

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

ТАРАФА ЯСІН ТАХА АЛ-СУДАНІ

(Ірак)

УДК. 621.9.025

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ
СТІЙКОСТІ ФРЕЗ ЗІ ЗМІННИМИ ШВИДКОСТЯМИ
РІЗАННЯ ПО ДОВЖИНІ РІЖУЧИХ КРОМОК ЗУБЦІВ**

Спеціальність 05.02.08 – технологія машинобудування

**АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Донецьк – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному вищому навчальному закладі «Донецький національний технічний університет» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Михайлов Олександр Миколайович,
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний
університет»,
м. Донецьк, завідувач кафедри
«Технологія машинобудування».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Вітренко Володимир Олексійович,
Східноукраїнський національний
університет ім. В. Даля, м. Луганськ,
завідувач кафедри «Технологія
машинобудування і інженерний консалтинг»;

кандидат технічних наук, доцент
Лукічов Олександр Володимирович
Донецька академія автомобільного транспорту,
м. Донецьк,
доцент кафедри «Автомобілі та основи
проектування»

Захист відбудеться «21» березня 2014 р. о 12.00 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 11.052.04 в Державному вищому навчальному закладі «Донецький національний технічний університет» за адресою: 83001, м. Донецьк, вул. Артема 58, 6-й навчальний корпус, ауд. 6.202, а.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» за адресою: 83001, м. Донецьк, вул. Артема 58, 2-й навчальний корпус.

Автореферат розісланий «20» лютого 2014 г.

Вчений секретар спеціалізованої вченої
ради Д 11.052.04,
к.т.н., доцент

Т.Г. Івченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. З розвитком науково-технічного прогресу в машинобудуванні безперервно підвищуються вимоги до якості металорізального лезвійного інструменту. Особливо це необхідно для фрез, що працюють в складних умовах експлуатації. Фрези це один з найпоширеніших інструментів у машинобудуванні, що застосовується для формоутворення поверхонь виробу і забезпечення заданих параметрів його якості.

В даний час, приблизно 30 ... 40 % всієї лезвійної обробки виробів машинобудування припадає на операції фрезерування. При цьому до 70%, що застосовуються у цьому процесі фрез мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубців. До подібних фрез можна віднести наступні: напівкруглі опуклі і увігнуті, кутові, фасонні різних профілів, торцеві, модульні циліндричні та черв'ячні фрези, спеціальні та інші фрези. Змінна швидкість різання на ріжучої кромці зубця фрези обумовлюється конструктивними особливостями фрези, а саме просторовим розташуванням ріжучої кромки зубця щодо поздовжньої осі обертання фрези. Внаслідок цього кожна точка ріжучої кромки зубця фрези експлуатується в неоднакових умовах. У зоні ріжучої кромки зубця, що розташовується на периферії фрези, швидкість різання має максимальне значення, при цьому в зоні, розташованій біля осі обертання фрези - швидкість різання мінімальна, між цими зонами швидкість різання має проміжне значення.

У зв'язку з виникаючими нерівномірними швидкостями різання по довжині ріжучих кромок зубців вони зношуються нерівномірно, зазвичай найбільший знос ріжучих кромок відбувається в зонах з максимальною швидкістю різання. Нерівномірність зношування різальних кромок зубців фрези призводить до зниження стійкості та продуктивності роботи фрези, а також до не повного використання потенціалу роботи ріжучих кромок зубців і відповідно всієї фрези в цілому, що має змінну швидкість різання по довжині ріжучих кромок зубців.

Виконані дослідження дозволили встановити, що в даний час немає основоположних даних по підвищенню стійкості та продуктивності фрез, що працюють в умовах змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки зубця, за рахунок забезпечення змінних властивостей ріжучої кромки зубців фрези по її довжині в залежності від особливостей дії експлуатаційних функцій, на базі розробки спеціальних технологічних методів і технологічного забезпечення.

На підставі вищевикладеного, дана робота присвячена вирішенню питань створення раціональної структури технологічного процесу підвищення стійкості фрез, що працюють в умовах змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки зубця, на основі встановлення зв'язків і закономірностей забезпечення нетрадиційних змінних властивостей різальних кромок зубців фрези.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалася на кафедрі «Технологія машинобудування» в ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» в рамках державних науково - дослідних тем: 2010 р. «Основи синтезу функціонально - орієнтованих технологій машинобудування» (№ державної реєстрації 0110U001528), 2011 р. «Технологічне забезпечення якості та ефективність виготовлення деталей машин» (№ Н 14-08), 2011-2012 рр. «Синтез технологічного забезпечення виготовлення із зубчастими вінцями» (№ Н 18-11), а також в рамках міжнародного наукового проекту 2010-2011 рр. «Вивчення впливу різних методів інтенсифікації процесу різання важкооброблюваних матеріалів на стійкість інструментів з покриттям». Дана робота велася на підставі міжнародного договору про співпрацю між ДонНТУ і Таганрозьким технологічним інститутом ЮФУ (Росія) і виконання спільної науково - дослідної роботи «Теоретико - експериментальні дослідження формування якісних характеристик поверхневого шару деталей з конструкційних матеріалів при механічній обробці».

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є підвищення стійкості фрез, що працюють в умовах наявності нерівномірних швидкостей різання по довжині ріжучих кромки зубців, за рахунок забезпечення властивостей кромки зубців, що змінюються за їх довжиною залежно від діючих експлуатаційних функцій і тривалого збереження цих властивостей, шляхом реалізації функціонально - орієнтованого технологічного процесу і необхідного технологічного забезпечення, а також застосування спеціальних композиційних покриттів.

Для досягнення поставленої мети, в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

1. Виконати дослідження та встановити особливості роботи фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців. Визначити величини зміни швидкості різання по довжині ріжучої кромки зубця для різних типів фрез.

2. Запропонувати технологічні методи підвищення якості роботи фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців.

3. Розробити принципи підвищення стійкості фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців.

4. Запропонувати загальний підхід у створенні функціонально - орієнтованого технологічного процесу в забезпеченні властивостей ріжучих кромки зубців залежно від особливостей дії змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки. Встановити зв'язки між операціями технологічного процесу для забезпечення заданих властивостей різальних кромки зубців фрез.

5. Розробити технологічне забезпечення для реалізації заданих властивостей кромки зубців залежно від особливостей дії змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки. Дослідити особливості технологічного процесу забезпечення, збереження та зниження зносу ріжучих кромки з

перемінними властивостями по довжині ріжучих кромок на базі вакуумних іонно-плазмових покриттів.

6. Виконати синтез конкретного технологічного процесу забезпечення заданих параметрів стійкості та продуктивності фрез в залежності від особливостей дії змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки.

7. Розробити методику експериментальних досліджень з визначення стійкості фрез з мінливими властивостями кромок зубців по їх довжині. Виконати порівняльні експериментальні дослідження стійкості пропонованих і стандартних фрез.

8. Розробити рекомендації щодо підвищення продуктивності та стійкості фрез мають нерівномірні швидкості різання по довжині ріжучих кромок зубців. Впровадити результати роботи у виробництво.

Об'єкт дослідження - технологія виготовлення фрез з швидкоріжучої сталі, мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця.

Предмет дослідження - структура і параметри технологічного процесу виготовлення фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця, а також зв'язки і закономірності виконання операцій.

Методи дослідження - основні положення технології машинобудування, основи синтезу функціонально - орієнтованих технологій машинобудування і системного підходу. Принципи теорії продуктивності, теорії множин, морфологічного синтезу структури операцій технологічних процесів, експериментальні дослідження базувалися на методах планування експерименту, обробку результатів експериментів проводили за допомогою статистичних методів.

Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна роботи заснована на наступних технологічних особливостях забезпечення властивостей фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубців:

1. Досліджено особливості роботи ріжучої кромки зубця фрези, що має змінну швидкість різання по її довжині для різних типів фрез. При цьому встановлено, що у зв'язку зі змінністю швидкості різання по довжині ріжучої кромки, наявністю максимальної та мінімальної швидкості різання, у різних зонах ріжучої кромки відповідно діють різні поєднання видів зносу. А саме, в зоні ріжучої кромки з мінімальною швидкістю різання реалізується переважне поєднання адгезійного і абразивного зносу, в зоні з максимальною швидкістю - поєднання абразивного, окисного і дифузійного зносу, між цими зонами - поєднання адгезійного, абразивного, окисного і дифузійного зносу. У зв'язку з цим відбувається нерівномірний знос ріжучої кромки зубців фрези.

2. Для підвищення стійкості фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубців, вперше запропоновано виконання змінних властивостей по довжині ріжучої кромки на базі принципу функціональної орієнтації в залежності від дії експлуатаційних функцій функціонально - орієнтованого підходу. А також запропоновано виконувати аналіз,

моделювання та реалізацію змінних властивостей різальних кромки зубців фрези на базі схем технологічного впливу, які розроблені в даній роботі.

3. Вперше розроблено принципи підвищення стійкості фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців залежно від дії змінюються швидкості різання, які за рахунок реалізації змінних властивостей ріжучої кромки зубців забезпечують наступне:

- реалізується можливість зміщення від периферії до центру фрези визначальних значень допустимої швидкості різання, а також збільшення допустимої частоти обертання фрези;

- реалізується можливість зміщення від периферії до центру фрези лімітуючих параметрів стійкості фрези, а також підвищення продуктивності обробки фрезами з мінливими властивостями кромки зубців;

- реалізується можливість зміщення від периферії до центру фрези лімітуючих параметрів властивостей фрези, що забезпечує можливість підвищення стійкості фрези при частоті їх обертання, аналогічної величини частоти обертання стандартних фрез.

4. Розроблено загальний підхід у створенні функціонально - орієнтованого технологічного процесу в забезпеченні властивостей ріжучих кромки зубців залежно від особливостей дії змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки зубця, що дозволило підвищити стійкість роботи фрез.

5. Розроблене технологічне забезпечення дозволило комплексно формувати, зберігати і знижувати знос ріжучих кромки зубців фрези, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця.

Практична цінність отриманих результатів .

1. Розроблене технологічне забезпечення дозволило підвищити в 1,9 ... 2,0 рази стійкість фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучих кромки зубців, а також в 1,2 ... 1,4 рази їх продуктивність.

2. Розроблена методика синтезу структури технологічного процесу дозволяє проектувати конкретні варіанти технологічних процесів виготовлення фрез мають змінні швидкості різання по довжині ріжучої кромки зубців, а також визначати раціональні структурні варіанти технологічних процесів.

3. Запропоновані рекомендації щодо підвищення продуктивності та стійкості фрез, що мають нерівномірні швидкості різання по довжині ріжучих кромки зубців, дозволяють визначати раціональні структурні варіанти технологічних процесів.

Особистий внесок здобувача. Здобувач особисто розробив: основні принципи і методику синтезу структури технологічних процесів підвищення стійкості, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубців, що базуються на функціонально - орієнтованому підході; запропонував основи синтезу технологічного забезпечення для реалізації конкретних технологічних процесів обробки фрез із змінними властивостями різальних кромки залежно від їх експлуатаційних особливостей; запропонував нові технічні рішення по синтезу технологічних операцій забезпечення змінних властивостей різальних кромки. В опублікованих роботах автору належать

основні ідеї проведених досліджень і результати експериментів. Постановка завдань дослідження, загальний підхід синтезу структури раціонального технологічного процесу виготовлення фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубців, формулювання основних положень роботи, розробка структури та змісту роботи виконані разом з науковим керівником.

Апробація роботи.

Основні положення та результати дослідження, які представлені в дисертації, були представлені та обговорені: на шести міжнародних науково - технічних конференціях: «Машинобудування і техносфера XXI століття» (м. Севастополь, Україна, 2010, 2011, 2012, 2013 р.), "Modern Technologits in the 21th Century" (м. Яси, Румунія, 2010 р.), на міжнародному науково - технічних семінарі «Практика та перспективи розвитку партнерства в сфері вищої школи» (м. Донецьк, м. Таганрог, Україна, 2010, 2012 р.); на науково-практичній конференції «Донбас - 2020: наука і техніка - виробництву» (м. Донецьк, Україна, 2010, 2012 р.).

У повному обсязі дисертація доповідалася на розширеному семінарі кафедри «Технологія машинобудування» Донецького національного технічного університету.

Публікації. За результатами дисертації опубліковано 17 наукових робіт, з них 6 статей у спеціалізованих виданнях, 2 статті в європейських виданнях, що мають відповідну індексацію, 7 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях і семінарах, 2 патенти на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел із 215 найменувань і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 296 сторінок, включаючи 179 сторінок основної частини, 60 рисунків, 4 таблиці і додаток на 82 сторінках.

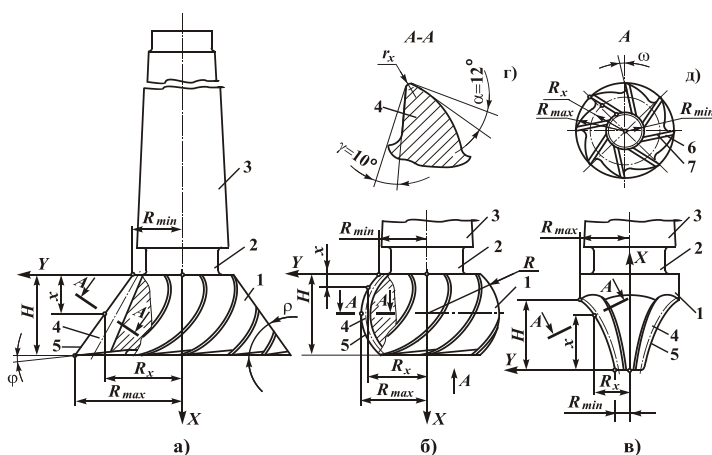


Рисунок 1. Схеми кінцевих фрез з різними варіантами ріжучої частини

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «Сучасний стан питання дослідження. Висновки, мета і основні завдання роботи» представлені загальні відомості про особливості роботи фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця, виконаний аналіз сучасного стану питання

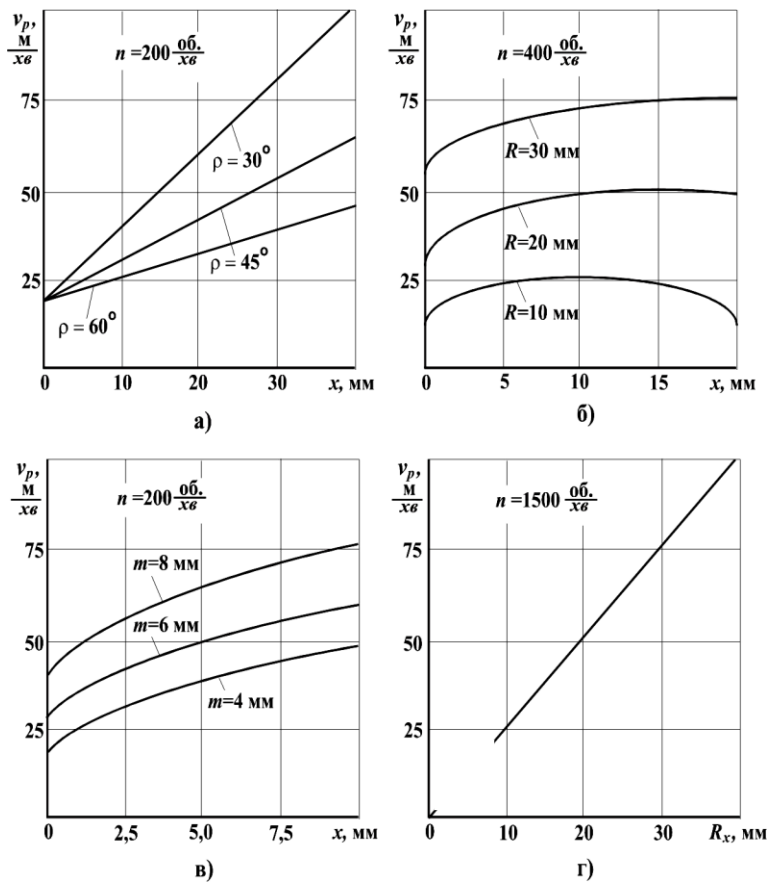


Рисунок 2. Зміна швидкості різання по ріжучій кромці фрези: а - для кутової фрези; б - для фрези з кульової ріжучої частиною; в - для модульної фрези; г - для торцевих фрез

які будуть застосовуватися для вирівнювання зносу ріжучої кромки і підвищення стійкості фрези в цілому.

А також виконані дослідження дозволили встановити, що в даний час немає даних для створення технологічного забезпечення для підвищення експлуатаційних параметрів фрез мають змінні швидкості різання по довжині ріжучої кромки зубців. Тому для вирішення цих проблем необхідно встановити зв'язки закономірності між структурою операцій технологічного процесу для забезпечення заданих параметрів стійкості та продуктивності фрез, що працюють в умовах змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки зубців фрези.

Другий розділ «Особливості і загальна методика підвищення якості фрез технологічними методами» роботи присвячений аналізу особливостей і розробці загальної методики підвищення якості фрез технологічними методами.

У роботі досліджено особливості роботи фрез і їх ріжучих кромки.

На рисунку 1 представлений загальний вид різних варіантів фрез, на окремих ріжучих крайках яких виникають змінні швидкості різання. Змінні швидкості різання на ріжучій кромці зубця фрез виникають через те, що по

досліджень, визначено мету та основні завдання роботи.

У роботі встановлено, що в даний час немає даних, що є основоположними по підвищенню стійкості фрез, що працюють в умовах змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки зубця, на базі технологічних методів обробки. При цьому необхідно розробити технологічні методи і технологічний процес, що забезпечують функціонально-орієнтовані властивості ріжучої кромки зубців фрези в залежності від змінної швидкості різання і змінного зносу кромки,

довжині ріжучої кромки мається змінний радіус від точки різання до осі обертання фрези.

Відзначимо, що відповідно до рисунку 1 змінні швидкості різання виникають в точках, розташованих в перетинах по висоті x бічній поверхні робочої частини і по радіусу R_x торцевих поверхонь фрези, причому як для кінцевих фрез, так і для торцевих, кутових і пазових фрез (рисунок 2). У зв'язку з цим, саме у цих фрез виникають нерівномірні зноси ріжучих кромки зубців по довжині перетинах x . Аналіз цих графіків підтверджує істотне розходження максимальної і мінімальної швидкості різання по довжині ріжучої кромці зубця фрези. Це веде до нерівномірного зношування зубців по довжині ріжучої кромки, що веде до зниження стійкості фрези в цілому.

Лінійна швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця фрези в перетинах x визначається на підставі наступних залежностей:

- для кутової форми ріжучих ділянок бічної поверхні фрези

$$R_x = R_{\min} + \frac{x}{\operatorname{tg} \rho}; \quad (1)$$

- для кульової форми ріжучих ділянок бічної поверхні фрези

$$R_x = R \cdot \cos \arcsin \frac{H - 2x}{2R}; \quad (2)$$

- для евольвентної форми ріжучих ділянок бічної поверхні фрези

$$\left. \begin{aligned} R_x = y = r_g \left[\sin(\mu + \mu_c) - \mu \cos(\mu + \mu_c) \right]; \\ x = r_g \left[\cos(\mu + \mu_c) + \sin(\mu + \mu_c) \right], \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де R_x - радіус кола до точки на ріжучій кромці зубця фрези в перетині x ;

ρ - кут нахилу бічної сторони ріжучої частини фрези;

H - висота ріжучої частини фрези;

R - радіус кола кульової ріжучої частини фрези;

r_g - радіус початкової окружності евольвенти;

μ - параметричний кут евольвенти.

Кут зміщення евольвенти визначається за наступною формулою:

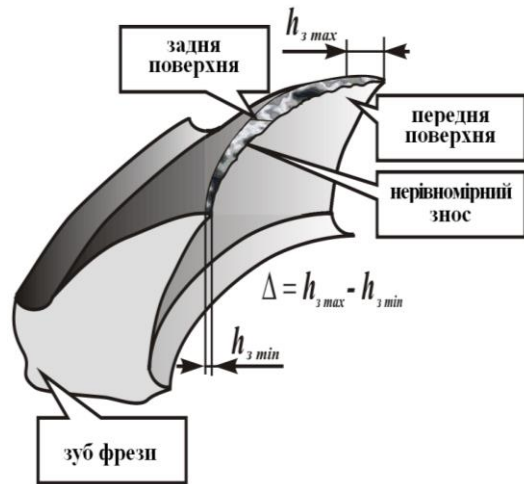


Рисунок 3.Схема нерівномірного зносу задньої поверхні зубця фрези по довжині ріжучої кромки

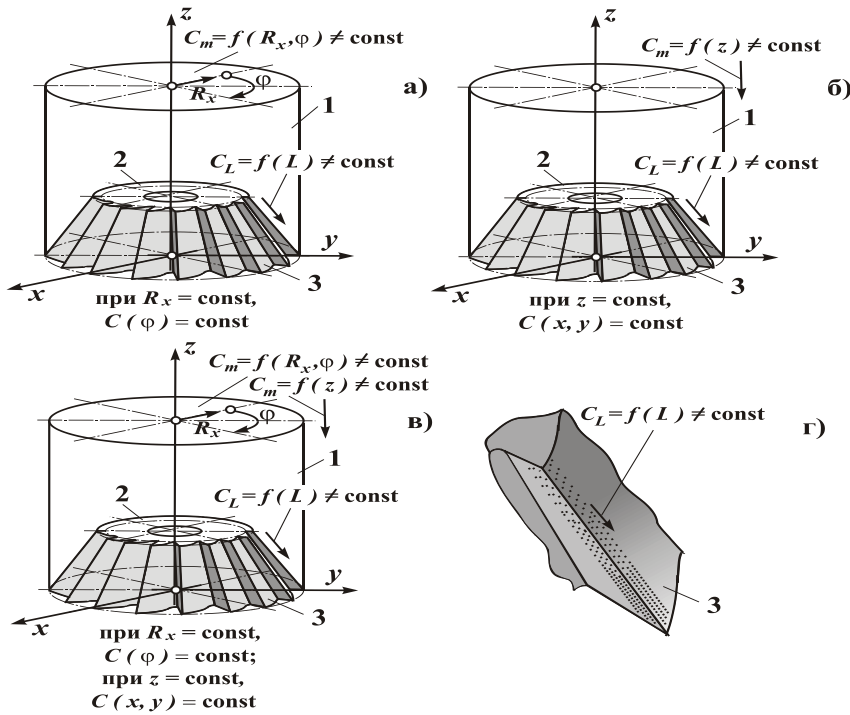


Рисунок 4. Схеми забезпечення змінних властивостей ріжучої кромки зубця фрези в залежності від наступних параметрів: а - змінюються властивості матеріалу заготовки від центру до периферії; б - змінюються властивості матеріалу заготовки по її висоті; в - змінюються властивості матеріалу заготовки від центру до периферії і за її висоті; г - забезпечення місцевих змінних технологічних впливів по довжині ріжучої кромки зубця

ріжучі кромки ще не зношені. Через цих особливостей відбувається нерівномірний знос зубців по довжині ріжучої кромки зубця, що в цілому веде до зниження їх стійкості та зменшення експлуатаційного потенціалу ріжучої здатності фрези. Таким чином, одним з недоліків експлуатації більшості фрез є наявність нерівномірних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки зубця, що виникають через особливості їх конструкції і в зв'язку з виникаючими нерівномірними швидкостями різання по довжині ріжучих кромки зубців вони зношуються нерівномірно.

Граничний знос ріжучих кромки відбувається в зонах з максимальною швидкістю різання, а саме, розташованих в найдаліших точках різальних кромки від осі обертання фрези. Нерівномірність зношування ріжучих кромки зубців фрези приводить до наступного:

- знижується стійкість і продуктивність роботи фрез, що мають нерівномірні швидкості різання по довжині ріжучих кромки зубців;

- використовується не повний, а лише частковий потенціал роботи ріжучих кромки зубців і відповідно всієї фрези в цілому.

$$\mu_c = \frac{\pi}{2z} + inv \mu_w, \quad (4)$$

де $inv \mu_w$ - евольвентний кут, відповідний точці профілю на дільному циліндрі евольвенти.

Нерівномірність швидкості різання по довжині ріжучої кромки зубця викликає нерівномірний знос задньої поверхні зубців фрези по довжині ріжучої кромки зубця (рисунок 3) і неповне використання загального потенціалу ріжучої здатності фрези, тому що в місцях з найбільшою швидкістю різання при R_{max} відбувається більш швидкий знос ріжучої кромки, в той час як в місцях з більш низькою швидкістю різання при R_{min}

Виконані дослідження дозволили розробити методи забезпечення змінюються властивостей ріжучим кромкам зубців фрези, представлені на рисунку 4 за допомогою схем. Ці методи базуються на принципі підвищення стійкості та продуктивності різальних кромкам зубців фрез при змінних швидкостях різання по довжині ріжучої кромки зубця.

Можна відзначити, що для фрез мають змінюються властивості по довжині ріжучих кромкам зубців підвищення продуктивності та стійкості фрези можна вести на базі таких принципів.

- перший принцип - принцип зсуву від периферії до центру фрези (поздовжньої осі обертання) визначають значень допустимої швидкості різання;
- другий принцип - принцип зсуву від периферії до центру фрези (поздовжньої осі обертання) лімітують параметрів стійкості фрези;
- третій принцип - принцип зсуву від периферії до центру фрези (поздовжньої осі обертання) лімітують параметрів властивостей фрези.

Підкреслимо, що реалізація цих принципів можлива тільки з застосуванням фрез, що мають змінні властивості різальних кромкам від периферії до центру залежно від діючої на ріжучої кромці змінної швидкості різання.

У роботі досліджено особливості синтезу структури технологічних процесів додаткової оздоблювальної обробки зубців фрез на базі функціонально - орієнтованого підходу, при цьому розроблено структуру раціонального технологічного процесу.

Виконаний аналіз структури технологічного процесу додаткової обробки дозволив запропонувати технологічний процес. Початковою умовою розробки технологічного процесу додаткової оздоблювальної обробки зубців фрези є наявність операції нанесення вакуумного іонно-плазмового покриття. Для реалізації цієї операції необхідно виконати цілий комплекс додаткових операцій технологічного процесу оздоблювальної обробки поверхонь зубців фрези. Ці операції спільно з операціями з нанесення покриття забезпечують необхідні властивості фрези в цілому.

У роботі розроблена загальна методика і алгоритм синтезу структури технологічного процесу додаткової обробки фрези. А також тут представлені основні етапи та блок-схема роботи.

У третьому розділі роботи «Особливості технологічного забезпечення і формоутворення елементів зубців фрези» виконано аналіз особливостей технологічного забезпечення і формоутворення елементів зубців фрези.

Проведено дослідження особливостей роботи різальних кромкам зубців фрези. А також представлений синтез схем технологічних впливів при формоутворенні поверхонь зубців фрези.

Для дослідження питань формоутворення передньої і задньої поверхонь розроблено математичну модель перетворення систем координат при формоутворенні функціональних елементів фрези. На базі цих моделей досліджено освіту геометричних похибок при формоутворенні функціональних

елементів фрези. При цьому розроблена системна модель реального формоутворення функціональних елементів фрези.

З отриманих загальних рівнянь реальних поверхонь фрези випливають окремі випадки рівнянь реальних поверхонь всіх існуючих схем обробки.

Визначивши значення параметрів збільшення координат реальних поверхонь фрези по відношенню до номінальних значень, можна перейти до визначення взаємозв'язків між цими приростами і нормованими похибками процесу формоутворення поверхонь фрези, а також до розробки методів зниження похибок їх виготовлення.

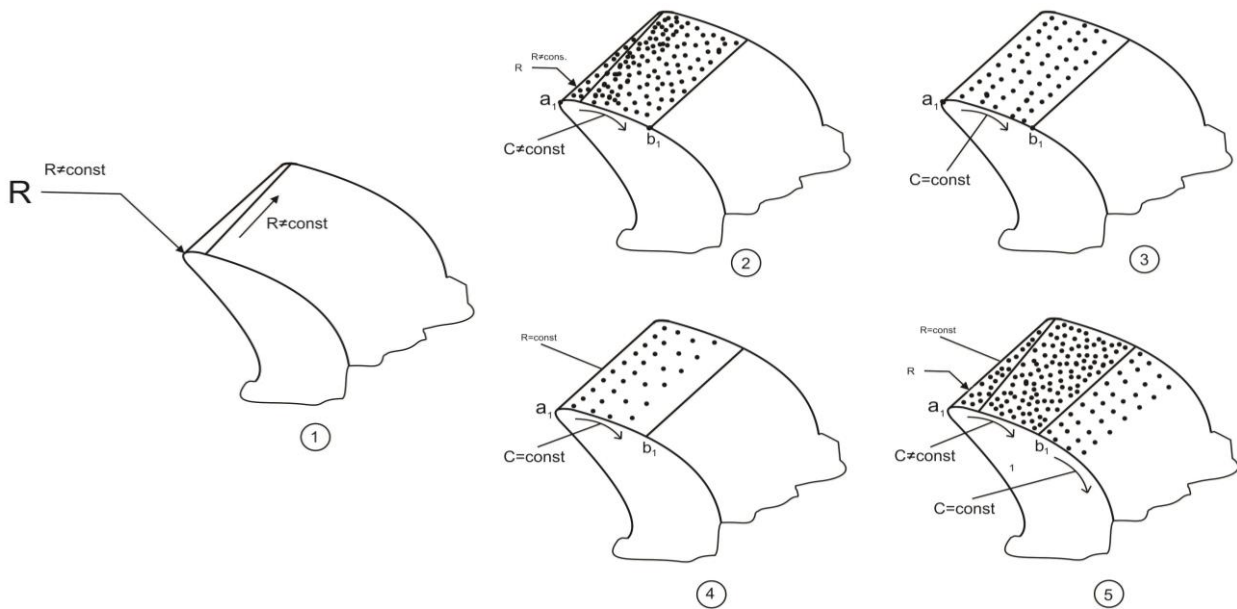


Рисунок 5. Основні варіанти забезпечення властивостей по краях фрези: 1 - забезпечення заокруглення кромки, 2 - забезпечення постійних властивостей по краях фрези на базі пневмоструйної обробки, 3 - забезпечення змінних властивостей по краях фрези, 4 - забезпечення заокруглення кромки і постійних властивостей по краях фрези, 5 - забезпечення заокруглення кромки і змінних властивостей по краях фрези, а також постійних властивостей на робочій поверхні фрези

Проведені дослідження дозволили розробити методи підвищення точності формоутворення функціональних елементів фрези. Ці методи дозволяють забезпечувати властивості виконавчих поверхонь фрези та ріжучих кромки залежно від особливостей експлуатації на базі пневмоструйної обробки.

На рисунку 5 представлені основні варіанти забезпечення властивостей:

1 - забезпечення заокруглення кромки радіусом r ;

2 - забезпечення постійних властивостей по краях фрези на базі пікоструминної обробки по довжині твірної на величину a_1b_1 і a_2b_2 ;

3 - забезпечення змінних властивостей по краях фрези на величину a_1b_1 і a_2b_2 ;

4 - забезпечення заокруглення кромки і постійних властивостей по краях фрези величину a_1b_1 і a_2b_2 .

Досліджено особливості зміни радіуса ріжучого клина по довжині ріжучої кромки зубця фрези від часу пневмоструйної обробки. Розроблена формула для визначення параметрів радіуса заокруглення ріжучого клина, що змінюється по довжині ріжучої кромки зубця.

Виконані дослідження дозволили встановити, що найбільш доцільно зміна радіуса заокруглення ріжучого клина по довжині ріжучої кромки зубця виконувати у відповідності з наступною залежністю:

$$r_x = r_{\min} + \frac{(R_x - R_{\min})(r_{\max} - r_{\min})}{(R_{\max} - R_{\min})}; \quad (5)$$

де r_x , r_{\min} , r_{\max} – поточний, мінімальний і максимальний радіус заокруглення різального клина, відповідно.

У даній роботі розроблено технологічне забезпечення ультразвукової обробки функціональних елементів фрези. Проведені дослідження дають можливість встановити, що ультразвукова обробка поверхонь фрез є одним із високопродуктивних методів очищення виробів від забруднень перед виконанням вакуумного іонно-плазмового напилення покриттів.

У четвертому розділі дисертаційної роботи «Дослідження особливостей процесу напилення вакуумних іонно-плазмових покриттів на робочі елементи фрези і синтез технологічного забезпечення» виконані дослідження особливостей процесу напилення вакуумних іонно-плазмових покриттів на робочі елементи фрези і синтез технологічного забезпечення. Ці дослідження виконані на базі розроблених моделей покриття функціональних елементів зубців фрези. У роботі розроблена технологія напилення вакуумних іонно-плазмових покриттів і досліджено основні особливості процесу напилення покриттів на робочі елементи зубців фрези.

А також проведено в даній роботі синтез структури технологічного процесу напилення покриттів. У роботі запропоновано проектування

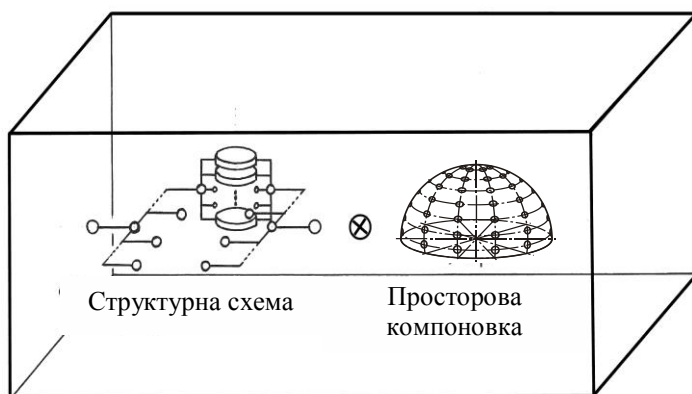


Рисунок 6. Гіпотетична схема композиції просторово-структурної схеми

оснащення вакуумної камери виконувати на основі просторово-структурних схем, при цьому розроблена методика синтезу варіантів просторово-структурних схем, яка дозволяє забезпечувати задану продуктивність нанесення покриттів на фрези. Тут розроблені просторово-структурні схема оснащення вакуумної камери іонно-плазмової установки (рисунок 6).

Просторово - структурної схеми оснащення вакуумної камери установки являє собою композицію структурної схеми та просторової компоновки. Вона показує структуру елементів, підсистем та їх просторову компоновку і розташування, геометричні параметри якої визначаються просторово - часовими відносинами і техніко-економічними показниками.

Головною умовою синтезу композиції просторово - структурної схеми оснащення вакуумної камери установки є те, що клас структурної схеми і група принципової кінематичної схеми рухів елементів оснащення повинні бути одного порядку і рівні між собою. За допомогою такої схеми може виконуватися подальший процес проектування оснащення вакуумної камери, при цьому складається компоновальна схема.

У роботі розроблена універсальна модель складної структури кінематики пристосування для установки фрез. А також виконаний синтез кінематичних схем руху фрез.

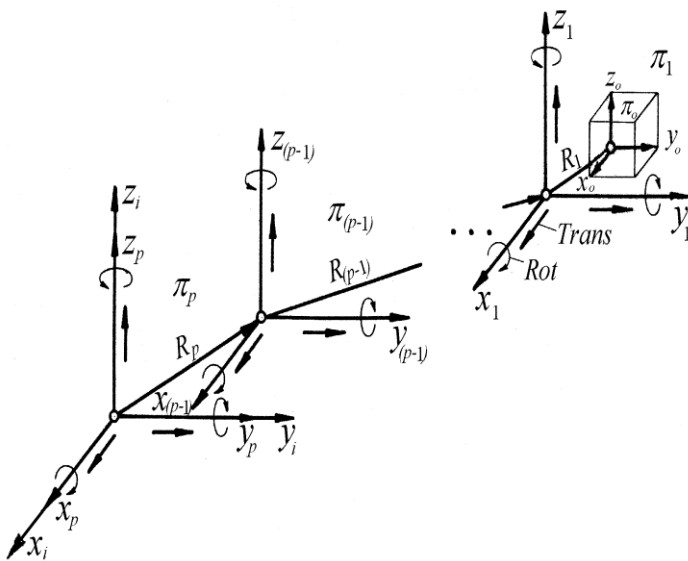


Рисунок 7. Універсальна принципова кінематична схема складної структури руху елементів оснащення та фрез вакуумної камери

Універсальна принципова кінематична схема складної структури руху елементів оснащення у вакуумній камері (рисунок 7) характеризується числом координатних систем, їх розташуванням і наявністю елементарних рухів. По розташуванню координатних систем, універсальна принципова кінематична схема має структуру з послідовним розташуванням систем координат відносно один одного. Число систем координат універсальної принципової кінематичної схеми руху однозначно визначається кількістю класів підсистем структури елементів оснащення у вакуумній камері:

$$p_k = p_s, \quad (6)$$

де p_k - кількість послідовно розташованих систем координат принципової кінематичної схеми руху елементів оснащення у вакуумній камері;

p_s - кількість класів підсистем складної структури рухів.

За допомогою представленої універсальної принципової кінематичної схеми складної структури руху фрези (рисунок 7) складається необхідна схема рухів фрези. Типовими представниками універсальної принципової кінематичної схеми рухів (рисунок 7) елементів оснащення у вакуумній камері є окремі випадки принципів кінематичних схем рухів, представлених на рисунку 8.

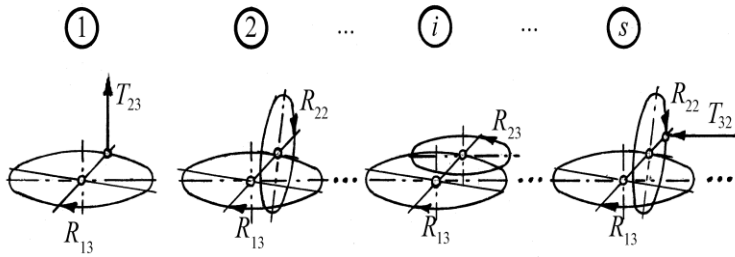


Рисунок 8. Деякі варіанти складної структури принципів кінематичних схем рухів елементів оснащення

У загальному випадку будь-яка оснастка вакуумної камери може мати p класів підсистем, при цьому кожна підсистема k -го класу має v_{ik} позицій підсистем $(k - 1)$ -го класу і загальна кількість встановлюваних фрез в оснащення становить позицій.

У роботі досліджено особливості синтезу структури та підвищення продуктивності напилення покриттів на робочі поверхні зубців фрези.

Проведені дослідження дозволили розробити структурно - логічні вирази з визначення основних параметрів продуктивності залежно від структури технологічної системи. А це дає можливість виявляти найбільш раціональні структурні варіанти компоновки робочих позицій у вакуумній камері технологічної системи.

У п'ятому розділі «Експериментальні дослідження. Рекомендації та впровадження результатів у виробництво» розроблено технологічне забезпечення виготовлення фрез зі спеціальними властивостями, представлені експериментальні дослідження з визначення стійкості фрез і дані загальні рекомендації, а також виконано впровадження результатів у виробництво.

Проведені дослідження показують необхідність розробки цілого ряду різних заходів щодо підвищення їх працездатності. Зокрема, в цій роботі запропоновано виконати змінюються властивості по довжині ріжучої кромки в залежності від особливостей дії експлуатаційних функцій. Виконання цих заходів забезпечить підвищення продуктивності та стійкості роботи фрез даного класу. Однак для широкого використання таких фрез необхідно вирішення таких основних завдань:

- забезпечення рівномірного зносу ріжучих кромки зубців по їх довжині;
- досягнення повного потенціалу використання ріжучих кромки зубців по їх довжині;
- збереження властивостей кромки зубців, що змінюється по довжині залежно від умов експлуатації;
- зниження зносу різальних кромки зубців фрези в цілому.

Можна відзначити, що в роботі передбачається реалізація властивостей, що змінюються в наступних напрямках:

- виконання геометрії ріжучого клина, що змінюється по довжині ріжучої кромки фрези, включаючи радіус заокруглення різального клина;
- забезпечення властивостей матеріалу ріжучої кромки, що змінюються по її довжині.

Проте слід мати на увазі властивості кромки зубців, що змінюються по їх довжині, необхідно зберегти на максимально тривалий період часу, а також

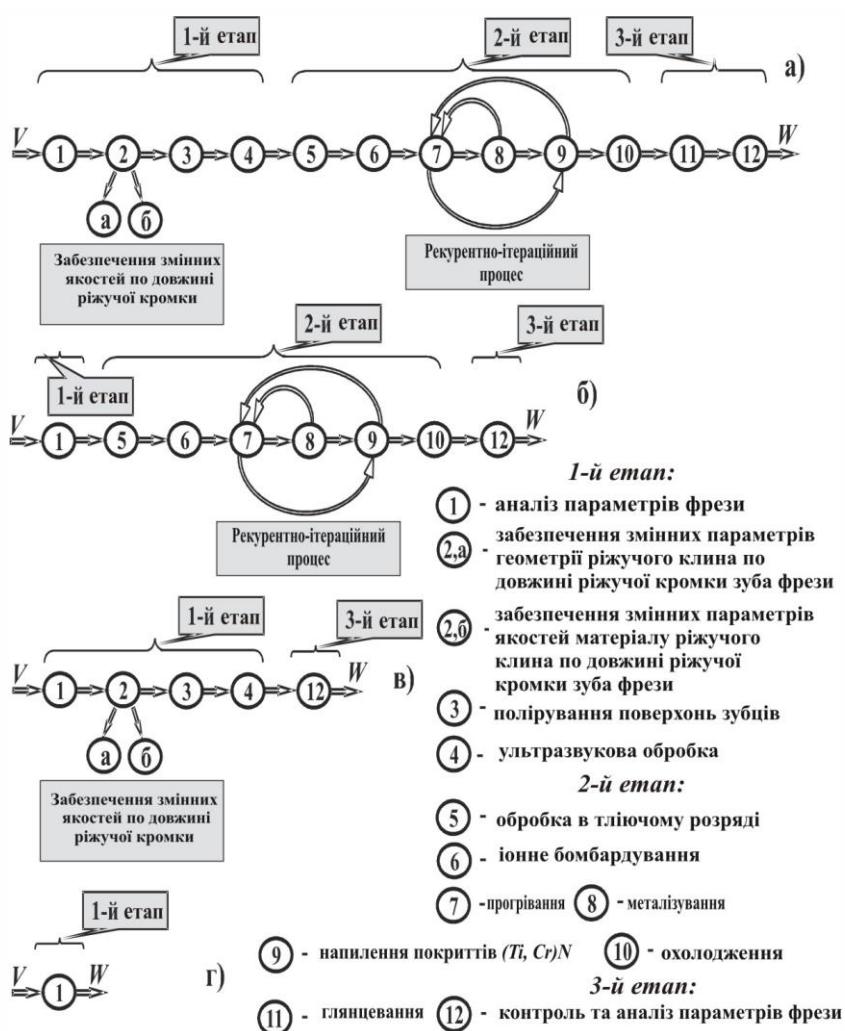


Рисунок 9. Варіанти структур технологічних процесів додаткової обробки фрез: а - пропонується повна структура; б - процес тільки з напиленням покриття (Ti, Cr) N; в - пропонується неповна структура; г - процес аналізу параметрів фрези

них процесів, виконані порівнювальні експериментальні дослідження по визначенню стійкості фрез. Кількість випробовуваних фрез визначено у відповідності з основними принципами планування експерименту, як параметр сукупності при експерименті прийнято значення величини максимального зносу задньої поверхні зубця в заданий момент часу. Тут можна відзначити, що, так як швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця змінна, відповідно знос задньої поверхні зубця по довжині ріжучої кромки також змінний. При цьому максимальне значення зносу задньої поверхні зубця знаходиться в зоні кромки з максимальним радіусом від осі обертання фрези.

Планування експерименту дає змогу визначити кількість випробовуваних в експерименті фрез (розмір вибірки) в умовах невизначеності. В якості оцінки параметра сукупності прийнято значення величини максимального зносу задньої поверхні зубця в заданий момент часу. Застосування методів

знижити їх знос в цілому для досягнення максимального ефекту. Для цього необхідно розробити цілий комплекс технологічного забезпечення (рисунок 9).

У роботі розроблена методика експериментальних досліджень з визначення стійкості фрез.

Для проведення експериментальних досліджень по встановленню стійкості фрез були підготовлені 4 - и групи інструментів, фрези кожної з яких оброблені у відповідності з наведеними на рисунку 9 структурами технологічних процесів.

Для встановлення параметрів роботи фрез, оброблених відповідно до пропонованих 4 - х варіантів структури технологічних

математичної статистики до обробки спостережень проводилися з вибіркового середнього і дисперсії вибірки. Слід зазначити, що за даних експериментальних дослідженнях прийнятий довірчий інтервал попадання величини максимального зносу задньої поверхні зі ступенем достовірності 95 % і помилкою першого роду або ризиком невключення параметра сукупності в довірчий інтервал $\alpha = 0,05$.

Експериментальні дослідження з визначення стійкості груп фрез виконувалися з використанням універсально-фрезерного верстата моделі 6М76П (рисунок 10) для чотирьох груп фрез (по 5 фрез у кожній групі). Кожна



а)



б)

Рисунок 10. Загальний вид процесу обробки фрезами з швидкорізальної сталі Р6М5 заготовки зі сталі 45: а - початковий процес обробки фрезою; б - процес обробки заготовки в період втрати стійкості фрези

група фрез додатково піддавалася обробці відповідно до процесів, структура яких представлена на рисунку 9.

Експериментальні дослідження базуються на ідентичності проведення процесу фрезерування групами фрез заготовки з однаковими режимами різання та умовами. Тут застосовується метод порівняльних випробувань чотирьох груп фрез за критерієм їх стійкості. Гранична величина зносу

задньої поверхні прийнята $h_z = 0,4$ мм для фрез зі швидкорізальної сталі Р6М5. Після настання цієї події на задній поверхні всіх зубців для кожної фрези експериментальні дослідження припиняються.

Для кожної групи фрез послідовність виконання експериментальних досліджень наступна:

1. Попередньо виконуються випробування першої фрези з кожної групи фрез і через кожні 30 хвилин проводяться виміри величини зносу задньої поверхні зубців на інструментальному мікроскопі.

2. Результати випробувань заносяться в спеціальну таблицю і виконуються розрахунки, на підставі вираження, з визначення кількості фрез в групі необхідних для виконання експерименту з достовірністю 95% і помилкою першого роду або ризиком невключення параметра сукупності в довірчий інтервал $\alpha = 0,05$.

3. Виконуються експериментальні дослідження з визначення стійкості фрез даної групи, що залишилися. Через кожні 30 хвилин виконуються заміри величин зносу задніх поверхонь фрез, результати досліджень заносяться в спеціальні таблиці.

4. За результатами експериментальних досліджень будуються графіки залежності величини зносу задньої поверхні фрез кожної групи від часу їх випробувань.

5. Виконується порівняння стійкості фрез кожної групи за граничним значенням зносу задньої поверхні $h_3 = 0,4$ мм і робляться відповідні висновки.

На рисунку 11 показана кінетика зношування задньої поверхні фрез зі швидкорізальної сталі Р6М5 при обробці сталі 45 (НВ = 200, СОТС - «унізор - М»). Аналізуючи графіки рисунка 11 можна відзначити, що умовно, при значенні зносу задньої поверхні зубців фрези $h_3 = 0,4$ мм коефіцієнти збільшення стійкості досліджуваних груп фрез наступні:

$$k_{14}=4,3; k_{13}=2,68; k_{12}=1,92; k_{24}=2,24; k_{34}=1,6.$$

де k_{ij} – коефіцієнт підвищення стійкості i -ої групи фрез відносно j -ої групи.

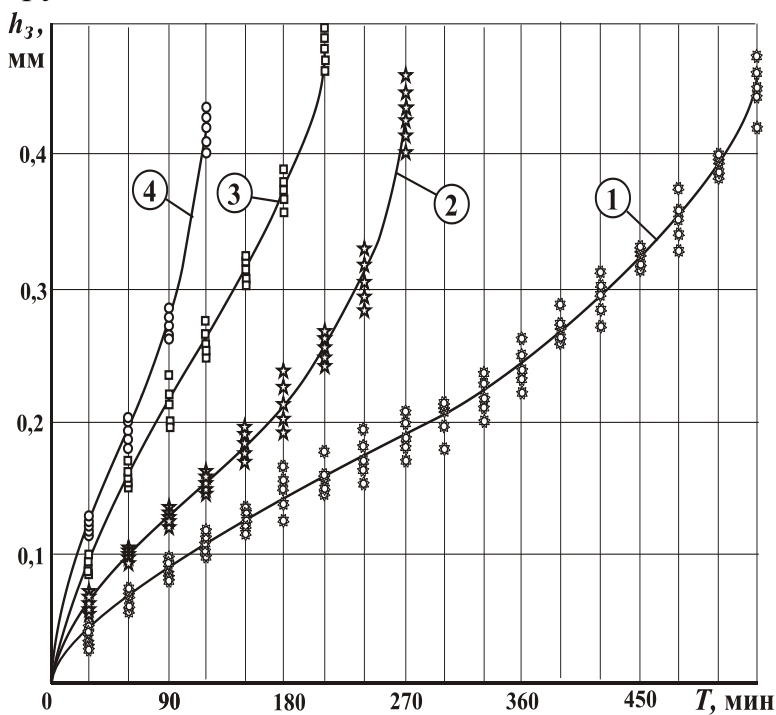


Рисунок 11. Кінетика зношування задньої поверхні фрез зі швидкорізальної сталі Р6М5 при обробці сталі 45: 1 - фрези оброблені за технологією рис. 9, а; 2 - фрези оброблені за технологією рис. 9, б; 3 - фрези оброблені за технологією рис. 9, в; 4 - фрези оброблені за технологією рис. 9, г

У даній роботі розроблені рекомендації з синтезу раціональної структури технологічного процесу виготовлення фрез з пропонуваними властивостями. Ці рекомендації дозволяють створювати раціональні структурні варіанти технологічних процесів для виготовлення фрез з пропонуваними властивостями.

У ході виконання дисертаційної роботи розроблена загальна методика підвищення стійкості та продуктивності фрез із змінною швидкістю різання по довжині ріжучої кромки зубців. Дана методика впроваджена на ряді організацій. Загальний очікуваний економічний ефект від впровадження результатів роботи становить 13000 гривень і 32 600 рублів РФ.

ВИСНОВКИ

Виконані дослідження присвячені вирішенню питань створення технологічного забезпечення для підвищення стійкості фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубців. Основні результати дисертаційної роботи полягають у наступному.

1. У даній роботі виконано аналіз існуючих методів підвищення стійкості та продуктивності обробки фрез і досліджені особливості роботи ріжучої кромки зубця фрези, що має змінну швидкість різання по її довжині для різних типів фрез. При цьому встановлено, що у зв'язку з змінністю швидкості різання по довжині ріжучої кромки, наявністю максимальної та мінімальної швидкості різання, в різних зонах ріжучої кромки відповідно діють різні поєднання видів зносу. При цьому встановлено, що максимальна швидкість різання по відношенню до мінімальної швидкості на ріжучій кромці зубця може відрізнятись для деяких типів фрез приблизно в 2 ... 3 рази.

2. У роботі розроблені технологічні методи підвищення якості роботи фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців. Тут, вперше запропоновано виконання змінних властивостей по довжині ріжучої кромки зубця фрези на базі принципу функціональної орієнтації в залежності від діючих експлуатаційних функцій функціонально - орієнтованого підходу.

3. Вперше розроблено принципи підвищення стійкості фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців залежно від дії швидкості різання, що змінюються, які за рахунок реалізації змінних властивостей ріжучої кромки зубців забезпечують наступне:

- реалізується можливість зміщення від периферії до центру фрези визначальних значень допустимої швидкості різання, а також збільшення допустимої частоти обертання фрези;

- реалізується можливість зміщення від периферії до центру фрези лімітуючих параметрів стійкості фрези, а також підвищення продуктивності обробки фрезами з мінливими властивостями кромки зубців;

- реалізується можливість зміщення від периферії до центру фрези лімітуючих параметрів властивостей фрези, що забезпечує можливість підвищення стійкості фрези при частоті їх обертання, аналогічної величині частоти обертання стандартних фрез.

4. Розроблено загальний підхід у створенні функціонально - орієнтованого технологічного процесу в забезпеченні властивостей ріжучих кромки зубців залежно від особливостей дії змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки зубця, що дозволило підвищити стійкість роботи фрез.

5. Розроблене технологічне забезпечення дозволило комплексно формувати, зберігати і знижувати знос ріжучих кромки зубців фрези, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця.

6. Розроблене технологічне забезпечення дозволило підвищити в 1,9 ... 2,0 рази стійкість фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучих кромки зубців, а також в 1,2 ... 1,4 рази їх продуктивність.

7. Розроблена методика синтезу структури технологічного процесу дозволяє проектувати конкретні варіанти технологічних процесів виготовлення фрез мають змінні швидкості різання по довжині ріжучої кромки зубців, а також визначати раціональні структурні варіанти технологічних процесів.

8. Запропоновані рекомендації щодо підвищення продуктивності та стійкості фрез, що мають нерівномірні швидкості різання по довжині ріжучих

кромки зубців, дозволяють визначати раціональні структурні варіанти технологічних процесів.

9. У пропонуваній роботі розроблена методика проведення порівняльних експериментальних досліджень фрез, що мають змінну швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубців. Виконані експериментальні дослідження з визначення стійкості роботи фрез показали значне підвищення стійкості.

10. Результати роботи впроваджено на Сніжнянському машинобудівному заводі ВАТ «Мотор-Січ» (Україна), Брянському відкритому акціонерному товаристві «Науково-дослідний інститут «ИЗОТЕРМ» (Росія) і в Донецькому національному технічному університеті (Україна). Загальний очікуваний економічний ефект від впровадження результатів роботи складе 13000,00 грн. (шість тисяч п'ятсот грн. 00 коп.) 32600,00 рублів РФ (тридцять дві тисячі шістсот руб. РФ 00 коп.).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ І ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК АВТОРА

1. Аль-Судани Т.Т. Особенности технологического обеспечения повышения качества фрез с переменными скоростями резания по длине режущей кромки зубца и исследования их стойкости / Т.Т. Аль-Судани // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. - Вип. 1, 2 (45). - С. 3-17. (Дисертантом розроблене технологічне забезпечення підвищення стійкості фрез по довжині ріжучої кромки).

2. Лахин А.М. Синтез схем технологического воздействия для функционально-ориентированных технологических процессов производства зубчатых колес / А.М. Лахин, А.Н. Михайлов, Т.Т. Аль-Судани, А.Гитуни, С. Зантур // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. Вип. 38. – С. 127-133. (Дисертантом отримані ряд схем технологічного впливу при виробництві зубчастих колес).

3. Михайлов А.Н. Разработка универсальной структуры технологического процесса напыления покрытий. Синтез структурных вариантов / А.Н. Михайлов, Е.А. Михайлова, Т.Я. Аль-Судани, Д.А. Михайлов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010. Вип. 39. - С. 136 – 144. (Дисертант виконав синтез структурних варіантів технологічних процесів нанесення покриттів).

4. Михайлов А.Н. Особенности полировки тонких покрытий изделий и назначения припусков / А.Н. Михайлов, Л. Слэтиняну, Е.А. Михайлова, Т.Я. Аль-Судани, Д.А. Михайлов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010. Вип. 39. С. 145 – 152. (Дисертант проведений аналіз можливих схем полірування тонких покриттів виробів).

5. Михайлова Е.А. Повышение эффективности обработки изделий машиностроения на основе принципа последовательной минимизации параметров предшествующих операций / Е.А. Михайлова, А.Н. Михайлов, Т.

Аль-Судани, Д.А. Михайлов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010. Вип. 40. - С. 164 – 169. (Дисертантом наведений принцип послідовної мінімізації параметрів попередніх операцій).

6. Аль-Судани Т.Т. Технологическое обеспечение повышения стойкости фрез с переменными скоростями резания по длине режущих кромок зубьев / Т.Т. Аль-Судани, Д.А. Михайлов, Е.А. Михайлова, А.Н. Михайлов, Р.М. Грубка // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. Вип. 1, 2 (43). - С. 24 - 36. (Дисертантом розроблене технологічне забезпечення підвищення стійкості фрез по довжині ріжучої кромки).

7. Михайлов А.Н. Методы повышения стойкости и/или производительности с переменными скоростями резания по длине режущей кромки зубца / А.Н. Михайлов, Т.Т. Аль-Судани, Д.А. Михайлов, А.С. Долгих // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. Вип. 1, 2 (45). С. 173 - 180. (Дисертантом розроблене технологічне забезпечення підвищення стійкості фрез по довжині ріжучої кромки).

8. Михайлов А.Н. Повышение качества изделий машиностроения на базе комбинированной функционально-ориентированной отделочной обработки / А.Н. Михайлов, Е.А. Михайлова, Т.Т. Аль-Судани, А.П. Недашковский, А.М. Лахин, А.Д. Маджид // Машиностроение и техносфера XXI века. Сборник трудов XVI международной научно-технической конференции в г. Севастополе 14-19 сентября 2009 г. В 4-х томах. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. Т. 2. – 289 с. - С. 246 – 265. (Дисертантом наведені можливі шляхи підвищення якості деталей машин за рахунок комбінованої обробної обробки).

9. Михайлов А.Н. Полировка изделий со специальными тонкими покрытиями / А.Н. Михайлов, Е.А. Михайлова, Т.Я. Аль-Судани, И.А. Фомин // Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы 11 международного научно-практического семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы». В 3-х кн. - Таганрог: ТТИ ЮФУ. Кн. 3, 2010, № 10. - С. 210 – 217. (Дисертантом вивчене та проаналізоване питання полірування виробів з тонкими покриттями).

10. Increase of Firmness of Milling Cutters with Variable Cutting Velocities along the Length of Teeth Cutting Edges / Al-Sudani T., Mikhaylov A., Dolhykh H. [и др.] // Applied Mechanics and Materials Vol. 371 (2013) pp 8-12 © (2013) Trans Tech Publications, Switzerland doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.371.8. (Дисертантом вивчене та проаналізоване питання експлуатації фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучих кромок зубців).

11. Al-Sudani Tarafa Some features of the application of physical vapor deposition coating on the centerline tool in fast-cutting steel / Al-Sudani Tarafa, A. Mikhaylov, E. Mikhaylova, S. Selivra, N. Larina // ModTech International Conference 20-22th May 2010, Slanic-Moldova: IASI, 2010. - P. 19-22. (Index to Scientific & Technical Proceedings of Thomson Scientific - Institute for Scientific Information

(ISI). All the papers are available at ISI Web of Science). (Дисертантом вивчене та проаналізоване питання полірування виробів з тонкими покриттями)

12. Патент України на корисну модель № 81412, Кл. В24D 5/00. Інструмент для резання заготовок/ А.Н. Михайлов, А.С. Долгих, Т.Я. Аль-Судани, Д.А. Михайлов.- №67528; заявл. 04.02.2013; опубл. 25.06.2013, БИ №12. – 4 с. (Дисертантом запропонована конструкція інструменту для різання заготовок).

13. Патент України на корисну модель № 82701, Кл. В23Q 11/10. Пристрій для подачі змащувально-охолоджувальної рідини в зону різання/ А.Н. Михайлов, О.В. Сидорова, М.В. Меркулов, Т.Я. Аль-Судани; заявл. 04.03.2013; опубл. 12.08.2013, БИ №15. – 5 с. (Дисертантом запропонована конструкція пристрою для подачі змащувально-охолоджувальної рідини в зону різання).

АНОТАЦІЇ

Тарафа Ясін Таха Ал-Судані. Технологічне забезпечення підвищення стійкості фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучих кромок зубців. - На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.02.08 - технологія машинобудування. - Державний вищий навчальний заклад «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, 2013 р.

Дисертація присвячена вирішенню питань підвищення стійкості фрез, що працюють в умовах наявності нерівномірних швидкостей різання по довжині ріжучих кромок зубців, за рахунок забезпечення властивостей кромок зубців, що змінюються за їх довжиною залежно від діючих експлуатаційних функцій і тривалого збереження цих властивостей.

У даній роботі виконані дослідження і встановлені особливості роботи фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців, а також визначені величини зміни швидкості різання по довжині ріжучої кромки зубця для різних типів фрез.

Проведені дослідження дозволили запропонувати технологічні методи підвищення якості роботи фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців. А також розробити принципи підвищення стійкості та продуктивності роботи фрез із змінними швидкостями різання по довжині ріжучої кромки зубців.

На підставі виконаних досліджень в даній роботі представлений синтез конкретного технологічного процесу забезпечення заданих параметрів стійкості та продуктивності фрез в залежності від особливостей дії змінних швидкостей різання по довжині ріжучої кромки. При цьому розроблена методика експериментальних досліджень з визначення стійкості фрез зі змінними властивостями кромок зубців по їх довжині. А також виконані порівняльні експериментальні дослідження стійкості пропонованих і стандартних фрез.

Ключові слова: фреза, підвищення стійкості, нерівномірна швидкість різання по довжині ріжучої кромки зубця, комбінована обробна обробка, технологічний процес, спосіб, структура.

Тарафа Ясин Таха Аль-Судани. Технологическое обеспечение повышения стойкости фрез с переменными скоростями резания по длине режущих кромок зубьев. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. – Государственное высшее учебное заведение «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, 2013 г.

Диссертация посвящена решению вопросов повышения стойкости и производительности фрез, работающих в условиях наличия неравномерных скоростей резания по длине режущих кромок зубьев, за счет обеспечения изменяющихся свойств режущих кромок зубьев по их длине в зависимости от действующих эксплуатационных функций и длительного сохранения этих свойств.

В данной работе выполнены исследования и установлены особенности работы фрез с переменными скоростями резания по длине режущей кромки зубьев, а также определены величины изменения скорости резания по длине режущей кромки зубця для различных типов фрез.

Проведенные исследования позволили предложить технологические методы повышения качества работы фрез с переменными скоростями резания по длине режущей кромке зубьев. А также разработать принципы повышения стойкости и производительности работы фрез с переменными скоростями резания по длине режущей кромки зубьев.

На основании выполненных исследований в данной работе представлен синтез конкретного технологического процесса обеспечения заданных параметров стойкости и производительности фрез в зависимости от особенностей действия переменных скоростей резания по длине режущей кромки. При этом разработана методика экспериментальных исследований по определению стойкости фрез с изменяющимися свойствами режущих кромок зубьев по их длине. А также выполнены сравнительные экспериментальные исследования стойкости предлагаемых и стандартных фрез.

Ключевые слова: фреза, повышение стойкости, неравномерная скорость резания по длине режущей кромки зубця, комбинированная отделочная обработка, технологический процесс, способ, структура.

Tarafa Yassin Taha Al-Sudani. The technique of resistance enhancement of variable speed cutting machines along the cutting edges. - Manuscript.

Thesis for the degree of Ph.D. in the specialty 05.02.08 engineering technology -State university "Donetsk National Technical University, Donetsk, 2014.

The study deals with the efficiency increase for the cutting machines the adopt various speeds along the cuing edge, via the supply of various properties that enhance

their resistance and maintain these properties as long as possible. Also, these properties were analyzed, especially the rear edges of cutting teeth and the determination of change values for the cutting speed along the cutting teeth edges for various types of cutting machines.

A method to enhance the performance of these cutters was also achieved via this study and analysis, in addition the set of principles in order to improve their resistance during the cutting process and also the adoption of a technique that maintains the properties and surface of the cutting edge and decrease its corrosion based on Plasma ions coating.

Based on what was mentioned above, a set of dimensions and measures were made that were related to strength according to the cutting speed variables. Nevertheless, a practical study was performed on the cutting machines in order to determine the changes on the machine`s properties and strength along the cutting edges length and also, experimental tests were made to compare its resistance with other kinds of cutting machines including the standard one.

Recommendations and approaches were made in order to enhance the performance and improve the strength of variable speeds cutting tools along the cutting edges.

This technique has been used by many organizations.

Keywords: enhancement of the strength and durability of variable speeds cutting machines along cutting edges length via a set of technical processes.