

Підвищення ефективності торцевого фрезерування широких плоских поверхонь шляхом збільшення жорсткості елементів технологічної системи

П.В.Кушніров

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Кушніров Павло Васильович

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТОРЦЕВОГО
ФРЕЗЕРУВАННЯ ШИРОКИХ ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ
ШЛЯХОМ ЗБІЛЬШЕННЯ ЖОРСТКОСТІ
ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ**

Спеціальність 05.02.08 - Технологія машинобудування

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1996

Дисертація є рукописом.

Робота виконана в Сумському державному університеті.

Наукові керівники:

доктор технічних наук, професор
Захаров Микла Володимирович;

кандидат технічних наук, доцент
Топоров Олег Олександрович.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Зінов'єв Микола Іванович;

кандидат технічних наук, доцент
Пермяков Олександр Анатолійович.

Провідне підприємство:

орендне об'єднання "Сумський насосний завод" ("Насосенергомаш").

Захист дисертації відбудеться "31" жовтня 1996 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.09.01 у Харківському державному політехнічному університеті (310002, м.Харків, МСП, вул. Фрунзе, 21).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотечі Харківського державного політехнічного університету.

Автореферат розісланий "20" вересня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Узуян
Узуян М.Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ. Серед найважливіших проблем, висунутих на сучасному етапі розвитку виробництва, найбільш визначними є підвищення продуктивності, якості та точності обробки поверхонь деталей. Особливо це стосується плоских поверхонь великих розмірів, при обробці яких виникають чималі труднощі. Так, здебільшого широкі плоскі поверхні формуються торцевими фрезами малого діаметра за кілька проходів, що призводить до зростання сумарного часу обробки та до виникнення накопиченої хвиби обробки. Торцеві фрези діаметром 315...630 мм, що використовуються, часто-густо встановлюють на верстатах, які не мають шпінделей відповідних великих розмірів, що зменшує жорсткість цієї ділянки технологічної системи (Т-системи) й веде до зниження ефективності фрезерування.

Оскільки від жорсткості Т-системи у значній мірі залежить можливість збільшення режимів різання та одержання якісної обробки широких плоских поверхонь, то необхідно визначити шляхи підвищення жорсткості усіх складових елементів наданої системи, а саме - жорсткості верстата, інструменту, пристрою та заготовки. В зв'язку з тим, що Т-система є взаємозв'язаним комплексом своїх складових частин, то необхідно шукати рішення поставлених питань у нерозривній єдності означених елементів, - наприклад, збільшувати жорсткість систем "верстат-інструмент", "пристрій-заготовка" та ін.

Таким чином, актуальність напрямку досліджень визначається практичною необхідністю підвищення продуктивності, точності та якості торцевого фрезерування широких плоских поверхонь, удосконалення конструкцій різального інструменту, спеціальних фрезерних головок та пристроїв для установки малої жорстких великогабаритних заготовок.

МЕТА Й ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності торцевого фрезерування плоских поверхонь шириною понад 300 мм шляхом збільшення жорсткості складових частин технологічної системи.

У відповідності з поставленою метою в роботі вирішуються наступні задачі:

- виявлення закономірностей формування широкої плоскої поверхні, що оброблюється;
- розробка конструкцій агрегатних фрезерних головок на різноманітних типах опор, а також пристроїв та торцевих фрез, що дозволяють збільшити жорсткість Т-системи;
- розробка аналітичних залежностей для визначення розміру деформації шпіндельних опор;
- розробка аналітичних залежностей для розрахунку розміру деформації торцевої фрези від дії осової складової сили різання F_y ;
- розробка аналітичних залежностей для визначення діаметра центрального отвору різальної вставки торцевої фрези;
- визначення динамічних характеристик фрезерної головки з опорами качіння в процесі торцевого фрезерування;
- експериментальне дослідження залежності зносу різальної частини торцевої фрези від конструктивних параметрів вузла кріплення різальної вставки, які впливають на жорсткість інструменту.

ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ. Методичною та теоретичною базою дослідження стали основні положення математичного моделювання з застосуванням ЕОМ, теорії пружності, теорії тонких пластинок Кірхгофа-Лява, теорії автоматичного регулювання, методів математичної статистики, вітчизняні та зарубіжні публікації по питанням способів підвищення жорсткості технологічних систем.

НАУКОВА НОВИЗНА роботи полягає в тому, що автором вперше сформульовані принципи підвищення ефективності торцевого фрезерування шляхом збільшення жорсткості елементів технологічної системи при обробці широких плоских поверхонь маложорстких деталей торцевими фрезами великого діаметра, що ґрунтуються на:

- висунутому й теоретично обґрунтованому положенні, що для збільшення жорсткості системи "верстат-різальний інструмент" необхідно, щоб установка база інструменту знаходилась на діаметрі розміщення різальних елементів, причому реалізація положення дозволяє створити нові конструкції фрезерних головок;
- розробленій математичній моделі для визначення статичної та динамічної деформації елементів Т-системи;
- розроблених аналітичних залежностях для визначення конструктивних параметрів різальних інструментів - торцевих фрез, що дозволяють підвищити жорсткість інструменту й, відповідно, всієї Т-системи;
- виявлених емпіричних залежностях впливу конструктивних особливостей циліндричних різальних вставок торцевих фрез на величину зносу різальної частини;
- визначених конструктивних варіантах установки великогабаритних маложорстких заготовок в пристроях із допоміжними опорами, що підводяться, що дозволяє знизити податливість навантаженої частини Т-системи.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ одержаних в дисертаційній роботі результатів визначається можливістю безпосереднього використання їх на виробництві й складається:

- у визначенні принципів обробки широких плоских поверхонь спеціальними агрегатними фрезерними головками з фрезами великого діаметра, що можна використовувати при розробці технологічних процесів;
- в одержанні залежностей для проектних інженерних розрахунків конструктивних параметрів елементів Т-системи;
- в розробці конкретних конструкцій агрегатних фрезерних головок шпіндельного типу, захищених патентами;
- в розробці конструкцій торцевих фрез, що дозволяють збільшити їх жорсткість та стійкість, захищених авторськими свідоцтвами;
- в розробці захищених авторськими свідоцтвами конструкцій пристроїв із допоміжними опорами, що підводяться, які дають можливість знизити по-

датливість маложорстких великогабаритних заготовок, що в них установлюють.

АПРОБАЦІЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Матеріали дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на:

Всесоюзній науково-технічній конференції "Шляхи підвищення ефективності використання різального інструменту" (Москва, 1987 р.);

Всесоюзній науково-технічній конференції "Розробка та промислова реалізація нових механічних та фізико-хімічних способів обробки" (Москва, 1988 р.);

міжреспубліканській науково-технічній конференції "Термодинаміка технологічних систем" (Краматорськ, 1993 р.);

міжнародній науково-методичній конференції "Автоматизація конструювання виробів та проектування технологічних процесів в машинобудуванні" (Суми, 1994 р.);

міжнародній науково-технічній конференції "Прогресивна техніка та технології машинобудування" (Севастополь, 1995 р.);

міжнародній науково-методичній конференції "Автоматизація проектування та виробництва виробів в машинобудуванні" (Київ, 1995 р.);

міжнародній науково-практичній конференції "Автоматизація проектування та виробництва виробів в машинобудуванні" (Луганськ, 1996 р.);

науково-технічній конференції викладачів, співробітників та студентів Сумського фізико-технологічного інституту (Суми, 1993 р.);

науково-технічній конференції викладачів, співробітників та студентів Сумського державного університету (Суми, 1995 р.);

науково-технічній конференції викладачів, співробітників та студентів Сумського державного університету (Суми, 1996 р.).

Викладачі в дисертації результати були використані при підготовці звітів про НДР:

"Удосконалити технологічний процес обробки плоских деталей поліграфічних машин" (Сумський філіал Харків. політехн. ін-та. - № ДР 01860064096; Інв. № 028.90006995.- Суми, 1988. - 41 с.);

"Удосконалити технологічні процеси чорнової обробки деталей насосів" (Сумський філіал Харків. політехн. ін-та. - № ДР 01860064097; Інв. № 028.90006996.- Суми, 1988. -73 с.);

"Розробка технології формоутворення великих плоских деталей поліграфічних машин" (Сумський фізико-технологічний ін-т. - № ДР 01890034424; Інв. N 029.10007209.- Суми, 1990. - 33 с.).

Результати дисертаційної роботи використані на Роменському заводі "Поліграфмаш", Свіському насосному заводі, заводі "Будущность" (м. Чірипан, НРБ), Воронежському заводі "Тяжкес" та підтверджені відповідними актами випробувань та актами впровадження.

ПУБЛІКАЦІЇ. За темою дисертації опубліковано 34 друковані праці, в тому числі 10 авторських свідоцтв та 2 патенти, загальним обсягом 3,4 д.а.

СТРУКТУРА І ОБСЯГ РОБОТИ. Дисертація складається із вступу, п'яти глав з висновками по кожній з них, загальних висновків, списку літератури та додатків. Робота містить 206 сторінок машинописного тексту, 80 малюнків, 14 таблиць, 2 додатка. Список літератури - 119 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі розглядається стан питання, обґрунтовується актуальність теми, визначаються мета й задачі дослідження щодо способів збільшення жорсткості технологічної системи для підвищення ефективності торцевого фрезерування, а також характеризується наукова новизна одержаних результатів.

У першій главі розглянуто особливості обробки широких плоских поверхонь, до котрих відносять столи металорізальних та бумагорізальних машин, станини, рами, панелі, пакети заготовок, що оброблюються та ін.

Показано що, торцеве фрезерування є одним з найбільш ефективних способів обробки широких плоских поверхонь як по показнику інтенсивності формоутворення поверхні, так і за точністю та якістю поверхні, що одержується (сукупність характеристик шорсткості, хвилястості, відхилень форми, а також фізико-механічних, хімічних властивостей та мікроструктури поверхневого слою).

Наведемо приклади параметрів торцевих фрез великого діаметра (до 630 мм). Визначено, що відомі типи базування та кріплення фрези на кінці шпінделя верстата мають певні недоліки для установки фрез великого діаметра (знижена жорсткість, можливість появи хвиби установки). Дана характеристика способів торцевого фрезерування широких плоских поверхонь з різними траєкторіями відносного переміщення фрези та заготовки, а також за допомогою спеціальних фрезерних головок.

Показано, що при торцевому фрезеруванні, як й при інших типах механічної лезвийної обробки, виникають деформації пружної Т-системи, до складу якої входять верстат, пристрій, інструмент та заготовка. При статичній жорсткості Т-системи у діапазоні 10...20 Н/мкм процес різання фрезами з надтвердими матеріалами може губити усталеність та в системі можуть розвиватися автоколивання, що відзначається швидким підвищенням шорсткості обробки та хвилястості. Тому одним з основних способів підвищення точності, якості та продуктивності обробки є зменшення пружних віджимів Т-системи шляхом підвищення її жорсткості.

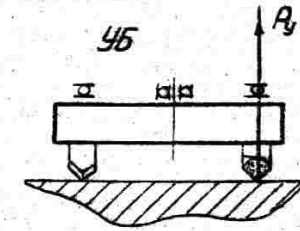
Сформульовані задачі дослідження.

У другій главі проведена оцінка похибок одно- та багатопрохідного торцевого фрезерування площин.

Дано обґрунтування принципу формування широкої плоскої поверхні, що оброблюється, від площини установчої бази, котрий полягає в тому, що з метою збільшення жорсткості фрези великого діаметра необхідно, щоб фреза мала установчу базу на діаметрі розміщення різальних елементів, тобто щоб нормальна складова сили різання P_y безпосередньо діяла на корпус верстата

(мал.1). Підвищення жорсткості наданого елемента Т-системи діється за рахунок збільшення діаметра опору торця, де практично відсутні пружні згини корпусу фрези та шпінделя.

Проведено аналіз кількісних та якісних характеристик різноманітних типів підшипників шпіндельних вузлів. Показано, що підшипники качіння є найбільш розповсюдженим типом опор шпінделей металорізального обладнання. Підшипники качіння мають більш високу відносну статичну жорсткість в порівнянні з іншими видами підшипників, вони більш довговічні та безвідмовні в роботі, найбільш прості в експлуатації.



Мал. 1 Схема установки фрези великого діаметра

Проведений загальний аналіз допустимих частот обертання підшипників качіння та їх жорсткості, а також шляхів підвищення швидкохідності опор качіння.

У третій главі визначені шляхи підвищення жорсткості системи "верстат-інструмент" за допомогою розробки агрегатних фрезерних головок шпіндельного типу на опорах качіння. В одному з варіантів таких головок базування торця фрези здійснюється в осьовому напрямку по упорному підшипнику. Означені агрегатні фрезерні головки можуть встановлюватися на верстатах, що не мають шпінделей відповідних великих розмірів, та забезпечують виконання принципу замикання осьової складової сили різання P_y на корпус станини, причому конструктивно вони доволі прості та економічні.

Промислова експлуатація головки, що має жорсткість системи "верстат-фреза" до 150...200 Н/мкм, при обробці столів бумагорізальних машин з сірого чавуну з режимами різання $t = 0,2... 0,5$ мм, $S_{прод.} = 800...1000$ мм/хв., $V = 1435$ м/хв. дозволила отримувати чистоту поверхні, що фрезерується, R_a

0,32...0,4 та забезпечити щільність обробки не більш 0,02 мм при допуску 0,1 мм.

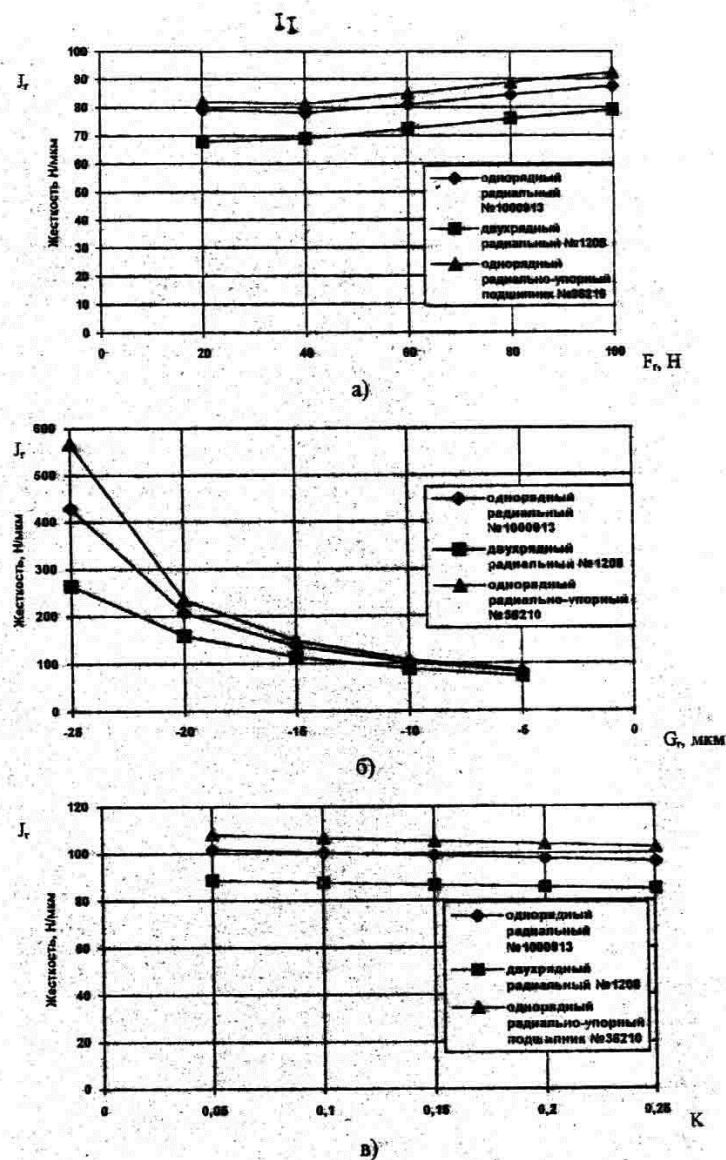
Проведено також дослідження характеристик жорсткості агрегатної фрезерної головки з базуванням фрези в осьовому напрямку по радіальним (радіально-упорним) підшипникам (патент Російської Федерації № 2049603).

Знайдені аналітичні залежності для розрахунку наступних деформацій, що з'являються на ділянці взаємодії підшипника з площиною плити фрезерної головки:

- контактних деформацій у місці контакту корпусу фрези з периферичними поверхнями радіальних опор качіння;
- деформацій самих опор качіння та ділянок їх посадки.

Визначено, що для головки, що досліджується, найбільшу жорсткість з радіальних однорядних підшипників має № 1000913, з радіальних дворядних сферичних - № 1208, з радіально-упорних однорядних - № 36210. Ті ж підшипники мають найкращі показники по сумарному критерію "жорсткість + частота обертання".

Проведені також дослідження залежності жорсткості системи від зміни окремих параметрів: сили F_r , величини попереднього натягу G_r , значення коефіцієнта k . Одержані залежності (мал.2) показують, що зі збільшенням діючого навантаження F_r до 100 Н жорсткість системи зростає - на 10...16%. Збільшення жорсткості також спостерігається зі зростанням величини попереднього натягу G_r з 5 до 25 мкм, причому воно більш значне, аніж у попередньому випадку (у 3...6 разів) та має значення 260...560 Н/мм. Зі збільшенням значення коефіцієнта k (тобто при зниженні точності виготовлення посадкових місць під підшипник) величина жорсткості G_r декілька знижується - на 4...5%, тому бажано виробляти зазначені місця з підвищеною точністю. Для надання можливості обліку впливу пружних деформацій на па-



Мал. 2. Залежність жорсткості J системи:

- а) - від величини сили F_r ; б) - від величини попереднього натягу G_r ;
в) - від величини коефіцієнта k .

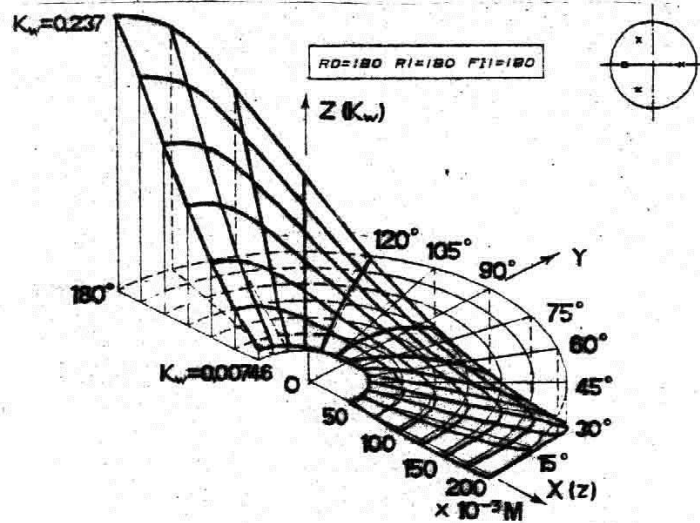
раметри точності торцевого фрезерування отримані аналітичні залежності для визначення величини осевих деформаційних переміщень будь-яких точок корпусу торцевої фрези. Для цього вирішена крайова задача з використанням функції Гріна, що визначається диференціальними рівняннями та граничними умовами, для кільцевої пластинки, що знаходиться на трьох опорах.

Шукана функція Гріна визначається функціями R_0, R_k ($k = 1, 2, \dots$):

$$R_0 = \frac{P}{8\pi D} \left[\rho^2 - b^2 - (\rho^2 + b^2) \ln \frac{\rho}{b} + \left(\frac{r^2 - b^2}{2} + \frac{1+\nu}{1-\nu} a^2 \ln \frac{r}{b} \right) \frac{\rho^2 - b^2 (1 + 2 \ln \frac{\rho}{b})}{\frac{1+\nu}{1-\nu} a^2 + b^2} \right] +$$

$$\frac{P}{8\pi D} \left[r^2 - \rho^2 - (r^2 + \rho^2) \ln \frac{r}{\rho} \right], \quad r < \rho, \quad (1)$$

$$0, \quad r > \rho.$$



Мал.3. Видгляд деформованої поверхні фрези при

$R_0 = 180 \text{ мм}, R_1 = 180 \text{ мм}, \varphi_1 = 180.$

Внаслідок машинної обробки одержаних рівнянь визначені чисельні значення безрозмірних комплексів K_w , що входять до виразу (2) для розрахунку величини прогибу будь-якої точки корпусу фрези:

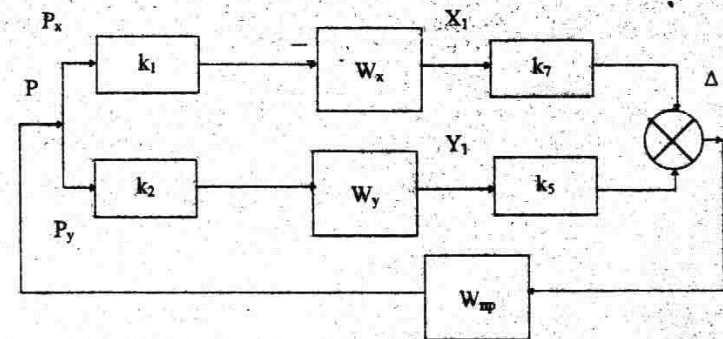
$$w = k_w \frac{Pa^2}{D} \quad (2)$$

Сукупність значень K_w визначає вигляд деформованої поверхні фрези (мал. 3).

Проведений також аналіз динамічних характеристик агрегатної фрезерної головки, що розглядається.

Динамічна модель фрезерного вузла має вигляд твердого тіла масою m , орієнтованого в площині XOY умовними жорсткостями C_x, C_y, C_0 та h_x, h_y, h_0 , що приведені до центру жорсткості.

Фрезу, що працює на великих частотах обертання, можна представити як двоконтурну систему без крутильних коливань (мал.4):



Мал.4. Структурна схема розімкнутої системи фрезерної головки з урахуванням гіроскопічного ефекту

Визначена усталеність процесу швидкісного фрезерування за критерієм Найквіста шляхом побудови амплітудно-фазово-частотної характеристики.

У четвертій главі розглянуті шляхи підвищення жорсткості та віброусталеності елемента Т-системи - торцевої фрези.

Запропонована конструкція різального інструменту (а.с. № 1632650), що містить в собі корпус 1, різальні циліндричні вставки 2 з центральними отворами 3 та кріпильні гвинти 4. Зазначені гвинти розміщені в різбових отворах корпусу, що перпендикулярні ослям отворів 5 під різальні вставки (мал.5). Центральні отвори різальних вставок виконані діаметром, визначеним із співвідношення:

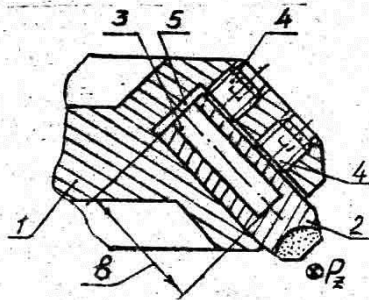
$$d_0 = d_{bc} \left(1 - 1,183 \sqrt{\frac{P_1}{b \delta_3 E}} \right), \quad (3)$$

де d_0 - діаметр центрального отвору вставки; d_{bc} - зовнішній діаметр вставки; P_1 - величина зусилля закріплення вставки, рівна не менш 80% від максимально допустимої для наданого гвинта; b - довжина центрального отвору вставки; E - модуль пружності матеріалу вставки.

$$\delta_3 = \sqrt{d_{bc}(2D_0 - d_{bc})} - d_{bc}, \quad (4)$$

де δ_3 - величина зазора між вставкою та отвором корпусу в осьовій площині вставки, що перпендикулярна ослям різбових отворів корпусу; D_0 - діаметр отвору в корпусі інструменту.

Виконання діаметра центрального отвору вставки згідно (3) та (4) робить можливою пружну деформацію вставки від дії сили закріплення в межах зазора між вставкою та поверхнею отвору корпусу інструмента й забезпечує безазорний контакт поверхні вставки з поверхнею отвору корпусу в напрямку дії складової сили різання P_z .

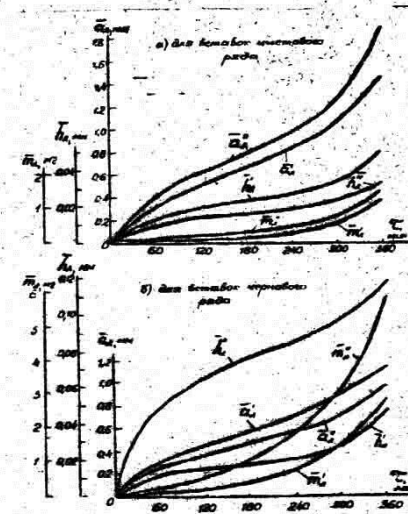


Мал. 5. Вузол кріплення різальної вставки фрези

Згідно з викладеним вище розроблені конструкції торцевих фрез для чистової обробки (з надтвердими матеріалами) та для чорнової обробки (напайні твердосплавні та з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин).

Проведені експериментальні дослідження впливу центрального отвору вставки на параметри стійкості фрези, що виявили підвищення при цьому жорсткості та віброусталеності вузла кріплення вставки, та, відповідно, зменшення кількості мікротріщин у процесі роботи на різальних кромках вставки. Зафіксовано зниження зносу задньої поверхні чорнової ступені фрези на 50...70%, чистової ступені - до 30%.

На мал. 6 відображені залежності зносу передніх поверхонь головних різальних кромок від часу фрезерування, де a'_n , h'_n , m'_n - відповідно ширина, глибина та маса лунки зносу у вставок з центральним отвором.



Мал. 6. Залежність зносу передніх поверхонь головних різальних кромок від часу фрезерування t .

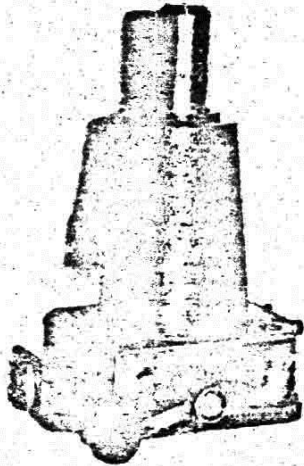
Проведені виробничі випробування розроблених торцевих фрез із жорсткістю понад 250 Н/мм з БНП, що підтвердили їх високі показники стійкості та продуктивності (табл. 1).

Таблиця 1.

Результати порівняльних випробувань фрез

Фрези Ø 315 мм	t, мм	S, мм/хв.	стійкість T, год.	знос h _з , мм	жорсткість J, Н/мм
Розроблені	12...18	200	6...8	0,7	> 250
Стандартні	< 6	160	< 4	0,5	< 120

У п'ятій главі розглянуті питання підвищення жорсткості системи "верстатний пристрій-заготовка".



а)

Мал.7. Загальний вигляд допоміжної опори, що підводиться (а)

та залежність деформації опори від навантаження (б).



б)

Проведений аналіз технологічної оснастки, що використовується на виробництві для установки великогабаритних заготовок.

Запропоновано варіанти розроблених конструкцій пристроїв для установки маложорстких широких заготовок, які мають допоміжні опори, що підводяться.

Допоміжна опора, що підводиться, (а.с. № 1696252, мал.7, а) служить для підведення її до заготовки, що оброблюється, після базування останньої на основних (жорстких або тих, що регулюються) опорах. Проведено експериментальні дослідження по визначенню жорсткості зазначених опор (мал.7, б).

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Системний аналіз способів обробки широких плоских поверхонь маложорстких деталей показав, що однією з головних умов підвищення продуктивності, якості та точності обробки торцевими фрезами є збільшення жорсткості технологічної системи.

2. Виходячи з аналізу існуючих способів установки торцевих фрез на верстатах сформульовано принцип формування широкої плоскої поверхні, що оброблюється, від площини установчої бази: з метою збільшення жорсткості фрези великого діаметра необхідно, щоб інструмент мав установчу базу на діаметрі розміщення різальних елементів, тобто щоб нормальна складова сили різання P, безіосередньо діяла на корпус верстата.

3. На підставі виявлених закономірностей формування широких площин, що оброблюються, розроблені конструктивні варіанти агрегатних фрезерних головок на опорах качіння. Визначено, що означені фрезерні головки з базуванням фрези великого діаметра в осьовому напрямку по упорному підшипнику качіння дозволяють забезпечувати осьову жорсткість системи "верстат-інструмент" не менш 150... 200 Н/мм.

4. Встановлено, що агрегатні фрезерні головки з базуванням торця фрези в осьовому напрямку по периферичним поверхням щонайменш трьох радіальних (радіально-упорних) підшипників дозволяють підвищити допус-

тиму частоту обертання фрези в порівнянні з попереднім варіантом у 1,5...2,5 рази.

5. Отримано результати вибору підшипників качіння з оптимальними параметрами за критеріями максимальної жорсткості та максимально допустимої частоти обертання підшипника. Визначено, що жорсткість розглядаємої системи зростає як зі збільшенням діючого навантаження F_r , так і зі збільшенням попереднього натягу G_r ; зі збільшенням значення коефіцієнта k (тобто при умовах зниження точності виготовлення посадкових місць під підшипник) виявлено зниження жорсткості системи.

6. Розроблені методика визначення величини деформації системи "опора качіння-плоска поверхня" та методика розрахунку величини осьової деформації торцевої фрези від дії осьової складової сили різання P_r , які дозволяють визначати прогиб будь-якої точки корпусу фрези, що дає можливість оцінювати параметри жорсткості фрезерної головки ще на стадії проектування та оцінювати очікувані якість та точність обробки.

7. Проведений аналіз динамічних характеристик фрезерної головки з опорами качіння дозволяє зробити висновок про те, що при роботі з високими частотами обертання, необхідними для забезпечення потрібних швидкостей різання інструментами з надтвердими матеріалами, торцева фреза великого діаметра володіє якостями гіроскопу - тривало зберігати надане у просторі положення осі обертання та при впливі на вісь фрези сталої сили - відхиляти точку дії у напрямку, перпендикулярному напрямку цієї сили. Тому динамічна жорсткість системи "верстат-інструмент" підвищується у кілька разів порівняно зі статичною, причому збудована амплітудно-фазово-частотна характеристика системи підтверджує усталеність процесу роботи фрезерної головки на всьому діапазоні частот вимушених коливань. Таким чином, додаткове підвищення жорсткості системи, що досліджується, в динаміці дозволяє отримувати потрібні технологічні параметри обробки плоских поверхонь як за точністю, так за якістю фрезерування.

8. Отримано аналітичні залежності для визначення конструктивних параметрів торцевих фрез, що дозволяє підвищити жорсткість різального інструменту та, відповідно, всієї Т-системи.

9. Експериментально доведено, що за рахунок збільшення жорсткості та віброусталеності вузла кріплення різальної вставки, що містить в собі центральний отвір, та, відповідно, зменшення кількості мікротріщин у процесі роботи на різальних кромках вставки, знижується знос задньої поверхні чорнової ступені фрези на 50... 70%, а чистової ступені - до 30%. При цьому процес зносу передньої поверхні різальної частини вставки - рівновеликий та більш рівномірний за розмірами та площею. Тому вставки з центральним отвором мають більш довгий період стійкості та більш вигідні умови з точки зору економії матеріалу різальної частини для наступних переточок.

10. Встановлено, що збільшення жорсткості вузла кріплення різальної вставки до 140 Н/мм, жорсткості фрези з БНП до 250 Н/мм, а також підвищення точності настроювання різальних елементів фрез дозволяють:

- одержувати чистоту поверхні, що оброблюється, чистовими фрезами з композитом 01 та 10 до R_a 0,4...1,25, а також точність обробки - неплоскість не більш 0,02 мм;

- підвищити продуктивність роботи чорнових фрез із твердосплавними пластинами та з БНП у 1,25...2 рази за рахунок збільшення глибини різання та подачі.

ПУБЛІКАЦІЇ З ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Торцовые фрезы для снятия большого припуска //Станки и инструмент.- 1993.- № 3.- С.29 (співавтор: Бондарев С.Г.).

2. Шпиндель повышенной жесткости на комбинированных опорах // Машиностроитель.- 1993.- N 1.- С. 13 (співавтори: Бондарев С.Г., Топоров О.О., Захаров М.В.).

3. Торцовое фрезерование плоскостей новыми фрезерными головками // Современные технологии и оснастка машиностроительного производства:

Тематический сб. научн. трудов / Отв. ред. Н.В.Захаров.- К.: ИСИОУ, 1994.- С. 22-26 (співавтор: Топоров О.О.).

4. Обработка крупногабаритных плоских поверхностей// Современные технологии и оснастка машиностроительного производства. Тематический сб. научн. трудов/ Отв. ред. Н.В.Захаров.- К.: ИСИОУ, 1994.- С. 26-35.

5. Оценка погрешностей одно- и многопроходного торцового фрезерования плоскостей.- Деп. в ГНТБ Украины 21.06.94, № 1159-Ук94. - 11 с.

6. Определение деформации системы "опора качения - плоская поверхность".- Деп. в НИИТЭХИМ 26.12.94, № 146-хп94.-12 с.

7. Определение осевой деформации торцовой фрезы// Вісник Сумського державного університету.- 1994.- № 2.- С. 49-52 (співавтори: Топоров О.О., Острик В.І.).

8. Агрегатные головки для фрезерования широких плоских поверхностей // СТИН.- 1996. - № 2.- С.29-31 (співавтор: Захаров М.В.).

9. Способы обработки крупногабаритных плоских заготовок // Термодинамика технологических систем : Тез. докл.- Краматорск: 1993.- С. 98 (співавтор: Топоров О.О.).

10. Прогрессивная технология обработки плоских поверхностей // Прогрессивная техника и технологии машиностроения: Тез. докл.- Донецк, 1995.- С.146-147 (співавтори: Захаров М.В., Бондарев С.Г.).

11. Подшипники шпиндельных узлов // Автоматизация проектирования и производства изделий в машиностроении: Тез. докл.- Луганск, 1996.- С. 103 (співавтор: Захаров М.В.).

12. А.с. 1632650 (СССР). Режущий инструмент.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 9 (співавтори: Топоров О.О., Червяков В.М.).

13. А.с. 1646716 (СССР). Торцовая регулируемая фреза.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 17 (співавтори: Топоров О.О., Червяков В.М.).

14. А.с. 1696252 (СССР). Вспомогательная подводимая опора.- Оpubл. в Б.И., 1991, № 45 (співавтори: Топоров О.О., Червяков В.М.).

15. Патент 2049603 (Российская Федерация). Фрезерная головка.- Оpubл. в Б.И., 1995, № 34 (співавтор: Топоров О.О.).

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК

Основні результати дисертації одержані особисто автором в роботах [4, 5, 6], в інших роботах - у співавторстві. В роботі [1] дисертантові належить основна ідея конструкції фрез; в роботах [2, 3, 8] - участь у розробці типів фрезерних головок та технологій торцевого фрезерування; в роботі [7] - участь у розрахунках та розробці математичної моделі; в роботах [9, 10, 11] - участь у розробці способів обробки плоских поверхонь та аналізі типів шпиндельних вузлів; в роботах [12, 14] - ідеї конструктивного вирішення, участь у розрахунках та експериментальних дослідженнях; в роботах [13, 15] - основні ідеї винаходів та головні визначальні ознаки.

SUMMARY

Kushnirov P.V. The increase of face milling efficiency of wide flat surfaces by a increase of stiffness of elements of a technological system. The thesis for the candidate of technic sciences degree by speciality 05.02.08 - technology of mashine building. Kharkov State Politechnical University. Kharkov, 1996.

The manuscript, containing theoretical and experimental research of ways of increases of productivity, accuracy and quality of processing of flat surfaces by width more than 300 mm is protected. New designs of modular millind heads on various types of support, milling cutters and fixtures, enabling to increase stiffness of a technological system, are developed in essence. Analytical dependences for determination of size of deformations of support and face milling cutter, as well as analytical dependences for definition of design of cutting tool are received. Empirical dependences of influence of design features cylindrical cutting tools on size of wear of a cutting part are revealed. The analysis of dynamic characteristics of the researched modular milling heads is conducted.

АННОТАЦИЯ.

Кушниров П.В. Повышение эффективности торцевого фрезерования широких плоских поверхностей путем увеличения жесткости элементов технологической системы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 - технология машиностроения. Харьковский государственный политехнический университет. Харьков, 1996.

Защищается рукопись, содержащая теоретические и экспериментальные исследования путей повышения производительности, точности и качества обработки плоских поверхностей шириной более 300 мм. Разработаны принципиально новые конструкции агрегатных фрезерных головок на различных типах опор, торцевых фрез и приспособлений, позволяющих повысить жесткость технологической системы. Получены аналитические зависимости для определения величины деформаций шпиндельных опор и фрезы, а также аналитические зависимости для определения конструктивных парамет-

ров режущих вставок фрез. Выявлены эмпирические зависимости влияния конструктивных особенностей цилиндрических режущих вставок на величину износа режущей части. Проведен анализ динамических характеристик исследуемых фрезерных головок.

Ключові слова: технологічна система (Т-система), плоска поверхня, жорсткість, ефективність, агрегатна фрезерна головка, торцева фреза, опора, деформація, якість, точність.

Підп. до друку 09.09.96 р. Формат 60x84/16. Обл.-вид. арк.1,1

Тираж 100 прим.

Замовлення №

"Різосентр" СумДУ. 244007, м. Суми, вул. Р.-Корсакова, 2.

ПУБЛІКАЦІЇ З ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кушников, П.В. Торцовые фрезы для снятия большого припуска // Станки и инструмент.– 1993.– № 3.– С. 29 (співавтор: Бондарев С.Г.).
 2. Кушников, П.В. Шпиндель повышенной жесткости на комбинированных опорах // Машиностроитель. – 1993. – № 1. – С. 13 (співавтор: Бондарев С.Г., Топоров О.О., Захаров М.В.).
 3. Кушников, П.В. Торцовое фрезерование плоскостей новыми фрезерными головками // Современные технологии и оснастка машиностроительного производства: Тематический сб. научн. трудов / Отв. ред. Н.В.Захаров. – К.: ИСИОУ, 1994. – С. 22-26 (співавтор: Топоров О.О.).
 4. Кушников, П.В. Обработка крупногабаритных плоских поверхностей // Современные технологии и оснастка машиностроительного производства: Тематический сб. научн. трудов / Отв. ред. Н.В.Захаров. – К.: ИСИОУ, 1994. – С. 26-35.
 5. Кушников, П.В. Оценка погрешностей одно- и многопроходного торцового фрезерования плоскостей. – Деп. в ГНТБ Украины 21.06.94, № 1159-Ук94. – 11 с.
 6. Кушников, П.В. Определение деформации системы "опора качения – плоская поверхность". – Деп. в НИИТЭХИМ 26.12.94, № 146-хп94.–12 с.
 7. Кушников, П.В. Определение осевой деформации торцовой фрезы // Вісник Сумського державного університету. – 1994. – № 2. – С. 49-52 (співавтор: Топоров О.О., Острик В.І.).
 8. Кушников, П.В. Агрегатные головки для фрезерования широких плоских поверхностей // СТИН. – 1996.– № 2.– С. 29-31 (співавтор: Захаров М.В.).
-

9. Кушников, П.В. Способы обработки крупногабаритных плоских заготовок // Термодинамика технологических систем: Тез. докл. – Краматорск: 1993. – С. 98 (співавтор: Топоров О.О.).

10. Кушников, П.В. Прогрессивная технология обработки плоских поверхностей // Прогрессивная техника и технологии машиностроения: Тез. докл. – Донецк, 1995. – С. 146-147 (співавтори: Захаров М.В., Бондарев С.Г.).

11. Кушников, П.В. Подшипники шпиндельных узлов // Автоматизация проектирования и производства изделий в машиностроении: Тез. докл. – Луганск, 1996. – С. 103 (співавтор: Захаров М.В.).

12. Кушников, П.В. А.с. 1632650 (СССР). Режущий инструмент. Оpubл. в Б.И., 1991, № 9 (співавтори: Топоров О.О., Червяков В.М.).

13. Кушников, П.В. А.с. 1646716 (СССР). Торцовая регулируемая фреза. Оpubл. в Б.И., 1991, № 17 (співавтори: Топоров О.О., Червяков В.М.).

14. Кушников, П.В. А.с. 1696252 (СССР). Вспомогательная подводимая опора. – Оpubл. в Б.И., 1991, № 45 (співавтори: Топоров О.О., Червяков В.М.).

15. Кушников, П.В. Патент 2049603 (Российская Федерация). Фрезерная головка. – Оpubл. в Б.И., 1995, № 34 (співавтор: Топоров О.О.).

Кушніров, П.В. Підвищення ефективності торцевого фрезерування широких плоских поверхонь шляхом збільшення жорсткості елементів технологічної системи [Текст] : автореферат... канд. технічних наук, спец.: 05.02.08 – технологія машинобудування / П.В. Кушніров. – Харків: Харківський держ. політехнічний ун-т, 1996. – 23 с.