РОЗДІЛ ІІ. ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОТРАНСПОРТУ

УДК 621.923.42
DOI: 10.25140/2411-5363-2017-2(8)-29-39

Віталій Кальченко, Олег Деркач, Ярослав Кужельний

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ОДИНИЧНИМ АБРАЗИВНИМ ЗЕРНОМ ПРИ КРУГЛОМУ ГЛИБИННОМУ ШЛІФУВАННІ

Актуальність теми дослідження. *Якість та точність поверхневого шару деталі, в першу чергу, визначається параметрами операції шліфування. Процес різання, під час шліфування, виконується не всіма ріжучими зернами робочої поверхні абразивного круга, а тільки тими, що знаходяться над зв'язкою. На ефективність процесу шліфування впливають не тільки ріжучі кромки абразивних зерен, а також і деформуючі.*

Постановка проблеми. *Фінішні операції, в тому числі і шліфування, являють собою досить складний нестаціонарний, теплонапружений процес. 3D моделювання процесу різання одиничним абразивним зерном дає змогу детально дослідити даний процес та підвищити ефективність фінішної обробки деталей.*

Аналіз останніх досліджень та публікацій. *В останніх дослідженнях було розглянуто методику визначення складових сил різання під час шліфування зі схрещеними осями інструменту та деталі, спосіб глибинного однопрохідного шліфування зі схрещеними осями інструменту та деталі. Розглянуто методологічні аспекти моделювання процесів різання методом скінченних елементів.*

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. *Відсутність моделювання та дослідження процесу різання одиничним абразивним зерном при круглому глибинному шліфуванні.*

Постановка завдання. *Метою цієї роботи є моделювання процесу різання одиничним абразивним зерном при круглому глибинному шліфуванні.*

Викладення основного матеріалу. *Перед початком процесу різання абразивними зернами, відбувається доволі довготривале ковзання ріжучої кромки в місці контакту. Це ковзання супроводжується пластичною деформацією металу, що відбувається без зняття стружки. Використовуючи відповідне програмне обладнання, можливо створити 3D модель процесу різання одиничним абразивним зерном та визначити сили різання на даному зерні абразивного інструменту.*

Висновки відповідно до статті. *Вперше було створено 3D модель процесу різання одиничним абразивним зерном під час круглого глибинного шліфування та розглянуто сили різання у відповідних точках абразивного зерна. Дану модель можна використовувати для дослідження процесу різання торцем, перехідною кромкою та периферією шліфувального круга.*

Ключові слова: *процес шліфування; 3D-модель різання; абразивне зерно; схема різання; пляма контакту.*

Постановка проблеми. Фінішні операції, в тому числі і шліфування, являють собою досить складний нестаціонарний, теплонапружений процес. Складність дослідження процесу різання під час шліфування полягає у імовірнісному розташуванні абразивних зерен. Таке розташування призводить до того, що певна частина роботи ріжучих країв буде витрачатися на деформування деталі, а інша на різання.

3D-моделювання процесу різання одиничним абразивним зерном дає змогу детально дослідити цей процес та підвищити ефективність фінішної обробки деталей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі [11] розглянуто процес різання одиничним абразивним зерном, проте не було детального дослідження впливу деформуючих зерен під час шліфування. У роботах [7; 13] були розглянуті методики визначення складових сил різання під час шліфування зі схрещеними осями інструменту та деталі. Однак у цих роботах не було досліджено вплив процесу пружної деформації деталі під час шліфування.

У роботі [6] було розроблено новий спосіб глибинного однопрохідного шліфування зі схрещеними осями інструменту та деталі, а також математична модель процесу. Проте не було враховано впливу деформуючих і ріжучих країв абразивних зерен під час різання.

У монографії Д. В. Криворучко [8] було розглянуто методологічні аспекти моделювання процесів різання, використовуючи метод скінченних елементів [4]. Проте не було досліджено процес різання одиничним абразивним зерном.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Відсутність моделювання та дослідження процесу різання одиничним абразивним зерном при круглому глибинному шліфуванні.

© Кальченко В. І., Деркач О. Л., Кужельний Я. В., 2017

Мета статті. Головною метою цієї роботи є моделювання процесу різання одиничним абразивним зерном при круглому глибинному шліфуванні. Це дозволить детальніше дослідити процеси, що відбуваються під час шліфування, що у свою чергу впливають на якість обробленої деталі.

Виклад основного матеріалу. Процеси, що відбуваються під час різання, досліджували багато вчених: О. В. Якимов, Ф. В. Новіков, Ю. А. Сизий та інші. У роботі [5] було проведено аналіз робіт вищезгаданих авторів та запропоновано сучасні методи дослідження процесу різання. Також вивченню процесів, що відбуваються під час шліфування, було присвячено велика кількість робіт [1; 2; 3; 9; 10; 14].

Згідно з [11] під час шліфування процес різання виконується не всіма ріжучими кромками робочої поверхні абразивного круга, а тільки тими, що знаходяться над зв'язкою. Проте із числа ріжучих країв, що контактують з поверхнею деталі, стружку знімають тільки ті, які мають найбільш придатну форму вершин та необхідну глибину врізання в матеріал деталі.

Перед початком процесу різання абразивними зернами відбувається доволі довготривале ковзання ріжучої кромки в місці контакту. Це ковзання супроводжується пластичною деформацією металу. Інші ріжучі краї в цей час виконують роботу тертя і пружної та пластичної деформації, що відбувається без зняття стружки. Для визначення моменту, коли закінчується пластична деформація і починається зняття стружки, існує критерій, який є відношенням глибини врізання до радіусу заокруглення вершини ріжучого краю (a_z / ρ). Тому на якість і точність поверхні деталі впливає не лише процес різання, а й пластичуне деформування металу.

Робота кожної ріжучого краю, під час процесу шліфування, витрачається на пластичне і пружне деформування, тертя між абразивним зерном та матеріалом деталі і на подолання інерційних сил, що виникають під час утворення стружки. Згідно з [11], схема утворення стружки при шліфуванні зображена на рис. 1.

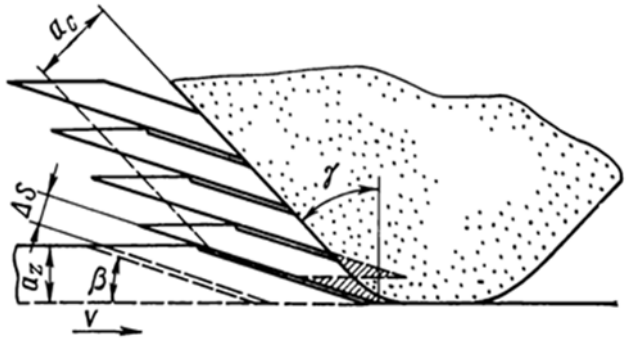

Рис. 1. Схема утворення стружки при шліфуванні:

β – кут зсуву; γ – передній кут ріжучої кромки; a_c – товщина стружки; a_z – глибина врізання; V – швидкість різання; ΔS – товщина зони зсуву

Джерело: [11].

Також у роботі [11] було розглянуто, що при визначенні сили різання, яка діє на кожне абразивне зерно, зазвичай розглядають врівноважений стан її складових, враховуючи вплив кожної складової у процесі шліфування. Під час зняття стружки вершиною абразивного зерна, діють сили стиснення і зсуву в площині зсуву, тертя і нормального тиску по задній поверхні ріжучого краю та інерційна сила стружки. Ці складові сили різання зображені у вигляді кругових діаграм (рис. 2).

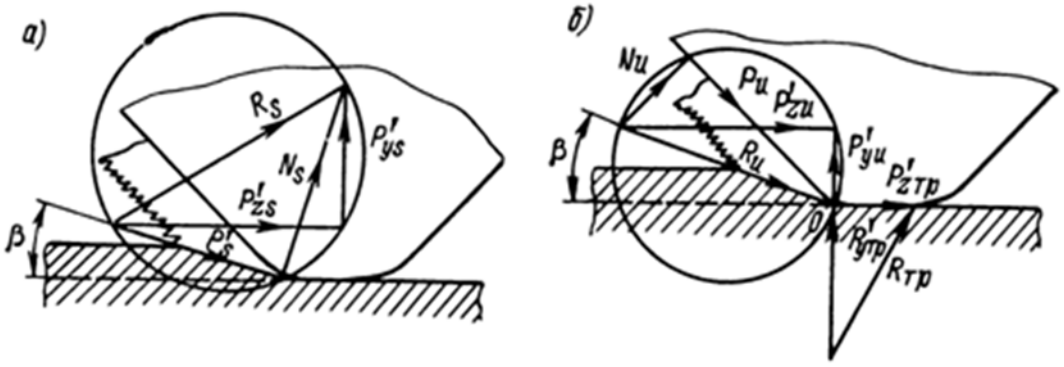

Рис. 2. Кругові діаграми сил зсуву (а), сил інерції та тертя (б), які діють при мікрорізанні одиничним абразивним зерном: P'_s – сила зсуву; P'_{zs} – тангенційна складова сили зсуву; P'_{ys} – радіальна складова сили зсуву; N_s – нормальна сила в площині зсуву; R_s – рівнодійна сили зсуву; $R_{тр}$ – сила тертя; $P'_{y\,тр}$ – радіальна складова сили тертя; $P'_{z\,тр}$ – тангенційна складова сили тертя; P_u – сила інерції; P'_{zu} – тангенційна складова сили інерції; P'_{yu} – радіальна складова сили інерції; R_u – рівнодійна сили інерції; N_u – нормальна складова сили інерції

Джерело: [11].

Шліфована поверхня деталі являє собою сукупність шліфованих рисок. Ці риски утворюються вершинами абразивних зерен (рис. 3).

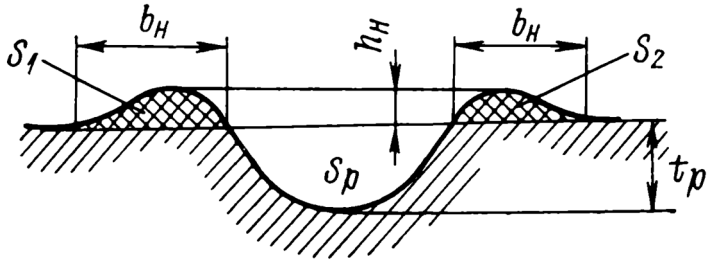

Рис. 3. Поперечний профіль шліфувальної риски із напливами: S_1, S_2 – площа напливів; S_p – площа риски; $b_н$ – ширина напливів; $h_н$ – висота напливу; t_p – глибина шліфувальної риски.

Джерело: [11].

Згідно з [11], кількість ріжучих кромок можна визначити, використовуючи закон β-розподілу.

Інтегральна функція β-розподілу (1):

$$F(x',\gamma,\eta)=\begin{cases}0 \text{ при } x\le 0,\\ \dfrac{\Gamma(\gamma+\eta)}{\Gamma(\gamma)\,\Gamma(\eta)}\displaystyle\int_0^x t^{\gamma-1}(1-t)^{\eta-1}dt \text{ при } 0\le x\le 1,\\ 1 \text{ при } x\ge 1.\end{cases} \quad (1)$$

де γ,η – параметри β-розподілу, що визначаються із рівняння (2) і (3).

$$\eta=\left(\frac{1-\bar{x}}{s^2}\right)\left[\bar{x}(1-\bar{x})-s^2\right], \quad (2)$$

$$\gamma=\frac{\bar{x}\,\eta}{(1-\bar{x})}, \quad (3)$$

де $\bar{x}$ – середньоарифметичне значення;

s^2 – оцінка дисперсії.

Знаючи параметри γ і η β-розподілу для відповідних характеристик шліфувальних кругів та використовуючи вираз інтегральної функції розподілу, можна визначити число ріжучих країв N_z на заданому рівні і які приходяться на одиницю довжини робочої поверхні круга, за рівнянням (4):

$$N_z = N_n A \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{(\eta-1)!}{(\eta-1-n)!\,n!} \frac{x^{n+\gamma}}{n+\gamma}. \tag{4}$$

Схема глибинного круглого шліфування зі схрещеними осями інструмента та деталі зображена на рис. 4.

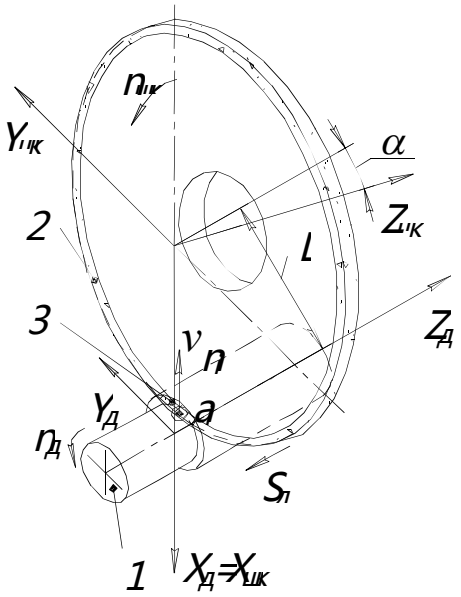

Рис. 4. Схема глибинного круглого шліфування зі схрещеними осями інструмента та деталі: 1 – деталь; 2 – інструмент; 3 – пляма контакту між інструментом і деталлю.
Джерело: [7].

У роботі [7] було визначено пляму контакту, сумарні нормальні $P_{n_{ріж}}, P_{n_{деф}}$ і тангенційні $P_{\tau_{ріж}}, P_{\tau_{деф}}$ складові сили різання по всьому профілю шліфувального круга в межах плями контакту, враховуючи величини нормальної швидкості vn , радіусів округлення ρ ріжучих і деформуючих країв, за рівняннями (5–8):

$$P\tau_{реж}(\nu_n) = \left| \begin{array}{l} \rho_3 \leftarrow \rho_{\min}\left(a_z(\nu_n), \nu_ш\right) \\ P \leftarrow \min\left(\rho_3, \rho_{\max}\right) \\ N_n \cdot \int_0^{\frac{P}{\rho_{\max}}} \int_0^{\frac{a_z(\nu_n)-a_{z_{\min}}(\rho\cdot\rho_{\max},\nu_ш)}{hn}} f_N(z)\cdot f_\rho(\rho)\cdot P\tau\left(a_z(\nu_n)-z\cdot h_n, \rho\cdot\rho_{\max}\right)dz\cdot d\rho, \end{array} \right. \tag{5}$$

$$P_{n_{реж}}(\nu_n) = \left| \begin{array}{l} \rho_3 \leftarrow \rho_{\min}\left(a_z(\nu_n), \nu_ш\right) \\ P \leftarrow \min\left(\rho_3, \rho_{\max}\right) \\ N_n \cdot \int_0^{\frac{P}{\rho_{\max}}} \int_0^{\frac{a_z(\nu_n)-a_{z_{\min}}(\rho\cdot\rho_{\max},\nu_ш)}{hn}} f_N(z)\cdot f_\rho(\rho)\cdot Pn\left(a_z(\nu_n)-z\cdot h_n, \rho\cdot\rho_{\max}\right)dz\cdot d\rho, \end{array} \right. \tag{6}$$

$$P_{\tau_{деф}}(\nu_n) = \left| \begin{array}{l} a_1 \leftarrow a_z(\nu_n) - a_{z_{\min}}(\rho_{\max}, \nu_ш) \\ Z \leftarrow \max(a_1, 0) \\ N_n \cdot \int_{\frac{Z}{h_n}}^{\frac{a_z(\nu_n)}{h_n}} \int_{\frac{\rho_{\min}(a_z(\nu_n)-z\cdot h_n, \nu_ш)}{\rho_{\max}}}^{1} f_N(z)\cdot f_\rho(\rho)\cdot P_\tau(a_z(\nu_n)-z\cdot h_n, \rho\cdot\rho_{\max})\,d\rho\cdot dz, \end{array} \right. \quad (7)$$

$$P_{n_{деф}}(\nu_n) = \left| \begin{array}{l} a_1 \leftarrow a_z(\nu_n) - a_{z_{\min}}(\rho_{\max}, V_ш) \\ Z \leftarrow \max(a_1, 0) \\ N_n \cdot \int_{\frac{Z}{h_n}}^{\frac{a_z(\nu_n)}{h_n}} \int_{\frac{\rho_{\min}(a_z(\nu_n)-z\cdot h_n, \nu_ш)}{\rho_{\max}}}^{1} f_N(z)\cdot f_\rho(\rho)\cdot P_n(a_z(\nu_n)-z\cdot h_n, \rho\cdot\rho_{\max})\,d\rho\cdot dz. \end{array} \right. \quad (8)$$

Для створення 3D-моделі процесу різання одиничним абразивним зерном, було застосовано універсальне програмне забезпечення ABAQUS 6.12-1.

Матеріалом деталі була вибрана Сталь 45, а як абразивний інструмент – Електрокорунд білий. Характеристика матеріалів наведена в таблиці 1 і 2.

Таблиця 1

Характеристики Сталі 45 (при температурі 20 °С)

Густина, кг/м³	Модуль Юнга, МПа	Коефіцієнт Пуассона	Межа текучості σт, МПа	Межа міцності σв, МПа
7826	$2\cdot10^5$	0,26	430	463

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості абразивного матеріалу

Маркування	Густина, г/см³	Мікротвердість, ГПа	Теплостійкість, °С	Механічна міцність, Н	Абразивна здатність, г
25А	3,90 –3,95	19,6 – 20,9	1700 – 1800	8,8 – 10,4	0,040 – 0,051

Джерело: [12].

У ролі вхідних даних було прийнято: передній кут ріжучого краю зерна $\gamma = -30°$, радіус заокруглення вершини ріжучої кромки $\rho = 5$ мкм, глибина врізання $a_z = 0{,}02$ мм.

Для створення відповідної фізичної моделі процесу різання, були прийняті такі коефіцієнті визначального рівняння та рівняння пластичності (для Сталі 45) [8], що наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти визначального рівняння та рівняння пластичності

A	B	n	C	m	D1	D2	D3	D4	D5
410	280	0,47	0,0037	1,1	0	1,3	-0,17	0,063	2,8

Результат моделювання зображено на рис. 5.

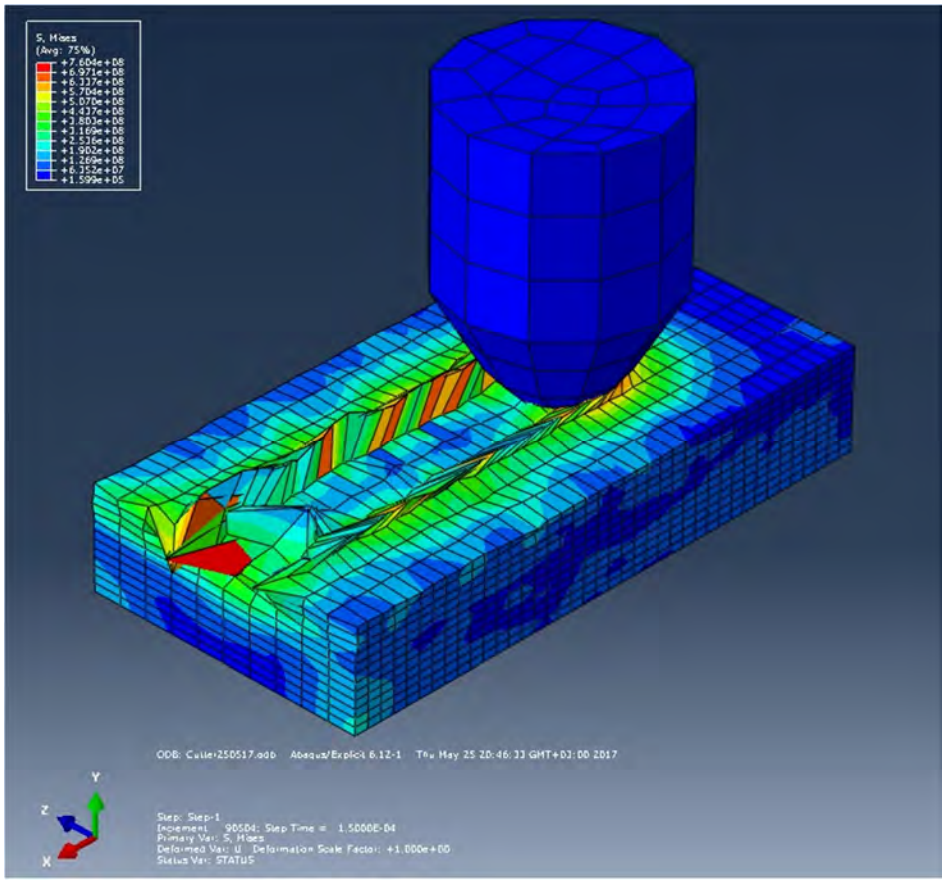

Рис. 5. 3D-модель процесу різання одиничним абразивним зерном

Точки, в яких визначались сили різання, зображені на рис. 6.

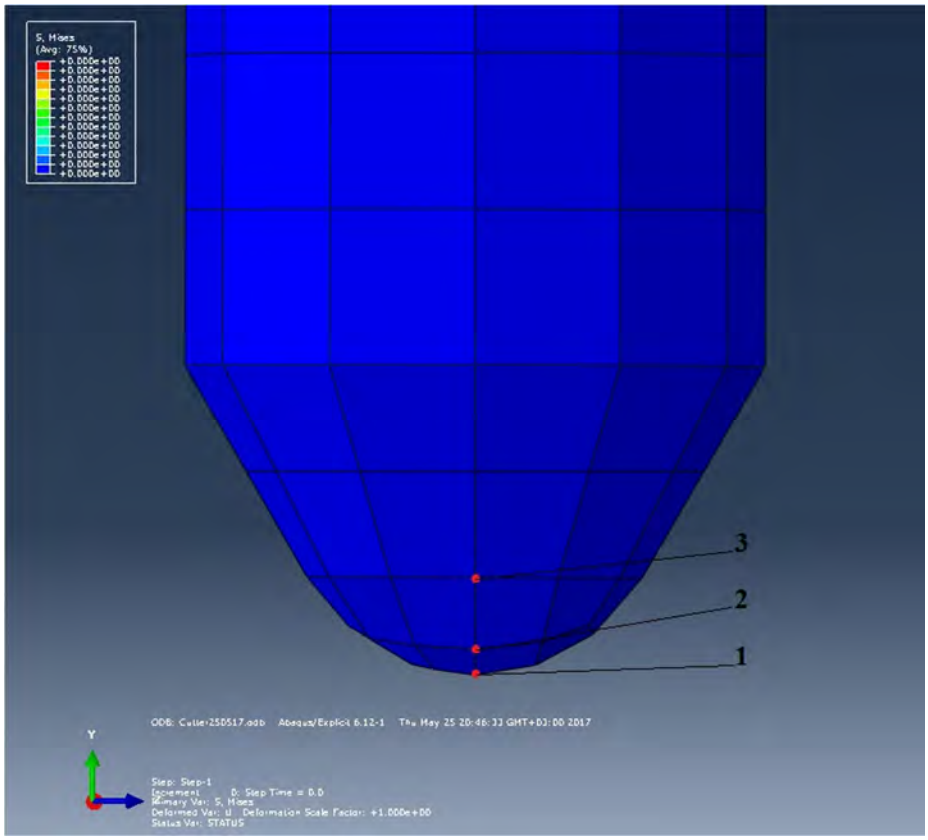

Рис. 6. Точки, в яких визначались сили різання

Для визначення сили різання у відповідних точках ріжучого зерна було використано результати 3D-моделювання.

Для точки 1 абразивного зерна величина сили різання зображена на рис. 7.

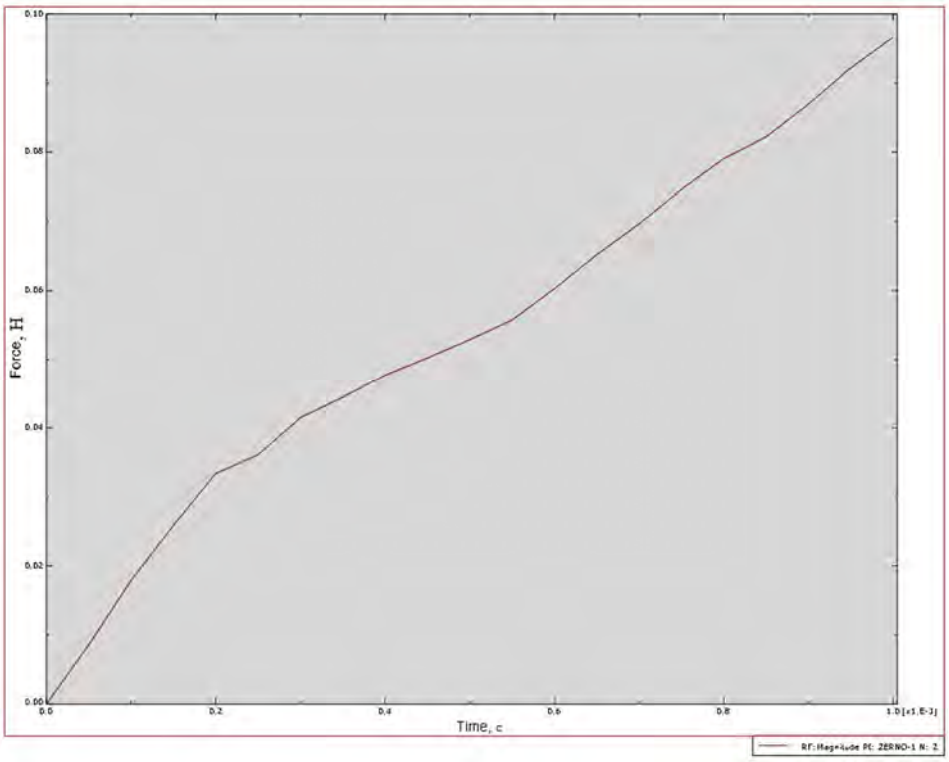

Рис. 7. Залежність часу від сили різання абразивного зерна в точці 1

Величина сили різання абразивного зерна в точці 2 зображена на рис. 8.

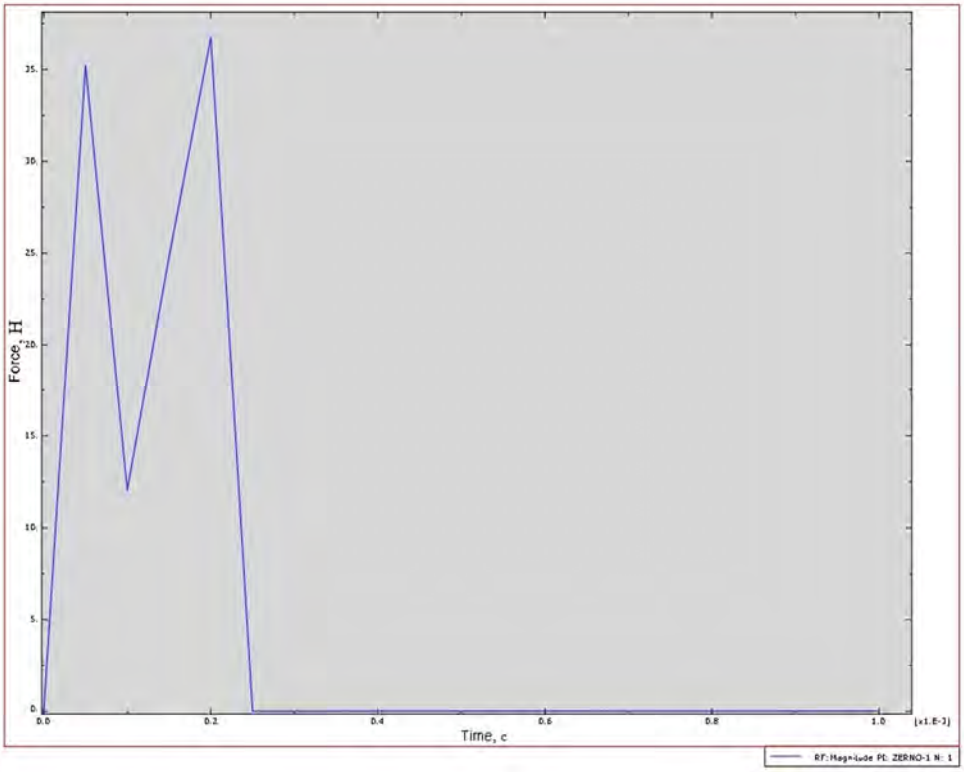

Рис. 8. Залежність часу від сили різання абразивного зерна в точці 2

Величина сили різання абразивного зерна в точці 3, зображена на рис. 9.

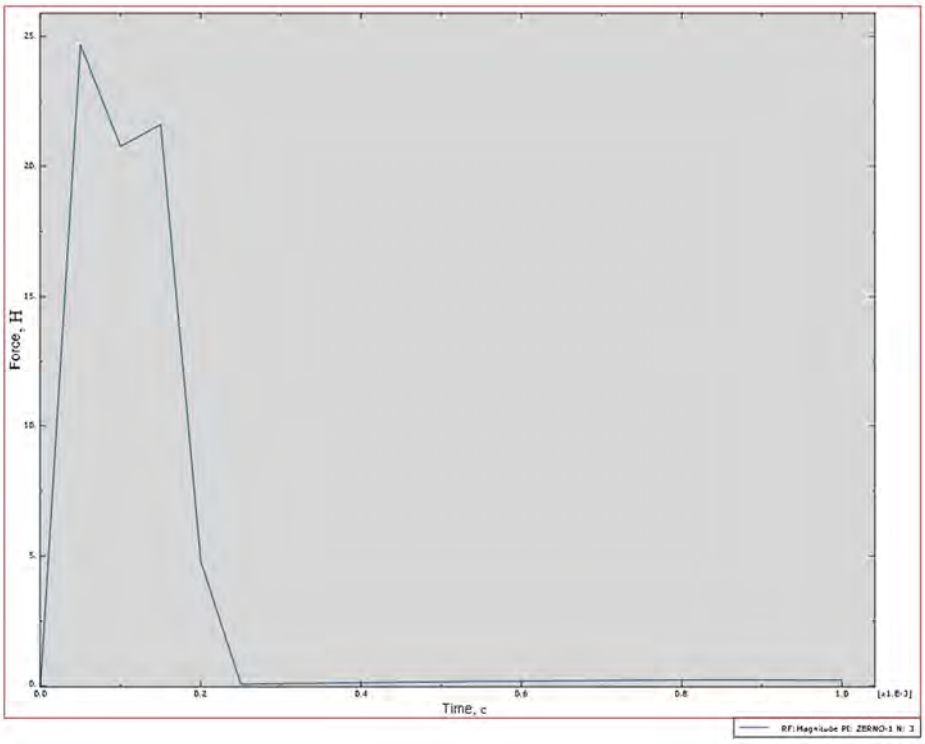

Рис. 9. Залежність часу від сили різання абразивного зерна в точці 3

Висновки і пропозиції. Вперше було створено 3D-модель процесу різання одиничним абразивним зерном під час круглого глибинного шліфування та розглянуто сили різання у відповідних точках абразивного зерна. Цю модель можна використовувати для дослідження процесу різання торцем, перехідним краєм та периферією шліфувального круга.

Використовуючи вищезгадані залежності (рис. 7, 8, 9), можна зробити висновок, що в точках 3 і 2 буде відбуватися процес різання деталі, а точка 1 виконує роботу тертя та деформування без різання.

У майбутньому ця модель буде використовуватись для визначення впливу сумарної сили різання та деформації на процес шліфування.

Список використаних джерел

1. *Бабенко Е. А.* 3D моделирование процесса алмазного шлифования методом конечных элементов / Е. А. Бабенко, В. А. Федорович // Международный научно-технический сборник «Резание и инструмент в технологических системах». – 2010. – № 78. – С. 16–23.

2. *Грабченко А. И.* 3D-моделирование алмазно-абразивных инструментов и процессов шлифования : учебное пособие / А. И. Грабченко, В. Л. Доброскок, В. А. Федорович. – Х. : НТУ «ХПИ», 2006. – 364 с.

3. *Грабченко А. И.* Шлифование со скрещивающимися осями инструмента и детали : монография / А. И. Грабченко, В. И. Кальченко, В. В. Кальченко. – Чернигов : ЧДТУ, 2009. – 256 с.

4. *Дубенець В. Г.* Основи методу скінченних елементів : навч. посіб. / В. Г. Дубенець, В. В. Хільчевський, О. В. Савченко. – Чернігів : ЧДТУ, 2007. – 348 с.

5. *Кальченко В.* Аналіз методів дослідження теплонапруженості під час процесу шліфування / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, Я. В. Кужельний // Технічні науки та технології. – 2016. – № 3 (5). – С. 43–50.

6. *Кальченко В. І.* Глибинне кругле шліфування зі схрещеними осями деталі і круга / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, М. А. Дмитренко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2009. – № 37. – С .64–72.

7. *Кальченко В. И.* Определение составляющих силы резания при глубинном шлифовании поверхностей вращения ориентированным эльборовым кругом / В. И. Кальченко, Н. Н. Погиба,

Д. В. Кальченко // Сверхтвердые материалы. – К. : Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2012. – № 2 (196). – С. 58–73.

8. *Криворучко Д. В.* Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы : монография / Д. В. Криворучко, В. А. Залога. – Сумы : Университетская книга, 2012. – 496 с.

9. *Методология* 3D моделирования процессов обработки труднообрабатываемых материалов / Д. В. Федоренко, В. А. Федорович, В. А. Залога, И. Н. Пыжов, Д. В. Криворучко // Сучасні технології в машинобудуванні. – 2016. – № 11. – С. 208–232.

10. *Теоретичне* та експериментальне дослідження процесу зняття припуску, зносу круга, точності формоутворення та теплонапруженості під час шліфування циліндричних та ступінчатих валів зі схрещеними осями деталі та круга / В. І. Кальченко, В. В. Кальченко, А. М. Єрошенко, Н. М Сіра // Технічні науки та технології. – 2016. – № 4 (6). – С. 35–43.

11. *Филимонов Л. Н.* Высокоскоростное шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л. : Машиностроение, 1979. – 248 с.

12. *Филимонов Л. Н.* Плоское шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л. : Машиностроение, 1985. – 109 с.

13. *Kalchenko V.* Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece / Volodimyr Kalchenko, Andrij Yeroshenko, Sergiy Boyko, Nataliia Sira // Acta mechanica et automatica. – 2017. – №1 (11). – Pp. 58–63.

14. *Theoretical* analysis of the contact area between grinding wheel surface and workpiece in flat face grinding with spindle axis inclination / N. Kryukova, J. Kundráka, V. Fedorovich, I. Pyzhov, A. P. Markopoulosc, V. Klimenkod // Manufacturing Technology. – 2017. – № 7 (2). – Pp. 203–210.

References

1. Babenko, E.A., Fedorovych, V.A. (2010). 3D modelirovanie protsessa almaznogo shlifovaniia metodom konechnykh elementov [3D modeling of the diamond grinding process by the finite element method]. *Mezhdunarodnyi nauchno-tekhnicheskii sbornik* "*Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh*" – International scientific and technical collection "Cutting and tools in technological systems", no. 78, pp. 16–23 (in Ukrainian).

2. Grabchenko, A. I., Dobroskok, V. L., Fedorovych V. A. (2006). *3D-modelirovanie almazno-abrazivnykh instrumentov i protsessov shlifovaniia [3D-modeling of diamond-abrasive tools and grinding processes]*. Kharkov, NTU «CHPI», (in Russian).

3. Grabchenko, A.I., Kalchenko, V.I. & Kalchenko, V.V. (2009). *Shlifovanie so skreshhivaiushchimisia osiami instrumenta i detail [Grinding with crossed axes of tool and workpiece]*. Chernigov: ChDTU (in Russian).

4. Dubenets, V.H., Khilchevskyi, V.V., Savchenko, O.V. (2007). *Osnovy metodu skinchennykh elementiv [Fundamentals of finite element method]*. Chernihiv: ChDTU (in Ukrainian).

5. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V. & Kuzhelnyi, Y. V. (2016). Analiz metodiv doslidzhennia teplonapruzhenosti pid chas protsesu shlifuvannia [Analysis methods of research thermal stress during the grinding process]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, no. 3(5), pp. 43–50 (in Ukrainian).

6. Kalchenko, V.I., Kalchenko, V.V. & Dmy`trenko, M.A. (2009). Glybynne kruhle shlifuvannia zi shreshhenymy osiamy detali i kruha [Deep cylindrical grinding with crossed axes and circle details]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tehnolohichnoho universytetu – Visnyk of Chernihiv State Technological University,* no. 37, pp. 64–72 (in Ukrainian).

7. Kalchenko, V.I., Pogiba, N.N. & Kalchenko, D.V. (2012). Opredelenie sostavliaiushchikh sily rezaniia pri glubinnom shlifovanii poverkhnostei vrashcheniia orientirovannym elborovym krugom [Determining cutting forces components in deep grinding of revolution surfaces oriented el'bor wheel]. *Sverkhtverdye materialy – Journal of Superhard Materials,* no. 2 (196), pp. 58–73 (in Ukrainian).

8. Kryvoruchko, D.V., Zaloha, V.A. (2012). *Modelirovanie protsessov rezaniia metodom konechnukh elementov: metodologicheskie osnovu [Simulation of the cutting process using finite element method: methodological bases]*. Sumu: Unyversytetskaia knyha (in Ukrainian).

9. Fedorenko, D.V., Fedorovych, V.A., Zaloha, V.A., Pizhov , I.N., Kryvoruchko, D.V.(2016). Metodologiia 3D modelirovaniia protsessov obrabotki trudnoobrabatyvaemykh materialov [Method-

ology of 3D processing modeling of hard-to-process material]. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni – Modern technologies in engineering,* no.11, pp. 208–232 (in Ukrainian).

10. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., Yeroshenko, A. M., Sira N. M (2016). Teoretychne ta eksperymentalne doslidzhennia protsesu zniattia prypusku, znosu kruha, tochnosti formoutvorennia ta teplonapruzhenosti pid chas shlifuvannia tsylindrychnykh ta stupinchatykh valiv zi skhreshchenymy osiamy detali ta kruha [Theoretical and experimental investigations process stock removal, wheel wear, forming accuracy and thermal voltage at grinding of cylindrical and stepped shafts with crossed axes of part and wheel]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies,* no. 4(6), pp. 35–43 (in Ukrainian).

11. Filimonov, L.N. (1979). *Vusokoskorostnoe shlifovanie [High-speed grinding]*. Leningrad: Mashinostroenie (in Russian).

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

13. Kalchenko, V.V., Yeroshenko, A.M, Boyko, S.V., Sira, N.M.(2017). Determination of cutting forces in grinding with crossed axes of tool and workpiece. *Acta mechanica et automatica*, vol. 1, no. 11, pp 58-63.

14. Kryukova, N. J., Kundráka J., Fedorovich V., Pyzhov I., Markopoulosc A.P., Klimenkod V. (2017*)*. Theoretical analysis of the contact area between grinding wheel surface and workpiece in flat face grinding with spindle axis inclination. *Manufacturing Technology*. no. 7 (2), pp. 203–210.

Vitalii Kalchenko, Oleh Derkach, Yaroslav Kuzhelnyi

MODELING OF THE CUTTING PROCESS BY SINGLE ABRASIVE GRAIN AT ROUND DEEP GRINDING

Urgency of the research. *The quality and accuracy layers surface of the part, in the first place, is determined by the parameters of the grinding operation. The cutting process, at grinding, is not performed by all the cutting grains of the working surface of the abrasive wheel, but only by those that are above the bunch. The effectiveness of the grinding process influences not only the cutting edge of abrasive grains, as well as wrought.*

Target setting. *Finishing operations including grindings, are rather difficult non-stationary, thermal stress process. 3D modeling of cutting process of single abrasive grain allows investigating in detail the process and increase efficiency finishing details.*

Actual scientific researches and issues analysis. *In the last researches was considered the method of determining the components of the cutting forces during grinding with crossed axes tool and details, method of deep single-pass grinding with the crossed axes tool and detail. Considered a methodological aspects of modeling cutting processes by method of final elements.*

Uninvestigated parts of general matters defining. *Absence of design and research of cutting process by single abrasive grain at round deep grinding.*

The research objective. *The purpose of this work is modeling of cutting process by single abrasive grain at round deep grinding.*

The statement of basic materials. *Before beginning cutting process of abrasive grains a fairly long slip sliding of the cutting edge in the place of contact. This sliding is followed by plastic deformation of metal which occurs without shaving removal. Using appropriate software equipment may create a 3D model of cutting process single abrasive grain and determine the cutting force on this grain of abrasive tools.*

Conclusions. *The first was created 3D model of cutting process a single abrasive grain during at round deep grinding and considered cutting force in the relevant points of abrasive grain. This model can be used for a research of cutting process by an end face, a transitional edge and the periphery of a grinding circle.*

Key words*: grinding process, 3D model of cutting, abrasive grain, cutting scheme, contact spot.*

Виталий Кальченко, Олег Деркач, Ярослав Кужельный

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ЕДИНИЧНЫМ АБРАЗИВНЫМ ЗЕРНОМ ПРИ КРУГЛОМ ГЛУБИННОМ ШЛИФОВАНИИ

Качество и точность поверхностного слоя детали, в первую очередь, определяются параметрами операции шлифования. Процесс резания, при шлифовании, выполняется не всеми режущими зернами рабочей поверхности абразивного круга, а только теми, что находятся над связкой. Однако из числа режущих зерен, контактирующих с поверхностью детали, стружку снимают только те, которые имеют наиболее подходящую форму вершин и соответствующую глубину врезания в материал детали. Перед тем как абразивное зерно начнет резать деталь, будет происходить довольно длительное скольжение режущей кромки в месте контакта детали и шлифовального круга.

Работа посвящена моделированию процесса резания абразивным зерном при круглом глубинном шлифовании. Создана и проанализирована 3D-модель процесса резания пластического материала единичным абразивным зерном.

Ключевые слова: *процесс шлифования; 3D-модель резания; абразивное зерно; схема резания; пятно контакта.*

Кальченко Віталій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).
Кальченко Виталий Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).
Kalchenko Vitalii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Road Transport and Industrial Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).
E-mail: kalchenkovi@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-9850-7875
ResearcherID: G-9477-2014

Деркач Олег Леонідович – аспірант кафедри технологій зварювання та будівництва, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).
Деркач Олег Леонидович – аспирант кафедры технологий сварки и строительства, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).
Derkach Oleh – PhD student of the Welding Technology and Construction Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).
E-mail: derkach.oleh@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-6783-8516
ResearcherID: H-2074-2014

Кужельний Ярослав Володимирович – аспірант кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).
Кужельный Ярослав Владимирович – аспирант кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).
Kuzhelnyi Yaroslav – PhD student of the Road Transport and Industrial Engineering Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).
E-mail: k.y.v.immortal@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-5269-8557
ResearcherID: J-1127-2016

Кальченко В. Моделювання процесу різання одиничним абразивним зерном при круглому глибинному шліфуванні / В. Кальченко, О. Деркач, Я. Кужельний // Технічні науки та технології. – 2017. – № 2 (8). – С. 29-39.