

УДК 621.914

**П.П. Мельничук, д.т.н., проф.****В.Ю. Лоєв, к.т.н., проф.***Житомирський державний технологічний університет***ВИЗНАЧЕННЯ І АНАЛІЗ ФАКТОРІВ,  
СТРИМУЮЧИХ ШИРОКЕ ВПРОВАДЖЕННЯ  
ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ ІНСТРУМЕНТОМ  
З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Незважаючи на те, що всі без винятку багаточисельні дослідження переконливо доводять значні переваги фрезерування деталей із загартованих сталей і чавунів, а також із складнооброблюваних матеріалів, як високопродуктивного фінішного способу обробки, його впровадження в машинобудуванні носить обмежений характер. Саме визначенню і аналізу причин такого явища присвячена ця стаття.*

**Вступ.** У перспективних напрямках застосування різального інструменту з НТМ у роботі [1], виконаної під загальною редакцією академіка М.В. Новікова, визначено, що за видами обробки інструмент з BN розподіляється таким чином: для токарної обробки – більше 60 %, для розточування – більше 20 %, для фрезерування – 8 %. В той же час, наприклад, у верстатобудуванні, трудомісткість фрезерних операцій у загальній трудомісткості механічної обробки деталей складає 40...60 %. Таке співвідношення, приблизно, зберігається і в інших напрямках машинобудування.

В роботі [1] також наведено фактори, завдяки яким досягається техніко-економічна ефективність використання інструментів, оснащених різальними елементами з НТМ і кераміки, а саме:

- підвищення швидкості різання, тобто зниження максимального часу обробки;
- підвищення стійкості інструменту і зниження часу простою обладнання;
- концентрація операцій (виключення подальшого шліфування або інших фінішних операцій);
- економія дефіцитних вольфрамо- і тантало вміщуючих твердих сплавів;
- підвищення якості оброблюваних поверхонь, підвищення надійності і довговічності виробів;
- підвищення надійності інструментів із сучасних інструментальних матеріалів.

Але залишається незмінною для впровадження інструменту з НТМ вимога підвищення продуктивності обробки в 1,5–3 рази. Це, в першу чергу, обумовлено відносно високою вартістю надтвердого матеріалу та інструменту з його використанням.

**Постановка проблеми.** Для обробки плоских поверхонь, як правило, застосовують багатолезовий інструмент, що об'єктивно визначає його високу вартість. Для забезпечення ефективності експлуатації різальних інструментів, оснащених НТМ, за результатами досліджень [2–5] потрібне обладнання, яке має високу жорсткість, вібростійкість, а також високошвидкісне. Необхідно забезпечити також високу жорсткість всієї технологічної обробляючої системи: верстат–приспособування–інструмент–заготовка.

Важливими факторами, що впливають на стійкість інструменту (викришування різальної кромки) є кінематична точність і рівномірність обертання шпинделя верстата, а також жорсткість приводу подач.

Для отримання високої точності обробки надано рекомендації щодо використання верстатів підвищеного і високого класів точності («П» і «В» або «Н» і «Р» – іноземних фірм).

Більшість із наведених вимог можливо задовольнити придбанням сучасних металообробних верстатів, хоча через їх високу вартість для значної кількості підприємств таке рішення є неприйнятним.

Широкому впровадженню фінішного торцевого фрезерування плоских поверхонь, крім наведеного, заважають недоліки, що властиві цьому способу обробки, а саме:

- нерівномірність шорсткості оброблюваної поверхні за її шириною через нестабільність сил різання викликану трохіодальною траєкторією руху формоутворюючих елементів (змінна товщина стружки);

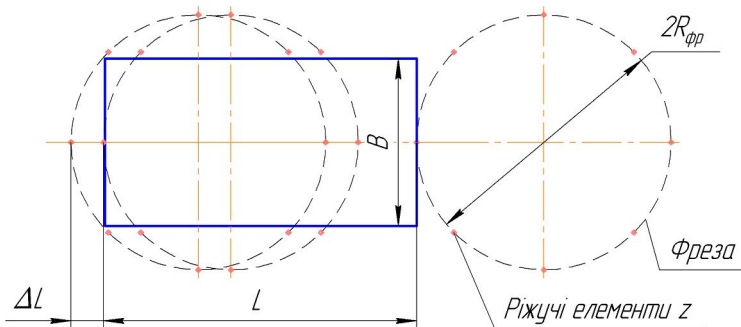
- переривчастість процесу різання через значну кількість врізань в оброблювану поверхню і таку ж кількість виходів різальних елементів з неї. Так, наприклад, при симетрично розташованій оброблюваній поверхні прямокутної форми відносно осі торцевої фрези кількість врізань і виходів буде дорівнювати:

$$n_{\text{вв}} = \dot{f}_{\text{вв}} = \frac{L + 2 \left( R_{\text{од}} - \sqrt{R_{\text{од}}^2 - \frac{\hat{A}^2}{4}} \right)}{S_z},$$

де  $L$  – довжина оброблюваної поверхні;  $B$  – її ширина;  $R_{\text{од}}$  – радіус розташування різальних елементів торцевої фрези;  $S_z$  – подача на зуб;

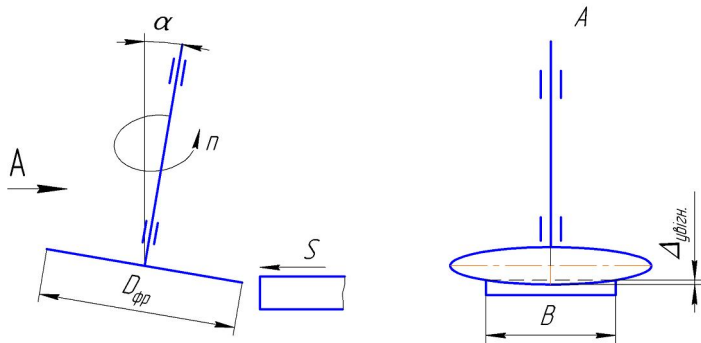
- торцеве і осьове биття шпинделя верстата із закріпленою на ньому торцевою фрезою безпосередньо впливають на якість оброблюваної поверхні;
- виникнення пластичних і крутих деформацій у зоні контакту кожного різального елемента з оброблюваною поверхнею;
- відсутність можливості забезпечення однакового ( $\pm 0,0025$  мм) вильоту формоутворюючих елементів і їх точного ( $\pm 0,005$  мм) діаметрального розташування в багатолезовому торцевому інструменті;
- наявність зазорів у напрямних ковзання, що приймають участь у формоутворенні, а також змінна жорсткість оброблюваної технологічної системи через зміну взаємного положення рухомих вузлів верстатів у процесі обробки;
- нерівномірність зношуваності формоутворюючих елементів багатолезового торцевого інструменту;
- відхилення від перпендикулярності осі шпинделя, на якому закріплений торцевий лезвий інструмент, до поздовжнього переміщення стола з заготовкою призводить до утворення увігнутості оброблюваної поверхні, величина якої визначається за залежністю:

$$\Delta_{\delta\hat{a}^2\hat{a}l} = \left( \frac{D_{\delta\delta}}{2} - \sqrt{\frac{D_{\delta\delta}^2 - \hat{A}}{4}} \right) \cdot \sin \alpha .$$

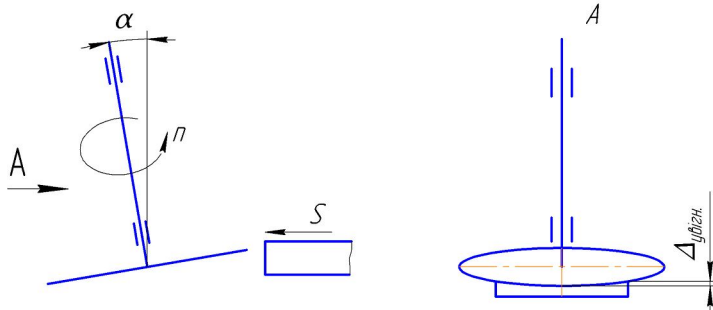


$$\Delta L = R_{\delta\delta} - \sqrt{R_{\delta\delta}^2 - \frac{\hat{A}}{4}}$$

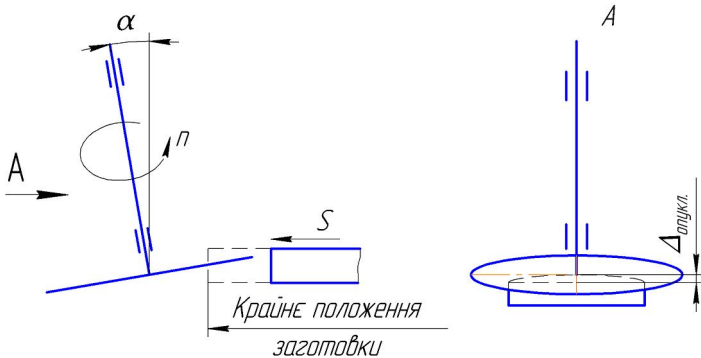
Рис. 1. Схема розрахунку кількості врізань і виходів різальних елементів



a)



б)



в)

*Рис .2. Схеми утворення похибок оброблюваної площини при відхиленнях осі шпинделя від перпендикулярності до поздовжнього переміщення стола з заготовкою:*

- а – можливе неповне виведення фрези за межі оброблюваної площини; б – утворення увігнутості при повному виведенні фрези за межі оброблюваної поверхні; в – утворення опуклості при неповному виведенні фрези за межі оброблюваної поверхні. Величина опуклості визначається за тією ж залежністю, що й увігнутості*

Відхилення від перпендикулярності осі шпинделя до поперечного переміщення стола з заготовкою при обробці з поздовжньою подачею призводить до утворення нахилу оброблюваної поверхні під кутом, який дорівнює куту нахилу осі шпинделя. В разі обробки з поперечною подачею утворюються похибки, наведені на рисунку 2.

При відсутності відхилення від перпендикулярності осі шпинделя до переміщень стола або незначної його величини через пружні деформації складових технологічної оброблюючої системи на обробленій поверхні утворюються сліди від формоутворюючих елементів, що значно погіршує її шорсткість і навіть точність обробки.

Величина пружної деформації, як правило, дорівнює:

$$\delta_{\text{пр}} = (1 - \mu^2) \cdot \left( \frac{\text{HB}}{E} \right)^2,$$

де  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона; HB – твердість оброблюваного матеріалу; E – його модуль пружності.

В загальному випадку для того, щоб уникнути появи слідів на обробленій поверхні, рекомендується налагоджувати верстат таким чином, щоб вісь шпинделя вертикально-фрезерного верстата була не перпендикулярна до напрямку руху стола на величину кута  $\alpha$  :

$$\alpha \geq \arcsin \left( \frac{\delta_{\text{пр}}}{D_{\text{фр}}} \right).$$

**Висновки.** Проведений аналіз формоутворення плоских поверхонь деталей лезовим інструментом, в тому числі, з надтвердих матеріалів, показав наявність значної кількості факторів, що суттєво стримують процес широкого впровадження прогресивних способів обробки як високопродуктивних і особливо фінішних (замість шліфування), на машинобудівних підприємствах не тільки України, але й в інших країнах світу.

Подальше суттєве підвищення продуктивності та якості лезової обробки неможливе без проведення поглиблених теоретичних і

експериментальних досліджень, а також розробок нових комплексних і комбінованих способів обробки деталей машин і механізмів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. На основі визначених факторів, стримуючих широке впровадження лезової обробки плоских поверхонь деталей на металообробних підприємствах, як високопродуктивного, забезпечуючого високу якість способу обробки, розробити нові способи формоутворення, доступні для впровадження на більшості машинобудівних заводах.

2. За основу нових способів обробки плоских поверхонь прийняти кінематичне перетворення рухів формоутворюючих елементів, сполучення різних видів обробки, а також привести у відповідність геометричні параметри інструменту.

3. Розробити математичні моделі та провести теоретичні дослідження нових способів формоутворення плоских поверхонь деталей.

4. Теоретично обґрунтувати і розробити конструкції інструментального забезпечення кожного нового способу обробки і надати пропозиції щодо необхідності модернізації обладнання.

5. Розробити методику експериментальних досліджень нових способів формоутворення з визначенням їх ефективності.

6. Надати рекомендації по налагодженню нових інструментів з розробкою супутніх пристроїв і механізмів, а також пропозиції щодо застосування існуючих на підприємствах металообробних верстатів.

7. Провести експериментальні дослідження (натурні та віртуальні) нових способів формоутворення з обробкою їх результатів і визначенням якісних і економічних параметрів оброблених поверхонь.

8. Розглянути можливість і розробити обґрунтовані рекомендації щодо впровадження розроблених нових способів формоутворення плоских поверхонь при обробці інших форм поверхонь деталей.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Инструменты из сверхтвёрдых материалов / Под ред. Н.В. Новикова. – К. : ИСМ НАНУ, 2001. – 528 с.
2. Мельничук П.П. Наукові основи чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь : дис. ... доктора техн. наук : 05.03.01 / П.П. Мельничук. – К., 2002. – 456 с.
3. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвёрдыми и керамическими материалами, и их применение : справочник /

- В.П. Жедь, Г.В. Боровский, Я.А. Музыкант* и др. – М. : Машиностроение, 1987. – 320 с.
4. *Боровский Г.В.* Металлорежущий инструмент из синтетических сверхтвёрдых материалов (СТМ) / *Г.В. Боровский* // Обзорная информация ВНИИТЭМР : серия 2. Режущий инструмент. – Вып. 6. – М., 1986. – 48 с.
  5. Технологические особенности механической обработки инструментом из поликристаллических сверхтвёрдых материалов / *П.В. Захаренко, В.М. Волкогон, А.В. Бочко* и др. – К. : Наукова думка, 1991. – 288 с.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем, ректор Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування.

ЛОСВ Володимир Юхимович – кандидат технічних наук, професор кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування;
- комплексні та комбіновані методи обробки плоских поверхонь деталей машин;
- конструювання металообробних верстатів та інструментів.

Подано 19.10.2010

