

point of view, the grinding depth is not included in the dependence for determining the height parameters of the surface roughness. However, based on the experimental data, with an increase in the grinding depth, the surface roughness parameter Ra increases, which may be associated with more intense destruction of cutting grains and the formation of sharp cutting edges on them. In this case, the calculation of the Ra parameter should be carried out on the basis of the dependence taking into account the conical shape of the cutting grains, which makes it possible to more fully evaluate the technological possibilities of reducing the height parameters of the surface roughness during grinding.

The theoretical approach proposed in this work, which provides a transition from a conical to a spherical shape of cutting grains, also made it possible to refine the known calculated dependences to determine the maximum (probabilistic) cut thickness during grinding. This is of great practical importance in solving optimization problems and predicting promising directions for increasing the efficiency of grinding from the point of view of ensuring the height parameters of roughness and accuracy of the machined surfaces.

Key words: *processing quality, grinding wheel, synthetic superhard materials, spherical and cone-shaped cutting grains, maximum height of microroughness, maximum cut thickness.*

*Рекомендовано до публікації: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С.С.
Стаття надійшла 19.07.2020 р.*

УДК 621.923

Новіков Ф. В., Новіков Д. Ф., Анділахай О. О., Анділахай В. О.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ РІЗАННЯМ

В роботі визначені основні напрямки підвищення ефективності фінішної обробки деталей різанням на основі застосування сучасних лезвійних і абразивних інструментів, високопродуктивних технологій обробки на високооборотних металорізальних верстатах типу "обробний центр", що дозволяють виконувати високоточну обробку деталей з однієї установи з найменшими виробничими витратами. Теоретично обґрунтовано основні умови зниження силової напруженості процесу різання, підвищення показників точності, якості і продуктивності обробки. Аналітично визначені пружні переміщення, що виникають в технологічній системі в процесі різання і шліфування. Встановлено, що основними умовами їх зменшення є зменшення радіуса округлення вершини ріжучого елемента (зерна) і збільшення жорсткості технологічної системи. Зменшити радіус округлення вершини леза інструменту можна за рахунок застосування більш зносостійких інструментальних матеріалів з нанесеними на них зносостійкими покриттями, які забезпечують високу ріжучу здатність лезвійних інструментів. Зменшити пружні переміщення в процесі шліфування можна збільшенням зернистості круга за умови забезпечення граничних значень відносини товщини зрізу до радіуса округлення вершини ріжучого зерна, при досягненні яких процес різання переходить в процес тертя і пластичного деформування оброблюваного матеріалу. Викриті значні резерви підвищення ефективності шліфування матеріалів, пов'язані зі зменшенням радіусів округлення вершин абразивних зерен круга за рахунок реалізації режиму

Машинобудування і зварювальне виробництво

самозаточки кола або його ефективної правки. Теоретично доведено, що в цьому випадку істотно зменшуються складові сили різання і умовне напруження різання, що дозволяє зменшити пружні переміщення, що виникають в технологічній системі, та, відповідно, підвищити точність і якість обробки. Наведені в роботі теоретичні рішення всебічно експериментально підтверджені і пройшли широку апробацію - впроваджені у виробництво. Завдяки їх застосуванню вдалося на ряді операцій обробки кардинально вирішити проблему підвищення точності і якості обробки, здійснити перехід від традиційних до нових технологій, реалізованим із застосуванням сучасних верстатів та інструментів зі значними технологічними можливостями.

Ключові слова: *фінішна обробка, шліфування, пружні переміщення, технологічна система, лезвійні та абразивні інструменти, зносостійкі покриття.*

Постановка проблеми. Сучасний рівень розвитку машинобудівного виробництва відкриває нові технологічні можливості виготовлення конкурентоспроможної машинобудівної продукції й виходу на світові ринки. Особливо це стосується фінішних операцій механічної обробки, які найбільш відповідальні за остаточне формування параметрів точності та якості виробів, що виготовляються. Однак ці операції достатньо трудомісткі й різко знижують ефективність виробництва. Тому вдосконалення фінішних операцій механічної обробки є важливим й актуальним завданням. Перспективним напрямом вирішення цього завдання є застосування ріжучих інструментів зі зносостійкими покриттями, а також інструментів, виготовлених з інструментальних матеріалів із підвищеними фізико-механічними властивостями, наприклад, синтетичних надтвердих матеріалів. Разом з тим, високі потенційні можливості зазначених інструментів на практиці використовуються не повною мірою. Це не дозволяє в остаточному підсумку виконати науково обґрунтований вибір раціональних способів і умов обробки, які забезпечують підвищення точності та якості оброблюваних поверхонь та одночасне збільшення продуктивності й зниження собівартості обробки. Тому дана робота спрямована на вирішення актуального науково-практичного завдання підвищення ефективності процесів фінішної механічної обробки та забезпечення науково обґрунтованого вибору кращих варіантів обробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішення завдання підвищення точності та якості оброблюваних поверхонь нерозривно пов'язане із проблемою оптимізації параметрів обробки, створення глибоких математичних моделей різних методів різання лезвійними й абразивними інструментами. У даний час накопичений значний досвід вирішення оптимізаційних завдань в технології машинобудування [1–4]. Однак отримані рішення різномірні, фактично немає узагальнених рівнянь та залежності, що описують цільові функції (параметри точності та якості обробки) та технологічні обмеження. Це звужує можливості оптимального проектування технологічних процесів. Тому є важливим з єдиних позицій провести оптимізацію параметрів лезвійної та абразивної обробки й отримати оптимальні рішення, розробити методики розрахунку оптимальних режимів різання й інших умов обробки, а також розробити практичні рекомендації з виявлення й реалізації нових резервів обробки. Такий підхід дозволить науково обґрунтовано підійти до розкриття (уточнення) фізичної сутності процесів обробки й установлення їх технологічних можливостей із метою підвищення точності та якості обробки, теоретичного узагальнення

основних результатів обробки, досягнутих різними методами фінішної обробки, у тому числі й за даними, наведеними в науково-технічній літературі.

Мета роботи – підвищення точності та якості механічної обробки деталей машин на основі теоретичного аналізу закономірностей зниження силової напруженості процесу різання.

Викладення основного матеріалу. У процесі виготовлення відповідальних деталей машин надзвичайно актуальна проблема забезпечення високої точності обробки, особливо за рахунок керування пружними переміщеннями елементів технологічної системи, які, як правило, визначають параметри точності обробки. У загальному вигляді величина пружного переміщення y визначається відношенням радіальної складової сили різання P_y та жорсткості технологічної системи c .

В роботі [5] отримано аналітичну залежність для визначення радіальної складової сили різання:

$$P_y = \epsilon \cdot R \cdot \sqrt[3]{16 \cdot \tau_{зсуб} \cdot HV^2 \cdot \alpha}, \quad (1)$$

де ϵ – ширина різання, м; R – радіус округлення вершини леза інструмента, м; $\alpha = a/R$;

a – товщина зрізу, м; HV – твердість оброблюваного матеріалу (за Віккерсом), Н/м²; $\tau_{зсуб}$ – межа міцності на зсув оброблюваного матеріалу, Н/м².

Це дозволило визначити величину пружного переміщення, яке виникає в технологічній системі в процесі вільного різання лезвійним інструментом:

$$y = \frac{P_{y1}}{c} = \frac{\epsilon \cdot R}{c} \cdot \sqrt[3]{16 \cdot \tau_{зсуб} \cdot HV^2 \cdot \alpha}. \quad (2)$$

Основними умовами зменшення величини y й, відповідно, підвищення точності обробки є зменшення параметрів ϵ , R і збільшення c , а також зменшення відношення $\alpha = a_z/R$ до значення, близького до граничного, за умови якого можливий перехід від процесу різання до процесу тертя й пластичного деформування оброблюваного матеріалу (рис. 1).

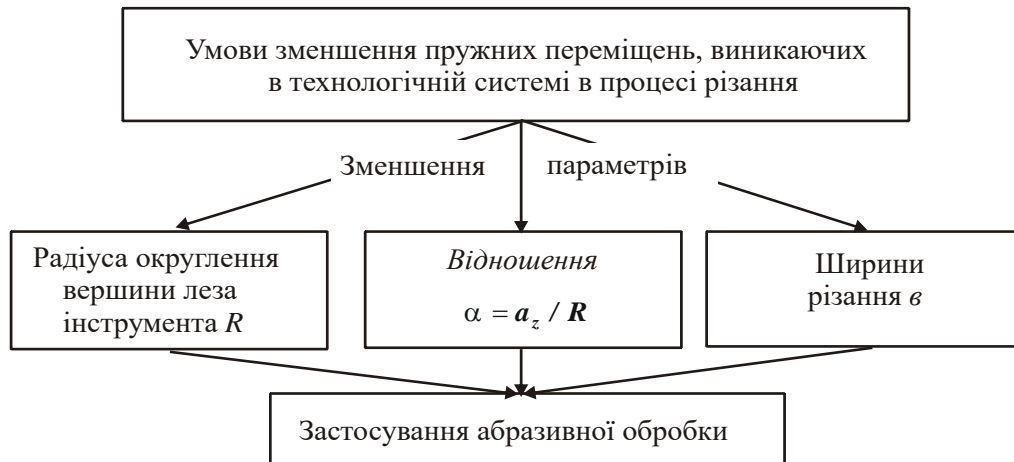


Рисунок 1 – Структурна схема умов зменшення пружних переміщень, виникаючих в технологічній системі в процесі різання

Однак відношення $\alpha = a_z / R$ незначно впливає на величину γ , оскільки входить у залежність (2) зі ступенем 0,33. Тому більш ефективно зменшувати величину γ шляхом зменшення параметра R , забезпечуючи високу гостроту різального леза інструмента. Домогтися суттєвого зменшення параметра R можна в умовах абразивної обробки.

В роботі [5] наведено більш загальні залежності для визначення тангенціальної P_z та радіальної P_y складових сили різання:

$$P_z = \frac{2 \cdot a \cdot \nu \cdot \tau_{зсуг}}{K_{різ}} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{різ}^2}\right); \quad (3)$$

$$P_y = \frac{2 \cdot a \cdot \nu \cdot \tau_{зсуг}}{K_{різ}^2} \cdot \left(1 + \sqrt{1 + K_{різ}^2}\right), \quad (4)$$

де $K_{різ} = P_z / P_y$ – коефіцієнт різання.

Використовуючи залежності (3), (4) і залежність для визначення сумарної миттєвої площі поперечного перерізу зрізу всіма одночасно працюючими зернами круга $S_{сум} = Q / V_{кр}$, можна визначити тангенціальну P_z й радіальну P_y складові сили різання під час шліфування (рис. 2):

$$P_z = \sigma \cdot S_{сум} = \sigma \cdot \frac{Q}{V_{кр}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \tau_{зсуг}^2 \cdot HV}{\alpha}} \cdot \frac{Q}{V_{кр}}; \quad (5)$$

$$P_y = \frac{P_z}{K_{різ}} = \frac{\sigma}{K_{різ}} \cdot \frac{Q}{V_{кр}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \tau_{зсуг} \cdot HV^2}{\alpha^2}} \cdot \frac{Q}{V_{кр}}, \quad (6)$$

де Q – продуктивність обробки, м³/с; $V_{кр}$ – швидкість круга, м/с; $\sigma = P_z / (a \cdot \nu)$ – умовне напруження різання, Н/м².

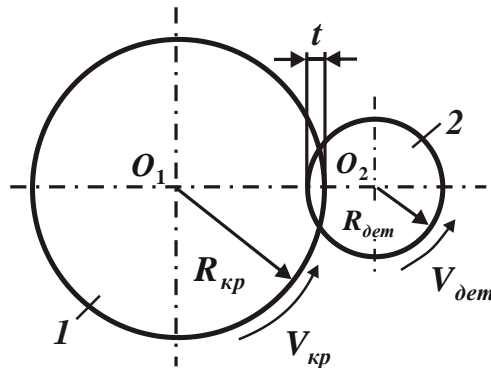


Рисунок 2 – Розрахункова схема параметрів процесу круглого шліфування:
1 – круг; 2 – деталь

Машинобудування і зварювальне виробництво

Як можна бачити, зменшити складові сили різання при шліфуванні можна зменшенням параметрів σ , Q і збільшенням коефіцієнта різання $K_{різ}$ й швидкості круга $V_{кр}$.

Відношення $\alpha = a_z / R$ для схеми круглого шліфування алмазним кругом визначається залежністю [5]:

$$\alpha = \frac{a_z}{R} = \frac{1,09 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{t \cdot \rho}}{m \cdot V_{кр} \cdot R^3}, \quad (7)$$

де \bar{X} , m – зернистість і об'ємна концентрація зерен в алмазному кругі; $V_{дет}$ – швидкість деталі, м/с; t – глибина шліфування, м; $\rho = 1/R_{кр} + 1/R_{дет}$ – наведений радіус, м⁻¹; $R_{кр}$, $R_{дет}$ – радіуси круга й деталі, м.

Збільшити відношення $\alpha = a_z / R$ можна головним чином зменшенням параметра R , що входить у залежність (7) з найбільшим ступенем. Це може бути досягнуто застосуванням алмазно-абразивних інструментів, які характеризуються високою гостротою різальних крайок алмазних зерен. Однак у цьому разі важливо забезпечити своєчасне видалення з робочої поверхні алмазного круга зерен, що затупилися та мають збільшене значення параметра R . Це досягається застосуванням ефективних методів виправлення круга, особливо електроерозійного або електрохімічного виправлення алмазних кругів на високоміцних металевих зв'язках.

Із залежності (7) випливає, що зі збільшенням параметра R відношення $\alpha = a_z / R$ суттєво зменшується. Як відомо [6], за умови досягнення значень $a_z / R < 0,04$ процес різання припиняється, можливий лише процес пружно-пластичного деформування матеріалу. Тому, щоб забезпечити стійкий процес різання, необхідно виконати умову: $a_z / R > 0,04$. Виходячи із залежності (7), це можливо в результаті збільшення параметрів \bar{X} , $V_{дет}$, t і зменшення m й $V_{кр}$.

Якщо представити різальне зерно у формі сфери радіусом R , то $\bar{X} = 2 \cdot R$ й залежність (7) набуває спрощеного вигляду:

$$\alpha = \frac{1,09 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot V_{дет} \cdot \sqrt{t \cdot \rho}}{m \cdot V_{кр}}. \quad (8)$$

У цьому випадку збільшити відношення $\alpha = a_z / R$ можна збільшенням параметрів $V_{дет}$, t і зменшенням m , $V_{кр}$. Більш доцільно збільшувати швидкість деталі $V_{дет}$, реалізуючи процес багатопрохідного шліфування.

Величина α пов'язана з відношенням $Q/V_{кр}$ залежністю (7). З урахуванням виразу $Q = B \cdot V_{дет} \cdot t$ (де B – ширина шліфування, м) та розв'язуючи залежність (7) відносно відношення:

$$\frac{Q}{V_{кр}} = \frac{\alpha \cdot m \cdot B \cdot R^3}{1,09 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3} \cdot \sqrt{\frac{t}{\rho}}, \quad (9)$$

після підстановки отриманої залежності (9) в (5) і (6), отримано:

Машинобудування і зварювальне виробництво

$$P_z = \sqrt[3]{32 \cdot \tau_{зсуг}^2 \cdot HV \cdot \alpha^2} \cdot \frac{m \cdot B \cdot R^3}{1,09 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3} \cdot \sqrt{\frac{t}{\rho}}; \quad (10)$$

$$P_y = \sqrt[3]{16 \cdot \tau_{зсуг} \cdot HV^2 \cdot \alpha} \cdot \frac{m \cdot B \cdot R^3}{1,09 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3} \cdot \sqrt{\frac{t}{\rho}}. \quad (11)$$

Тоді

$$y = \frac{P_y}{c} = \sqrt[3]{16 \cdot \tau_{зсуг} \cdot HV^2 \cdot \alpha} \cdot \frac{m \cdot B \cdot R^3}{1,09 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot \bar{X}^3 \cdot c} \cdot \sqrt{\frac{t}{\rho}}. \quad (12)$$

З отриманих залежностей випливає, що зменшити складові сили різання під час шліфування можна зменшенням параметрів α , m , B , R , t і збільшенням зернистості круга \bar{X} . Однак це призводить й до зменшення продуктивності обробки Q , що неефективно. У цих умовах основним шляхом збільшення продуктивності обробки є збільшення швидкості круга $V_{кр}$.

Величина пружного переміщення y змінюється за законом зміни радіальної P_y складової сили різання. Тому домогтися зменшення величини y й тим самим підвищити точність обробки можна зменшенням параметра R й збільшенням зернистості круга \bar{X} . Важливо також забезпечити зменшення відношення $\alpha = a_z / R$ до граничного значення, за якого буде здійснено процес стружкоутворення й різання, наприклад до значення $\alpha = 0,04$.

З урахуванням залежності (7) тангенціальну P_z й радіальну P_y складові сили різання під час шліфування можна виразити через продуктивність обробки Q :

$$P_z = \frac{R}{\bar{X}} \cdot \sqrt[3]{\frac{\tau_{зсуг}^2 \cdot HV \cdot m \cdot B}{10 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{\frac{t}{\rho}} \cdot \frac{Q^2}{V_{кр}^2}; \quad (13)$$

$$P_y = 0,1 \cdot \left(\frac{R}{\bar{X}}\right)^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \tau_{зсуг} \cdot HV^2 \cdot m^2 \cdot B^2}{\pi^2}} \cdot \frac{t}{\rho} \cdot \frac{Q}{V_{кр}}. \quad (14)$$

Ймовірно, величина пружного переміщення y визначається:

$$y = \frac{0,1}{c} \cdot \left(\frac{R}{\bar{X}}\right)^2 \cdot \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \tau_{зсуг} \cdot HV^2 \cdot m^2 \cdot B^2}{\pi^2}} \cdot \frac{t}{\rho} \cdot \frac{Q}{V_{кр}}. \quad (15)$$

Із залежностей (13) – (15), аналогічних залежностям (10) – (12), видно, що найбільше впливають на складові сили різання P_z і P_y й величину пружного переміщення y під час шліфування параметри R і \bar{X} . Тому зменшити величину y можна головним чином за

Машинобудування і зварювальне виробництво

рахунок зменшення параметра R (рис. 3). Це досягається застосуванням кругів із синтетичних надтвердих матеріалів та високопористих кругів [7].

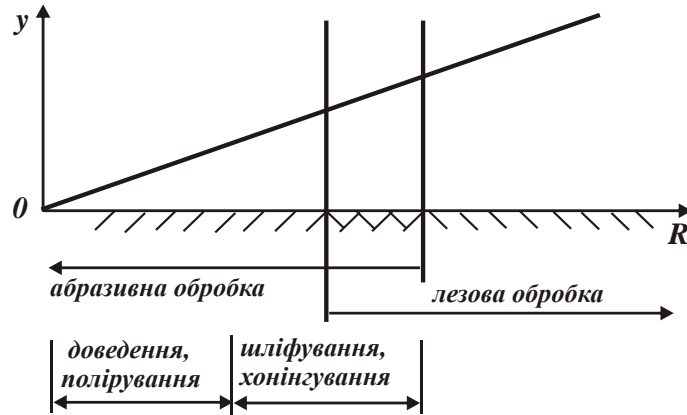


Рисунок 3 – Характер зміни величини пружного переміщення y від R за умови $\alpha = const$

Як відомо, шліфувальний круг характеризується різновисотним розташуванням різальних зерен на його робочій поверхні, що не дозволяє повною мірою використовувати його потенційні можливості з метою зменшення величини y . Значно більші можливості в цьому напрямку мають методи обробки вільним абразивом, які характеризуються фактично одновисотним виступанням різальних зерен (рис. 3).

В умовах поздовжнього точіння (рис. 4) тангенціальна P_z , радіальна P_y й осьова P_x складові сили різання P , а також умовне напруження різання σ з урахуванням відношень: $Q = S \cdot t \cdot V$; $S_{зріз} = a \cdot v = S \cdot t$; $a = a_z = S \cdot \sin \varphi$; $v = t / \sin \varphi$; $\alpha = a_z / R$ набувають вигляду:

$$P_z = \sigma \cdot S_{зріз} = t \cdot \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \tau_{зсуг}^2 \cdot HV \cdot R \cdot S^2}{\sin \varphi}}; \quad (16)$$

$$P_y = \frac{\sigma \cdot \cos \varphi}{K_{різ}} \cdot S_{зріз} = t \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \tau_{зсуг} \cdot HV^2 \cdot R^2 \cdot S}{\sin^2 \varphi}}; \quad (17)$$

$$P_x = \frac{\sigma \cdot \sin \varphi}{K_{різ}} \cdot S_{зріз} = t \cdot \sqrt[3]{16 \cdot \tau_{зсуг} \cdot HV^2 \cdot R^2 \cdot S \cdot \sin \varphi}; \quad (18)$$

$$\sigma = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \tau_{зсуг}^2 \cdot HV \cdot R}{S \cdot \sin \varphi}}, \quad (19)$$

де S – подача, м/об.; t – глибина різання, м; V – швидкість різання, м/с; $S_{зріз}$ – площа поперечного перерізу зрізу, м²; φ – головний кут різця в плані, градус.

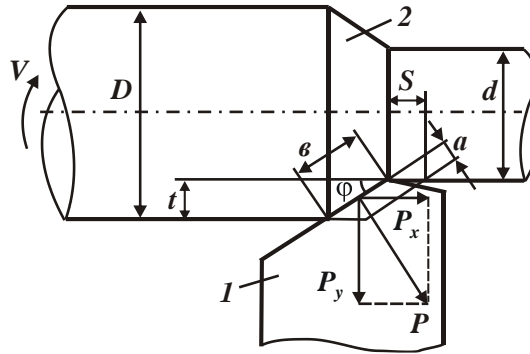


Рисунок 4 – Розрахункова схема поздовжнього точіння:
1 – різець, 2 – деталь; D , d – діаметри заготовки та обробленої деталі

Як видно, найбільше впливає на складові сили різання P_z , P_y і P_x глибина різання t : з її збільшенням P_z , P_y і P_x збільшуються. Зі збільшенням подачі S складові сили різання також збільшуються, однак, у меншому ступені. Умовне напруження різання σ зі збільшенням подачі S й головного кута різця в плані φ зменшується.

Величина пружного переміщення y визначається:

$$y = \frac{P_y}{c} = \frac{t \cdot \cos \varphi}{S} \cdot \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \tau_{зсуб} \cdot HV^2 \cdot R^2 \cdot S}{\sin^2 \varphi}}. \quad (20)$$

Виходячи із залежності (20), зменшити величину пружного переміщення y можна зменшенням глибини різання t й збільшенням жорсткості технологічної системи, головного кута різця в плані $\varphi \rightarrow 90^\circ$, а також зменшенням радіуса округлення вершини леза інструмента R . З огляду на те, що зменшення глибини різання t пов'язане зі зменшенням продуктивності обробки й неефективно, основним шляхом зменшення величини y слід розглядати збільшення жорсткості технологічної системи c й зменшення параметра R за рахунок застосування більш зносостійких інструментальних матеріалів з нанесеними на них зносостійкими покриттями, які забезпечують високу різальну здатність лезвійних інструментів.

ВИСНОВКИ

У роботі визначено основні напрями підвищення ефективності фінішної обробки деталей різанням на основі застосування сучасних лезвійних та абразивних інструментів, що дозволяють виконувати високоточну обробку деталей з одного установа з найменшими виробничими витратами. Теоретично обґрунтовані основні умови зниження силової напруженості процесу різання, підвищення показників точності, якості та продуктивності обробки.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Аналітично визначені пружні переміщення, виникаючі в технологічній системі в процесі різання та шліфування. Установлено, що основними умовами їх зменшення є зменшення радіуса округлення вершини різального елемента (зерна) та збільшення жорсткості технологічної системи. Зменшити радіус округлення вершини леза інструмента можна за рахунок застосування більш зносостійких інструментальних матеріалів з нанесеними на них зносостійкими покриттями, які забезпечують високу різальну здатність лезвийних інструментів. Зменшити пружні переміщення в процесі шліфування можна також збільшенням зернистості круга за умови забезпечення граничних значень відношення товщини зрізу до радіуса округлення вершини різального зерна, за умови досягнення яких процес різання переходить у процес тертя й пластичного деформування оброблюваного матеріалу.

Наведені в роботі теоретичні рішення всебічно експериментально підтверджені й пройшли широку апробацію – впроваджені у виробництво. Завдяки їх застосуванню вдалося на ряді операцій обробки кардинально вирішити проблему підвищення точності та якості обробки, здійснити перехід від традиційних до нових технологій, реалізованих із застосуванням сучасних верстатів та інструментів зі значними технологічними можливостями.

Список використаних джерел:

1. Теоретические основы технологии машиностроения : учебник / А. В. Якимов [и др.]. – Одесса : ОНПУ, 2002. – 491 с.
2. Маталин, А. А. Технология машиностроения : учебник / А. А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
3. Лурье, Г. Б. Прогрессивные методы круглого наружного шлифования / Г. Б. Лурье. – Л.: Машиностроение, 1984. – 103 с.
4. Новоселов, Ю. К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке / Ю. К. Новоселов. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1979. – 232 с.
5. Новиков, Ф. В. Основы повышения качества и производительности механической обработки : монография / Ф. В. Новиков, В. А. Жовтобрюх, Г. В. Новиков. – Днепр : Лира, 2017. – 452 с.
6. Якимов, А. В. Оптимизация процесса шлифования / А. В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 175 с.
7. Новиков, Ф. В. Основы математического моделирования технологических процессов механической обработки : монография / Ф. В. Новиков. – Днепр : Лира, 2018. – 400 с.

Новиков Ф. В., Новиков Д. Ф., Андилахай А. А., Андилахай В. А.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ И КАЧЕСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

В работе определены основные направления повышения эффективности финишной обработки деталей резанием на основе применения современных лезвийных и абразивных инструментов, высокопроизводительных технологий обработки на высокооборотных

Машинобудування і зварювальне виробництво

металлорежущих станках типа "обрабатывающий центр", позволяющие выполнять высокоточную обработку деталей на одном станке с наименьшими производственными затратами. Теоретически обоснованы основные условия снижения силовой напряженности процесса резания, повышения показателей точности, качества и производительности обработки. Аналитически определены упругие перемещения, возникающие в технологической системе в процессе резания и шлифования. Установлено, что основными условиями их уменьшения является уменьшение радиуса округления вершины режущего элемента (зерна) и увеличение жесткости технологической системы. Уменьшить радиус округления вершины лезвия инструмента можно за счет применения более износостойких инструментальных материалов с нанесенными на них износостойкими покрытиями, которые обеспечивают высокую режущую способность лезвийных инструментов. Уменьшить упругие перемещения в процессе шлифования можно увеличением зернистости круга при условии обеспечения предельных значений отношения толщины среза к радиусу округления вершины режущего зерна, при достижении которых процесс резания переходит в процесс трения и пластического деформирования обрабатываемого материала. Раскрыты значительные резервы повышения эффективности шлифования материалов, связанные с уменьшением радиусов округления вершин абразивных зерен круга за счет реализации режима самозатачивания круга или его эффективной правки. Теоретически доказано, что в этом случае существенно уменьшаются составляющие силы резания и условное напряжение резания, что позволяет уменьшить упругие перемещения, возникающие в технологической системе, и, соответственно, повысить точность и качество обработки. Приведенные в работе теоретические решения всесторонне экспериментально подтверждены и прошли широкую апробацию – внедрены в производство. Благодаря их применению удалось на ряде операций обработки кардинально решить проблему повышения точности и качества обработки, осуществить переход от традиционных к новым технологиям, реализованным с применением современных станков и инструментов со значительными технологическими возможностями.

Ключевые слова: финишная обработка, шлифование, упругие перемещения, технологическая система, лезвийные и абразивные инструменты, износостойкие покрытия.

Novikov F. V., Novikov D. F., Andilakhai O. O., Andilakhai V. O.

TECHNOLOGICAL SUPPORT OF PARAMETERS OF ACCURACY AND QUALITY OF MECHANICAL PROCESSING OF MATERIALS BY CUTTING

The main directions of increase of efficiency of finishing of details by cutting on the basis of application of modern blade and abrasive tools, high-performance technologies of processing on high-speed metal-cutting machines with ChPU like "processing center" allowing to carry out high-precision processing of details from one establishment with the least production costs are defined. The main conditions for reducing the force intensity of the cutting process, increasing the accuracy, quality and productivity of processing are theoretically substantiated. Analytically determined elastic displacements occurring in the technological system in the process of cutting and grinding. It is established that the main conditions for their reduction are a decrease in the radius of rounding of the top of the cutting element (grain) and an increase in the rigidity of the technological system. It is possible to reduce the radius of rounding of the top of the tool blade due to the use of more wear-

resistant tool materials with wear-resistant coatings applied to them, which provide a high cutting ability of the blade tools. It is also possible to reduce elastic displacements during grinding by increasing the grain size of the wheel, provided that the cut-off values of the thickness of the cut to the radius of curvature of the top of the cutting grain are achieved. Significant reserves of increase of efficiency of grinding of materials which are connected with reduction of radii of rounding of tops of abrasive grains of a circle due to realization of a mode of self-sharpening of a wheel or its effective correction are opened. It is theoretically proved that in this case the components of cutting forces and conditional cutting stress are significantly reduced, and this allows to reduce the elastic displacements that occur in the technological system, and, accordingly, to increase the accuracy and quality of processing. The theoretical solutions presented in the work have been comprehensively experimentally confirmed and have been widely tested and implemented in production. Thanks to their application, it was possible to radically solve the problem of improving the accuracy and quality of processing in a number of machining operations, to make the transition from traditional to new technologies implemented using modern machines and tools with significant technological capabilities.

Keywords: *finishing, grinding, elastic movements, technological system, blade and abrasive tools, wear-resistant coatings.*

*Рекомендовано до публікації: д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «ПДТУ» Самотугін С.С.
Стаття надійшла 19.05.2020 р.*

УДК 621.875

Сагіров Ю. Г.¹, Суглобов В. В.²

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯМ ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ

Розроблення оптимізаційних методологій створення та удосконалення елементів порталних кранів, розвинення розрахунків на міцність є важливим науково-технічним завданням, рішення якого дозволить підвищити конкурентоспроможність на глобальному рівні, безпеку експлуатації підйомно-транспортних машин (ПТМ). Метою даної роботи є розроблення методології створення та удосконалення несучих елементів вантажопідйомних машин із застосуванням відомих інженерних методів проєктування металоконструкцій ПТМ, топологічної оптимізації та генеративного дизайну на прикладі порталного крана. Об'єктом дослідження є закономірність розподілу матеріалу в конструкції з урахуванням рівня напруженості в ньому. У статті наведено результати: моделювання навантаженого стану металоконструкції, аналізу їхнього напружено-деформованого стану, топологічної оптимізації, генеративного дизайну.

Наведено твердотільно-деформовану модель та виконаний розрахунок методом скінченних елементів у CAD/CAM/CAE системі. Отриманий закон розподілу напружень в

¹ канд. техн. наук, доц., ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

² д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь