

**ВИКОРИСТАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ РІЗАННЯ
ДЛЯ ЯКІСНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ**

Проведений аналіз використання нестационарних процесів різання показав перспективність використання багатоступінчастих торцевих фрез для обробки плоских поверхонь деталей машин. Для забезпечення необхідних параметрів якості обробленої поверхні було запропоновано використовувати способи обробки зі змінною траєкторією руху різальних ножів фрез щодо заготовок. Експериментально досліджений вплив геометричних параметрів різальних частин ножів торцевих фрез та режимів різання на якість оброблених поверхонь. Для покращення якості обробленої поверхні запропоновано використовувати ножі з безвершинною радіусною різальною кромкою. Визначено раціональні значення кутів нахилу різальних кромок ножів торцевих фрез. Рекомендовано раціональні режими різання для забезпечення необхідних параметрів якості обробки при фрезеруванні високоміцного чавуну. Експериментально отримана стабільна шорсткість поверхні вздовж ширини обробки за рахунок використання лінійної траєкторії різання чистовим ножем. Забезпечення необхідної мікрогеометрії обробленої поверхні дозволяє покращити експлуатаційні властивості деталей машин: зносостійкість, корозійну стійкість, жорсткість.

Ключові слова: торцеве фрезерування; ступінчасті схеми різання; якість обробки; стійкість інструменту; геометричні параметри.

Вступ. Постановка проблеми. За часом і умовами контактування різального леза із заготовкою розрізняють безперервне, переривчасте і нестационарне різання. Перший вид характеризується безперервним контактом робочих поверхонь леза із заготовкою при постійних умовах різання. Переривчастий процес різання здійснюється шляхом періодичного контакту різального леза із заготовкою. Обробка поверхонь на верстатах при безперервній та одночасній зміні декількох параметрів – діаметра заготовки, глибини різання, швидкості обробки і кутів різання – має назву нестационарне різання.

Найбільш прогресивним методом для обробки плоских поверхонь деталей машин є лезова обробка, а саме – торцеве фрезерування, що забезпечує високу продуктивність і оптимальні показники якості обробки. В той же час торцева обробка багатоступінчастими фрезами характеризується переривчастим процесом врізання різальних ножів і виходу їх із зони різання, змінними глибинами обробки на кожному ступіні і товщинами зрізу і, таким чином, є нестационарним різанням.

У роботах вітчизняних і закордонних авторів велика увага приділяється розробці нових способів обробки і проектуванню більш досконалих конструкцій фрез з комбінованими схемами різання, а також з комбінованими схемами обробки (фрезерування-вигладжування та ін.).

Мета роботи полягає в забезпеченні якісної обробки плоских поверхонь деталей при нестационарній обробці за рахунок використання раціональних режимів різання; забезпечення стійкості нових конструкцій торцевих фрез, в яких застосовані ступінчасті схеми різання та безвершинна геометрія різальних ножів, оснащених полікристалічними надтвердими матеріалами (ПНТМ).

Робота пов'язана з виконанням НДР Житомирського державного технологічного університету "Синтез способів формоутворення плоских поверхонь деталей реалізацією концепцій нестационарних процесів та урівноваження складових сил різання" РК №0115U002547.

Викладення основного матеріалу. Питанням забезпечення якісної та продуктивної обробки плоских поверхонь деталей машин торцевим фрезеруванням присвячено велику кількість робіт вітчизняних і закордонних вчених. Однак існуючі рішення в цьому напрямку мають частковий характер, відсутні основи створення ефективного інструмента для фрезерних верстатів, не вирішено проблеми його вище працездатності, надійності, конструктивних елементів [1–7].

З огляду на наведене, суттєвим резервом підвищення продуктивності обробки є можливість створення нових конструкцій торцевих фрез, які б дозволили поєднати декілька операцій обробки (чорнову, напівчистову і чистову) за один прохід. В умовах високої вартості верстатогодин на сучасних верстатах це має велике значення на сучасному етапі розвитку інструментального виробництва та машинобудування.

Авторами [4] запропонований спосіб торцевого фрезерування, за якого зняття припуску здійснюється чорновими та чистовими різальними ножами, причому з метою зменшення похибок обробки найбільша частина припуску видаляється чорновими різальними ножами, які нерухомо закріплені відносно корпусу фрези і рухаються за коловою траєкторією, а чистовий припуск – різальними ножами, що розташовані в радіальному напрямку на найменшій відстані від осі фрези з найбільшим вильотом відносно чорнових різальних ножів і рухаються за прямолінійною траєкторією перпендикулярно до вектора подачі.

Використання запропонованої конструкції дозволяє: за рахунок ступінчастого розташування різальних ножів підвищити максимальну глибину різання і поєднати чорнові і чистові операції за один прохід; застосувати ножі із ПНТМ для забезпечення необхідної продуктивності і розмірної зносостійкості; здійснити рух чистового різального ножа за прямолінійною траєкторією перпендикулярно до вектора подачі заготовки і вирівняти шорсткість обробки за шириною фрезерування; застосуванням косокутної безвершинної геометрії ножів вирівняти знос вздовж різальної кромки.

За даними [5–7] експлуатаційні властивості деталей машин (зносостійкість, корозійна стійкість, жорсткість, точність) визначаються параметрами механічних властивостей матеріалу поверхневого шару, макро- і мікрогеометрії обробленої поверхні.

У роботі розглянуто питання впливу режимів різання на мікрогеометрію оброблених поверхонь при торцевому фрезеруванні спроектованим інструментом.

Вимірювання мікрогеометрії оброблених поверхонь проводилось на профілографі Talysurf 6. Аналіз мікрогеометрії виконувався за наступними показниками: $R_{t1} - R_{t5}$ – максимальна висота виступу (до западини профілю в довжині оцінки); R_a – середнє арифметичне відхилення профілю; R_y – максимальне значення серед R_{ti} ; R_v – максимальна глибина западини профілю нижче середньої лінії; R_p – максимальна висота нерівностей профілю вище середньої лінії; S_m – середній крок нерівностей профілю; Δq – середній нахил профілю через довжину оцінки; R_{sk} – міра симетричності відхилень профілю вздовж середньої лінії; R_{ku} – радіус кривизни відхилень профілю вздовж середньої лінії; S – середній крок місцевих виступів профілю; t_p – опорний коефіцієнт – міра довжини опорної поверхні, виражена у відсотковому відношенні від довжини оцінки, де виступи профілю зрізані до лінії, яка паралельна до середньої лінії профілю.

Відомо [5], що при пружному контакті для металів при змащенні поверхонь тертя і за температури до 100 °С інтенсивність зносу визначається ступенем пологості опорної кривої профілю β_R і деформаційним показником γ_R :

$$\beta_R = \frac{1}{2\nu + 1}, \quad (1)$$

$$\gamma_R = \frac{R_{max}}{R_{ku}}, \quad (2)$$

де ν – параметр, який знаходиться при апроксимації початкової ділянки опорної кривої профілю степеневу функцією вигляду [7]:

$$t_p(x) = bx^\nu. \quad (3)$$

Встановлено [5], що вплив нерівностей поверхні на корозійну стійкість деталей можна оцінити коефіцієнтом концентрації напруг α_R :

$$\alpha_R = b \cdot \left(\frac{R_a}{R_y} \right)^\nu \frac{R_p}{R_v}. \quad (4)$$

У роботі [7] показано, що аеро- і гідроопір поверхонь металевих деталей залежить від нерівностей профілю і тангенса кута нахилу бокової сторони профілю θ_R :

$$\theta_R = tg(\Delta q). \quad (5)$$

З метою вияву рівня впливу режимів різання на експлуатаційні характеристики оброблених чистовою торцевою фрезою $\varnothing 320$ мм поверхонь і встановлення їх раціонального значення використовувався доведений до підвищених норм точності вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ ГФ2171С6. Оброблювались заготовки розмірами 660x65x40 мм, що виготовлені із високоміцного чавуну ВЧ50-2 НВ 180-250 (рис. 1).

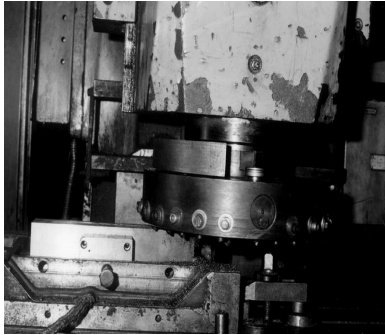


Рис. 1. Схема взаємного розташування інструмента і заготовки

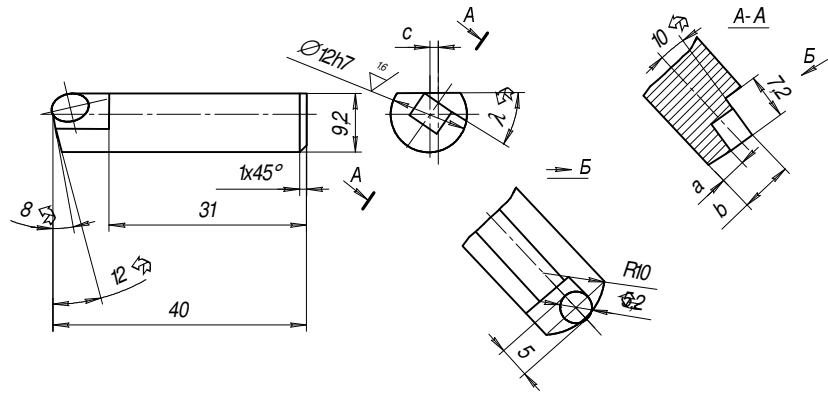


Рис. 2. Геометричні параметри різальних ножів

Задана наступна геометрія різальних ножів торцевої фрези (рис. 2). Кут $\lambda = 32^\circ$. Шорсткість обробки реєструвалася в 5 точках по ширині фрезерування. Матеріал різальної частини ножів гексаніт-Р.

У таблиці 1 наведено параметри мікрогеометрії оброблених поверхонь і визначено за співвідношеннями (1)–(5) значення експлуатаційних показників для змінних режимів різання.

Таблиця 1

v , м/с	S , мм/об.	t , мм	R_a , мкм	R_y , мкм	R_p , мкм	R_v , мкм	R_{ku} , мкм	γ_R	b	v	α_R	θ_R	β_R
2,37	0,1	0,75	1,87	14,8	6,7	5	4,4	3,36	1,31	1,74	0,05	0,30	0,22
2,37	0,2		2,41	13	7,9	5,1	2,3	5,65	0,48	1,71	0,04	0,26	0,23
2,37	0,3		2,73	14,3	7,8	6,5	2,4	5,96	0,74	1,54	0,07	0,30	0,25
3,71	0,1	0,75	1,38	9,1	3,6	5,6	2,9	3,14	1,82	1,75	0,04	0,25	0,22
3,71	0,2		1,74	9,9	5,2	5,2	2,6	3,81	1,13	1,86	0,04	0,26	0,21
3,71	0,3		1,8	11	5,6	6,3	2,7	4,07	1,24	1,85	0,04	0,27	0,21
4,67	0,1	0,75	1,1	7,2	3,8	4,3	2,7	2,67	1,82	2,2	0,03	0,22	0,19
4,67	0,2		1,36	8,8	3,5	6,3	3	2,93	2,82	2,12	0,03	0,23	0,19
4,67	0,3		1,48	8,7	4,9	4,8	2,8	3,11	1,72	2,37	0,03	0,25	0,17

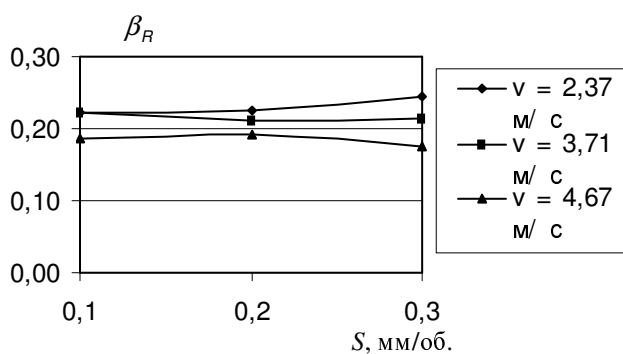


Рис. 3. Вплив подачі на показник β_R

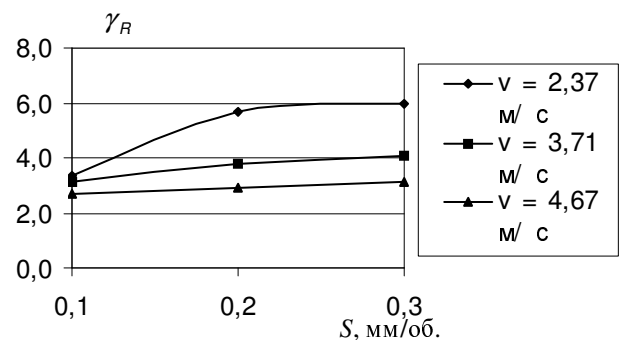
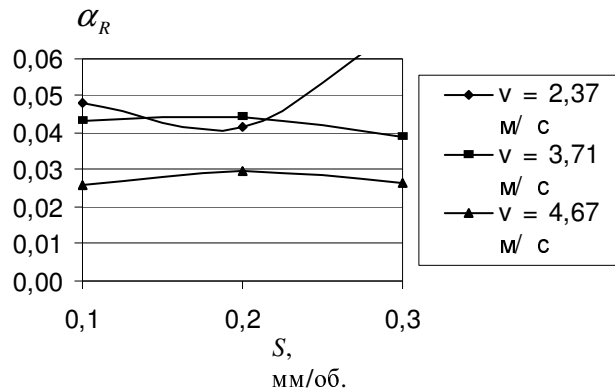
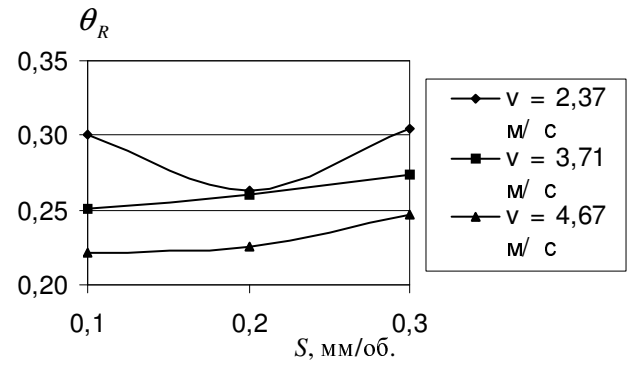
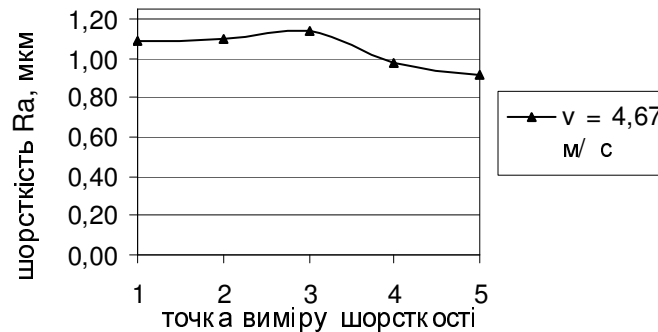


Рис. 4. Вплив подачі на показник γ_R

Рис. 5. Вплив подачі на показник α_R Рис. 6. Вплив подачі на показник θ_R Рис. 7. Шорсткість обробленої поверхні R_a в напрямку, перпендикулярному до вектора подачі заготовки

На рисунках 3–6 показано графіки зміни експлуатаційних параметрів β_R , γ_R , α_R , θ_R залежності від подачі і швидкості різання. Дані графіків 3, 4 показують, що інтенсивність зносу суттєво залежить від режимів різання, на яких проводиться обробка. Найменша інтенсивність зносу досягнута для $v = 4,67$ м/с, $S = 0,1$ мм/об., при $t = \text{const} = 0,75$ мм. Коефіцієнт концентрації напруг α_R (рис. 5), що характеризує корозійну стійкість деталей, найменший для $v = 4,67$ м/с і несуттєво залежить від подачі на оберт S , мм/об. Аналіз графіка (рис. 6), показує, що найкраще значення експлуатаційного показника θ_R отримане для $v = 4,67$ м/с, $S = 0,1$ мм/об. за $t = \text{const} = 0,75$ мм. Дані рисунка 7 свідчать, що шорсткість обробленої поверхні R_a в напрямку, перпендикулярному до вектора подачі заготовки, розподілена більш рівномірно, порівняно з обробкою торцевою фрезею стандартної конструкції. Середнє квадратичне відхилення значень R_a не перевищує 0,37 мкм.

Висновки:

1. Експериментально досліджений вплив геометричних параметрів різальних частин ножів торцевих фрез та режимів різання на якість оброблених поверхонь. Для покращення якості обробленої поверхні запропоновано використовувати ножі з безвершинною радіусною різальною кромкою.

2. Визначено раціональні значення кутів нахилу різальних кромок ножів торцевих фрез. Експериментально отримана стабільна шорсткість поверхні вздовж ширини обробки за рахунок використання лінійної траєкторії різання чистовим ножом. Забезпечення необхідної мікрогеометрії обробленої поверхні дозволяє покращити експлуатаційні властивості деталей машин: зносостійкість, корозійну стійкість, жорсткість.

Список використаної літератури:

1. *Выговский Г.Н.* Конструкции и эксплуатация торцевых фрез с ножами из сверхтвердых материалов / *Г.Н. Выговский, П.П. Мельничук* // Тяжелое машиностроение. – 1999. – Вып. 6. – С. 25–27.
2. *Виговський Г.М.* Розрахунок сил різання при обробці деталей ступінчастими торцевими фрезами косокутного різання / *Г.М. Виговський, П.П. Мельничук, О.А. Громовой* // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 1999. – № 11. – С. 56–66.
3. *Виговський Г.М.* Використання кінематичних схем різання при чистовому торцевому фрезеруванні / *Г.М. Виговський, П.П. Мельничук, О.А. Громовой* // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2000. – № 13. – С. 26–31.
4. Спосіб плоского фрезерування торцевими фрезами : Деклараційний патент на винахід 40156 А Україна, В23С3/00 / *Г.М. Виговський, О.А. Громовий, В.Ю. Лоев, П.П. Мельничук* (Україна). – № 2000074236 ; Заяв. 17.07.2000 ; Опубл. 16.07.2001, Бюл. № 16.
5. *Дунин-Барковский И.В.* Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / *И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова*. – М. : Машиностроение, 1978. – 232 с.
6. *Крагельский И.В.* Основы расчетов на трение и износ / *И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов*. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.
7. *Дунин-Барковский И.В.* Спектры неровностей обработанной поверхности и их влияние на долговечность турбины ГТД / *И.В. Дунин-Барковский, С.Х. Тупеев* // Повышение ресурса работы авиационных деталей технологическими средствами. – М. : Машиностроение, 1964. – С. 72–107.

ГРОМОВИЙ Олексій Андрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій машинобудування Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– обробка металів різанням.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2015