



original article | 621.923 | doi: 10.31210/visnyk2020.04.34

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF GRINDING WITH DIAMOND WHEELS MADE OF NICKEL-COATED DIAMOND POWDERS


H. O. Lapenko


O. V Horbenko

T. H. Lapenko

V. A. Kovtun*

ORCID  [0000-0003-1435-5307](https://orcid.org/0000-0003-1435-5307)

ORCID  [0000-0003-2473-0801](https://orcid.org/0000-0003-2473-0801)

ORCID  [0000-0001-8055-6698](https://orcid.org/0000-0001-8055-6698)

Poltava State Agrarian Academy, 1/3, Skovorody str., Poltava, 36003, Ukraine

*Corresponding author

E-mail: vova.kovtun1@gmail.com

How to Cite

Lapenko, H. O., Horbenko, O. V., Lapenko, T. H., & Kovtun, V. A. (2020). Optimization of parameters of grinding with diamond wheels made of nickel-coated diamond powders. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 267–272. doi: 10.31210/visnyk2020.04.34

The creation of high-performance machines and equipment characterized by high reliability and durability is justified by using new tools, which ensure the necessary accuracy and quality of machines details and equipment at their manufacturing. Tools made of synthetic diamonds meet these requirements most of all. Simultaneously with introducing synthetic diamonds in the industry the question arises concerning their more rational using, first of all, increasing tool-life and the possibility of increasing the productivity of machine processing. Tool durability is mainly determined by the quality of diamond grains and the stability of their fixation. The firmness of retaining diamond content in operating layer can be increased by using adhesive-active bonds or by creating coatings on diamond powders, which have high adhesion to diamond surface and bonds. During the study, the process of grinding and grinding wheels of 12A2 – 45° shape with AC5C 125/100 powder without coating and with H12 nickel coating on BI-13 organic bond, produced by Private Joint-Stock Company “Poltava Artificial Diamond Tool” was investigated. The aim of the research was to optimize the parameters of grinding with nickel-coated diamond powder wheels to ensure high quality and accuracy of details’ machining. Experimental studies were conducted in the laboratories of Poltava State Agrarian Academy and Private Joint-Stock Company “Poltava Artificial Diamond Tool” on 3F71 universal flat-grinding machine. Surface roughness at grinding with nickel-coated and without coating diamond wheels at different modes was determined by using shop shape-meter of model 253. Cutting modes at grinding were chosen in such a way as to ensure high productivity and necessary roughness of the finished surface at the least cost. The wheel speed was chosen maximally permissible because, thus, the productivity increased and machined surface roughness decreased. Having analyzed the obtained data it is possible to make the following conclusions: 1. The conducted studies of grinding wheels of 12A2 – 45° shape with AC5C 125/100 powder with H12 nickel coating on BI-13 organic bond and wheels without nickel coating have shown that the highest grinding coefficient is achieved at 26 m/sec speed of wheel rotation. 2. Investigations were held concerning the effect of coating metallization degree of diamond powders on diamond specific consumption. It has been established that the durability of diamond wheels made with H12 nickel coating in BI - 13 bond is 1.4... 1.7 times higher in comparison with non-metallized diamond powder wheels. 3. Diamond specific consumption is decreased in nickel-coated diamond wheels with increasing metallization degree of the coating. 4. The cost of nickel-coated diamond powder wheels in comparison with uncoated wheels at grinding is decreased by 20 %. 5. The results of experimental studies have shown that nickel-coated diamond wheels manufactured in Private Joint-Stock Company “Poltava

Artificial Diamond Tool” ensure high productivity, durability, high grinding coefficient, and are also less expensive than similar wheels produced abroad.

Key words: *synthetic diamonds, diamond grinding wheel, metallization, nickel coated diamond powders, grinding coefficient, specific diamond consumption.*

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ШЛІФУВАННЯ АЛМАЗНИМИ КРУГАМИ, ВИГОТОВЛЕНИМИ З АЛМАЗНИХ ПОРОШКІВ ІЗ НІКЕЛЕВИМ ПОКРИТТЯМ

Г. О. Лапенко, О. В. Горбенко, Т. Г. Лапенко, В. А. Ковтун

Полтавська державна аграрна академія, м. Полтава, Україна

Створення високопродуктивних машин і обладнання, що відрізняються високою надійністю і довговічністю, обґрунтоване використанням нових інструментів, які забезпечують необхідну точність та якість деталей машин і обладнання при їх виготовленні. Щонайбільше цим вимогам відповідають інструменти, виготовлені із синтетичних алмазів. Одночасно із впровадженням синтетичних алмазів у промисловості постає питання щодо більш раціонального їх використання, насамперед, це підвищення стійкості інструменту та можливості збільшення продуктивності обробки. Стійкість інструменту визначається головно якістю алмазних зерен і стійкістю їх закріплення. Стійкість утримання алмазів у робочому шарі можливо підвищити, використовуючи адгезійно-активні зв'язки або створюючи на порошках алмаза покриттів, що мають високу адгезію до поверхні алмаза та зв'язки. Під час дослідження вивчали процес шліфування та шліфувальні круги форми 12A2 – 45⁰ з порошком AC5C 125/100 без покриття та з нікелевим покриттям H12 на органічній зв'язці VI-13 виробництва ПАТ «Полтавський алмазний інструмент», для оптимізації параметрів шліфування алмазними кругами з покриттям зерен алмазу нікелем для забезпечення високої якості і точності оброблюваних деталей. Експериментальні дослідження проводили в лабораторіях Полтавської державної аграрної академії та на ПАТ «Полтавський алмазний інструмент» на універсальному плоскошліфувальному верстаті ЗГ71. Шорсткість поверхонь при шліфуванні алмазними кругами з покриттям нікелем та без покриття при різних режимах визначали з використанням профілометра цехового модель 253. Режими різання при шліфуванні підбирають так, щоб забезпечити високу продуктивність і задану шорсткість оброблюваної поверхні при найменшій собівартості. Швидкість круга вибирають максимально допустимою, оскільки при цьому збільшується продуктивність і зменшується шорсткість поверхні, що шліфується. Проаналізувавши отримані дані, можна зробити такі висновки: 1. Проведені дослідження шліфувальних кругів 12A2 – 45⁰ з порошком AC5C 125/100 з нікелевим покриттям H12 на органічній зв'язці VI-13 та кругів без нікелевого покриття показали, що найбільший коефіцієнт шліфування досягається при швидкості шліфування 26 м/сек. 2. Були проведені дослідження впливу ступеня металізації покриття алмазних порошків на питомі витрати алмазу. Встановлено, що стійкість алмазних кругів, виготовлених з нікелевим покриттям алмазу H12 в зв'язці з VI-13, в 1,4...1,7 рази вища порівняно з алмазними кругами, виготовленими з алмазних порошків без покриття. 3. Питомі витрати алмаза зменшуються в алмазних кругах з нікелевим покриттям при збільшенні ступеню металізації. 4. Затрати на круги з алмазних порошків з нікелевим покриттям порівняно з кругами з алмазних порошків без покриття при шліфуванні знижуються до 20 %. 5. Результати експериментальних досліджень показали, що алмазні круги з нікелевим покриттям алмазу виробництва ПАТ «Полтавський алмазний інструмент» забезпечують високу працездатність, стійкість та високий коефіцієнт шліфування і при цьому можуть запропонувати вартість, нижчу за імпорتنі аналоги.

Ключові слова: *синтетичні алмази, алмазний шліфувальний круг, металізація, алмазні порошки з нікелевим покриттям, коефіцієнт шліфування, питомі витрати алмазу.*

Вступ

Одним із прогресивних методів чистової обробки деталей є шліфування алмазними кругами [5]. Використання штучних алмазів для виготовлення шліфувальних кругів розширило можливості технологічного процесу шліфування, підвищило продуктивність процесу, забезпечуючи високу якість оброблюваної поверхні.

Ефективність експлуатації алмазно-абразивних кругів визначається витратами на інструмент, які залежать від інтенсивності зносу, а знос кругів безпосередньо впливає на вартість продукції та якість

оброблювальних деталей. Тому вивченню механізму зносу алмазних шліфувальних кругів і визначенню шляхів його зниження присвячені чисельні дослідження [1, 2–4 6–10], більшість з яких носить емпіричний характер і спрямовані на прагматичне розв’язання характерних технологічних завдань.

Одним із факторів підвищення стійкості алмазних шліфувальних кругів та їхньої продуктивності є надійне кріплення алмазного зерна у зв’язці. Ця можливість забезпечується створенням на алмазному зерні металічного покриття з високою адгезією до поверхні алмазу та зв’язки. Таке покриття може бути реалізовано вакуумним напиленням частинок на поверхню алмаза або нанесенням плівок хімічним чи електромагнітним методом [12, 14,15,16] .

Найбільш поширеним покриттям штучного алмазу є нікелеве покриття, яке наноситься хімічним безтоковим методом.

Найважливішими технологічними показниками експлуатаційних властивостей алмазного шліфувального круга є питомі витрати алмаза та коефіцієнт шліфування [17–19].

У цьому дослідженні розглянуто вплив режимів шліфування на експлуатаційні показники алмазних кругів без покриття та алмазних кругів з нікелевим покриттям.

Мета дослідження – оптимізація параметрів шліфування алмазними кругами з покриттям зерен алмазу нікелем для забезпечення високої якості і точності оброблюваних деталей.

Об’єктом дослідження є процес шліфування та шліфувальні круги форми 12A2 – 45⁰ з порошком АС5С 125/100 без покриття та з нікелевим покриттям Н12 на органічній зв’язці ВІ-13 виробництва ПАТ «Полтавський алмазний інструмент».

Методи дослідження передбачають теоретичні та експериментальні дослідження з вибору шліфувального інструменту, обґрунтування режимів шліфування для забезпечення високої точності та високої якості оброблюваної деталі. Експериментальні дослідження проводили в лабораторіях Полтавської державної аграрної академії та на ПАТ «Полтавський алмазний інструмент».

Матеріали і методи досліджень

Експериментальні дослідження проводили в лабораторіях Полтавської державної аграрної академії та на ПАТ «Полтавський алмазний інструмент». Випробування шліфувальних кругів проводили на універсальному плоскошліфувальному верстаті ЗГ71. Шорсткість поверхонь після шліфуванні алмазними кругами з покриттям нікелем та без покриття при різних режимах шліфування визначали профілометр цеховий з цифровим відліком і індуктивним перетворювачем, модель 253.

Під час дослідження були розглянуті основні особливості роботи металізованого алмазного зерна.

На рисунку відображено структуру алмазного зерна. На рис. 1 (а) показано як тримається неметалізоване зерно та при його руйнуванні, що залишається на його місці. А на рис. 1 (б) відображено металізоване зерно та те, що відбувається при руйнуванні.

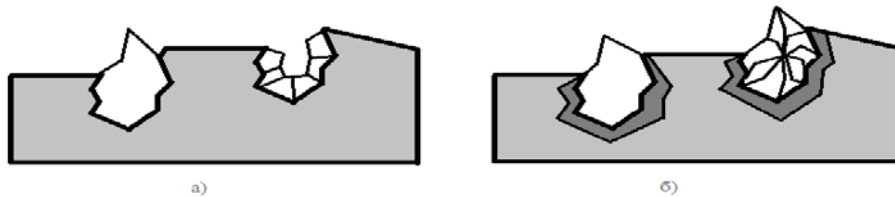


Рис 1. Структура неметалізованого (а) та металізованого (б) алмазного зерна

Для неметалізованого алмазного зерна в разі випадання його чи часткового дроблення і випадання зменшується роботоздатність шліфувального круга.

Металізовані зерна краще утримуються в органічній зв’язці, вірогідність їх випадання значно зменшується і навіть у разі їхнього розколювання зерно утримується в металічній оболонці, виконуючи корисну роботу. За даними ІСМ [1, 11, 13], стійкість алмазних зерен, покритих нікелем, підвищується на 22 %.

Збільшення площі контакту алмазного зерна з нікелевим покриттям зі зв’язкою забезпечує збільшення мікроскопічної шорсткості і покращує взаємозв’язок між алмазом та зв’язкою. До того ж, незважаючи на незначне підвищення потужності шліфування, питомі витрати алмазу знижуються на 40 %, а якість обробленої поверхні зразків не погіршується [11, 19, 20].

Підвищення зносостійкості алмазних кругів з нікелевим покриттям забезпечується як підвищенням твердості покритих алмазних зерен, так і тим, що сили щеплення між металом і смолою вищі, ніж між алмазом і смолою.

Утворення фізико-хімічних зв'язків між матеріалом смоли і матеріалом покриття призводить до того, що випадання алмазних зерен зі зв'язки значно зменшуються.

У процесі шліфування алмазними кругами на органічних зв'язках тепло, яке надходить у неметалізоване зерно алмаза накопичується в ньому і концентрується на межі «зерно-зв'язка». Невисока теплопровідність органічних зв'язок, локальний характер контакту призводить до підвищення температури зв'язки в зоні контакту із зерном алмаза, в результаті чого зв'язка нагрівається до такої температури, при якій змінюються її фізико-механічні властивості і зерно випадає із круга. Нанесення нікелевого покриття на алмаз відводить частину тепла від кристала алмаза, зменшує як загальну температуру, так і температуру на межі покриття-зв'язка, що покращує стійкість шліфувального круга.

Результати досліджень та їх обговорення

Полтавський алмазний завод за участі співробітників кафедри технології та засоби механізації аграрного виробництва провели дослідження впливу покриття порошоків на коефіцієнт шліфування та питомі витрати алмазу при шліфуванні. При дослідженні алмазні порошки відбиралися з однієї партії з метою виключення впливу факторів неоднорідності на роботоздатність кругів.

У центрі шліфування було проведено низку експериментів, направлених на вивчення залежності коефіцієнта шліфування від швидкості обертання круга.

Під час експерименту використовували круги зі штучних алмазів без покриття та з нікелевим покриттям на органічній зв'язці. Режим шліфування такий: глибина різання 0,0025 мкм, поперечна подача 1,5 мм, поздовжня подача 16 м/хв. Колова швидкість круга 20,24,28 і 32 м/с., оброблювальний матеріал Т15К16. Охолодження – водна емульсія, 3 літри/хв. Результати наведено на рис 2.

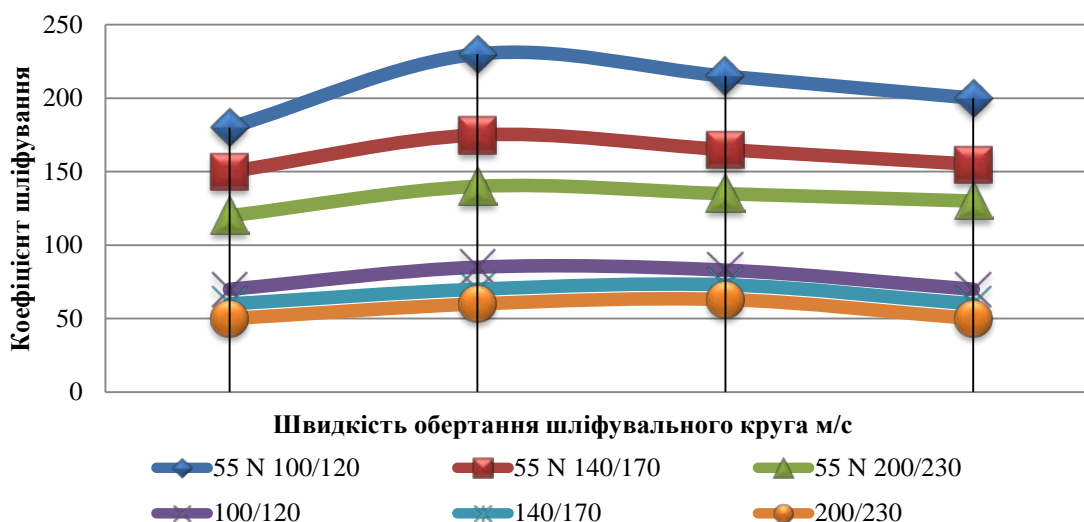


Рис. 2. Залежність коефіцієнта шліфування від швидкості обертання шліфувальних кругів з покритим та непокритим нікелем алмазним зерном

Найвищий коефіцієнт шліфування досягається у кругів з алмазних порошоків з нікелевим покриттям, а найбільш ефективне швидкісне обертання круга є 26 м/с.

Для визначення впливу металізації та питомих витрат алмаза в ході дослідження використовувалися шліфувальні круги форми 12A2 – 45° з порошком АС5С 125/100 без покриття і з нікелевим покриттям Н12 на органічній зв'язці ВІ-13, ступінь металізації покриття був вибраний 25, 50, 75 та 100 %. Режим шліфування був таким: кутова швидкість круга 25 м/с., поперечна подача 1 мм/под.хід., поздовжня подача 10 м/хв., глибина обробки 0,02 мм. Для охолодження використовувалася водна емульсія, 3 літри на хвилину. Матеріал для шліфування Т15К6 та швидкоріжуча сталь Р18. У процесі шліфування такі параметри: знос круга в міліграмах, маса шліфованого твердого сплаву у грамах, питомі витрати круга в міліграмах/см³, шорсткість поверхні Ra, мкм.

Залежність питомих витрат сплаву від ступеню металізації та оброблюваного матеріалу, представленого на рис 3, показує, що стійкість у зв'язці ВІ-13 з алмазним порошком з нікелевим покриттям Н12 в 1,4...1,7 раза вище порівняно з кругами, виготовленими з алмазних порошоків без покриття.

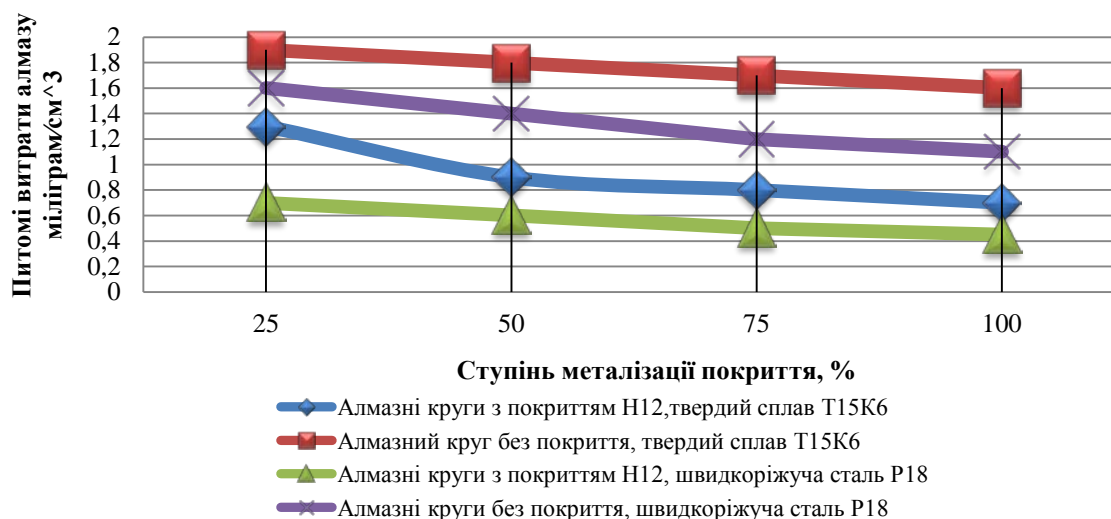


Рис 3. Залежність питомих витрат алмазу від ступеня металізації та оброблювального матеріалу

Результати дослідження показали, що затрати на круги з алмазних порошоків з нікелевим покриттям порівняно з кругами із порошоків без покриття при шліфуванні зменшуються до 20 %.

Висновки

1. Найвищий коефіцієнт шліфування досягається у кругів, виготовлених з алмазних порошоків з нікелевим покриттям, а найбільш ефективне швидкісне обертання круга є 26 м/с.
2. Питомі витрати алмазу зменшуються в алмазних кругах з нікелевим покриттям при збільшенні ступеню металізації покриття.
3. Стійкість алмазних кругів виготовлених з нікелевим покриттям H12 у зв'язці ВІ – 13 в 1,4...1,7 раза вища порівняно з алмазними кругами виготовленими із порошоків без покриття.
4. Спостерігається тенденція зниження затрат на круги із алмазних порошоків з нікелевим покриттям в порівнянні з кругами без покриття.

Перспективи подальших досліджень. Вважаємо доцільним дослідити роботу шліфувальних кругів, виготовлених зі штучних алмазів із нікелевим покриттям для обробки різних видів металів, зокрема твердих сплавів для оптимізації параметрів шліфування та забезпечення роботоздатності шліфувальних кругів.

References

1. Bugakov, V. I. (2005). Termostoykost' almaznykh materialov. *Tsvetnaya Metallurgiya*, 5, 25–28 [In Russian].
2. Boldyrev, I. S. (2013). Opredelenie prochnostnykh harakteristik abrazivnogo zerna v processah shlifovaniya. *Tehnologicheskoe obespechenie mashinostroitelnykh proizvodstv: sbornik trudov I Mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*. Chelyabinsk: Izdatelskij centr YuUrGU [In Russian].
3. Kovtun, V. A., Pavlyk, O. H., & Lapenko, H. O. (2020). Vykorystannia shtuchnykh almaziv dlia obrobky metaliv i vykorystannia instrumentiv z shtuchnykh almaziv dlia obrobky detalei silskohospodarskykh mashyn. *Materialy studentskoi naukovoï konferentsii: Tom II 16–17 kvitnia 2020 rik Poltava* [In Ukrainian].
4. Lavrinenko, V. I., Leshuk, I. V., Smokvina, V. V., Solod, V. Yu., Muzychka, D. G., & Orlenko, S. A. (2012). Osobennosti formirovaniya sherohovatosti obrabotannoj poverhnosti pri mnogoprohodnomi glubinnom torcovom shlifovanii krugami iz STM s ispolzovaniem opornykh elementov v vide kompaktoy iz KNB. *Sovremennye problemy proizvodstva i remonta v promyshlennosti i na transporte: Materialy 12-go Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminarâ (20–24 fevralya 2012 g., Svalyava)*. Kiev: ATM Ukrainy [In Ukrainian].

5. Lapenko, H. O., Lapenko, T. H., & Kovtun, V. A. (2020). Pidvyshchennia stiikosti ta produktyvnosti almaznykh shlifovalnykh kruhiv. *Zbirnyk materialiv konferentsii. V Vseukrainska naukovo-praktychna internet-konferentsiia* [In Ukrainian].
6. Lapenko, H. O., Lapenko, T. H., & Kuzmenko, O. I. (2019). Optimizaciya tehnologichnogo procesu honinguvannya blokiv cilindriv, avtotraktornih dviguniv almaznimi bruskami. *Visnik Harkivskogo Nacionalnogo Tehnichnogo Universitetu Silskogo Gospodarstva imeni Petra Vasilenka*, 99, 223–228 [In Ukrainian].
7. Lapenko, H. O., Lapenko, T. H., & Kovtun, V. A. (2020). Pidvyshchennia stiikosti ta produktyvnosti almaznykh shlifovalnykh kruhiv. *Zbirnyk materialiv konferentsii. V Vseukrainska naukovo-praktychna internet-konferentsiia*. Poltava [In Ukrainian].
8. Opalchuk, A. S. (Red.). (2013). *Materialoznavstvo i tekhnologii konstruktivnykh materialiv*. Nizhyn: PP Lysenko M. M. [In Ukrainian].
9. Pravdik, M. V. (2010). Problema povysheniya proizvoditelnosti pri shlifovanii i metody ee resheniya. *Instrument i Tehnologii*, 28 (2), 67–72 [In Russian].
10. Gubarev, Yu. M., & Kremen, Z. I. (2011). Sovremennoe oborudovanie, instrument i tehnologii abrazivnoj obrabotki. *Instrument i Tehnologii*, 33 (3), 15–21 72 [In Russian].
11. Mamalis, A. G. (2012). Principles of 3D modelling of the production and application of diamond composite materials. *Nanotechnology Perceptions*, 8 (2), 132–138. doi: 10.4024/n04ma12a.ntp.08.02
12. *Sverhtverdye materialy. Poluchenie i primenenie: monografiya v 6 tomah*. (2003–2007). Kiev: I PC «AL KON» NANU [In Ukrainian].
13. Harsiia, E., Meres, D., Pombo, I., Sanches, J.-A., & Dubar, L. (2014). Dodatkovy trybometry dlia analizu kontaktnykh yavlyshchu shlifuvanni. *Zhurnal Tekhnologii Obrobky Materialiv*, 214, 1787–1797 [In Ukrainian].
14. Holeus, V. I., & Karasyk, O. V. (2016). *Matematychni modeliuvannia ta optymizatsiia obiektiv khimichnykh tekhnologii tuhoplavkykh nemetalevykh i sylikatnykh materialiv: navch. posibnyk*. Dnipropetrovsk: Litohraf [In Ukrainian].
15. Zhanha, Yu. L., Hea, P. K., Bia, V. B., Zhanha, L., Vanha, D. Kh., & Zhanha, Yu. (2013). 2D / 3D modeliuvannia topografii poverkhni z urakhuvanniam pereviazky ta efekty znoshuvannia v protsesi shlifuvannia. *Mizhnarodnyi Zhurnal Verstativ ta Vyrobnystva*, 74, 29–40 [In Ukrainian].
16. Grabchenko, A. I., Dobroskok, V. L., V., & Fedorovich, A. (2006). *3D modelirovanie almazno-abrazivnykh instrumentov i processov shlifovaniya*. Harkiv: NTU «HPI» [In Ukrainian].
17. Mao, K., San, Yu., Blois, A., & Donh, Kh. (2010). Vplyv poverkhnevoho pokryttia na kontaktni napruhy ta znos: pidkhidproektuvannia ta modeliuvannia poverkhnevoi inzhenerii. *Poverkhnia Tekhnika*, 26 (1–2), 142–148 [In Ukrainian].
18. Rudrapati, R. P., & Bandopadkhiai, K. A. (2012). Modeliuvannia shorstkosti poverkhni pry tsylindrychnomu shlifuvanni. *Mizhnarodnyi Zhurnal Mekhanichnoi Obrobky ta Obrobliuvanist Materialiv*, 12, 28–36 [In Ukrainian].
19. Tanh, Dzh., Du, Dzh., & Chen, Yu. (2009). Modeliuvannia ta eksperymentalne vyvchennia zusyl shlifuvannia v poverkhni shlifuvannia. *Zhurnal Tekhnologii Obrobky Materialiv*, 209, 2847–2854 [In Ukrainian].
20. Li, X. (2010). Modeling and simulation of grinding processes based on a virtual wheel model and microscopic interaction analysis. *Candidate's thesis*. Worcester.

Стаття надійшла до редакції 01.10.2020 р.

Бібліографічний опис для цитування:

Лапенко Г. О., Горбенко О. В., Лапенко Т. Г., Ковтун В. А. Оптимізація параметрів шліфування алмазними кругами, виготовленими з алмазних порошків із нікелевим покриттям. *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. С. 267–272.

© Лапенко Григорій Олександрович, Горбенко Олександр Вікторович,
Лапенко Тарас Григорович, Ковтун Володимир Анатолійович, 2020