

УДК 621.914

П.П. Мельничук, д.т.н., проф.**В.Ю. Лоєв, к.т.н., доц.****О.В. Головатенко, аспір.***Житомирський державний технологічний університет*

ПОПЕРЕЧНЕ СТРУГАННЯ ОБЕРТАЛЬНИМ ІНСТРУМЕНТОМ З КІНЕМАТИЧНО ПЕРЕТВОРЕНИМ ПРЯМОЛІНІЙНИМ РУХОМ ФОРМОУТВОРЮЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ

На основі аналізу переваг і недоліків обробки плоских поверхонь торцевим фрезеруванням наведено ефективність впровадження поперечного стругання, що здійснюється за рахунок кінематичного перетворення колового руху формують елементів у прямолінійний перпендикулярний до вектора подач.

Вступ. В машинобудуванні, як і в інших галузях промисловості, де використовується обробка плоских поверхонь деталей, основним технологічним процесом фінішної обробки є торцеве фрезерування.

Загартовані плоскі поверхні, а також ті, що з важкооброблюваних матеріалів, фрезеруються інструментом з надтвердих матеріалів. Це забезпечує значне підвищення продуктивності процесу і якості оброблених поверхонь порівняно з шліфуванням [1], [2], [3].

Аналіз досліджень та публікацій. У вказаних роботах наведено достатньо велику кількість переваг торцевого фрезерування, і, практично, відсутні недоліки, що суттєво стримують широке впровадження методу у виробництво.

Одним із суттєвих недоліків торцевого фрезерування є залишення ножами слідів на обробленій поверхні. У зв'язку з цим недоліком в нормативах на визначення довжини робочого ходу передбачений повний вихід фрези за межі оброблюваної поверхні [4], [5]:

$$t_0 = \frac{l_{ep} + L + D_{фр}}{n \cdot S}, \quad (1)$$

де l_{ep} – шлях робочого ходу для врізання; L – довжина оброблюваної поверхні; $D_{фр}$ – діаметр фрези в основній частині.

Для запобігання затирання ножів обробленою поверхнею пропонується встановлення нахилу осі шпинделя до вектора подач під кутом $89^\circ 55' - 89^\circ 50'$, що викликає появу увігнутості оброблюваної поверхні [6]:

$$K = \left(D_{\text{фр}} - \sqrt{D_{\text{фр}}^2 - B^2} \right) \cdot \frac{\sin \varepsilon}{2}, \quad (2)$$

де K – максимальна увігнутість при симетричному розташуванні фрези відносно ширини оброблюваної поверхні; $D_{\text{фр}}$ – діаметр фрези; B – ширина оброблюваної поверхні; ε – кут нахилу шпинделя ($\varepsilon = 5' \div 10'$).

Другим суттєвим недоліком торцевого фрезерування є нестала шорсткість по ширині оброблюваної поверхні і в місцях врізання і виходу фрези. Дослідженнями [1, 2, 7, 8] встановлена різниця в шорсткості в місцях врізання і виходів ножів порівняно з серединою поверхні приблизно 30...40 % (по краях гірша).

Це явище пояснюється, перш за все, притаманною торцевому фрезеруванню нерівномірністю товщини видаленої кожним зубом стружки, а також процесами врізання і виходу фрези з оброблюваної поверхні.

Уникнути появи цього недоліку практично неможливо через специфіку процесу торцевого фрезерування. Потрібно змінити кінематику руху формоутворюючих елементів відносно оброблюваної поверхні, забезпечивши максимально можливу постійність сил різання (рівномірність процесу).

Наступним недоліком обробки плоских поверхонь торцевими фрезами є виникнення значної хвилястості поверхонь через наявність осьового і торцевого биття шпинделя разом з встановленою на ньому фрезою.

Усунення виникнення цієї похибки за рахунок підрізки торця оправки, як наведено в роботі [6], або компенсацію торцевого биття точним регулюванням вильоту ножів фрези є достатньо складною технологічною операцією, яка не завжди може бути виконана.

Значна кількість різальних елементів у стандартних торцевих фрезах, їх похибка розташування на одному діаметрі в корпусі у сполученні з радіальним биттям шпинделя, а також неможливістю повного усунення торцевого биття призводять до різного навантаження і, як наслідок, зношування ножів фрези. Цьому також сприяє збільшена кількість врізань–виходів в оброблювану поверхню, що притаманно самому процесу фрезерування. Це збільшення складає порівняно з поперечним струганням [7]:

$$\omega_{\text{вр.к}} - \omega_{\text{вр.л}} = \frac{2r_{\text{тн}} - \sqrt{4r_{\text{тн}}^2 - B^2}}{S}, \quad (3)$$

де $\omega_{вр.к}$ – кількість врізань–виходів у разі колового руху ножа; $\omega_{вр.л}$ – кількість врізань–виходів у разі прямолінійного руху ножа; $r_{ин}$ – радіус розташування ножа; B – ширина оброблюваної поверхні; S – подача на оберт фрези.

Таку надлишкову кількість врізань–виходів має кожен з ножів торцевої фрези в разі, коли їх вершини знаходяться на одній відстані від осі обертання, що може бути тільки теоретичним припущенням. Фактично похибка взаємного розташування вершин ножів складається з наступних елементів:

- похибки центруючого діаметра отвору в корпусі фрези (для верстата мод. 6P12, на якому проводились дослідження, $\varnothing 128,57 \pm 0,04$, похибка зміщення осі – max 0,04 мм);

- радіального биття шпинделя (0,01 мм);

- координати розточки отворів під установку ножів (в нашому випадку $\pm 0,02$ мм);

- похибки розташування умовної вершини ножа відносно осі посадочного діаметра (найменше досягне значення $\pm 0,02$ мм);

- похибка посадочних отворів і діаметрів ножів ($\varnothing 12H7/h7$, тобто $\begin{matrix} +0,018 \\ -0,018 \end{matrix}$);

- похибки встановлення вильотів ножів відносно корпусу фрези;

- інших похибок (неперпендикулярність осей отворів під встановлення ножів до базового торця корпусу, відхилення від циліндричності отворів і стрижнів ножів, похибки радіусів при вершині і кутів заточки ножів, нерівномірність подачі стола з заготовкою тощо)

Крім того, суперечливим є також методика розрахунку величини подачі на зуб, коли подачу на один оберт фрези ділять на кількість ножів, не враховуючи, що і в кутовому розташуванні ножів існує певна похибка.

Постановка проблеми. Сукупність наведених фактичних параметрів розташування ріжучих лез відносно осі обертання шпинделя при певних обставинах призводить до того, що найбільш віддалений від осі ніж сприймає значно більші навантаження порівняно з іншими ножами. Це, в свою чергу, сприяє інтенсивному зношуванню одних лез відносно інших, а також виникненню додаткових вібрацій через нерівномірність навантаження ножів.

Спостерігаючи за процесом зношування кожного ножа стандартної фрези (особливо в перші 30–40 хвилин роботи), можна констатувати той факт, що деякі з них взагалі не брали участі в обробці. Таке явище

особливо часто спостерігається при чистових проходах (при малих подачах, коли похибка розташування ножа перевищує подачу на зуб).

З наведеного аналізу можливо зробити наступні висновки:

1. Підвищення точнісних параметрів торцевих фрез сприяє підвищенню стійкості інструмента і якості оброблюваних поверхонь.

2. При визначенні подач необхідно забезпечити дотримання співвідношення:

$$S_z \gg \sum \Delta_H,$$

де S_z – подача на зуб фрези; $\sum \Delta_H$ – сумарна похибка розташування ножа (відстань між найближче розташованим до осі обертання фрези і найвіддаленіша, а також різниця в кутовому розташуванні ножів, тому що $S_z = f(\Theta)$, де Θ – кут розташування ножа).

У роботі [6] наведено докладний аналіз впливу на шорсткість поверхонь похибок розташування формоутворюючих кромки і їх кутового положення. Підкреслено, що підвищення надійності процесу багатозубого фрезерування є результатом характеру розподілу торцевого биття формуючих кромки, при якому забезпечується їх послідовне включення в роботу.

Також констатовано, що при статичній жорсткості технологічної системи менше 10 Н/мкм стійкість процесу обробки площини може бути забезпечена тільки при однозубому фрезеруванні або при контакті інструмента з заготовкою тільки одним ножом.

У роботі [9] наведені порівняльні характеристики шорсткості плоских поверхонь, отриманих різними технологічними методами, а саме торцевим фрезеруванням (тонким) і струганням (тонким).

Таблиця 1

Оброблювана поверхня	Метод обробки	Ra , мкм	S_m , мм	S , мм	t_{20} , %
Плоска поверхня	Торцеве фрезерування (тонке)	0,32–1,25	0,025–0,100	0,016–0,08	10–15
	Стругання (тонке)	0,32–1,6	0,025–0,125	0,012–0,10	10–15

Як видно з наведених загальних характеристик, стругання забезпечує високу якість обробки плоских поверхонь. Крім того, поверхневий шар в результаті пластичної деформації набуває направленої структури вздовж траєкторії різання.

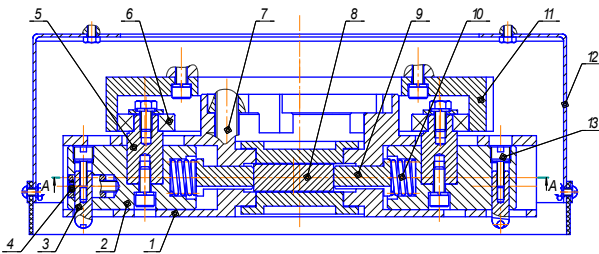
Завдяки своїм якісним показникам стругання конкурує з фрезеруванням і починає ефективно застосовуватись також для обробки циліндричних поверхонь [10].

До уваги слід прийняти й те, що при поперечному струганні утворюється рельєф мікронерівностей, що сприяє кращому змашуванню поверхонь тертя для навантажених поздовжніх напрямних ковзання.

Виклад основного матеріалу. На базі проведеного порівняльного аналізу нами була розроблена конструкція інструмента з кінематичним перетворенням колового руху чорнових і чистових формоутворюючих елементів у прямолінійний перпендикулярний до вектора подач (рис. 1).

На шпинделі верстата зцентрований і закріплений гвинтами 7 корпус 1, в якому з мінімально можливим зазором рухаються вісім повзунів 2 ($\varnothing 45h5$), в кожному з яких закріплені клиновими затискачами 4 з можливістю регулювання вильоту диференційними гвинтами 13 формоутворюючі елементи 3, один з яких є чистовим (зачистним).

Повзуни попарно між собою підпружинені пружинами 10 через плунжери 9 і восьмигранний елемент 8. В кожному повзуні закріплені стійки 5 з роликами 6 (підшипниками), які базуються на ексцентричних шийках стійок. Зміна положення стійок відносно повзунів забезпечує регулювання відстані від осі обертання інструмента (вісь шпинделя) до формоутворюючого елемента.



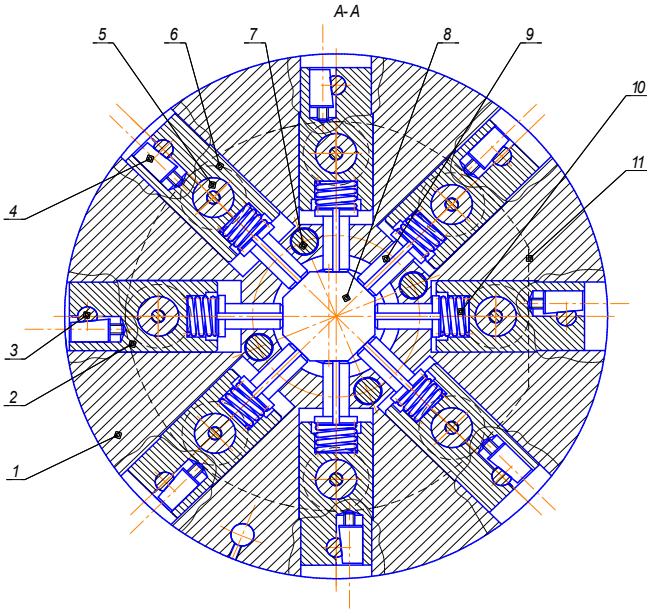


Рис. 1. Стругальна головка

Така конструкція разом з регулюванням диференційними гвинтами 13 вильотів ножів забезпечує можливість здійснення ступінчастого стругання з останнім чистовим проходом.

Ролики (підшипники) опираються на поверхню копіра 11, який жорстко закріплений на пінолі шпинделя і рухається разом зі шпинделем і корпусом 1 в осьовому (установочному) напрямку.

Копір 11 має ділянку перетворення колового руху шпинделя у прямолінійний рух формоутворюючих елементів, забезпечуючи постійну відстань між протилежно розташованими ріжучими кромками елементів 3.

Перспективи подальших розвідок за даним напрямком. Передбачається проведення комплексу експериментальних досліджень розробленого інструмента, а саме: підтвердження зазначених переваг стругання перед торцевим фрезеруванням. Що стосується перетворення колового руху чистового різця у прямолінійний у сполученні з коловим рухом чорнових різців, то позитивні результати отримані в роботах [7], [8].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Мельничук П.П. Наукові основи чистового торцевого фрезерування плоских поверхонь: Дис...д.т.н.: 05.03.01. – К., 2002. – 456 с.
2. Виговський Г.М. Підвищення працездатності торцевих фрез для чистової обробки плоских поверхонь: Автореф. дис...к.т.н. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2000. – 16 с.
3. Сенькин Е.Н., Филиппов Г.В., Колядин А.В. Конструкции и эксплуатация фрез, оснащенных композитами // Библиотека фрезеровщика. – Л.: Машиностроение, 1988. – 63 с.
4. Долматовский Г.А. Справочник технолога по обработке металлов резанием. – М.: Машгиз., 1962. – 1236 с.
5. Армарево И.Дж.А., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием: Пер. с англ. В.А. Паступова. – М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.
6. 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.
7. Лоєв В.Ю. Удосконалення фінішної обробки плоских поверхонь деталей комбінуванням різання з поверхневим пластичним деформуванням: Дис...к.т.н.: 05.03.01. ЖДТУ. – К., 2005. – 250 с.
8. Громовий О.А. Розробка чистових косокутних торцевих фрез з комбінованими схемами різання: Дис...к.т.н.: 05.03.01. ЖІТІ. – К., 2002. – 172 с.
9. Рыжов Э.В. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин. – К.: Наукова думка, 1984. – 272 с.
10. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием. – М.: Машиностроение, 2003. – 272 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.

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

Наукові інтереси:

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

ГОЛОВАТЕНКО Олег Володимирович – аспірант кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- обробка плоских переривчастих поверхонь.

Подано 24.03.2006