

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КРУГЛОГО ВРІЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

В.Г. Євтухов, канд. техн. наук, доцент;
А.В. Євтухов, канд. техн. наук, асистент;
М.В. Чижова, студентка
Сумський державний університет, м. Суми

ВСТУП

При загальній тенденції в машинобудуванні до зменшення питомої ваги механічної обробки, а також більш широкого застосування високолегованих сталей і сплавів, обробка різанням яких ускладнена, зростає обсяг застосування методів абразивно-алмазного шліфування, з яких 25-35% становлять операції круглого зовнішнього шліфування. У свою чергу, кругле зовнішнє врізне шліфування (КЗВШ) є одним із найпоширеніших процесів, які використовуються на чистовому етапі обробки, наприклад, валів (східчастих, колінчастих, розподільних), тому його дослідження є досить актуальним.

Зміна величини сил різання, зовнішні поштовхи й струси, дисбаланс обертових частин технологічної системи (ТС) та інші причини, що спостерігаються місце в процесі обробки, викликають появу коливань елементів динамічної системи, що супроводжуються відносними переміщеннями різального інструменту по нормалі до оброблюваної поверхні, і породжують похибки геометричної форми, хвилястість оброблюваних поверхонь та їх шорсткість. Саме тому дослідженню динамічних явищ, які відбуваються в процесі шліфування, приділяється велика увага як вітчизняних, так і зарубіжних вчених [1, 2, 3, 4, 5].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою дослідження є підвищення точності форми оброблюваної поверхні деталі при круглому зовнішньому врізному шліфуванні на основі вибору раціональної структури й параметрів робочого циклу.

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ЗАВДАННЯ КРУГЛОГО ВРІЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

У зв'язку зі швидкоплинністю, зокрема, перехідних процесів, при дослідженні процесів різання звертаються до їх імітаційного моделювання. При цьому для моделювання процесу формування макрорельєфу поверхні деталі після шліфування необхідно мати модель круглошліфувального верстата й зовнішніх впливів процесу різання у вигляді нерівностей поверхні заготовки й відцентрової сили F_c , яка викликається незрівноваженістю шліфувального круга.

Уявімо шліфувальний верстат у вигляді тримасової моделі: m_1 – маса заготовки 1; m_2 – маса шліфувального круга 2 зі шпинделем; m_3 – маса шліфувальної бабки 3 (рис. 1).

У запропонованій моделі заготовка 1 через жорсткість c_1 і демпфер b_1 приєднується до станини верстата. Пружина жорсткістю C_p імітує опір заглибленого у поверхню заготовки шліфувального круга 2 і характеризує його різальну здатність. Нормальна складова сили різання дорівнює добутку C_p на глибину шліфування x_2 . Маса m_2 приєднана до шліфувальної бабки 3 через пружину жорсткістю c_2 і демпфер з коефіцієнтом демпфування b_2 . Маса m_3 приєднана до станини через пружину жорсткістю c_3 і демпфер з коефіцієнтом демпфування b_3 .

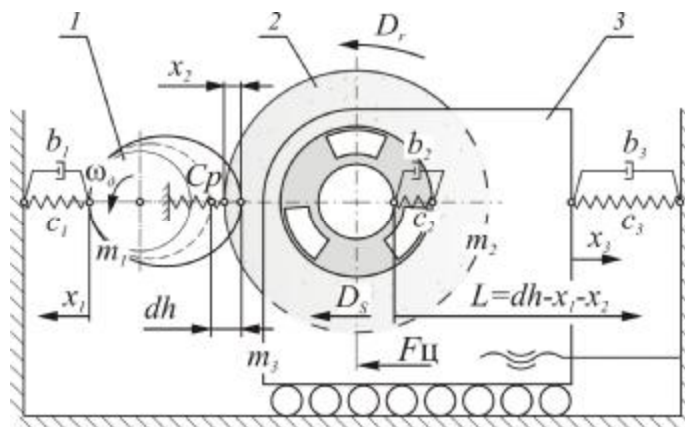


Рисунок 1 – Фізична модель замкнутої технологічної системи КЗВШ

Припустимо, що в процесі обробки на шліфувальний круг набігає виступ заготовки висотою $h = dh + h_{cm}$. У зв'язку з цим зрозуміло, що глибина різання зростає на якусь величину x_2 , а сама сила різання – зростає на величину $C_p \cdot x_2$. Це зростання сили різання врівноважується з боку заготовки силами жорсткості $P_{ж1} = c_1 \cdot x_1$, демпфування $P_{д1} = b_1 \cdot \dot{x}_1$ та інерції $P_{ін1} = m_1 \cdot \ddot{x}_1$. В результаті рівняння динамічної рівноваги для маси m_1 набере такого вигляду:

$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 + b_1 \cdot \dot{x}_1 + c_1 \cdot x_1 = C_p \cdot x_2.$$

Збільшена сила різання $C_p \cdot x_2$ переміщує масу m_2 у напрямку L (рис. 1) на величину $L = dh - x_1 - x_2$. Відцентрова сила $F_{ц}$, зі свого боку, викликає зворотно-поступальні коливання круга в радіальному напрямку до оброблюваної поверхні. Знаючи переміщення шліфувального круга L , яке виражене через координати x_1 , x_2 і збільшення профілю деталі dh , можна описати динамічну рівновагу маси m_2 . Вона перебуває в рівновазі під дією сили різання $P_p = C_p \cdot x_2$, відцентрової сили $F_{ц}$, сили інерції $P_{ін2} = m_2 \cdot \ddot{L}$, жорсткості $P_{ж2} = c_2(L - x_3)$ та демпфування $P_{д2} = b_2(\dot{L} - \dot{x}_3)$:

$$C_p \cdot x_2 + F_{ц} = c_2 \cdot (L - x_3) + b_2 \cdot (\dot{L} - \dot{x}_3) + m_2 \ddot{L} = m_2 \cdot d\dot{h} + b_2 \cdot d\dot{h} + c_2 \cdot dh - C_p \cdot x_2.$$

За аналогією запишемо рівняння динамічної рівноваги маси m_3 :

$$\begin{aligned} c_2 \cdot (L - x_3) + b_2 \cdot (\dot{L} - \dot{x}_3) &= m_3 \cdot \ddot{x}_3 + b_3 \cdot \dot{x}_3 + c_3 \cdot x_3, \\ c_2 \cdot (dh - x_1 - x_2 - x_3) + b_2 \cdot (d\dot{h} - \dot{x}_1 - \dot{x}_2 - \dot{x}_3) &= m_3 \cdot \ddot{x}_3 + b_3 \cdot \dot{x}_3 + c_3 \cdot x_3, \\ m_3 \cdot \ddot{x}_3 + b_3 \cdot \dot{x}_3 + b_2 \cdot (\dot{x}_1 + \dot{x}_2 + \dot{x}_3) + c_3 \cdot x_3 + c_2 \cdot (x_1 + x_2 + x_3) &= b_2 \cdot d\dot{h} + c_2 \cdot dh. \end{aligned}$$

У підсумку система диференціальних рівнянь, яка описує динамічну модель круглого врізного шліфування, набере такого вигляду:

$$\begin{cases} m_1 \cdot \ddot{x}_1 + b_1 \cdot \dot{x}_1 + c_1 \cdot x_1 = C_p \cdot x_2 \\ m_2 \cdot (dh - x_1 - x_2)'' + b_2 \cdot (dh - x_1 - x_2 - x_3)' + c_2 \cdot (dh - x_1 - x_2 - x_3) = C_p \cdot x_2 + F_{ц} \\ m_3 \cdot \ddot{x}_3 + b_3 \cdot \dot{x}_3 - b_2 \cdot (dh - x_1 - x_2 - x_3)' + c_3 \cdot x_3 - c_2 \cdot (dh - x_1 - x_2 - x_3) = 0. \end{cases}$$

Розглянемо основні складові частини зазначеного рівняння. Експериментальні дослідження процесу круглого врізного шліфування, які були виконані Степановим М.С. і Ходаковим Л.В. у лабораторії верстатобудівного заводу ім. С.В. Косіора, дали можливість отримати емпіричну формулу розрахунку сили різання при шліфуванні від умов обробки. Це, у свою чергу, дозволило розрахувати коефіцієнт C_p , який характеризує різальну спроможність шліфувального круга і визначається як коефіцієнт пропорційності в лінеаризованій залежності радіальної складової сили різання від глибини шліфування:

$$C_p = 1,628 \cdot 10^6 \cdot \frac{\sigma_t^{0,342} \cdot H^{0,258} \cdot V_{S\partial}^{0,872} \cdot B}{Z^{0,051} \cdot V_{Snp}^{0,073} \cdot t_{np}^{0,026} \cdot d^{0,945}}, \text{ Н/м},$$

де σ_t – межа міцності матеріалу заготовки при високих температурах (600°C), кгс/мм²; H – звуковий індекс; Z – зернистість; $V_{S\partial}$ – швидкість руху обертання заготовки, м/хв; B – ширина шліфування, мм; V_{Snp} – швидкість поздовжньої подачі правки круга, мм/хв; t_{pr} – глибина правки круга, мм.

Сигнал dh формується як рельєфом (формою поперечного перерізу) заготовки, так і рухом подачі шліфувального круга. Тому для моделювання зазначеного процесу необхідно підібрати найбільш типову і в той же час досить просту форму цього поперечного перерізу, що дозволить в його описі відобразити похибку форми заготовки у вигляді відхилення від круглості, яке, у свою чергу, можна сприйняти як радіальне биття. Таку похибку форми найпростіше задати у вигляді еліпса.

На рис. 2 зображено еліпсний переріз заготовки й шліфувальний круг, радіальна подача якого на заготовку зі швидкістю V_S здійснюється у від'ємному напрямку до осі x . Центр еліпса перебуває в точці O , а вісь центрових отворів, навколо якої обертається заготовка при шліфуванні, перебуває в точці O_1 . Коло радіуса R поміщуємо в еліпсі так, щоб воно в точці C дотикалось до еліпса, а точки O й O_1 перебували на осі x .

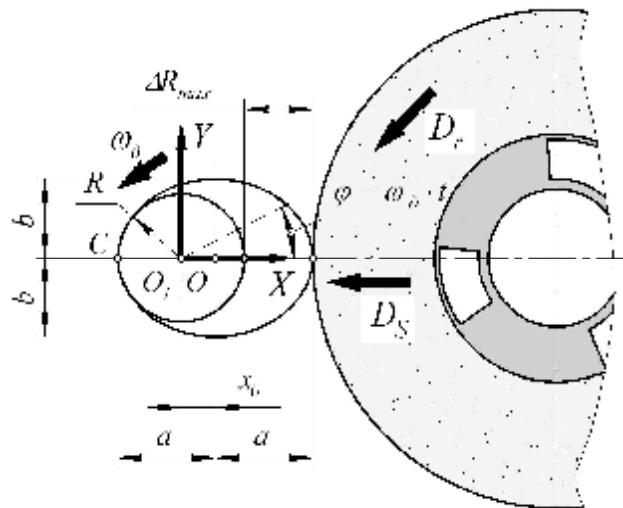


Рисунок 2 – Шліфування заготовки з еліпсним перерізом

Параметричне рівняння еліпса в системі координат XOY з центром у точці O має вигляд

$$\left. \begin{aligned} y &= b \cdot \sin \varphi \\ x &= a \cdot \cos \varphi \end{aligned} \right\}$$

де: a – більша піввісь еліпса; b – менша піввісь еліпса; φ – параметр (кут, який відлічується у напрямку проти годинникової стрілки від осі X).

Якщо взяти, що ω_{∂} – кутова швидкість обертання деталі, рад/с, а t – час, с, то $\varphi = \omega_{\partial} \cdot t$.

Попередні розрахунки дозволили отримати формулу для визначення радіального биття заготовки ΔR :

$$\Delta R = \frac{\Delta R_{\max}}{2} + \frac{\Delta R_{\max}}{2} \cdot \sin(\omega_{\partial} \cdot t - \pi / 2),$$

де ΔR_{\max} – максимальне радіальне биття оброблюваної поверхні.

Розмір виступу заготовки, який набігає в процесі шліфування на круг, є результатом обертання заготовки з радіальним биттям і руху подачі круга на заготовку (див. рис. 3).

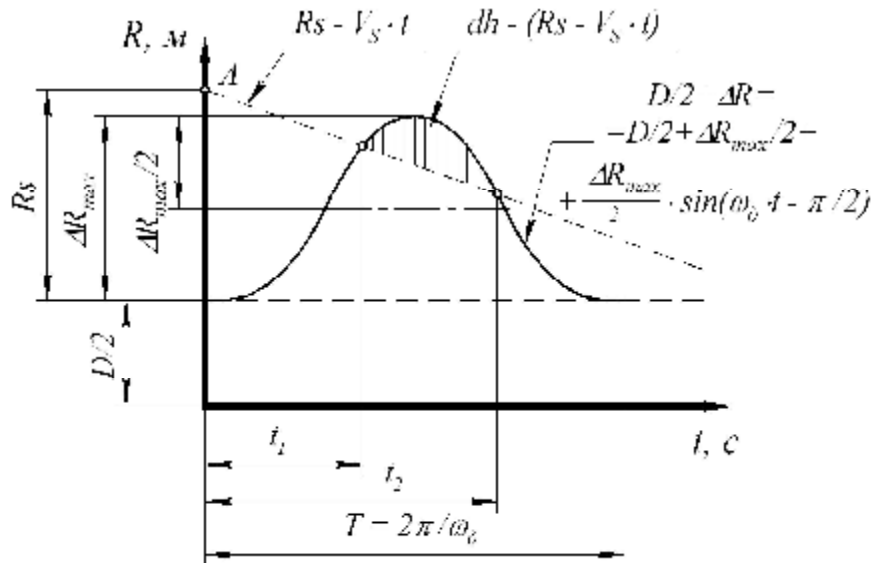


Рисунок 3 – Розрахунок профілю оброблюваної поверхні

На рис. 3 зображено графік зміни ΔR і графік переміщення $V_S \cdot t$ круга на заготовку. При цьому видно, що момент часу $t = 0$ с відповідає віддаленню круга від заготовки на відстань R_s , тобто коли заготовка перебуває напроти круга своїм найменшим радіусом – $D/2$. При обертанні заготовки й переміщенні круга в момент часу $t = t_1$ круг торкнеться заготовки й почне процес шліфування. У момент часу $t = t_2$ відбудеться розрив контакту круга із заготовкою.

З рис. 3 зрозуміло, що розмір заготовки, який набігає на круг, це і є різниця між $V_S \cdot t$ і ΔR в інтервалі часу $t_1 - t_2$:

$$dh = V_S \cdot t - \Delta R \text{ (для } t_1 < t < t_2 \text{)}.$$

Відцентрова сила F_{ψ} , яка викликана незрівноваженістю шліфувального круга, може бути розрахована за формулою

$$F_c = m \cdot \omega_{кр}^2 \cdot R,$$

де m – маса дисбалансу, кг; $\omega_{кр}$ – кутова швидкість обертання круга, рад/с; R – радіус дисбалансу, м.

Якщо взяти, що круг діаметром $d_{кр} = 600$ мм обертається зі швидкістю різання $V = 50$ м/с (для верстата 3М151), оберт круга триває $\tau = (\pi \cdot d_{кр})/V$, с, частота обертання круга $f = 1/\tau = V/(\pi \cdot d_{кр})$, кутова швидкість $\omega_{кр} = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot V/d_{кр}$, то $\omega_{кр} = (2 \cdot 50)/0,6 = 166,6$ рад/с. В такому разі, за умови використання системи автоматичного балансування круга на верстаті, при дисбалансі 10 г·см маємо $F_c \approx 3$ Н. У роботі [4] при розрахунку системи врізного шліфування використовується значення $F_c = 100$ Н, що для зазначених умов відповідає дисбалансу у 360 г·см. При імітаційному моделюванні КЗВП незрівноваженість круга, яка обумовлена деяким значенням відцентрової сили F_c , може бути показана як функція синусоїди залежно від кутової швидкості обертання круга $\omega_{кр}$ і часу t : $F_c \cdot \sin(\omega_{кр} \cdot t)$. Такий вираз дозволить розрахувати зміну значення відцентрової сили від « $+F_c$ » до « $-F_c$ ».

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ КРУГЛОГО ВРІЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

Узагальнена структурна схема імітаційної моделі замкнутої технологічної системи круглого врізного шліфування з урахуванням «багатопрохідності» процесу зображена на рис. 4.

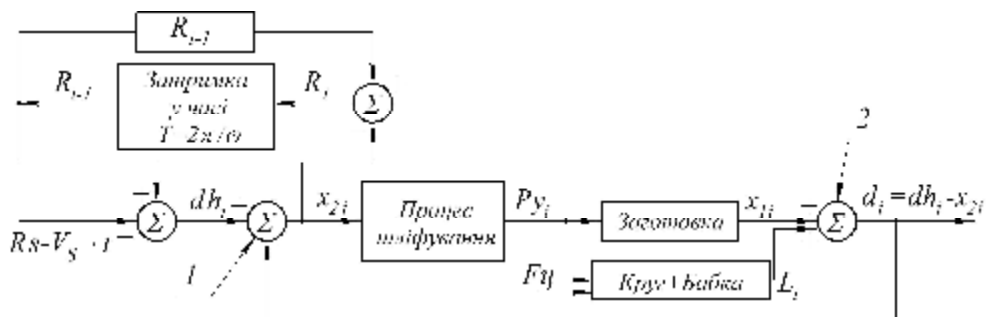


Рисунок 4 - Узагальнена структурна схема імітаційної моделі замкнутої ТС КЗВП

Вхідним сигналом у загальну систему круглого врізного шліфування є висота виступу заготовки, яка набігає на круг dh_i на i -му оберті заготовки. На суматорі 1 отримуємо глибину шліфування $x_{2i} = dh_i - d_i$, де d_i – деформація ТС. Глибина шліфування x_{2i} подається на вхід до блоку «процес шліфування», який перетворює x_{2i} на радіальну складову сили шліфування P_y . У свою чергу, P_y здійснює вплив на системи «заготовка» та «шліфувальний круг-бабка», чим викликає їх відповідну пружну деформацію d_i (суматор 2). У той же час на систему «круг-бабка» впливає відцентрова сила F_c , яка викликана незрівноваженістю шліфувального круга. Висота виступу dh_i формується відніманням від профілю заготовки після її шліфування на попередньому оберті R_{i-1} переміщення шліфувальної бабки $(R_s - V_s \cdot t)$ без урахування пружних деформацій. Таким чином, профіль R_{i-1} є вихідним для i -го оберту. При відніманні із R_i глибини шліфування x_{2i} отримуємо поточне значення розгорнення профілю на i -му оберті $(R_i - x_{2i})$. Зазначений профіль упродовж часу оберту T запам'ятовується та затримується блоком затримки, а на виході подає профіль заготовки після обробки на попередньому оберті.

Для розрахунку імітаційної моделі скористаємося пакетом візуальної імітації VisSim v.3.0, який дозволяє сконструювати модель та наочно відтворити ті чи інші параметри динамічної системи.

Блок-схему загальної моделі системи врізного шліфування мовою «VisSim» зображено на рис. 5.

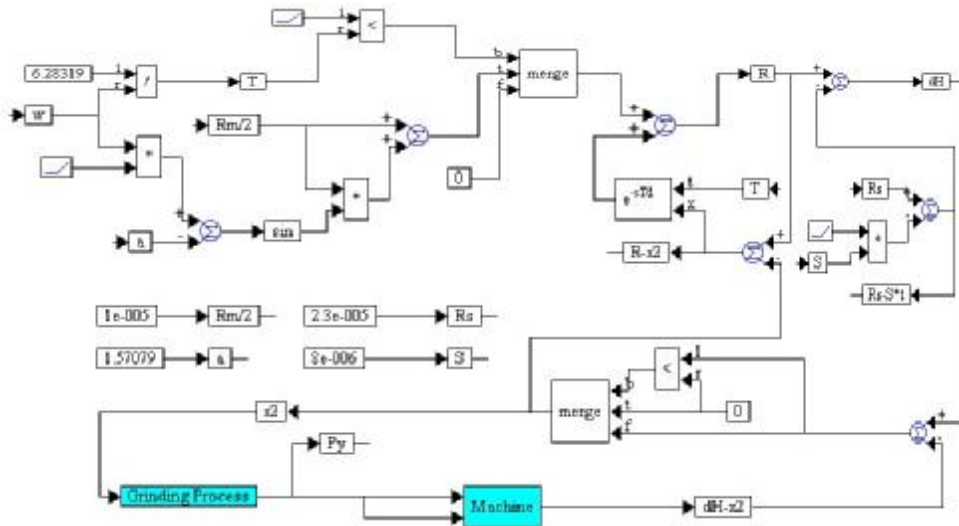


Рисунок 5 – Імітаційна модель процесу КЗВП (VisSim v.3.0)

Блок-схему еквівалентної пружної системи круглошліфувального верстата зображено на рис. 6.

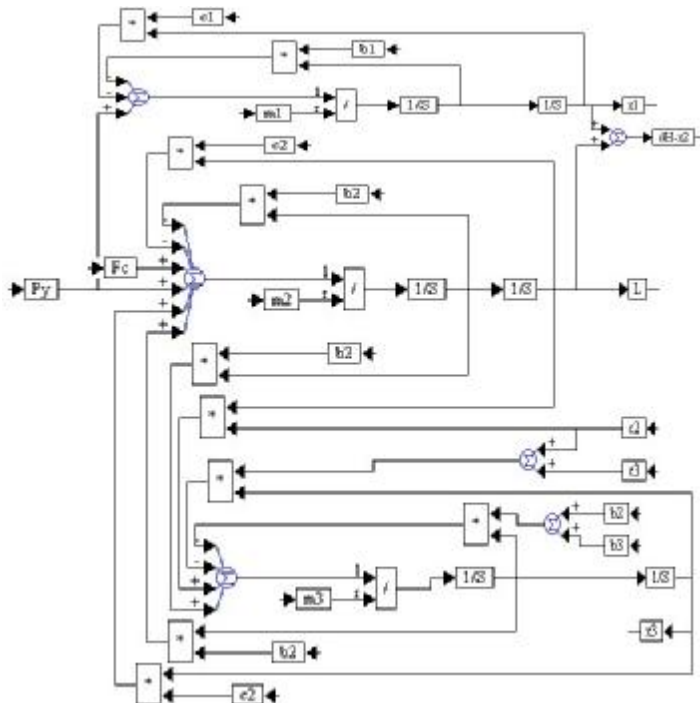


Рисунок 6 – Еквівалентна пружна система круглошліфувального верстата (VisSim v.3.0)

Розрахунок процесу виконаємо для умов врізного шліфування шийки вала зі сталі 40 ($\sigma_t = 21,5 \text{ кгс/мм}^2$) діаметром $d = 65 \text{ мм}$ і шириною $B = 30 \text{ мм}$ на верстаті моделі 3М151 ($m_1 = 6,6 \text{ кг}$; $m_2 = 50 \text{ кг}$; $m_3 = 500 \text{ кг}$; $b_1 = 882 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$; $b_2 = 20257 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$; $b_3 = 25000 \text{ Н} \cdot \text{с/м}$; $c_1 = 3,59 \cdot 10^7 \text{ Н/м}$; $c_2 = 9 \cdot 10^8 \text{ Н/м}$; $c_3 = 3,86 \cdot 10^8 \text{ Н/м}$ [4]) кругом 24А16НСМ1 ($H = 1,38$, $Z = 16$, $V_{Spr} = 150 \text{ мм/хв}$, $t_{pr} = 0,01 \text{ мм}$). Режими шліфування: швидкість різання $V = 50 \text{ м/с}$, кутова швидкість обертання деталі $\omega_d = 12 \text{ рад/с}$ ($n \approx 120 \text{ хв}^1$), а $V_S = 8 \text{ мкм/с}$; вихідне радіальне биття оброблюваної поверхні $\Delta R \approx 20 \text{ мкм}$. При моделюванні використовувався метод інтегрування Рунге-Кутта 4-го порядку.

У результаті виконаних розрахунків для зазначених умов шліфування коефіцієнт $C_p = 3,896 \cdot 10^7 \text{ Н/м}$.

РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ КРУГЛОГО ВРІЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

На рис. 7 зображено розрахунок параметрів R , $(R - x_2)$, $(R_S - V_S \cdot t)$.

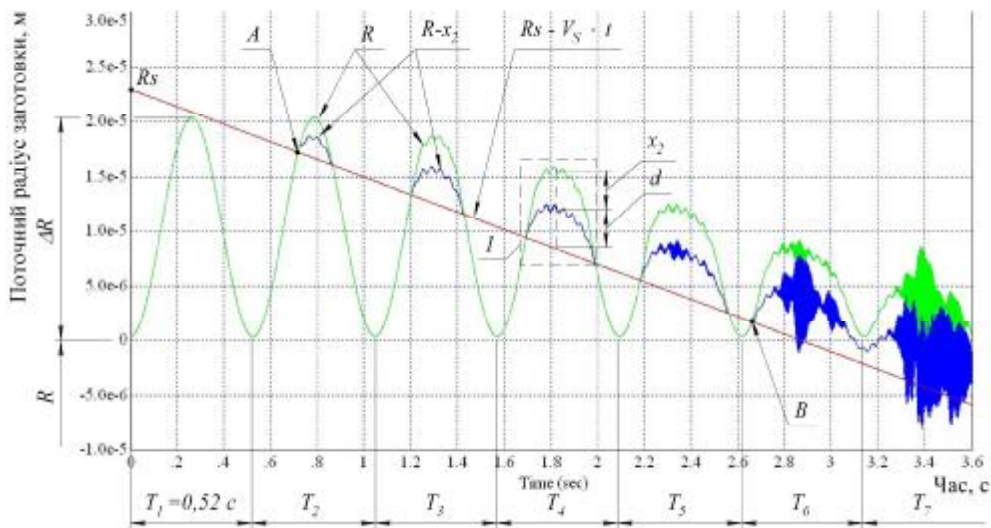


Рисунок 7 – Розрахунок процесу КЗВП (VisSim v.3.0)

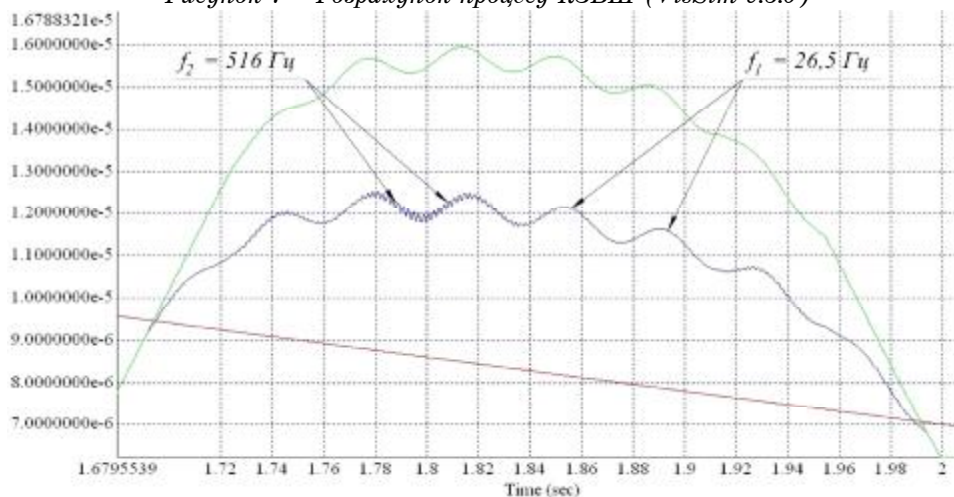


Рисунок 8 – Фрагмент 1 рис. 7 (збільшено)

У межах першого оберту, тобто часу 0,52 с, сигнал R показує розгорнення поверхні заготовки, а далі він становить собою розгорнення поверхні заготовки після шліфування на попередньому оберті. Сигнал $(R - x_2)$ – це поточний профіль заготовки, а сигнал $(R_S - V_S \cdot t)$ – це переміщення у русі подачі на врізання без урахування деформації пружної системи верстата. На рис. 7 видно, як усувається вихідне радіальне биття й відбувається перехід від переривчастого контакту круга із заготовкою до безперервного (у точці В). При першому торканні шліфувального круга поверхні заготовки (точка А) через взаємні коливання на оброблюваній поверхні утворюються хвилі. Це добре видно при великому збільшенні сигналу на 4-му оберті заготовки (рис. 8).

З рис. 8 (4-й оберт заготовки) видно, що на поверхні заготовки спостерігаються 2 гармоніки: 1 – із частотою $f_1 = 26,5$ Гц, яка відповідає частоті впливу на ТС КЗВШ відцентрової сили F_u , викликаній незрівноваженістю шліфувального круга, та 2 – із частотою $f_2 = 516$ Гц. Встановлено, що частота 2-ї гармоніки відповідає частоті власних коливань заготовки під впливом процесу різання (з характеристикою C_p).

Відомо, що власна частота парціальної системи може бути розрахована за формулою $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m}}$, де c – жорсткість системи (для системи «заготовка-центр» $c = c_1$), m – маса системи. Тоді частота власних

коливань деталі становитиме $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3,59 \cdot 10^7}{6,6}} \approx 370$ Гц. Власна частота

коливань заготовки з урахуванням замкнутості ТС через «процес різання» становитиме $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_1 + C_p}{m_1}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{3,59 \cdot 10^7 + 3,896 \cdot 10^7}{6,6}} \approx 36$ Гц,

що відрізняється від значення $f_2 = 516$ Гц на рис. 8 несуттєво.

Встановлено, що власні коливання заготовки із частотою f_2 збуджуються при першому контакті круга із заготовкою й набувають розвитку. Ці коливання малі, але вони приводять до коливань глибини шліфування й утворенню хвиль на поверхні заготовки. При зустрічі круга на наступному оберті із хвилястою поверхнею сила різання змінюється із частотою хвиль, тобто із частотою власних коливань заготовки. Тому амплітуда коливань із кожним обортом заготовки зростає. Відбувається шліфування «по сліду», утвореному на попередньому оберті заготовки процесом шліфування.

Досліджено вплив режимів шліфування на амплітуду хвиль, що утворюються на поверхні заготовки. Встановлено, що зменшення як швидкості подачі V_S , так і швидкості обертання виробу V_∂ , веде до зменшення амплітуди хвиль. Пояснюється це тим, що швидкість наростання сили різання зменшується зі зменшенням V_S і V_∂ – заготовці передається менша початкова швидкість. Інтенсивність «поштовху» стає меншою й зменшується амплітуда коливань. Однак повністю усунути виникнення вібрацій заготовки при першому її торканні з кругом неможливо.

Можна штучно на моделі створити умови, коли швидкість наростання сили різання в момент торкання буде дорівнювати нулю. Для цього швидкість наростання виступу заготовки, що набігає на круг, у момент торкання повинна дорівнювати нулю й далі наростати за законом синусоїди. Однак створити такі умови практично неможливо.

Тому пропонується інший досить простий і ефективний прийом усунення хвилястості на поверхні заготовки [6]. Через кілька обертів заготовки, коли закінчується переривчасте шліфування, кутова

швидкість обертання деталі ω_d зменшується в (2,5...3) рази. Після такої зміни ω_d хвилі на заготовці будуть збуджувати зміну сили різання із частотою в (2,5...3) рази меншою, ніж частота власних коливань заготовки. Таким чином, резонанс виключається і процес шліфування усуває хвилястість, що утворилася. При цьому переривчастий контакт круга із заготовкою перетворюється у безперервний і власні коливання заготовки не збуджуються (див. рис. 9).

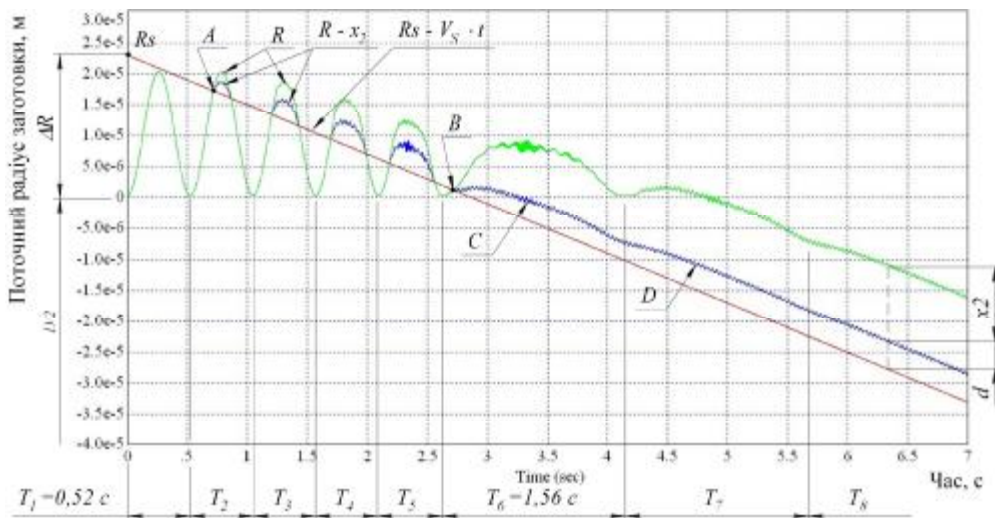


Рисунок 9 – Розрахунок процесу КЗВШ при робочому циклі із 1-кратною зміною швидкості обертання заготовки (VisSim v.3.0)

На рис. 9 зображені сигнали R , $(R - x_2)$, $(R_s - V_S \cdot t)$ для шліфування за описаним алгоритмом зміни швидкості обертання заготовки. Початкові умови шліфування зазначені вище. Після п'яти обертів заготовки кутова швидкість її обертання з $\omega_d = 12$ рад/с зменшена до 4 рад/с. З рис. 9 видно, що починаючи із 6-го оберту утворюється безперервний контакт круга із заготовкою (точка В). Час оберту з 0,52 с збільшився до 1,56 с, а подача на оберт заготовки S_0 збільшилася з 4,21 мкм до 12,63 мкм. При цьому хвилястість, яка утворилася на заготовці після двох її обертів, значно зменшується (гармоніка С – на 6-му оберті, гармоніка D – на 7-му оберті заготовки).

Амплітуда гармоніки із частотою f_1 залишається незмінною протягом усього часу спостереження. Одним зі шляхів її зменшення може бути своєчасна правка та балансування круга.

Подальші дослідження показали, що однократна зміна швидкості обертання виробу має короткочасний ефект. Так, після зменшення амплітуди хвиль на поверхні заготовки, викликаного зміною швидкості обертання виробу, вже через 5-6 обертів заготовки відбувається новий сплеск зростання амплітуди коливань (на рис. 9 не позначено).

Імовірно новий сплеск коливань ініціює попередня зміна швидкості обертання виробу. Ефект шліфування «по сліду» повторюється знову. В зв'язку з цим пропонується зміну швидкості обертання виробу робити безупинно протягом усього процесу шліфування, наприклад, за законом синусоїди. Перевірка даного припущення моделюванням мала позитивний результат - амплітуда коливань на поверхні заготовки різко зменшується після зменшення швидкості обертання заготовки в 2,5...3 рази з 5-го на 6-й оберт заготовки й далі зменшується безупинно протягом усього процесу шліфування.

ВИСНОВКИ

1 Розроблено імітаційну модель динамічної системи круглого врізного шліфування, яка дозволяє прогнозувати макрогеометричні параметри шліфованої поверхні заготовки. При цьому за джерела збудження ТС взяті відхилення від круглості оброблюваної заготовки й відцентрова сила, що викликана незрівноваженістю шліфувального круга.

2 У результаті модельного експерименту встановлено:

– при першому торканні круга оброблюваної поверхні збуджуються власні коливання заготовки, що приводять до коливань глибини шліфування й утворенню хвиль на поверхні заготовки. При зустрічі круга на наступному оберті із хвилястою поверхнею заготовки сила різання змінюється із частотою хвиль, тобто із частотою власних коливань заготовки, тому амплітуда коливань із кожним обертом зростає. Відбувається шліфування «по сліду», утвореному на попередньому оберті заготовки процесом шліфування;

– зменшення швидкості обертання виробу в 2,5..3 рази в момент переходу до безперервного контакту круга з оброблюваною поверхнею веде до значного, але короточасного зниження рівня хвилястості шліфованої поверхні;

– зміна швидкості обертання виробу за гармонійною функцією синусоїди веде до поступового й безперервного зниження рівня хвилястості шліфованої поверхні протягом усього робочого циклу.

SUMMARY

MODELLING OF THE PROCESS OF CIRCULAR ROUND INFEEED GRINDING

V.G.Yevtukhov, A.V. Yevtukhov, M.V. Chizhova
Sumy State University

Simulation model of technological system of cylindrical infeed grinding, that allows to predict geometrical quality parameters of grinding surface taking into account the dynamic of the process are examined in the article.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Братан С.М. Технологічні основи забезпечення якості і підвищення стабільності високопродуктивного чистового та тонкого шліфування: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Одеський національний політехнічний ун-т. – О., 2006. – 35с.
2. Марчук В.І. Технологічні основи забезпечення якості робочих поверхонь кілець роликотішлипників: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Одеський національний політехнічний ун-т. – О., 2004. – 36с.
3. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням: Навчальний посібник. – Київ: УкрНДІАТ, 2003. – 383 с.
4. Ушаков А.Н. Структурно-параметрический синтез процесса круглого наружного врезного шлифования с адаптивным управлением: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Ушаков Александр Николаевич. – Харьков, 1998. – 178 с.
5. Malkin, S., Guo, C. Model Based Simulation of Grinding Processes. Abrasives and grinding. September/October 2007. Режим доступу до журн.: <http://www.abrasivesmagazine.com>.
6. Декл. пат. 50182А. Україна. В24 В1 / 00, Сизий Ю.А., Євтухов А.В., Євтухов В.Г. СумДУ. Спосіб круглого врізного шліфування деталей. – №2001117701; Заявл. 12.11.2001; Опубл. 15.10.2002. Бюл. № 10.

Надійшла до редакції 25 лютого 2009 р.