

УДК 621.914

В.Ю. Лоев, доц.

Житомирський державний технологічний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ОБРОБКИ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ РІЗАННЯМ І ПОВЕРХНЕВИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

В статті наведені результати розробки і випробування комбінованого методу фінішної обробки плоских поверхонь, виконаних на кафедрі технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету і ВАТ "Мікрон", м. Одеса. Доведено економічні та якісні переваги запропонованого методу обробки різанням і вигладжуванням з прямолінійною траєкторією руху формуючого інструмента, перпендикулярною до вектора поздовжньої подачі [1].

Попередній аналіз існуючих методів і конструкцій інструмента для комбінованих схем формоутворення плоских поверхонь, поєднуючих різання з поверхневим пластичним деформуванням, показав наявність певних недоліків, які стримують їх широке впровадження у виробництво.

В роботі [2] наведені дві конструкції торцевих фрез, поєднуючих фрезерування з вигладжуванням.

Фрезерування відбувається за рахунок різців 1 (рис. 1), розташованих по периферії копіра, а вигладжування – за рахунок деформуючих кульок 2, розташованих в касеті 3. Регулювання відносного положення різальних елементів і деформуючих кульок забезпечується за рахунок різьбового з'єднання корпусу 5 і підпружиненої втулки 7. Стопоріння їх взаємного положення здійснено контргайкою 6. Зусилля притиснення здійснюється тарільчастими пружинами 8.

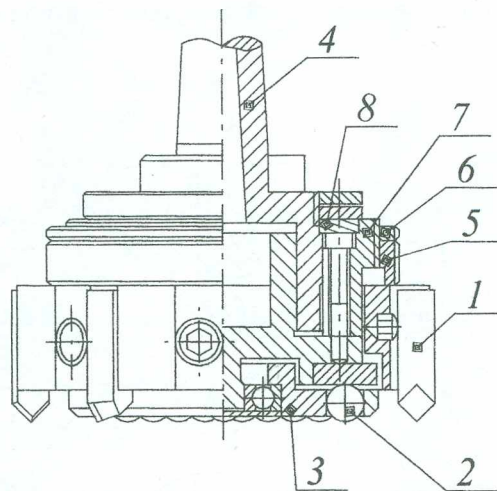


Рис. 1. Фреза, комбінована з вигладжувальними кульками

Недоліками такого методу обробки плоских поверхонь та інструмента для його здійснення є багаторазова обкатка оброблюваної поверхні кульками, що призводить до втрати пластичності в поверхневому шарі, неможливість забезпечення необхідної жорсткості й точності конструкції через велику кількість з'єднань.

Інструмент із застосуванням замість обкатки вигладжування наведений на рис. 2. Індентори розташовані, на відміну від попередньої конструкції, на зовнішньому контурі й можуть здійснювати рухи, а різці можуть бути переставлені у радіальному напрямку. Для здійснення мікрорельєфу на оброблюваній поверхні пружними інденторами 6, установленими в повзунах 2, надається осцилюючий рух по одній напрямній 3 від кулачка 1, який нерухомо закріплений на шпindelній бабці. Різці 1 і 5 закріплені в переставних повзунах на другій напрямній 3, що дозволяє змінити відстань від осі шпинделя. Дві напрямні розміщені в корпусі, який закріплюється в конусному отворі шпинделя.

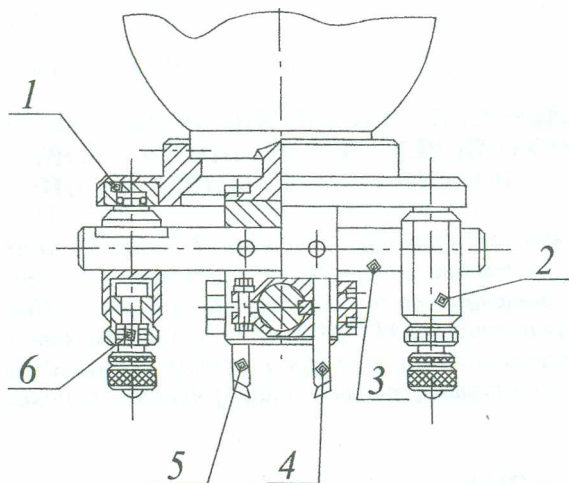


Рис. 2. Фреза, комбінована з вигладжувальними інденторами

Недоліками цієї конструкції і методу обробки є наявність одноріздевого фрезерування, яке не дозволяє знімати необхідний припуск на обробку, конструкція не має необхідної жорсткості. Регулюванням потрібно забезпечити зняття припуску різцями, а потім вигладжуванням.

На рис. 3 представлена конструкція фрези-пристосування для суміщення обробки різанням і накатування плоских поверхонь [3]. Необхідні сили обробки забезпечуються змінними пружинами 5. Основною вимогою при налагодженні на обробку є точне закріплення фрези на шпинделі верстата, а також відсутність торцевого биття корпусу 2 і виступаючих профільних роликів 7. На корпусі 2 передбачені пази П для закріплення різців, які розташовані по осях O_1, O_2, O_3, O_4 . Різці закріплюються на радіусі $R_1 > R_2$. Профільні ролики 7 встановлені в повзунах 6, підпружинених пружинами 5, які впираються в кришку 8, закріплену гвинтами 3 до корпусу 2.

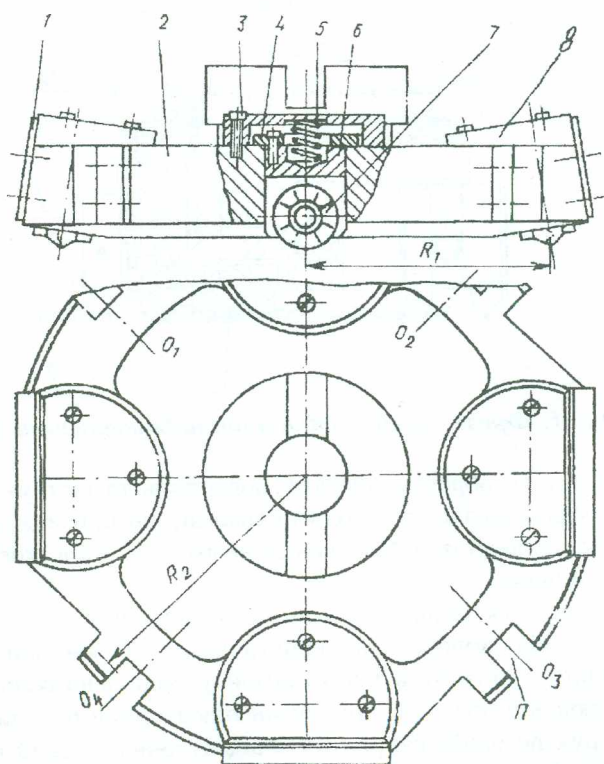


Рис. 3. Конструкція фрези торцевої з роликами

Кришки 1 призначені для можливості швидкої зміни пружин 5. Недоліком цієї конструкції пристрою, як і попередніх, є, по-перше, те, що різальний і деформуючий інструмент повторно торкається обробленої поверхні при русі над нею з протилежної від обробки сторони; по-друге, складність налагодження необхідного “вильоту” роликів відносно різців, з яких тільки один забезпечує чистову обробку поверхні перед обкаткою.

Проблемним також залишається питання забезпечення необхідної стійкості різального і деформуючого інструмента.

З метою усунення наведених недоліків і забезпечення широкого впровадження комбінованого методу обробки плоских поздовжніх поверхонь була розроблена і виготовлена торцева фреза косокутного різання з рухомими формоутворюючими елементами (чистовий різець і вигладжувач), траєкторія руху яких перпендикулярна до вектора подач (рис. 4).

Різальні елементи фрези оснащені надтвердим матеріалом (киборит) у вигляді впаяних круглих таблеток (рис. 5).

Вигладжувальний елемент, виготовлений науково-технологічним алмазним концерном “Алкон” інституту надтвердих матеріалів ім. В.Н. Бакуля, оснащений новим алмазним композиційним термостійким матеріалом АКТМ®, спеціально призначеним для вигладжування поверхонь з чорних і кольорових матеріалів і їх сплавів (рис. 6).

В процесі чистової обробки (прямолінійний рух чистового різця) одночасно беруть участь розташовані під кутом 17° і 13° до чистового два напівчистові різці з відстанями від осі фрези, відповідно 134,5 і 132 мм.

В процесі вигладжування одночасно беруть участь різці напівчистові, розташовані під кутом 17° і 13° до вигладжувача на відстанях від центру фрези, відповідно 133,5 і 131 мм. Приймаючи до уваги те, що участь в обробці беруть одночасно не більше 2 чи 3 різців (в тому числі один чистовий або вигладжувач) процес фрезерування відбувається нерівномірно. Для зменшення впливу цього явища на якість обробленої поверхні рекомендують встановлювати на шпиндель-маховик вагою 20 чи 30 кг.

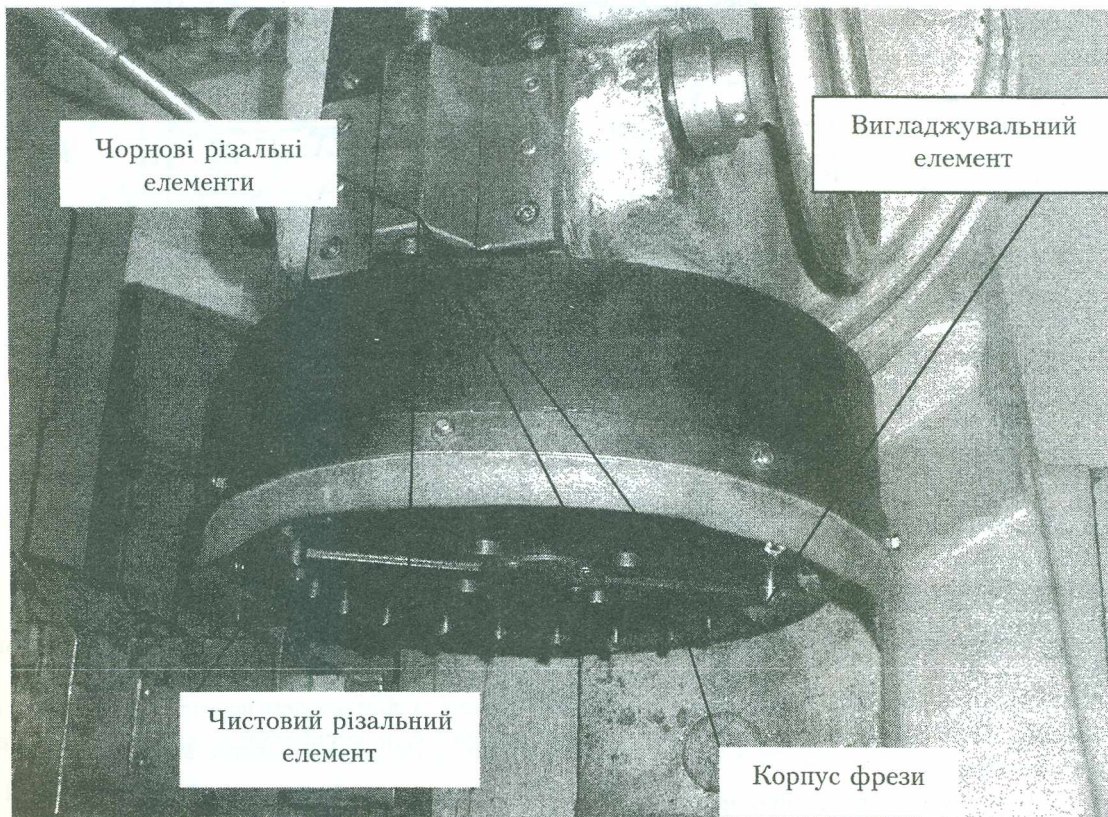


Рис. 4. Загальний вигляд фрези

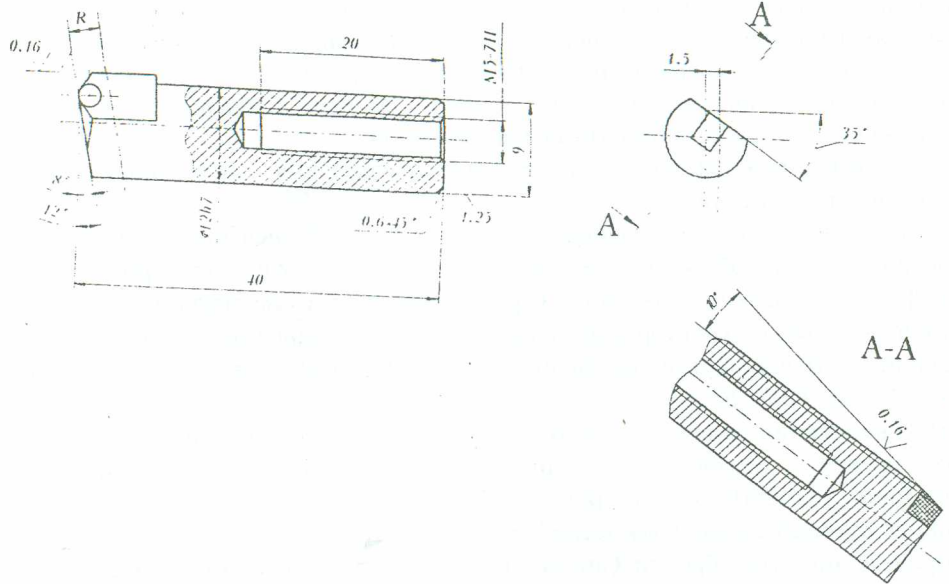


Рис. 5. Різець з ПНТМ

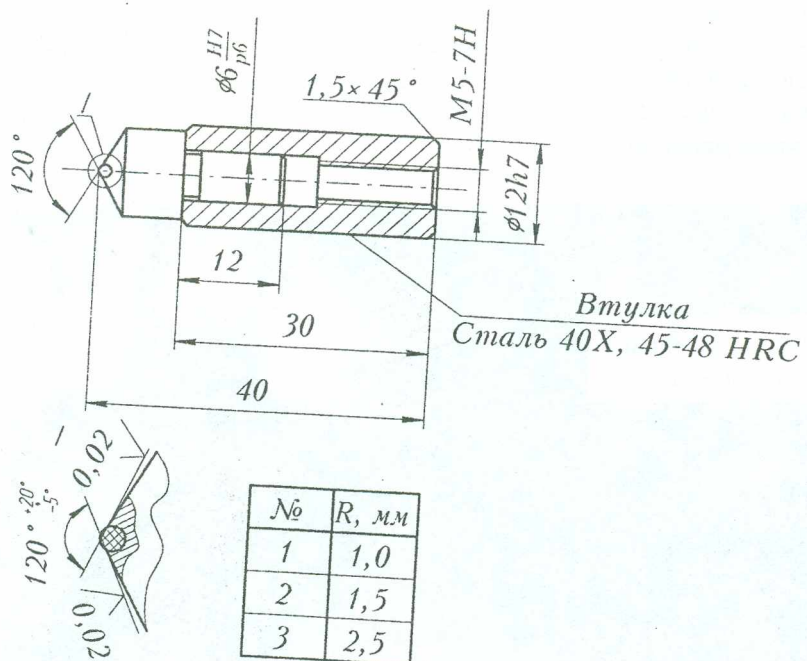


Рис. 6. Вигладжувач

В запропонованій конструкції фрези роль маховика виконує корпус фрези (загальною вагою 25 кг).

Попередньо відбалансована фреза (Ø 320 мм) разом зі шпинделем верстата утворюють при обертанні стійку інерційну систему, яка здатна протистояти ступінчастій зміні сил різання і вигладжування.

При цьому кінетична енергія фрези складає:

$$E_k = \frac{J \cdot \omega^2}{2}, \tag{1}$$

де $J = \frac{m \cdot R^2}{2}$ – момент інерції;

ω – кутова швидкість шпинделя;

m – маса фрези;

R – радіус фрези, тобто

$$E_k = \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega^2}{4} \tag{2}$$

Суттєве збільшення кінетичної енергії, яка характеризує спроможність фрези виконувати роботу різання, призводить до зменшення інерційної системи крутих коливань, зменшується значимість механічного удару в процесі врізання і зносу різальної крайки інструмента, зменшується термоциклічний вплив на неї, змінюється фізична картина контактних процесів у зоні деформації в сторону зменшення сили різання і покращення якості обробленої поверхні.

Як показали дослідження в промислових умовах, крім зазначених в роботі [4] переваг (висока продуктивність обробки; досягнення необхідної шорсткості поверхні; зменшення зносу вигладжувача через його відносний поворот навколо своєї осі і зменшеного зусилля притиснення до оброблюваної поверхні; ліквідація затирання формоутворюючих елементів і обробленої поверхні), перетворення колового руху чистового різального і вигладжувального елементів у прямолінійний перпендикулярний до вектора подач заготовки значно підвищило стійкість інструмента через суттєве зменшення кількості врізань чистового різця порівняно з різцями, нерухомо закріпленими в корпусі фрези.

Порівнюємо дві схеми обробки плоскої поверхні рис. 7 і рис. 8.

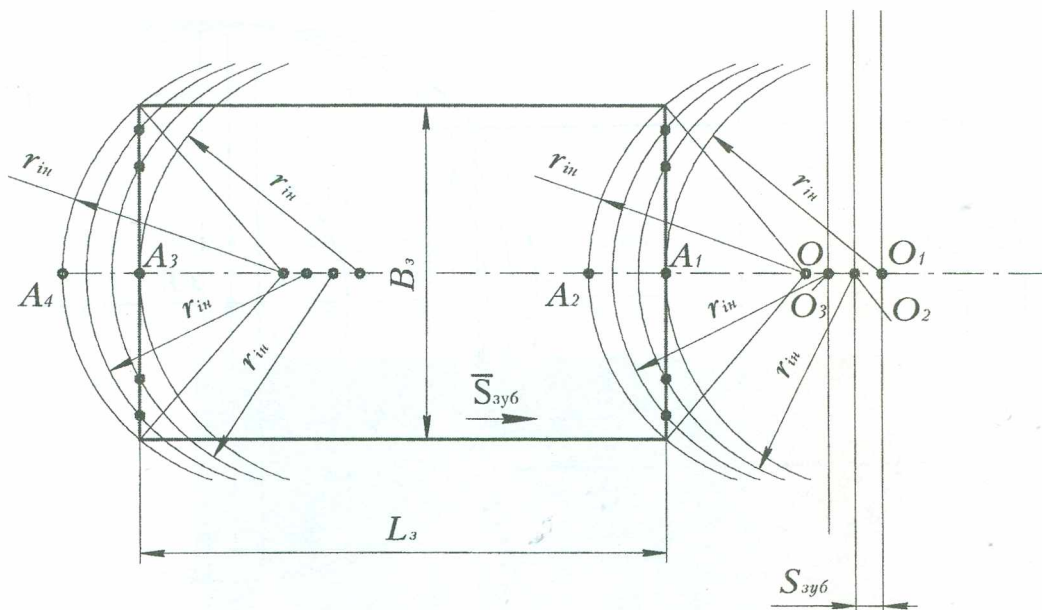


Рис. 7. Схема для розрахунку кількості врізань (виходів) при коловому русі інструмента

В разі колової траєкторії кількість врізань і виходів чистового різця буде дорівнювати:

$$\omega_{вр.к} = \frac{L_3}{S_{зуб}} + \frac{2 \cdot r_{in} - \sqrt{4 \cdot r_{in}^2 - B_3^2}}{S_{зуб}}, \tag{3}$$

де $\omega_{вр.к}$ – кількість врізань чистового різця в заготовку (така ж кількість виходів);

L_3 – довжина оброблюваної заготовки;

$S_{зуб}$ – подача на зуб чистового різця (вона дорівнює подачі на оберт фрези);

r_{in} – радіус розташування чистового різця;

B_3 – ширина оброблюваної заготовки.

$A_1A_2 = A_3A_4 = OA_2 - OA_1$ - в разі симетричного розташування фрези відносно оброблюваної поверхні

$$A_1A_2 = r_{ін} - \sqrt{r_{ін}^2 - \left(\frac{B_3}{2}\right)^2} \quad (4)$$

При виході чистового різця за межі довжини заготовки кожен оберт фрези буде супроводжуватись двома врізаннями і двома виходами.

На цій ділянці (A_3A_4) кількість врізань (виходів) буде дорівнювати:

$$\frac{r_{ін} - \sqrt{r_{ін}^2 - \left(\frac{B_3}{2}\right)^2}}{S_{зуб}} \cdot 2 = \frac{2 \cdot r_{ін} - \sqrt{4 \cdot r_{ін}^2 - B_3^2}}{S_{зуб}} \quad (5)$$

При рухомому чистовому різці з траєкторією руху перпендикулярною до вектора подач заготовки кількість врізань буде дорівнювати (Рис. 8)

$$\omega_{вр.п} = \frac{L_3}{S_{зуб}}, \quad (6)$$

де $\omega_{вр.п}$ - кількість врізань (виходів) при прямолінійному перпендикулярному до вектора подач русі чистового різця.

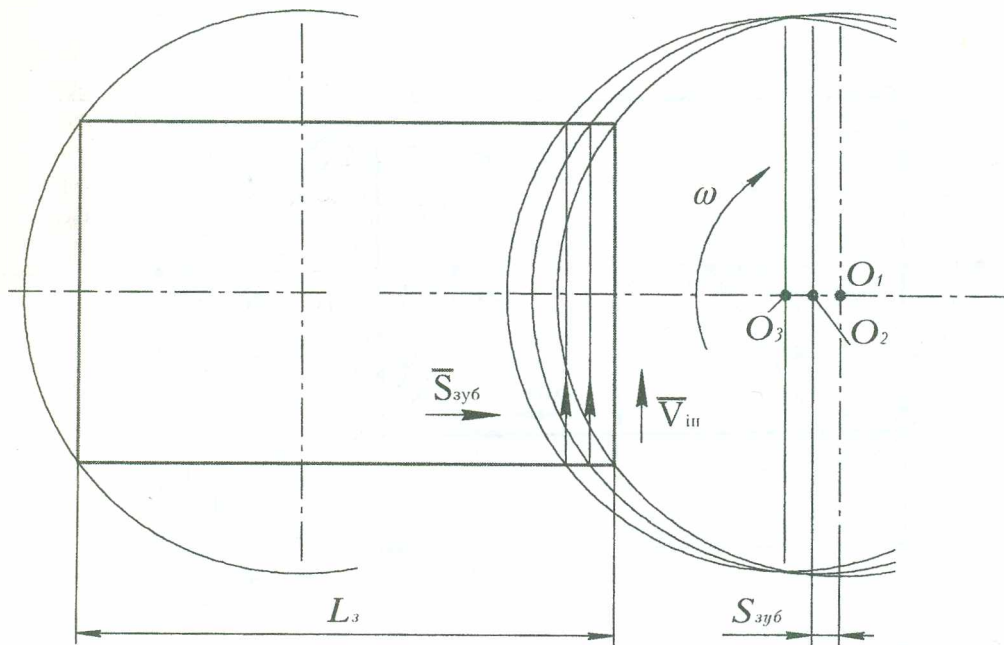


Рис. 8. Схема руху чистового різця для розрахунку кількості врізань (виходів)

Для спроектованої і виготовленої торцевої фрези Ш 320 мм з рухомими елементами (максимальна ширина оброблюваної площини $B_3 = 95$ мм) при подачі на зуб $S_{зуб} = 0,05$ мм різниця в кількості врізань (виходів) складе:

$$\omega_{вр.к} - \omega_{вр.п} = \frac{2 \cdot r_{ін} - \sqrt{4 \cdot r_{ін}^2 - B_3^2}}{S_{зуб}} = \frac{2 \cdot 130 - \sqrt{4 \cdot 130^2 - 95^2}}{0,05} = 360.$$

Розрахункова висота мікронерівностей може бути визначена за формулою (6):

$$R_{z_{\text{теор}}} = \frac{S_z^2}{8 \cdot r} \left(1 - \frac{x^2}{R^2} \right), \quad (7)$$

де S_z – подача на зуб;

r – радіус при вершині ножа;

x – відстань зсуву площини, в якій вимірюється шорсткість;

R – радіус фрези (радіус розташування чистового різця).

В разі вимірювання шорсткості (R_z) вздовж обробленої поверхні вона буде змінною по дузі контакту ножа із заготовкою (залежно від розміру X зсуву площини).

При традиційному способі фрезерування товщина зрізу є також змінною і може бути розрахована за формулою:

$$a = S_z \cdot \sin \varphi \cdot \sin \psi_i, \quad (8)$$

де a – товщина зрізу;

S_z – подача на зуб;

φ – кут в плані;

ψ_i – миттєвий кут.

В запропонованому комбінованому методі обробки чистовий і вигладжувальний елементи при обертанні фрези здійснюють прямолінійний рух, чим забезпечується постійність товщини зрізу, тобто

$$a = S_z \cdot \sin \varphi, \quad (9)$$

а також розрахункової теоретичної шорсткості:

$$R_{z_{\text{теор}}} = \frac{S_z^2}{8 \cdot r}. \quad (10)$$

На рис. 9 зображена фотографія оброблюваної заготовки при припиненій обробці, на якій видно сліди від чорнових і напівчистових різальних ножів (колові сліди) і сліди чистового й вигладжувального елементів (прямолінійні, перпендикулярні до вектора повздовжньої подачі).

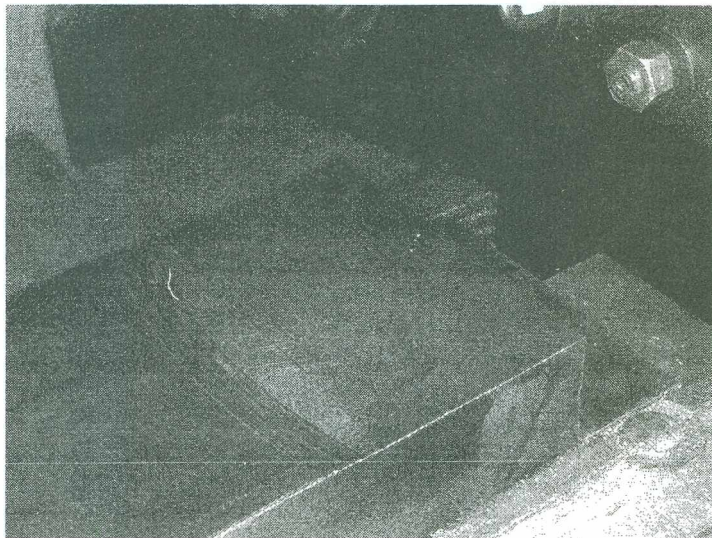


Рис. 9. Оброблювана заготовка при припиненій обробці

В свою чергу зменшення кількості врізань-виходів призводить до зменшення вібрацій системи через постійність періодичності стружкоутворення.

В разі колового руху формують елементів при врізанні, і особливо при виході фрези, таку стабільність забезпечити не можна. Тому неможливо забезпечити рівномірну шорсткість обробленої поверхні деталі на ділянках врізання і виходу, порівняно з серединою, до чого ще додається й загирання інструмента.

Висновки. Запропонований комбінований метод обробки плоских поверхонь деталей машин і механізмів, а також розроблена конструкція торцевої фрези забезпечують можливість впровадження якісної фінішної операції з формоутворенням поверхні необхідної інженерії, тобто з необхідними для довговічної експлуатації властивостями (шорсткість, фізико-механічні властивості, інше) і з усуненням недоліків попередніх конструкцій інструмента.

В подальших дослідженнях заплановано проведення перевірки трибологічних властивостей оброблених поверхонь, розроблених вченими Хмельницького університету скреч-методом [7], а також міцності й глибини деформованого шару.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Деклараційний патент 63517А на винахід 7 В 23 С3/00 "Спосіб плоского фрезерування торцевими фрезами". – 15.01.2004. – Бюл. № 1 / Г.М. Виговський, В.Ю. Лоев, П.П. Мельничук.
2. *Ермаков Ю.М., Ершов А.А.* Тенденции развития конструкций инструмента для отделочно-упрочняющей обработки. – М. ВНИИТЭМР. – Сер. 2. – Вып. 1. – 1987. – 42 с.
3. *Горохов В.А.* Системы приспособлений для обработки деталей методом поверхностного деформирования // Машиностроительное производство / Инструментальное, технологическое и метрологическое оснащение металлообрабатывающего производства. Обзор информации. – Вып. 3. – М.: – ВНИИТЭМР. – 1989. – 15 с.
4. *Мельничук П.П., Виговський Г.М., Лоев В.Ю.* Дослідження процесу фінішної обробки плоских поверхонь деталей торцевою фрезою з комбінованою схемою різання та вигладжування // Вісник ЖДТУ. – № 1 (28). – 2004. – С. 44–53 с.
5. *Новіков М.В.* Інструмент з надтвердих матеріалів. – К.: ІНМ НАНУ, 2002. – 526 с.
6. *Струтинський В.Б., Мельничук П.П.* Математичне моделювання металорізальних верстатів. – Ж.: ЖІТІ, 2002. – 570 с.
7. *Волинський Б.С.* Скреч-метод визначення трибологічних властивостей поверхні: Автореф. дис. на здобуття наукового ступеня к.т.н. – Хмельницький, 1998.

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

Наукові інтереси:

- фінішна обробка плоских поверхонь комбінованими методами;
- інженерія поверхонь деталей, оброблених різанням і пластичним деформуванням.

Подано 04.06.2004