

Драгобецький В.В., Роман Л.С., Наумова О.О.

ВПЛИВ УМОВ РОЗТОЧУВАННЯ ЗБІРНИМИ НЕВРІВНОВАЖЕНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ НА ЇХ КОЛИВАННЯ ТА ТОЧНІСТЬ ОТВОРІВ

Dragobetsky V.V., Roman L.S., Naumova O.O.

THE INFLUENCE OF BORING CONDITIONS BY MODULAR UNBALANCED TOOLS ON THEIR OSCILLATIONS AND ACCURACY OF THE HOLES

Показано як конструкція розточувального інструмента, режими різання та матеріал різальної пластини впливають на поперечні коливання збірного неврівноваженого інструмента і точність розточених отворів. Встановлено, що збільшення швидкості різання призводить до незначного зменшення амплітуди коливань однозубого і двозубого інструментів. За результатами досліджень приведені рекомендації щодо конструкції та застосування збірних неврівноважених розточувальних інструментів, зокрема, для чистової обробки отворів раціонально застосовувати двозубі інструменти, для чорнкової – однозубі.

***Ключові слова:** багатогранна непереточувальна пластинка, розточування, збірні неврівноважені інструменти, коливання, точність отворів*

Вступ

Для продуктивної обробки отворів доцільне застосування багатозубих інструментів, що ділять припуск по подачі або по глибині різання. Застосування методу розподілу припуску по подачі вимагає забезпечення більш високих вимог до точності виготовлення розточувальних інструментів, що робить неможливим застосування багатограних непереточувальних пластин (БНП) нормальної точності. Усе це вказує на користь застосування розточувальних інструментів з механічним кріпленням БНП, що працюють по методу розподілу припуску по глибині різання [1]. Під час розточування інструментами, що працюють по методу розподілу припуску по глибині різання, на кожен зуб інструмента діє навантаження різної величини. Тому виникає неврівноважена сила, що призводить до коливань різального інструмента.

Багатозубі розточувальні інструменти з механічним кріпленням БНП мірні інструменти, отже, точність багатограних пластин буде впливати на точність діаметрального розміру цих інструментів і, у кінцевому рахунку, на точність оброблювальних отворів. У залежності від вимог до точності розточених отворів, способи кріплення в інструментах різальних елементів, можуть бути різними. Під час чорнового роз-

точування регулювання настроювального діаметрального розміру інструмента, з метою компенсації похибок виконавчих розмірів БНП не потрібно. При напівчистовій і чистовій обробці отворів регулювання настроювального діаметрального розміру розточувальних інструментів необхідно по двом причинам: по-перше для компенсації відхилень виконавчих розмірів багатограних пластин і по-друге для компенсації зносу пластин і підналагодження діаметрального розміру інструмента. Цим досягається достатня точність обробки і ефективність використання БНП [2].

За останній час знаходять застосування у машинобудуванні інструментальні матеріали – безвольфрамкові тверді сплави (БВТС). Створення БВТС зумовлено необхідністю економії інструментальних матеріалів, що містять дефіцитні метали, в першу чергу – вольфрам. Порівняльні випробування інструментів, оснащених пластинами з БВТС, під час обробки сталей конструкційних вуглецевих і низьколегованих, деяких марок чавунів, кольорових металів і сплавів показали, що їх використання можливе при обробці широкої гамми металів та сплавів, проте область застосування обмежена тільки міжопераційною обробкою («чистою» або «напівчистою»). Слід зазначити, що найстабільніші позитивні результати спостерігаються під час обробки вуглецевих та низьколегованих сталей [3].

Мета

Дослідження впливу умов розточування збірними невірноваженими інструментами на їх коливання і точність отворів розточених невірноваженими інструментами.

Результати дослідження

Під час розточування отворів на інструмент діють сили, зміна величини яких призводить до виникнення коливань. Основною причиною, що викликає зміну сил, є зміна товщини та ширини шару, що зрізується. На розточувальний інструмент діють крутильні та згинальні коливання, величини яких залежать від багатьох факторів. Через те, що жорсткість інструмента при вигину значно нижче жорсткості при крутінні, то в подальшому враховувалися поперечні коливання від вигину. Вважаючи, що точність розмірів і форми оброблюваного отвору визначаються перетинами в площині, перпендикулярної до його вісі, поперечні коливання інструмента розглянемо як коливання матеріальної крапки, що має два ступені свободи. Схема коливальної системи процесу розточування з двома ступенями свободи показана на рис. 1.

Переміщення коливальної системи під час розточування визначаються комплексним впливом зовнішніх і внутрішніх сил, тобто силами різання, силами інерції, силами пружності і т.і. З деяким наближенням силу пружності приймаємо пропорційною відхиленню системи від положення рівноваги, а силу опору – швидкості коливального руху. Замінемо

розподілену по всій довжині масу інструмента еквівалентною приведеною масою m , зосередженою на кінці розточувального інструмента.

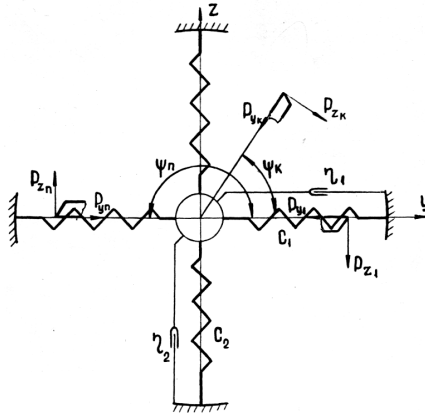


Рис. 1. Схема коливальної системи з двома ступенями свободи під час розточування

З урахуванням прийнятих допущень, коливальний рух центра інструмента в двох взаємно перпендикулярних напрямках описується системою диференціальних рівнянь другого порядку:

$$\begin{cases} m_1 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + \eta_1 \frac{dy(t)}{dt} + c_1 y(t) = R_y \\ m_2 \frac{d^2 z(t)}{dt^2} + \eta_2 \frac{dz(t)}{dt} + c_2 z(t) = R_z \end{cases} \quad (1)$$

де $m_1 \frac{d^2 y(t)}{dt^2}$; $m_2 \frac{d^2 z(t)}{dt^2}$ - складові сили інерції коливальної системи в напрямках OY і OZ;

$\eta_1 \frac{dy(t)}{dt}$; $\eta_2 \frac{dz(t)}{dt}$ - складові сил опору і пружності;

R_y і R_z - сили різання, що діють по напрямках вісей OY і OZ;

$y(t)$; $z(t)$ - переміщення уздовж вісей OY і OZ;

c_1, c_2, η_1, η_2 - жорсткість системи і коефіцієнти опору уздовж вісей OY і OZ;

m_1, m_2 - приведена маса інструменту у горизонтальній і вертикальній площинах.

Праві частини системи рівнянь (1) R_y і R_z визначаються додаванням тангенціальних і радіальних сил, що діють на кожен зуб:

$$R_y = \sum_{i=1}^n (-P_{y_i} \cos \psi_i + P_{z_i} \sin \psi_i) \quad (2)$$

$$R_z = \sum_{i=1}^n (-P_{z_i} \cos \psi_i + P_{y_i} \sin \psi_i), \quad (3)$$

де i - номер зуба;

n - число зубів;

P_{z_i}, P_{y_i} - тангенціальна і радіальна сили, що діють на i -ий зуб;

ψ_i - кут між віссю ОУ та i -им зубом інструмента.

Сили P_{z_i} і P_{y_i} , що входять до складу рівнянь (2) і (3), залежать від товщини і ширини шару, що зрізується. Зміна величини шару, що пов'язано зі зсувом вісі інструмента щодо вісі отвору, приводить до зміни сил P_z і P_y . На рис. 2, а показана схема впливу поперечних коливань вісі розточувального інструмента на параметри перетину зрізу.

Збільшення глибини різання під дією вібрації інструмента Δt_p можна записати:

$$\Delta t_p = z(t) \cos \theta + y(t) \sin \theta, \quad (4)$$

де $z(t)$ і $y(t)$ - зсув вісі інструмента в напрямках ОZ і ОУ, викликаний вібраціями;

θ - кут повороту заготовки щодо інструмента в момент часу t .

Зміна ширини зрізу $\Delta b = \frac{\Delta t_p}{\sin \phi}$. Аналіз схеми різання показує, що під час розточування інструментами з головним кутом у плані $\phi \neq 90^\circ$ ширина зрізу змінюється більш істотно, чим товщина зрізу при коливаннях вісі останнього. З урахуванням прийнятих допущень P_z і P_y можуть бути виражені залежностями:

$$P_z = C_{p_z} [b(t) \sin \phi]^{X_{p_z}} \cdot S^{Y_{p_z}} \cdot v^{n_{p_z}}; \quad (5)$$

$$P_y = C_{p_y} [b(t) \sin \phi]^{X_{p_y}} \cdot S^{Y_{p_y}} \cdot v^{n_{p_y}}, \quad (6)$$

де C_{p_z} і C_{p_y} - коефіцієнти, що залежать від умов різання;

X_{p_z} і X_{p_y} - показники ступеня при глибині різання;

n_{pz} і n_{py} - показники ступеня при швидкості різання;

Y_{pz} і Y_{py} - показники ступеня при подачі;

t - час.

На зміну величини $b(t)$ у формулах (5) і (6) істотний вплив роблять сліди від попередньої обробки і сліди, залишені на поверхні попереднім зубом (рис. 2, б).

Остаточна зміна ширини зрізу може бути знайдена по формулі:

$$b(t) = \frac{t_p}{\sin \varphi} + \frac{\Delta t_p}{\sin \varphi} - \frac{\Delta t_p \left(t - \frac{T}{n} \right)}{\sin \varphi}, \quad (7)$$

де t_p - номінальне значення глибини різання;

T - час одного оберту заготовки;

n - число різальних зубів інструмента.

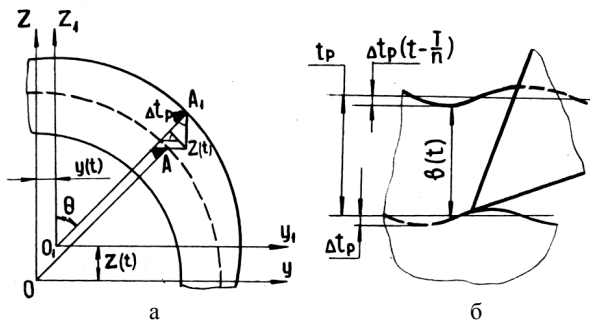


Рис. 2. Вплив зсуву вісі інструмента - а і сліду попередньої обробки - б на глибину різання під час розточування

На зміну ширини шару, що зрізується, особливий вплив робить зсув вісей інструмента і оброблювальної деталі. Позначимо ці зсуви по осях OZ і OY через z_0 і y_0 , виразимо кут повороту заготовки деталі щодо зуба інструмента θ через кутову швидкість і з огляду на то, що сила різання відстає за часом від зміни параметрів різання на величину τ , одержимо:

$$b(t) = \left\{ \begin{array}{l} t_p + z_0 \cos \left[\frac{2\pi}{T} (t - \tau) \right] + y_0 \sin \left[\frac{2\pi}{T} (t - \tau) \right] - z \left(t - \frac{T}{n} - \tau \right) \cos \left[\frac{2\pi}{T} (t - \tau) \right] \\ - y \left(t - \frac{T}{n} - \tau \right) \sin \left[\frac{2\pi}{T} (t - \tau) \right] \end{array} \right\} \frac{1}{\sin \varphi}. \quad (8)$$

Приведемо рівняння (8) до виду $b(t) = B$, підставимо його у формули (5) і (6) одержимо:

$$P_z = C_{p_z} B^{X_{p_z}} \cdot S^{Y_{p_z}} \cdot v^{n_{p_z}}; \quad (9)$$

$$P_y = C_{p_y} B^{X_{p_y}} \cdot S^{Y_{p_y}} \cdot v^{n_{p_y}}, \quad (10)$$

Праві частини системи рівнянь (1) будуть мати вигляд:

$$R_y = \sum_{i=1}^n \left(-C_{p_y} \cdot B^{X_{p_y}} \cdot S^{Y_{p_y}} \cdot v^{n_{p_y}} \cdot \cos \psi_i + C_{p_z} \cdot B^{X_{p_z}} \cdot S^{Y_{p_z}} \cdot v^{n_{p_z}} \cdot \sin \psi_i \right); \quad (11)$$

$$R_z = \sum_{i=1}^n \left(-C_{p_z} \cdot B^{X_{p_z}} \cdot S^{Y_{p_z}} \cdot v^{n_{p_z}} \cdot \cos \psi_i + C_{p_y} \cdot B^{X_{p_y}} \cdot S^{Y_{p_y}} \cdot v^{n_{p_y}} \cdot \sin \psi_i \right). \quad (12)$$

Для умов, при яких проводилися дослідження приведена маса m , жорсткість системи C , коефіцієнт опору η , логарифмічний декремент Δ і власна частота коливань інструмента ω були такими [4]:

по вісі OY:

$$m_1 = 3,532 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м};$$

$$C_1 = 3,022 \text{ МН}/\text{м};$$

$$\eta_1 = 646,479 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м};$$

$$\Delta_1 = 0,623;$$

$$\omega_1 = 147 \text{ Гц}.$$

по вісі OZ:

$$m_2 = 3,728 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м};$$

$$C_2 = 3,549 \text{ МН}/\text{м};$$

$$\eta_2 = 459,108 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м};$$

$$\Delta_2 = 0,397;$$

$$\omega_2 = 155,2 \text{ Гц}.$$

Підставивши приведені значення і вирішивши систему диференціальних рівнянь (1) для дванадцяти положень різального зуба, одержимо розрахункову амплітудну характеристику розточувального інструмента (рис. 3, а) [4].

При експериментальній перевірці математичної моделі, отвори розточували однозубим інструментом, положення зуба (кут ψ) мінялося від 0° до 330° відносно вісі OY через кожні 30° . На рис. 3, б приведена амплітудна характеристика розточувального інструмента, отримана експериментально. Для перевірки гіпотези про адекватність використовуємо критерій Фішера (F-критерій), що являє собою відношення більшої дисперсії до меншої, отримана величина порівнюється з табличною. Після математичної обробки даних, розрахунку F-критерію і порівняння з табличним F-критерієм, розрахункове значення F-критерію не перевищує табличного. З відповідною довірчою імовірністю модель можна вважати адекватною [4].

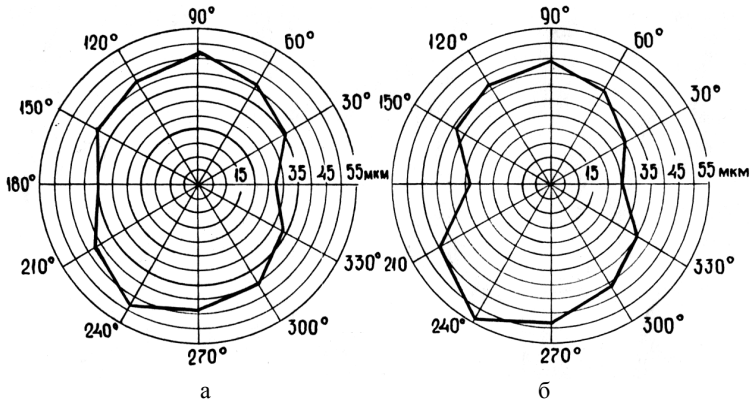


Рис. 3. Амплітудні характеристики збірного розточувального інструмента: а – розрахункова; б – експериментальна

Аналізуючи результати приведених амплітудних характеристик (рис. 3), можна зробити висновок, що найбільш сприятливі умови роботи розточувального інструмента при установці різального зуба з кутами $\psi = 0^\circ$ і $\psi = 180^\circ$.

Під час проведення досліджень заготовками були попередньо розточені труби зі сталі 40Х довжиною 150 мм із зовнішнім діаметром 159 мм і товщиною стінки 25 мм у стані постачання (НВ 2,43 ... 2,51 ГПа). Оброблювальний метал піддавався контрольним дослідженням, хімічний склад і механічні властивості сталі відповідали вимогам стандартів.

Параметри коливань неврівноважених розточувальних інструментів вимірювались за допомогою комплексу вібровиміральної, індукційної, шести каналної, шостого типу, з виходом по струму і по напрузі апаратури (ВІ6-6ТН) з датчиками вібрації ДВ-1СВ у вертикальній (ХОЗ) та ДВ-1СГ в горизонтальній (ХОУ) площинах.

Досліджували поперечні коливання під час розточування однозубим ($\psi = 0^\circ$) і двозубим ($\psi_1 = 0^\circ$ і $\psi_2 = 180^\circ$) інструментами з вузлами кріплення БНП зі БВТС марки ТН-20, які дозволяють регулювати діаметральний розмір інструмента без введення додаткових елементів та деталей. Такі конструкції вузлів кріплення БНП розроблені співробітниками кафедри технології машинобудування КрНУ [1, 2].

Розглянемо характер поперечних коливань неврівноважених інструментів у горизонтальній (ХОУ) та вертикальній (ХОЗ) площинах.

Амплітуда коливань вісі однозубого інструмента при постійних швидкості різання ($V = 1,57$ м/с) і глибині різання ($t = 1$ мм) зі збільшенням подачі збільшувалася від 18 мкм при $S = 0,13$ мм/об до 33 мкм при $S = 0,39$ мм/об у площині ХОУ і з 15 мкм при $S = 0,13$ мм/об до 24 мкм при $S = 0,39$ мм/об у площині ХОЗ. Амплітуда коливань вісі двозубого інстру-

мента при аналогічних режимах різання зі збільшенням подачі зменшилася з 27 мкм при $S = 0,13$ мм/об до 21 мкм при $S = 0,39$ мм/об у вертикальній (ХОZ) площині і з 24 мкм при $S = 0,13$ мм/об до 17 мкм при $S = 0,39$ мм/об у горизонтальній (ХОУ) площині. До того ж в горизонтальній площині амплітуда коливань зменшилася з 24 мкм при $S = 0,13$ мм/об до 20 мкм при $S = 0,195$ мм/об, тобто спостерігається різке зниження амплітуди при збільшенні подачі до 0,195 мм/об і подальше монотонне зменшення до 17 мкм при $S = 0,39$ мм/об (рис. 4).

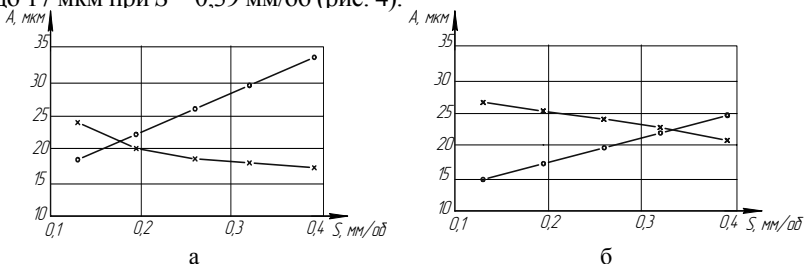


Рис. 4. Вплив подачі на амплітуду коливань

(• - однозубого, x - двозубого) інструментів при $t = 1$ мм і $V = 1,57$ м/с:
а - в площині ХОУ; б - в площині ХОZ.

Матеріал втулок сталь 40Х, матеріал БНП-БВТС марки ТН-20

Амплітуда коливань вісі однозубого інструмента при постійній подачі ($S = 0,195$ мм/об) і глибині різання ($t = 1$ мм) зі збільшенням швидкості різання монотонно знижувалася з 25 мкм при $V = 1,26$ м/с до 21 мкм при $V = 2,52$ м/с у площині ХОУ і з 18 мкм при $V = 1,26$ м/с до 15 мкм при $V = 2,52$ м/с у площині ХОZ. При розточуванні отворів двозубим інструментом на таких же режимах різання амплітуда коливань у площині ХОУ зі збільшенням швидкостей різання монотонно зменшується з 21 мкм при $V = 1,26$ м/с до 18 мкм при $V = 2,52$ м/с. У площині ХОZ характер зміни амплітуди коливань інший.

Зі збільшенням швидкості різання з $V = 1,26$ м/с до $V = 1,57$ м/с амплітуда зменшується з 27 мкм до 25 мкм, з подальшим збільшенням швидкості різання до $V = 2,52$ м/с амплітуда збільшується до 27 мкм.

Як видно з графіка існує «оптимум» швидкості різання ($V = 1,57 \dots 1,98$ м/с), при якому спостерігається найменше значення амплітуди коливань, ліворуч і праворуч «оптимуму» спостерігається незначне збільшення її (рис. 5).

Під час проведення дослідів були зроблені заміри розточених отворів для визначення величини зміни діаметра в залежності від конструкції інструмента, величини подачі, та матеріалу БНП при постійних швидкості та глибині різання ($V = 1,57$ м/с, $t = 1$ мм). Діаметри розточених отворів вимірювалися з точністю до 1 мкм в двох взаємно перпендикулярних площинах на різній глибині від торця заготовки (А, Б, В).

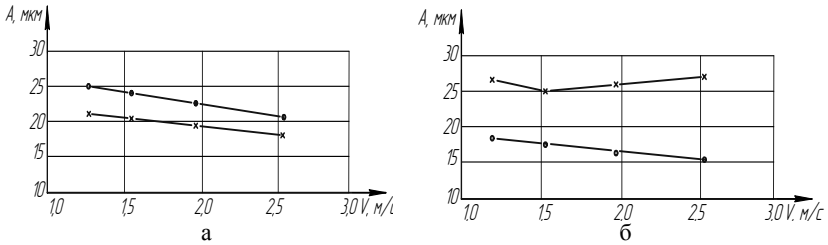


Рис. 5. Вплив швидкості різання на амплітуду коливань (• - однозубого, x – двозубого) інструментів при $t=1$ мм і $S=0,195$ мм/об: а - в площині XOY; б – в площині XOZ.

Матеріал втулок сталь 40X, матеріал БНП-БВТС марки ТН-20

Середньоарифметичне з шести вимірювань приймалося за дійсний діаметр отвору, який порівнювався з діаметром інструментів.

$$\bar{A}_o = \frac{1}{6} (\bar{A}_1^A + \bar{A}_1^{\dot{A}} + \bar{A}_2^A + \bar{A}_2^{\dot{A}} + \bar{A}_2^{\ddot{A}} + \bar{A}_2^{\ddot{\dot{A}}}); \quad \pm \delta = \bar{A}_i - \bar{A}_{z_i}$$

де \bar{A}_i - діаметр розточеного отвору;

δ - збільшення (зменшення) діаметра отвору;

\bar{A}_{z_i} - діаметр розточувального інструменту.

Розточування втулок однозубим інструментом дає зменшення діаметра щодо налаштованого на номінальний розмір інструмента з 72...83 мкм при $S = 0,13$ мм/об до 168...220 мкм при $S = 0,39$ мм/об. Аналогічні умови розточування двозубим інструментом дають збільшення діаметра отворів в подовжньому напрямі з 6...7,5 мкм при $S=0,13$ мм/об до 17...23 мкм при $S = 0,39$ мм/об. За результатами проведених експериментів побудовані графіки зміни діаметрів отворів в залежності від умов розточування і матеріалу БНП (рис. 6). Розточувались втулки з діаметром отворів 120 мм.

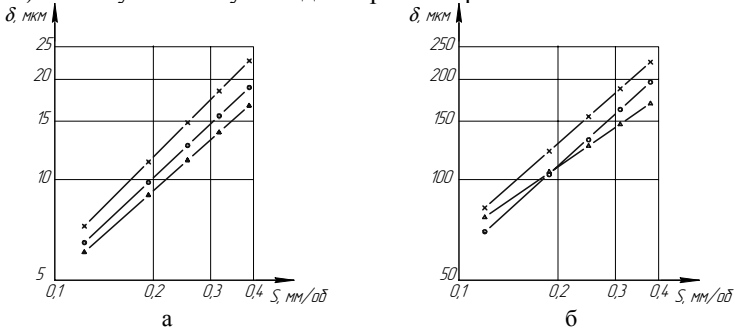


Рис. 6. Збільшення діаметру отворів під час розточування двозубим (а) і зменшення діаметру під час розточування однозубим (б) інструментами втулок зі сталі 40X ($V=1,57$ м/с; $t=1$ мм).

Матеріал БНП: x –Т15К6; • - Т15К6+TiC; ▲ - ТН-20

Висновки

1. На амплітуду коливань збірних невірноважених інструментів збільшення подачі впливає так: однозубий інструмент – амплітуда зростає; двозубий інструмент – амплітуда зменшується. Збільшення швидкості різання призводить до незначного зменшення амплітуди коливань однозубого і двозубого інструментів. Отже для чистової обробки отворів застосовувати двозубі інструменти, для чорнової – однозубі.

2. Під час розточування двозубим інструментом має місце збільшення діаметру отворів в подовжньому напрямі в межах допусків для чистової обробки отворів діаметром 120 мм та більше. Однозубий інструмент в аналогічних умовах дає зменшення діаметру отворів, що свідчить на користь двозубого інструмента.

3. Застосування БНП з БВТС марки ТН-20 в порівнянні з вольфрамісткими Т15К6 і Т15К6+TiC дало позитивний результат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Роман Л.С. Двухзубые сборные расточные инструменты для автоматизированного производства / Л.С. Роман // Информатизация та нові технології. – 1994. – №1–2. – С. 47.
2. Роман Л.С., Локтик А.В. Влияние конструкции сборного режущего инструмента на его надежность и работоспособность. Збірник наукових праць Кременчуцького державного політехнічного університету: «Вісник КДПУ» - Кременчук. КДПУ. 2005. – Вип.. 5/2005 (34). – С. 54 – 56.
3. Шамшей Д.А., Роман Л.С. Работоспособность резцов, оснащенных безвольфрамовыми твердыми сплавами. Збірник наукових праць Кременчуцького державного політехнічного університету: «Вісник КДПУ» - Кременчук. КДПУ. 2005. – Вип.. 5/2005 (34). – С. 48 – 49.
4. Роман Л.С. Математическая модель автоколебательного процесса при растачивании сборным инструментом с делением припуска по глубине резания. Деп. в УкрНДНТУ №966-Ук91, бу ВИНТИ №10 (240), б/о 694. 1991. – 12 с.

REFERENCES

1. Dvuzubie sbornie rastochnye instrumenti dly avtomatizirovanogo proizvodstva / Roman L. // Informatizaciyi ta novi tehnologiy. – 1994. – №1 – 2. P. 47.
2. Roman L.S., Loktik A.V. Vliyanie konstrukcii sbornogo regushogo instrumenta na ego nadegnost i rabotosposobnost. Zbirnik naukovih prac Kremenchugskogo dergavnogo politehnichnogo universitetu: «Visnik KDPU» - Kremenchuk. KDPU. 2005. – Vol. 5/2005 (34). – P. 54-56.
3. Shamshey D.A., Roman L.S. Rabotosposobnost rezcov, osnashenih bezvolframovimi tverdimi splavami. Zbirnik naukovih prac Kremenchugskogo dergavnogo politehnichnogo universitetu: «Visnik KDPU» - Kremenchuk. KDPU. 2005. – Vol. 5/2005 (34). – P. 48-49.
4. Roman L.S. Matematicheskay model avtokolebatelnogo processa pri rastachivanii instrumentom s deleniem pripuska po glubine rezaniy. Dep. v UkrNDINTU №966-Ук91, бу ВИНТИ №10 (240), б/о 694. 1991. – 12 p.

Драгобецкий В.В., Роман Л.С., Наумова Е.А. Влияние условий растачивания сборными неуравновешенными инструментами на их колебания и точность отверстий.

Показано как конструкция расточного инструмента, режимы резания и материал режущей пластины влияют на поперечные вибрации сборного неуравновешенного инструмента и точность расточенных отверстий.

Установлено, что увеличение скорости резания приводит к незначительному уменьшению амплитуды колебаний однозубого и двузубого инструментов. По результатам исследований даны рекомендации по конструкции и применению сборных неуравновешенных расточных инструментов, в частности, для чистовой обработки отверстий рационально применять двузубые инструменты, для черновой – однозубые.

Ключевые слова: *многогранная неперетачиваемая пластина, растачивание, сборные неуравновешенные инструменты, колебания, точность отверстий.*

Dragobetsky V.V., Roman L.S., Naumova O.O. The influence of boring conditions by modular unbalanced tools on their oscillations and accuracy of the holes.

The purpose of this work is investigation the influence of boring conditions by modular unbalanced tools on their cross vibrations and accuracy of the holes bored by unbalanced tools.

The influence of boring tools design, cutting modes and material of the cutting insert on cross vibrations of modular unbalanced tools and accuracy of the holes under boring has been observed.

It has established that increasing of cutting speed leads to a minor reduction in the amplitude of cross vibrations of single-toothed and two-pronged instruments.

Boring by two-pronged tools leads to increasing the diameter of holes in longitudinal direction within tolerances for finishing holes for diameter of 120 mm or more. Using of single-toothed tools under similar conditions leads to reduced diameter of holes, so implementation of two-pronged tools is preferable.

Recommendations for the design and application of modular unbalanced boring tools have been developed by the results of theoretical and experimental researches. The two-pronged tools are recommended for finishing boring of holes and single-toothed for rough boring.

Key of words: *polyhedral disposable insert, boring, modular unbalanced tools, oscillations, holes accuracy.*

Драгобецкий В.В. д.т.н., профессор, КрНУ ім. М.Остроградського, м. Кременчук, Україна
e-mail: vldrag@kdu.edu.ua

Роман Л.С. к.т.н., доцент кафедри, КрНУ ім. М.Остроградського, м. Кременчук, Україна.

Наумова О.О. ас. КрНУ ім. М.Остроградського, м. Кременчук, Україна.