73.
6. Корчак С. Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. Москва: Машиностроение, 1974. 280 с.
7. Маслов Е. Н. Теория шлифования материалов. Москва: Машиностроение, 1974. 320 с.
8. Родин П. Р. Основы формообразования поверхностей резанием. Киев: Высшая школа, 1977. 192 с.
9. Байкалов А. К. Введение в теорию шлифования материалов. Киев: Наукова думка, 1978. 207 с.
10. Основы теории резания материалов: учебник / Н. П. Мазур и др. 2-е изд., перераб. и доп. Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. 534 с.
11. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. Ленинград: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. 248 с.
12. Кальченко В. И., Кальченко В. В., Кужельний Я. В., Морочко В. В. Визначення сил різання при чистовому шліфуванні циліндричної поверхні вала. *Технічні науки та технології*. 2019. № 1 (15). С. 41–52.

References

1. 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 (196), 58–73 [in Russian].
2. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boiko S. V. & Sira N. M. (2017). Determination Of Cutting Forces In Grinding With Crossed Axes Of Tool And Workpiece. *Acta mechanica et automatica*, 11 (1), 58–63.
3. Grabchenko, A. I., Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V. (2009) *Shlifovanie so skreshchivaiushchimisia osiami instrumenta i detali [Grinding with crossed axes tool and workpiece]*. Chernigov: CHGTU [in Russian].
4. Iashcheritsyn, P. I., Eremenko, M. L. & Zhigalko, N. I. (1975). *Osnovy rezaniia materiala i rezhushchii instrument [Fundamentals of cutting material and the cutting tool]*. Minsk: Vysheishaia shkola [in Russian].
5. 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 (196), 58–73 [in Russian].
6. Korchak, S. N. (1974). *Proizvoditelnost protcessa shlifovaniia stalnykh detalei [Productivity of the the grinding process of steel parts]*. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
7. Maslov, E. N. (1974). *Teoriia shlyfovaniia materialov [The theory of grinding of materials]*. Moscow: Mashynostroenie [in Russian].
8. Rodyn P.R. (1977) *Osnovyi formoobrazovaniya poverhnostey rezaniem [Basics of forming surfaces by cutting]*. Kiev: Vyshcha shkola [in Russian].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

9. Baikalov, A. K. (1978) *Vvedenie v teoriyu shlifovaniia materialov [Introduction to the theory of grinding materials]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
10. Mazur, N. P., Vnukov, Yu. N., Grabchenko, A. I., Dobroskok, V. L., Zaloga, V. A., Novoselov, Yu. K., Yakubov, F. Ya. (2013). *Osnovy teorii rezaniia materialov: Uchebnik [Fundamentals of the theory of cutting materials: Textbook]*. Kharkiv: NTU«KhPI» [in Ukrainian].
11. Filimonov L.N. (1979). *Vysokoskorostnoe shlifovanie [High-speed grinding]*. Leningrad: Mashinostroenie leningradscoe otdelenie [in Russian].
12. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., Kuzhelnyi, Ya. V., Morochko, V. V. (2019). Vyznachennia syl rizannia pry chystovomu shlifuvanni tsylindrychnoi poverkhni vala [Determination of cutting forces during finishing grinding of the cylindrical surface of the shaft]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 1 (15), 41–52 [in Ukrainian].

UDC 621.923.42

*Vitalii Kalchenko, Volodymyr Kalchenko, Yaroslav Kuzhelnyi, Volodymyr Morochko***EXPERIMENTAL RESEARCH FINISHING SINGLE PASS GRINDING OF THE CYLINDRICAL SURFACE OF THE SHAFT WITH AN ORIENTED TOOL**

Urgency of the research. To ensure the high competitiveness of modern domestic enterprises, it is necessary to increase the productivity of the processing process, provided that the required quality and accuracy is ensured.

Target setting. In order to achieve high technical and economic indicators in finishing machining of parts, it is necessary to improve existing ones or develop new effective methods of grinding.

Actual scientific researches and issues analysis. There are methods of deep grinding with crossed axes of the tool and a cylindrical part and a method of longitudinal circular multi-pass grinding of a part with the periphery of a cylindrical circle exist.

Uninvestigated parts of general matters defining. The experimental research of the finishing single pass grinding of the cylindrical surface of the shaft with an oriented tool are absent.

The research objective. To ensure high quality requirements, geometrical dimensions and accuracy of cylindrical parts, it is necessary to improve existing ones or develop new effective methods for finishing.

The statement of basic materials. To ensure the processing of cylindrical shafts in a single pass with a uniform distribution of the allowance along the periphery of the grinding wheel, a method of finishing single pass grinding of the cylindrical surface of the shaft with an oriented tool is used.

Conclusions. Experimentally determined active power during finishing single pass grinding, depending on the size of the allowance and the longitudinal feed. The temperature distribution during processing was determined. The roughness of the processed surface of the part is $Ra = 0,63 - 1,25 \mu m$.

Keywords: single pass grinding; finishing; oriented tool; abrasive wheel; cylindrical surface of the shaft.

Fig.: 12. References: 12.

Кальченко Віталій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Vitalii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head road Transport Industry and Mechanical Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: kalchenkovi@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9850-7875>

ResearcherID: G-9477-2014

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

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

Кужельний Ярослав Володимирович – викладач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kuzhelnyi Yaroslav – teacher of the Department of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5269-8557>

ResearcherID: J-1127-2016

Морочко Володимир Вікторович – магістр, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

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

E-mail: itmia@ukr.net