

РОЗДІЛ І. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2021-1(23)-9-16

Володимир Кальченко, Наталія Сіра, Ярослав Кужельний, Володимир Морочко

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОНАПРУЖЕНОСТІ ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ПЕРИФЕРІЄЮ ОРІЄНТОВАНОГО КРУГА В РЕЖИМІ ЗАТУПЛЕННЯ

Остаточна якість поверхонь деталі та її геометричні розміри формуються операціями шліфування. Робота інструмента в режимі затуплення забезпечує необхідні геометричні форми деталі та шорсткість поверхні. З іншого боку, цей режим роботи круга супроводжується засалюванням та зменшенням різальної здатності інструмента. У роботі наведено дослідження теплонапруженості процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга в режимі затуплення. Згідно з розрахунками дотична складова сил шліфування від пластично деформуючих та різальних зерен не здійснює суттєвого впливу на підвищення температури на калібрувальній ділянці.

Ключові слова: абразивний круг; орієнтований інструмент; режим затуплення; теплонапруженість; сили шліфування.

Бібл.: 12.

Актуальність теми дослідження. Необхідні параметри точності, якості робочих поверхонь та геометричні розміри циліндричних деталей формуються фінішними операціями обробки. До таких операцій належить процес шліфування. Дослідження параметрів шліфування орієнтованим інструментом у режимі затуплення є актуальним завданням, оскільки забезпечить підвищення ефективності та точності обробки.

Постановка проблеми. Для забезпечення необхідної шорсткості та геометричної форми поверхні деталі необхідно на фінішних операціях створювати умови обробки, при яких інструмент буде працювати в режимі затуплення. Окрім забезпечення необхідної геометричної форми круга, цей режим обробки супроводжується зносом абразивних зерен, засалюванням та зменшенням різальної здатності інструмента, тому необхідно дослідити теплонапруженість при цих умовах шліфування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робота [1] присвячена питанням оптимізації та прогнозування зносу шліфувальних кругів при круглому шліфуванні. Проведено дослідження параметрів, які впливають на знос інструмента.

У роботах [2; 3] досліджено процес високоефективної абразивної обробки деталей.

Для забезпечення необхідних вимог до шорсткості та розмірів обробленої поверхні на операціях напівчистового і чистового шліфування заготовок під час роботи інструмента в режимі самозагострювання відбувається швидка зміна профілю та форми робочої поверхні круга, що не дає змоги отримати необхідні показники процесу шліфування. На таких операціях необхідно вибирати відповідні режими обробки і характеристики кругів, які можуть забезпечити роботу інструмента в режимі затуплення абразивних зерен [4].

У роботах [5; 6] розглянуто способи глибинного шліфування зі схрещеними осями інструмента та циліндричної деталі. Кут орієнтації круга в цих способах приймається за умови отримання найбільшої продуктивності процесу обробки.

У роботі [7] було проведено експериментальне дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом. При такому способі обробки припуск рівномірно розподіляється вздовж периферії інструмента, що дає можливість зменшити глибину різання за один прохід та теплонапруженість процесу шліфування.

У роботі [8] розглянуто особливості процесу шліфування заготовок із пластичних матеріалів, досліджено процес налипання матеріалу деталі на абразивні зерна під час шліфування, наведено технологічні методи підвищення та стабілізації різальної здатності шліфувального круга за рахунок мінімізації засалювання його робочої поверхні.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Відсутність дослідження теплонапруженості процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга в режимі затуплення.

Мета статті. Дослідження теплонапруженості процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга в режимі затуплення

Виклад основного матеріалу. Згідно з [8] на абразивний круг під час шліфування здійснюється силовий, фізико-хімічний та тепловий вплив. Результатом такого впливу є знос робочої поверхні інструмента, засалювання та затуплення.

Під час зношення круга відбувається відривання певної кількості абразивного шару, що впливає на геометричні розміри інструмента. Затуплення круга призводить до зниження різальної здатності абразивного інструмента.

Відповідно до [9] на початковому етапі процесу шліфування на абразивних зернах утворюються площадки зносу, які з часом збільшуються. Крім зносу абразивних зерен, одночасно також відбувається зміна геометрії робочої поверхні інструмента.

Залежно від фізико-механічних властивостей зерен та зв'язки, матеріалу оброблюваної деталі, режиму шліфування тощо, існують такі види зносу:

- стирання вершин абразивних зерен з утворенням на них площадок із певною шорсткістю;
- мікроруйнування абразивних зерен із відколюванням від них невеликих частин;
- руйнування абразивних зерен із відколюванням від них великих частин, розміри яких подібні до розміру зерна;
- виривання абразивного зерна зі зв'язки;
- руйнування, яке пов'язане із хімічними реакціями в місці контакту абразивного зерна із матеріалом заготовки при дії високих температур;

- забивання (засалювання) пор абразивного інструменту продуктами зносу та стружкою.

При адгезійному зносі абразивних зерен, який пов'язаний із періодичним відриванням налиплого на них матеріалу заготовки та певної частини абразиву, утворюються на зернах невеликі кратери. Дифузійне зношування полягає в розчиненні зерен у матеріалі заготовки та (або) утворенні їх хімічних з'єднань [9].

Під час засалення відбувається потрапляння на робочу поверхню інструмента частинок абразиву, зв'язки та стружки (шламу). Зазвичай цей шлам проникає в пори шліфувального круга та між абразивними зернами. Також на зернах налипає певна кількість матеріалу заготовки.

Залежно від виду зносу існує режим самозаточування та затуплення абразивного інструмента.

Режим затуплення круга характеризується утворенням на абразивних зернах площадок зносу з налипанням на них частинок матеріалу заготовки. При цьому різальна здатність такого круга зменшується, збільшується теплонапруженість процесу обробки та вібрації, що призводить до погіршення точності та якості деталі. Проте цей режим забезпечує необхідну геометричну форму абразивного круга, шорсткість обробленої поверхні та зменшує похибку розмірів та форми деталі.

Режим затуплення круга зазвичай застосовують на операціях остаточного шліфування.

Під час процесу шліфування збільшення твердості абразивного круга призводить до переходу від режиму самозаточування до затуплення, що супроводжується засалюванням інструмента.

Відповідно до дослідження у роботі [9] при шліфуванні деталей із корозійностійких сталей інструментами, у яких абразивними матеріалами є електрокорунди та карбіди кремнію, визначено три періоди роботи кругів:

1) відколювання вершин зерен, руйнування зерен з утворенням осколків, виривання абразивних зерен, які неміцно розміщені у зв'язці в початковий період шліфування;

2) затуплення та налипання на вершини зерен певної кількості матеріалу заготовки, руйнування абразивних зерен та утворення осколків, виривання затуплених та засмальцьованих зерен, при частковому потраплянні шламу в пори круга;

3) продовження процесу засалювання круга, потрапляння шламу між абразивними зернами та втрата різальної здатності інструмента.

Втрата шліфувальним кругом різальної здатності внаслідок засалювання інтенсифікується зі збільшенням пластичності матеріалу заготовки.

У роботі [10] наведена комплексна оцінка продуктивності шліфування залежно від оброблюваності матеріалу заготовки та зносу зерен інструмента.

Насамперед засалювання інструмента відбувається саме за рахунок налипання частинок матеріалу заготовки на абразивний круг.

Абразивне зерно має більшу міцність, ніж матеріал оброблювальної заготовки, проте при збільшенні напрацювання інструмента та внаслідок температурного та силового впливу можливе утворення втомних тріщин в матеріалі зерна. Це призводить до періодичного відриву налиплого матеріалу разом із частинками абразивних зерен з утворенням на них невеликих кратерів.

Зменшити процес засалювання робочої поверхні інструмента під час шліфування можливо за рахунок підбору відповідного матеріалу абразивних зерен та зв'язки, які найменше схильні до адгезійної взаємодії з матеріалом заготовки, оптимальних характеристик шліфувального круга та відповідного рельєфу його робочої поверхні, режимів обробки заготовки.

Здебільшого середня відстань між абразивними зернами шліфувального круга менше за довжину дуги контакту інструмента із заготовкою. Відповідно, між зернами повинно бути достатньо простору для потрапляння різноманітних відходів шліфування.

При роботі круга в режимі затуплення величина сили тертя більша в порівнянні з роботою круга в режимі самозаточування, тому необхідно визначити складові сил шліфування, які виникатимуть у процесі роботи круга в режимі затуплення. Skorистаємось такими залежностями [8]:

$$P_{yf} = P_{yzz} + P_{ydf}, \quad (1)$$

$$P_{zf} = P_{zrz} + P_{zdf}, \quad (2)$$

де P_{yzz} , P_{zrz} та P_{ydf} , P_{zdf} – складові сили від різальних зерен та пластично деформуючих зерен відповідно.

Кожна зі складових сил P_{yzz} , P_{zrz} та P_{ydf} , P_{zdf} має декілька складових. Наприклад:

$$P_{yzz} = P_{yzz1} + P_{yzz2}, \quad (3)$$

де P_{yzz1} – радіальна складова сила від різальних абразивних зерен;

P_{yzz2} – сила тертя абразивних зерен об деталь.

$$P_{y_{rz1}} = \frac{2 \cdot K_y \cdot B_{pa}}{A_f \cdot (1 + \varepsilon_{nv})} \cdot \left(\frac{2 \cdot \left[\left(A_f \cdot l_{kt} \cdot (1 + \varepsilon_{nv}) + a_{krz} + h_{zk} \right)^{\frac{7}{2}} - \left(a_{krz} + h_{zk} \right)^{\frac{7}{2}} \right]}{35} - \frac{2 \cdot h_{zsr} \cdot \left[\left(A_f \cdot l_{kt} \cdot (1 + \varepsilon_{nv}) + a_{krz} + h_{zk} \right)^{\frac{5}{2}} - \left(a_{krz} + h_{zk} \right)^{\frac{5}{2}} \right]}{15} \right) - 2 \cdot K_y \cdot B_{pa} \cdot \left(\frac{a_{krz}^{\frac{5}{2}}}{5} - h_{zsr} \cdot \frac{a_{krz}^{\frac{3}{2}}}{3} \right) \cdot l_{kt}, \quad (4)$$

де $\varepsilon_{nv} = \frac{2 \cdot S_{nv}}{S_{pr}}$ – коефіцієнт навалів (відношення суми площ бокових навалів до площі риски у поперечному перерізі):

S_{nv} – площа поперечного перерізу навала, м²;

S_{pr} – площа поперечного перерізу риски, м².

Для розрахунку позначимо:

$$A_f = \frac{V_{spd} \cdot \sin \alpha_{\max}}{\pi \cdot D_{cr} \cdot n_{cr} \cdot \sqrt{z_w \cdot F \left(h_{zk} + \frac{a_{zr \max}}{2} \right)} \cdot l_{kt}},$$

V_{spd} – швидкість повздовжньої подачі, м/хв;

$$\alpha_{\max} = \arccos \frac{D_{cr} - 2 \cdot t_f}{D_{cr}};$$

t_f – глибина шліфування, м;

D_{cr} – діаметр шліфувального круга, м;

n_{cr} – частота обертання шліфувального круга, хв⁻¹;

z_w – число зерен, яке припадає на одиницю робочої поверхні шліфувального круга, 1/м²;

$a_{zr \max}$ – максимальна глибина врізання зерна в заготовку, м.

Для розрахунку позначимо:

$$B_{pa} = \tau_{mt}(T) \cdot n_{zcr1} \cdot c_{cr} \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_{zb}},$$

$\tau_{mt}(T)$ – напруження зсуву, величина якого залежить від температури нагрівання оброблюваної деталі, Н/мм² [11];

n_{zcr1} – число зерен на поверхні шліфувального круга, в перерізі його площиною, яка паралельна вісі круга, 1/м;

c_{cr} – стала, яка залежить від характеристики круга;

ρ_{zb} – початковий радіус кола, описаного навколо граней вершини різальної кромки зерна, м.

K_y – коефіцієнт відповідно до [12];

l_{kt} – довжина контакту зерна із заготовкою, м;

a_{krz} – критична глибина мікрорізання, м;

h_{zk} – сумарна величина зкалювання зерен під час правки та розмірного зносу шліфувального круга, м;

h_{zsr} – середній знос зерен, який здійснюється мікрорізанням, м.

$$P_{y_{rz2}} = \frac{\pi \cdot \rho_{zb} \cdot h_{zsr} \cdot n_{zcr1} \cdot c_{cr} \cdot \tau_{mt}(T)}{3 \cdot \mu_s} \cdot \left(h_{zk} \cdot l_{kt} + \frac{A_f \cdot l_{kt}^2 \cdot (1 + \varepsilon_{mv})}{2} \right), \quad (5)$$

де μ_s – коефіцієнт внутрішнього тертя.

Радіальна складова сили шліфування від зерен, які здійснюють пластичну деформацію:

$$P_{ydf} = P_{ydf1} + P_{ydf2}, \quad (6)$$

де P_{ydf1} – радіальна складова сили шліфування від пластично деформуючих зерен, яка пов'язана із відтисненням матеріалу заготовки, Н;

P_{ydf2} – сила тертя відповідних зерен об заготовку, Н.

$$P_{ydf1} = 2 \cdot \frac{c \cdot \sigma_m \cdot n_{zcr} \cdot c_{cr} \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_{zb}}}{2} \cdot (\sin \gamma + \mu_0 \cdot \cos \gamma) \cdot \left[\frac{\sqrt{h_{zdsr}}}{4} \cdot (a_{krz}^2 + 2 \cdot a_{krz} \cdot h_{zdsr}) + \frac{1}{5} \cdot \left((a_{krz} + h_{zdsr})^{\frac{5}{2}} - h_{zdsr}^{\frac{5}{2}} \right) - \frac{h_{zdsr}^{\frac{3}{2}}}{2} \cdot a_{krz} - \frac{h_{zdsr}}{3} \cdot \left((a_{krz} + h_{zdsr})^{\frac{3}{2}} - h_{zdsr}^{\frac{3}{2}} \right) \right] \quad (7)$$

де c – питома теплоємність, Дж/(кг·К);

σ_m – межа текучості матеріалу заготовки, Па;

n_{zcr} – число зерен на поверхні круга, яка обмежена розмірами контактної зони;

γ – половина кута при вершині абразивного зерна, °;

μ_0 – коефіцієнт тертя абразивного зерна об заготовку;

h_{zdsr} – середній знос зерен, які здійснюють пластичне деформування, м.

$$P_{ydf2} = \frac{\pi \cdot \rho_{zb} \cdot h_{zdsr} \cdot Hr_{mt} \cdot n_{zcr} \cdot c_{cr} \cdot a_{krz}}{3}, \quad (8)$$

де Hr_{mt} – твердість налиплого матеріалу, Па.

Загальна потужність тепловиділення при роботі різального та деформуючого абразивного зерна:

$$W_k = W_{df} + W_{1tr} + W_{2tr}, \quad (9)$$

де W_{df} , W_{1tr} та W_{2tr} – потужність тепловиділення джерел, які виникають у результаті перетворення в теплоту відповідно роботи деформування (W_{df}), роботи сили тертя стружки об зерно (W_{1tr}) та роботи сили тертя зерна об заготовку (W_{2tr}), Вт.

Потужності джерел визначаються за такими залежностями:

$$W_{1tr} = P_{stz} \cdot V_{st}, \quad (10)$$

$$W_{2tr} = P_{zzt} \cdot V_{cr}, \quad (11)$$

$$W_{df} = (P_{zf} - P_{zzt}) \cdot V_{cr} - P_{stz} \cdot V_{st}, \quad (12)$$

де P_{zf} – дотична складова сили різання одиничним абразивним зерном, Н;

P_{stz} та P_{zzt} – сили тертя відповідно між стружкою та абразивним зерном та між абразивним зерном та заготовкою, Н;

V_{st} – швидкість переміщення стружки, м/с;

V_{cr} – робоча швидкість шліфувального круга, м/с.

Використовуючи залежності (4), (5), (7) та (8) було проведено розрахунок сил шліфування та їхніх складових при обробці циліндричної деталі зі сталі 40Х, орієнтованим абразивним кругом з електрокорунду білого із зернистістю 40, висотою 25 мм та зовнішнім діаметром 200 мм. Швидкість повздовжньої подачі – 0,1 мм/об, а швидкість шліфувального круга – 35 м/с. Глибина різання – 0,3 мм, кут повороту інструмента – 1°.

Аналіз отриманих результатів показав, що складові сили шліфування від пластично деформуючих зерен мають значення: $P_{ydf1} = 0,41$ Н, $P_{ydf2} = 1,2$ Н, $P_{zdf1} = 0,32$ Н, $P_{zdf2} = 0,45$ Н, в порівнянні з різальними: $P_{yzz1} = 22,4$ Н, $P_{yzz2} = 7,8$ Н, $P_{zrz1} = 21,3$ Н, $P_{zrz2} = 3,8$ Н. Дотична складова сили шліфування від різальних та деформуючих зерен становить: $P_{zf} = 26,14$ Н, що практично не впливає на підвищення температури в зоні різання.

Висновки. Проведено дослідження теплонапруженості процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга при його роботі в режимі затуплення. Отримана величина дотичної складової сил шліфування від пластично деформуючих та різальних зерен суттєво не впливає на підвищення температури на калібрувальній ділянці та не здійснює негативний вплив на стан поверхневого шару деталі. Тому роботу круга в режимі затуплення доцільно застосовувати на фінішних операціях.

Список використаних джерел

1. Neela Ravindra Rajhans, Shubham Sanjay Nagori, Omprakash Ramavatar Yadav. Optimizations and prediction of grinding wheel wear in cylindrical grinding. *VSRD International Journal of Mechanical, Civil, Automobile and Production Engineering*. 2015. Vol. V Issue VI. Pp. 1-6.
2. Yali Hou, Changhe Li, Yan Zhou. Applications of High-Efficiency Abrasive Process with CBN Grinding Wheel. *Engineering*. 2010. 2(3). Pp. 184-189.
3. Chang He Li, Ling Yun Qi, Hua Yang Zhao. Application and Development of High-Efficiency Abrasive Finishing. *Advanced Materials Research*. 2011. Pp. 189-193.
4. Шахбазов Я. О., Широков В. В., Широков О. В., Паламар О. О. Технологічне забезпечення процесу шліфування. *Поліграфія і видавнича справа*. 2018. № 1(75). С. 75-81.
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. Kalchenko V. V., Yeroshenko A. M., Boyko 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. (39) P. 58–63.
7. Кальченко В. И., Кальченко В. В., Кужельний Я. В., Морочко В. В. Експериментальне дослідження чистового однопрохідного шліфування циліндричної поверхні вала орієнтованим інструментом. *Технічні науки та технології*. 2019. № 2 (16). С. 54–61.
8. Худобин Л. В., Унянин А. Н. Минимизация засаливания шлифовальных кругов. Ульяновск : УЛГТУ. 2007. 298 с.

9. Мазур Н. П., Внуков Ю. Н., Грабченко А. И., Доброскок В. Л., Залого В. А., Новоселов Ю. К., Якубов Ф. Я. Основы теории резания материалов : учебник. 2-е изд., перераб. и дополн. Харьков : НТУ «ХПИ». 2013. 534 с.

10. Корчак С. Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей. Москва : Машиностроение, 1974. 280 с.

11. Сіра Н. М. Підвищення ефективності шліфування циліндричних, ступінчастих та криволінійних поверхонь обертання зі схрещеними осями круга та деталі : дис. ... канд. техн. наук / Чернігівський національний технологічний університет. Чернігів, 2017. 176 с.

12. Ефимов В. В. Модель процесса шлифования с применением СОЖ. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1992. 132 с.

References

1. Neela Ravindra Rajhans, Shubham Sanjay Nagori, Omprakash Ramavatar Yadav. (2015) Optimizations and prediction of grinding wheel wear in cylindrical grinding. *VSRD International Journal of Mechanical, Civil, Automobile and Production Engineering*, V (VI), pp. 1-6.

2. Yali Hou, Changhe Li, Yan Zhou. (2010). Applications of High-Efficiency Abrasive Process with CBN Grinding Wheel. *Engineering*, 2(3), pp. 184-189.

3. Chang He Li, Ling Yun Qi, Hua Yang Zhao. (2011). Application and Development of High-Efficiency Abrasive Finishing. *Advanced Materials Research*, pp. 189-193.

4. Shahbazov, Y. O., Shirokov, V. V., Shirokov, O. V., Palamar, O. O. (2018). Tekhnologichne zabezpechennia protsesu shlifuvannia [Technological support of grinding process]. *Polihrafiia i vydavnycha sprava – Printing and publishing*, 1(75), pp. 75-81.

5. Kalchenko, V.I., Pogiba, N.N. & Kalchenko, D.V. (2012). Opredelenie sostavliaiushchikh sily rezaniia pri glubinnom shlifovanii poverkhnosti vrashcheniia orientirovannym elborovym krugom [Determination of the components of the cutting force for deep grinding of surfaces of revolution by an oriented elbor wheel]. *Sverkhverdye materialy – Superhard materials*, 2 (196), pp. 58–73.

6. 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)), pp. 58–63.

7. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., Kuzhelnyi, Ya. V., Morochko, V. V. (2019). Eksperymentalne doslidzhennia chystovoho odnoprokhidnoho shlifuvannia tsylindrychnoi poverkhni vala oriientovannym instrumentom [Experimental research finishing single pass grinding of the cylindrical surface of the shaft with an oriented tool]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii – Technical sciences and technologies*, 2(16), pp. 54–61.

8. Khudobin, L. V., Unyanin, A. N. (2007). *Minimizatsiia zasalivanniia shlifovalnykh kruhov [Minimization of clogging of grinding wheels]*. UISTU.

9. 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».

10. Korchak, S. N. (1974). *Proizvoditelnost protcessa shlifovanniia stalnykh detalei [Productivity of the the grinding process of steel parts]*. Mashinostroenie.

11. Sira, N. M. (2017). *Pidvyshchennia efektyvnosti shlifuvannia tsylindrychnykh, stupinchastykh ta kryvoliniinykh poverkhon obertannia zi skhreshchenymy osiamy kruha ta detail [Improving the efficiency of grinding cylindrical, stepped and curved surfaces of rotation with crossed axes of a circle and a part]*. [PhD dissertation, Chernihiv National Technological University].

12. Efimov V. V. (1992). *Model protcessa shlifovanniia s primeneniem SOZh. [Model of the grinding process using coolant]*. Izd-vo Sarat. un-ta.

UDC 621.923.42

Volodymyr Kalchenko, Nataliia Sira, Yaroslav Kuzhelnyi, Volodymyr Morochko

RESEARCH OF HEAT TENSION OF GRINDING PROCESS OF CYLINDRICAL SURFACES BY PERIPHERY OF ORIENTED CIRCLE IN BLUNTING MODE

The final surface quality of the part and its geometric dimensions are formed by grinding operations. Research of the parameters of grinding with an oriented tool in the blunting mode is an urgent task, since it will provide an increase in processing productivity. The operation of the tool in the bluntness mode provides the necessary geometric shapes of the part and surface roughness. On the other hand, this operating mode of the wheel is accompanied by clogging and a decrease in the cutting ability of the tool. Therefore, it is necessary to research the heat tension of the grinding process under these processing conditions.

Methods of deep grinding with crossed axes of the tool and cylindrical part are considered. The results of an experimental research of finishing single-pass grinding of a cylindrical surface of a shaft with an oriented tool are presented. The features of the process of grinding work pieces made of plastic materials are considered. Lack of research on the heat tension of the process of grinding cylindrical surfaces by the periphery of an oriented circle in the bluntness mode.

To research the heat tension of the process of grinding cylindrical surfaces by the periphery of an oriented circle in the bluntness mode. To analyze the influence of the constituent forces of grinding on the processing process.

During the operation of the wheel in the bluntness mode, its cutting ability decreases and the heat tension of the grinding process and vibration increases. At the same time, the necessary geometric shape of the circle is created, which provides the specified roughness and dimensions of the part.

The heat tension of the process of grinding cylindrical surfaces by the periphery of an oriented circle during its operation in the blunting mode is researched. According to the calculations, the tangential component of the grinding forces from the plastically deforming and cutting grains does not have a significant effect on the temperature rise at the calibration section.

Keywords: *abrasive wheel; oriented tool; blunting mode; heat tension; grinding forces.*

References: 12.

Кальченко Володимир Віталійович – доктор технічних наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kalchenko Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-rector in scientific and pedagogical work, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: vvkalchenko74@gmail.com

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

ResearcherID: G-6752-2014

Сіра Наталія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Sira Nataliia – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: nseraya@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6242-5210>

ResearcherID: K-2658-2017

Кужельний Ярослав Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Kuzhelnyi Yaroslav – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv Polytechnic National University (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 – аспірант, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

Morochko Volodymyr – PhD student, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035, Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6160-2812>