

РОЗДІЛ І. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.923.42

DOI: 10.25140/2411-5363-2020-4(22)-9-18

Володимир Кальченко, Володимир Венжега, Наталія Сіра, Володимир Морочко

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ШЛІФУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ПЕРИФЕРІЄЮ ОРІЄНТОВАНОГО КРУГА В РЕЖИМІ ЗАТУПЛЕННЯ НА ВЕРСТАТІ В3208 Ф4

Актуальність теми дослідження. Велика кількість деталей у машинобудуванні, що мають поверхні обертання, отримують остаточну точність розмірів, форми та шорсткість на операціях круглого шліфування. Дослідження параметрів шліфування зі схрещеними осями круга й деталі в режимі затуплення є актуальною задачею, оскільки сприятиме підвищенню продуктивності обробки, точності виробів і стійкості інструментів та забезпечуватиме вищу конкурентоспроможність виробів у різних галузях машинобудування.

Постановка проблеми. На операціях остаточного шліфування бажано створювати умови й режими, що забезпечують роботу круга в режимі переважного затуплення або часткового самозаточування, коли відбувається його незначний розмірний знос. Цей режим характеризується, з одного боку, підвищеним затупленням абразивних зерен і засолюванням поверхні круга, а з іншого – сприяє збереженню форми круга після правки, тому необхідно провести динамічні дослідження, результати яких враховувати при побудові технологічного процесу шліфування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковою школою під керівництвом доктора технічних наук, професора В. І. Кальченка досліджено способи круглого шліфування в режимі самозаточування зі схрещеними осями деталі й заготовки та запропоновано способи підвищення стійкості абразивних кругів та точності обробки.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Дослідження динамічних характеристик процесу шліфування в режимі затуплення на верстаті В3208 Ф4.

Постановка завдання. Забезпечити високі показники точності розмірів, низькі шорсткість та хвилястість оброблених поверхонь при шліфуванні в режимі затуплення. Провести динамічний розрахунок шпиндельного вузла та встановити області його безрезонансної роботи, побудувати амплітудно-фазово-частотну характеристику (АФЧХ) і визначити динамічну стійкість системи.

Виклад основного матеріалу. Розрізняють шліфування в режим самозаточування і переважного затуплення інструмента. У режимі самозаточування зношування шліфувального круга призводить до зміни його вихідної (правильної) геометричної форми, що, у свою чергу, інтенсифікує вібрації технологічної системи, зменшення точності розмірів і утворення на оброблюваних поверхнях деталей хвилястості, тому режим самозаточування використовується переважно на операціях попереднього шліфування. На операціях остаточного шліфування бажано створювати умови й режим, що забезпечують роботу круга в режимі переважного затуплення або часткового самозаточування, коли забезпечується його незначний розмірний знос.

Висновки відповідно до статті. У роботі досліджено динамічні характеристики процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга в режимі затуплення на верстаті В3208 Ф4. Проведені дослідження дають змогу мінімізувати сили різання, встановити області безрезонансної роботи верстата, збільшити інтервали між правками та стійкість шліфувального круга, забезпечити вищу точність та якість оброблених поверхонь, а також підвищити продуктивність процесу обробки.

Ключові слова: кругле шліфування; шліфування периферією орієнтованого круга; шліфування в режимі затуплення; динамічний розрахунок; АФЧХ.

Рис.: 2. Бібл.: 8.

Актуальність теми дослідження. У виробіках машинобудування поширена велика кількість деталей типу валів та осей із циліндричними поверхнями, остаточна точність яких формується на фінішних операціях круглого шліфування. Використання способу шліфування зі схрещеними осями круга та деталі має переваги над способом шліфування при паралельних осях інструменту та деталі, що полягають у фіксації формоутворюючої ділянки абразивного інструменту, рівномірному розподілу припуску та зносу вздовж профілю круга. Дослідження процесу шліфування в режимі затуплення круга з визначенням динамічних характеристик процесу є актуальним завданням, оскільки сприятиме підвищенню стійкості інструменту, точності виробів та продуктивності обробки.

Постановка проблеми. Дослідити процес круглого шліфування на верстаті В3208 Ф4 орієнтованим інструментом у режимі затуплення шліфувального круга та визначити при цьому основні динамічні характеристики. Провести динамічний розрахунок шпиндельного вузла і встановити області його безрезонансної роботи, визначити АФЧХ і форми коливань системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] досліджено основні причини затуплення і засолювання шліфувальних кругів, що призводять до втрати ріжучої здатності абразивного інструменту, збільшення сил різання, появи вібрацій.

Л. Худобін і М. Белов [2], проаналізувавши кінетику стану робочих поверхонь кругів із традиційних абразивних матеріалів (електротрокорундів і карбідів кремнію) при шліфуванні в режимі затуплення виділили три періоди роботи кругів: сколювання вершин, затуплення зерен та подальше засолювання робочої поверхні.

Отримати вищі показники точності розмірів, низькі шорсткість і хвилястість оброблених поверхонь можна в процесі роботи шліфувальних кругів у режимі затуплення. Різальні та деформуючі зерна міцно утримуються зв'язкою в інструменті, що дає можливість зберегти профіль інструмента, який формується при правці [3].

При шліфуванні циліндричних поверхонь деталей із паралельними осями деталі та інструмента задіяна не вся висота шліфувального круга, а лише частина, яка дорівнює подачі деталі на оберт круга. Відбувається нерівномірний знос інструмента та погіршення якості й точності поверхневого шару деталі. Причиною цього погіршення є нестабільне положення формуючої ділянки круга. Висота зношеної ділянки інструмента в кожній точці його робочої поверхні залежить від подачі та висоти припуску [4]. У вказаному способі знижується продуктивність обробки внаслідок задіяності в процесі шліфування не всієї висоти круга, а лише її невеликих частин при невідомому розташуванні формуючої ділянки.

У [5] запропоновано спосіб круглого шліфування з поздовжньою подачею орієнтованим кругом. Фіксація формуючої ділянки круга здійснюється за рахунок повороту інструменту на кут відносно осі обертання деталі і є чітко визначеною. Вона розташована на осі повороту круга. Але в процесі зйому припуску кут його повороту залежить від величини припуску.

Німецькою фірмою Junker розроблено новий спосіб обробки циліндричних і торцевих поверхонь, при якому кути осі круга й деталі схрещуються під невеликим кутом [6; 7]. Використання торцевої ділянки інструменту дозволяє значно збільшити розміри плями контакту інструмента із заготовкою. Число обертів заготовки вибирається в ряді випадків більшим за число обертів шліфувального круга. Досягається подача на оберт близько 0,01, а швидкість шліфування – до 160 м/с.

У роботі [8] було проведено дослідження динамічних характеристик верстата В3 208 Ф4 при шліфуванні периферією орієнтованого круга в режимі самозаточування. Отримані показники статичної податливості, максимальної резонансної амплітуди, коефіцієнта динамічності, резонансної частоти, параметру який характеризує вібростійкість системи.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Кругле шліфування периферією круга зі схрещеними осями інструмента та деталі дає можливість фіксації формуючої ділянки абразивного інструменту й забезпечує рівномірний розподіл припуску вздовж профілю круга. Завдяки цьому знос його стає більш рівномірним і підвищується продуктивність обробки. Для забезпечення високих техніко-економічних показників обробки в режимі затуплення необхідно дослідити та врахувати динамічні характеристики системи.

Мета статті. Метою цієї роботи є проведення динамічного розрахунку шпіндельного вузла верстата В3208 Ф4 при шліфуванні в режимі затуплення, встановлення області його безрезонансної роботи, визначення АФЧХ і форми коливань системи для забезпечення високих показників точності розмірів, низької шорсткості та хвилястості оброблених поверхонь.

Виклад основного матеріалу. Існує два способи круглого шліфування циліндричних поверхонь деталей: у режимі самозаточування і в режимі затуплення круга. Дослідимо режим затуплення.

Абразивні інструменти при шліфуванні піддаються періодичному й перманентному силовому, тепловому і фізико-хімічному впливу, у результаті якого їхні робочі поверхні зношуються, затупляються і засолюються [1; 2].

Під зношуванням розуміють поступове відділення часток робочого шару інструменту, що призводить до зменшення його розмірів і маси.

При затупленні змінюються геометричні параметри його робочої поверхні внаслідок зношування абразивних зерен, що призводить до зниження ріжучої здатності інструменту.

Зношування шліфувальних кругів відбувається переважно за рахунок: механічного стирання вершин ріжучих крайок зерен і появи на них майданчиків зносу; викришування (сколювання) часток абразивного зерна під дією силових навантажень або (і) циклічного чергування їх; швидкого нагрівання і охолодження, що створює термоудари; адгезійного зносу зерен, пов'язаного з періодичним відривом налиплого на них металу заготовки разом з частинками абразиву й утворенням на зернах дрібних кратерів; дифузійного зношування, що полягає в розчиненні абразивних зерен у матеріалі оброблюваної заготовки або (і) утворення їх хімічних з'єднань; окислення зерен киснем повітря при високій температурі; виривання зі зв'язки цілих зерен.

Під засоленням розуміють процес перенесення на робочу поверхню абразивного інструменту частинок шламу (частинки абразиву, зв'язки та шліфувальної стружки) у процесі обробки. Однак частинки шламу здатні проникнути й утриматися в просторі між абразивним зерном і в порах круга, а на абразивних зернах налипає матеріал оброблюваної заготовки.

Затуплення і засолювання є основною причиною втрати ріжучої здатності абразивного інструменту. Залежно від переважання того чи іншого виду зносу розрізняють режим самозаточування і переважного затуплення інструмента. У режимі самозаточування переважає процес сколювання абразивних зерен і виривання їх зі зв'язки. При цьому ріжуча здатність шліфувального круга і теплосилова напруженість процесу шліфування з часом практично не змінюються, проте зношування шліфувального круга призводить до зміни його вихідної (правильної) геометричної форми, що, у свою чергу, інтенсифікує вібрації технологічної системи, призводить до збільшення похибок розмірів і утворення на оброблюваних поверхнях деталей хвилястості, тому режим самозаточування використовується переважно на операціях попереднього шліфування.

На операціях остаточного шліфування бажано створювати умови й режим, що забезпечують роботу круга в режимі переважного затуплення або часткового самозаточування, коли забезпечується його незначний розмірний знос. Цей режим характеризується утворенням майданчиків зносу на ріжучих крайках зерен із налипанням на ці майданчики частинок металу заготовки. Ріжуча здатність шліфувального круга зі збільшенням його напрацювання зменшується, унаслідок чого зростають теплосилова напруженість процесу й інтенсивність вібрацій, погіршується якість деталей. Для відновлення ріжучої здатності абразивних зерен круги піддають періодичній правці. З метою забезпечення сталості ріжучої здатності абразивного інструмента застосовують безперервну правку.

Баланс між сколюванням і вириванням зерен і їх затупленням визначається теплосиловою напруженістю процесу шліфування і міцнісними властивостями самих зерен і зв'язки.

Зі збільшенням робочої швидкості круга і його твердості зростають середні значення сил, що припадають на одне зерно, при яких можливо руйнування зерен або виривання їх зі зв'язки (критичне навантаження). З підвищенням твердості круга процес шліфування з переважаючим самозаточуванням переходить у «змішаний» режим, потім – у режим із переважаючим затупленням, а при обробці заготовок із пластичних і в'язких матеріалів спостерігається інтенсивне засолювання робочої поверхні шліфувального круга.

Чим менша зернистість шліфувального круга, тим вужчим стає діапазон твердості круга, при якому можливий «змішаний» режим його роботи. При збільшенні інтенсивності знімання металу кругами малої твердості режим переважного затуплення круга змінюється змішаним режимом, а потім переходить у режим самозаточування. При шліфуванні заготовок із пластичних і в'язких матеріалів кругами високої твердості, змішаний режим змінюється режимом засолювання.

При шліфуванні заготовок кругами з електрокорунду і карбїду кремнію мають місце всі види зношування, а їхня питома вага може змінюватися залежно від умов обробки; шліфувальні круги з ельбору працюють переважно в режимі самозаточування.

Інтенсивність механічного стирання зерен значною мірою визначається міцністю і твердістю матеріалу оброблюваної заготовки.

При шліфуванні заготовок із корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів інтенсивність затуплення абразивних зерен у кілька разів вище, ніж при шліфуванні заготовок із конструкційних вуглецевих і низьколегованих сталей, що пояснюється більш високою міцністю і твердістю цих матеріалів при високих температурах.

У зоні шліфування, яка характеризується наявністю високотемпературної силової взаємодії між шліфувальним кругом і заготовкою, активним рідким і газовим середовищем, створюються передумови для протікання хімічних реакцій, що призводять до утворення продуктів, які блокують або активізують безпосередню взаємодію абразивного зерна і матеріалу заготовки. Дифузійне зношування абразивних зерен домінує при шліфуванні заготовок із хімічно активних матеріалів, до числа яких відносяться, зокрема, алюмінієві й титанові сплави.

Л. Худобін і М. Белов [2], проаналізувавши кінетику стану робочих поверхонь кругів із традиційних абразивних матеріалів (електротрокорундів і карбїдів кремнію) при шліфуванні заготовок з корозійно стійких сталей, виділили три періоди роботи кругів: 1) сколювання вершин абразивних зерен, руйнування зерен з утворенням дрібних осколків і виривання неміцно закріплених зерен із зв'язки в початковий період шліфування після правки круга; 2) затуплення зерен із подальшим налипанням на їх вершини частинок металу заготовки, руйнування зерен з утворенням осколків і виривання затуплених і засмальцьованих зерен зі зв'язки під дією сили шліфування; при цьому пори круга частково заповнюються шламом; 3) подальше засолювання робочої поверхні шліфувального круга, що полягає в заповненні шламом простору між зернами, та призводить до повної втрати кругом ріжучої здатності.

Описані вище явища при шліфуванні в режимі затуплення можуть призвести до збільшення сил різання, появи вібрацій технологічної системи верстат-пристосування –інструмент-деталь, що, у свою чергу, знижує продуктивність та точність обробки. Тому дуже важливо провести дослідження динамічних характеристик технологічної системи та побудувати АФЧХ.

Динамічні параметри шпиндельного вузла безпосередньо впливають на точність форми обробленої поверхні, її шорсткість, інтенсивність зносу ріжучого інструменту. Тому необхідно провести динамічний розрахунок шпиндельного вузла і встановити області його безрезонансної роботи, визначити АФЧХ і форми коливань системи.

Початкове диференціальне рівняння вимушених коливань стержня-шпинделя, запишеться у вигляді [8].

$$EJ \cdot \frac{\partial^4 \vartheta}{\partial z^4} + k\vartheta + m_0 \cdot \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2} = P_i \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (1)$$

де EJ – жорсткість стержня при згині: E – модуль Юнга, МПа; J – момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;
 ϑ – поперечне переміщення стержня на відстані z в момент часу t , мм;

k – коефіцієнт постелі;

m_0 – маса одиниці довжини стержня, кг;

P_n – сила збурення, Н;

ω – частота вимушених коливань системи, Гц.

Із числових методів розрахунку пружних систем, які описуються лінійними диференціальними рівняннями, одним із найперспективніших, поряд із методом кінцевих елементів, є метод початкових параметрів у матричному формулюванні. Він дозволяє приводити динамічні характеристики шпиндельних вузлів і управління динамічним впливом до розрахунку складної ланцюгової системи з багаторазово повторюваним циклом алгебраїчних операцій, що відповідають переходу від однієї ділянки системи до іншої, і успішно застосувати ЕОМ.

Розрахункова модель вузла розглядається як пружна ступінчаста балка довжиною L на пружнодемпфуючих опорах. За допомогою N радіальних перетинів, включаючи крайні, балка розділена на $(N-1)$ ділянок постійного перетину, в одному з яких діє збурювальна сила P_k . При цьому кожна i -та ділянка має розподілену масу m_{oi} та постійну жорсткість на згин EJ , а деталі, змонтовані на шпинделі, розглядаються як зосереджені маси m_i на межі ділянок із моментами інерції J_i . Розглянута модель складається з 13 ділянок, розділених 14 перерізами (рис. 1). Для кожної ділянки задається довжина L_i , середній діаметр (зовнішній D_i та внутрішній d_i), розподілена маса m_{oi} , демпфірування в матеріалі b_i та змінна жорсткість EJ_i .

У кожному окремому перерізі враховується один або кілька факторів, а саме:

- 1) зміна зовнішнього D_i або внутрішнього d_i діаметрів валів, мм;
- 2) розміщення зосередженої опори;
- 3) зосереджена масою m (кг) та момент інерції J (Н/м);
- 4) зовнішній зосереджений момент (Н/м) або сила (Н).

У розрахунковій моделі шпинделя, підшипники розглядаються як пружно-демпфуючі основи.

Параметри в початковому Y_0 та кінцевому Y_N перерізах шпинделя можна зв'язати за допомогою перехідних матриць його ділянок з урахуванням сили, яка діє в i -му перерізі у вигляді такого матричного рівняння:

$$[Y_N] = [A] \cdot [Y_0] + [A_{Pn}] \cdot [\psi_n], \quad (2)$$

де $[Y_N]$, $[Y_0]$ – матриці-стовпці комплексних параметрів у N -му і 1 -му перерізах;

$[A]$ – матриця добутку всіх перехідних матриць для ділянок балки;

$[A_{Pn}]$ – матриця добутку всіх перехідних матриць для ділянок балки, розташованих після n -го перерізу, в якому прикладена сила P_n .

Матриця зовнішнього навантаження $[\psi_n]$ в n -му перерізі має вигляд:

Матриця $[Y_i]$ включає такі комплексні величини:

$$[Y_i] = \begin{bmatrix} y_i \\ \varphi_i L \\ \frac{M_i L^2}{EJ_i} \\ \frac{Q_i L^3}{EJ_i} \end{bmatrix} \quad (4)$$

де y_i – комплексна амплітуда прогину, м;

φ_i – комплексна амплітуда кута повороту, $^{\circ}$;

M_i – комплексна амплітуда моменту сили, Н·м;

Q_i – комплексна амплітуда поперечної сили, Н;

L – довжина шпинделя, м;

EJ_i – жорсткість на згин i -го перерізу ротора, МПа·кг·м².

При відомих початкових параметрах із використанням перехідних матриць стержневих конструкцій можна знайти параметри в будь-якому перерізі. Перехідні матриці ділянок та перерізів шпинделя, їхні параметри залежать від прийнятої розрахункової моделі шпинделя.

За силовим зовнішнім впливом, який діє в i -му перерізі, знаходять частотні передавальні функції вказаних параметрів, наприклад, АФЧХ у i -му перерізі шпинделя буде визначатися як:

$$W_{P_n}(i\omega) = \frac{y_i(i\omega)}{P_n(i\omega)} \quad (5)$$

$$W_{P_n}(i\omega) = Re(\omega) + i \cdot Im(\omega) \quad (6)$$

Звідси можна визначити АФЧХ ротора:

$$A(\omega) = \sqrt{Re^2(\omega) + Im^2(\omega)}, \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{Im(\omega)}{Re(\omega)} \quad (7)$$

За відомими параметрами y та φ в перерізах можна дослідити основні форми коливань шпинделя при різних частотах.

Для розрахунку динамічних характеристик шпиндельного вузла використовувалась програма SPIDWIN, розроблена на кафедрі автомобільного транспорту та галузевого машинобудування.

У результаті розрахунків отримані динамічні характеристики шпиндельного вузла, а саме резонансні частоти коливань шпиндельного вузла, параметри АФЧХ (значення вектора динамічної податливості у прямокутній і полярній системах координат), а також форми коливань пружної системи, на резонансних частотах обертання шпинделя. Динамічна податливість визначалася за відомою формулою

$$W_{yc} = W_1^1 = \frac{Y_1}{P_1}(i\omega), \quad (8)$$

де Y_1 – переміщення системи в цьому перерізі 4;

P_1 – сила прикладена в цьому ж перерізі.

АФЧХ являє собою відношення переміщення системи в перерізі i -му перерізі до сили, прикладеної в тому ж перерізі, і характеризується відповідними показниками.

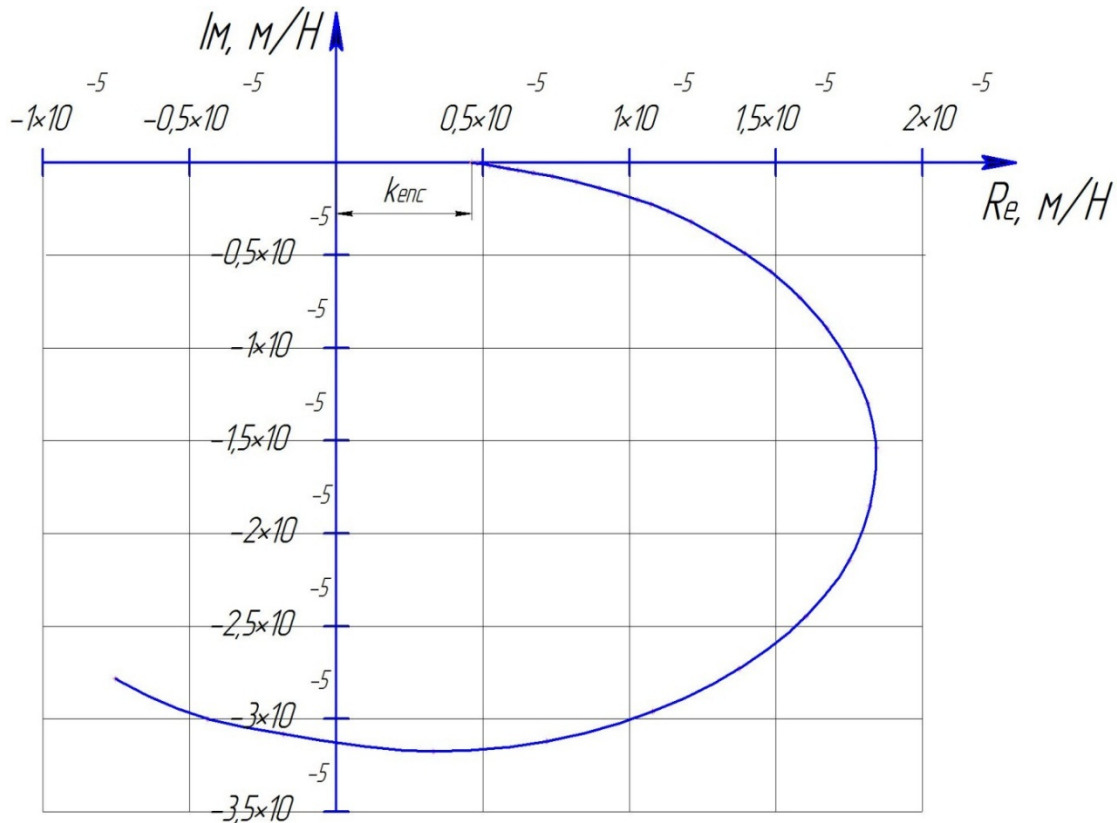


Рис. 2. АФЧХ шліфувальної бабки верстата В3208-Ф3

Згідно з побудованою АФЧХ, отримані такі динамічні показники шпиндельного вузла шліфувальної бабки:

- 1) статична податливість $k_{enc} = 0,32$ мкм/даН;
- 2) максимальна резонансна амплітуда $A_{rmax} = 2,3$ мкм/даН;
- 3) коефіцієнт динамічності $K_d = \frac{A_p}{k_{enc}} = \frac{3,14}{0,482} = 4,8$;
- 4) резонансні частоти $fp_1 = 497,6$ Гц, $fp_2 = 495,3$ Гц;
- 5) параметр, який характеризує вібростійкість системи $Re_{enc}^m = 1,75$ мкм/даН.

Висновки відповідно до статті. Проведені динамічні дослідження процесу шліфування циліндричних поверхонь периферією орієнтованого круга в режимі затушення на верстаті В3208 Ф4 свідчать про динамічну стійкість системи. За результатами побудованої АФЧХ і отриманими розрахунками встановлено області безрезонансної роботи верстата та інші показники динамічності. Проведені дослідження дають змогу мінімізувати сили різання, забезпечити вищу точність, якість та продуктивність обробки, підвищити стійкість інструменту.

Список використаних джерел

1. Худобин Л. В., Унянин А. Н. Минимизация засаливания шлифовальных кругов. Ульяновск : УлГТУ. 2007. 298 с.
2. Худобин Л. В., Белов М. А. Шлифование заготовок из коррозионностойких сталей с применением СОЖ. Саратов : Изд-во Саратов. ун-та. 1989. 148 с.
3. 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.
4. Кальченко В. І., Кальченко В. В., Єрошенко А. М., Сіра Н. М. Дослідження способу шліфування валків стрічкопрокатних станів зі схрещеними осями інструмента та деталі. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2016. № 4. С. 80-87.

5. Кальченко В. И. Способ круглого шлифования с продольной подачей. А.с. 1234163 СССР, МКИ В24В 5/04. Авт. Изобр. № 3813415/25-08. Заявлено 20.11.84. Опубл. 30.05.86. Бюл. № 20. 4 с.
6. Chang He Li, Ling Yun Qi, Hua Yang Zhao. Application and Development of High-Efficiency Abrasive Finishing. *Advanced Materials Research*. 2011. Pp. 189-193
7. Yali Hou, Changhe Li, Yan Zhou. Applications of High-Efficiency Abrasive Process with CBN Grinding Wheel. *Engineering*. 2010. № 2(3). Pp. 184-189.
8. 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.

References

1. Khudobin, L. V., Unyanin, A. N. (2007). *Minimizatsiia zasalivaniia shlifovalnykh kruhov [Minimization of salting of grinding wheels]*. UISTU.
2. Khudobin, L. V., Belov, M. A. (1989). *Grinding of preparations from corrosion-resistant steels with use of coolant [Shlyfovanye zahotovok yz korrozyonnoostoikykh stalei s prymenenyem SOZh]*. Saratov Publishing House.
3. 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.
4. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., Eroshenko, A. M., Sira, N. M. (2016). Doslidzhennia sposobu shlifuvannia valkiv strichkoprokatnykh staniv zi skhreshchenyimi osiamy instrumenta ta detali [Investigation of the method of grinding rolls of belt rolling mills with crossed tool axes and parts]. *Visnyk Cherkaskoho derzhavnoho tekhnologichnoho universytetu – Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 4, pp. 80-87.
5. Kalchenko, V. I. (1986). *Sposob kruhloho shlyfovaniia s prodolnoi podachei [Round grinding method with longitudinal feed]*. A.s. 1234163 USSR, МКИ В24В 5/04.
6. Chang He Li, Ling Yun Qi, Hua Yang Zhao. (2011). Application and Development of High-Efficiency Abrasive Finishing. *Advanced Materials Research*, pp. 189-193.
7. Yali Hou, Changhe Li, Yan Zhou. (2010). Applications of High-Efficiency Abrasive Process with CBN Grinding Wheel. *Engineering*, 2(3), pp. 184-189.
8. Sira, N. M. (2017). *Pidvyshchennia efektyvnosti shlifuvannia tsylindrychnykh, stupinchastykh ta kryvoliniinykh poverkhon obertannia zi skhreshchenyimi 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].

UDC 621.923.42

Volodymyr Kalchenko, Volodymyr Venzhega, Nataliia Sira, Volodymyr Morochko

INVESTIGATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE PROCESS OF GRINDING CYLINDRICAL SURFACES BY THE PERIPHERY OF THE ORIENTED CIRCUIT IN THE MODE OF BLUNTING ON THE VZ208 F4 MACHINE

Urgency of the research. A large number of parts in mechanical engineering that have surfaces of rotation, get the final accuracy of size, shape, and roughness in circular grinding operations. The study of grinding parameters with crossed axes of the wheel and the part in the blunting mode is an urgent task, as it will increase processing productivity, product accuracy and tool stability and ensure higher competitiveness of products in various fields of mechanical engineering.

Target setting. In the final grinding operations, it is desirable to create conditions and mode that ensure the operation of the wheel in the mode of predominant blunting or partial self-sharpening, when there is a slight dimensional wear. This mode is characterized on the one hand by increased blunting of abrasive grains and salinization of the surface of the wheel and on the other helps to preserve the shape of the wheel after editing, so it is necessary to conduct dynamic studies whose results are taken into account when constructing the grinding process.

Actual scientific researches and issues analysis. Analysis of recent research and publications. Scientific school under the leadership of Dr., Prof. Kalchenko VI the method of circular grinding in the mode of self-sharpening with crossed axes of a detail and preparation is investigated and the ways of increase of stability of abrasive wheels and accuracy of processing are offered.

Uninvestigated parts of general matters defining. Selection of previously unexplored parts of the general problem. Investigation of the dynamic characteristics of the grinding process in the blunting mode on the machine VZ208 F4.

The purpose of the article. To provide high indicators of the accuracy of the sizes, low roughness and undulation of the processed surfaces when grinding in the blunting mode. Carry out a dynamic calculation of the spindle assembly and establish the areas of its resonant operation, construct the amplitude phase-frequency response (AFCH) and determine the dynamic stability of the system.

The presentation of the main material. There are grinding in the mode of self-sharpening and the predominant blunting of the tool. In the self-sharpening mode, the wear of the grinding wheel leads to a change in its original (correct) geometric shape, which, in turn, intensifies the vibrations of the process system, reduces dimensional accuracy and the formation of corrugated parts on the machined surfaces. In the final grinding operations, it is desirable to create conditions and mode that ensure the operation of the wheel in the mode of predominant blunting or partial self-sharpening, when it provides a slight dimensional wear.

Conclusions and suggestions. The dynamic characteristics of the process of grinding cylindrical surfaces by the periphery of the oriented circle in the mode of blunting on the machine VZ208 F4 are investigated in the work. The conducted researches allow to minimize cutting forces, to establish areas of resonant work of the machine, to increase intervals between edits and stability of a grinding wheel, to provide higher accuracy and quality of the processed surfaces, and also to increase productivity of processing.

Keywords. circular grinding, grinding by the periphery of the oriented circle, grinding in the blunting mode, dynamic calculation, AFCH.

Fig.: 2. References: 8.

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

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

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

E-mail: vivenzhega@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8857-349X>

ResearcherID: H-3560-2014

Сіра Наталія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, 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, Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Sectoral Machine Building, Chernihiv Polytechnic National University (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: nnseraya@gmail.com

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

ResearcherID: K-2658-2017

Морочко Володимир Вікторович – магістр, Національний університет «Чернігівська політехніка» (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

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

E-mail: itmia@ukr.net

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