

ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

На правах рукопису

УДК 621.9.025

ПІДГОРА ЄЛІЗАВЕТА ОЛЕКСАНДРІВНА

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА І АТОКРИТЕРІАЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ
ТОРЦЕВИХ ФРЕЗ ДЛЯ ВАЖЛИХ ВЕРСТАТІВ

Спеціальність: 05.03.01 - Процеси механічної обробки,
верстати та інструменти

Автореферат
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Краматорськ - 1996

Дисертацію в рукописі.

Робота викладена в Донбаській державній машинобудівній академії

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор Хаст Р.Л.

науковий консультант - кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник:
Гуєнко В.С.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор Внуков Ю.М.

кандидат технічних наук,
доцент Івченко Т.Р.

Провідне підприємство: Закрите акціонерне товариство
"Ново-Краматорський машинобудівний завод"

Захист дисертаційної роботи відбудеться 26.06.1996 г.
в 10 годів на засіданні спеціалізованої вченої Ради К 28.01.01
в Донбаській державній машинобудівній академії (343913, м.Краматорськ,
вул.Шкадінова, 72, навчальний корпус 1, зал засідань).

Дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Донбаської
державної машинобудівної академії.

Автореферат розіслано 24. мая 1996 г.

Вчений секретар спеціалізованої Ради
кандидат технічних наук, доцент

В.М.Рях

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаніка



00753584 (W)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ. Сучасна екологіка висуває нові вимоги до проектування та дослідження інструменту, який передбачається готувати на серійне виробництво з метою успішного виходу до ринку.

Перш за все, необхідно вивчити потребу в інструменті, наскільки вона покривається ефективними конструкціями інших фірм, які вимоги до якості інструменту. Звідси виходить необхідність маркетингових досліджень, які стосовно до виробів малозбудувані та металосроботи, мають також інженерний аспект.

Щоб спроектувати новий інструмент, необхідно визначити його властивості, що враховують особливості інструменту. Серед них велике значення має динамічна стійкість інструменту в умовах зниженої жорсткості, а також дії багатьох факторів на виробництві, що мають імовірнісний характер.

Одержання конкурентоспроможних конструкцій інструментів та можливість їх подальшого обслуговування, лічбас оптимізації як конструктивних параметрів інструменту, так і режимів його експлуатації. При цьому багатопланові вимоги оптимізації може задовольнити інструмент, оптимізований не по одному, а тіл ки по багатьох критеріям, що враховують особливості конкретних виробничих ситуацій.

МЕТА РОБОТИ. Підвищення ефективності процесу торцевого фрезерування великих деталей, розробка деяких питань методології проектування при постановці на виробництво нового інструменту.

НАУКОВА НОВИНА роботи полягає: 1) в розробці методів пошуку технологічних рішень, глянчаючих ринкову нішу проектуемого інструменту шляхом порівнявання розподілів вигначаного параметру та урахування частки застосування фрез-конкурентів, з таким прогнозу зростання цього параметру за допомогою різних моделей; 2) у встановленні моделей стійкості фрези з урахуванням сили поділення срізу та імовірнісних факторів; 3) в багатокритеріальній і багатопараметричній оптимізації фрези та режимів різання при великій обмеженні з урахуванням нових факторів та критеріїв на основі запропонованої системи цільових функцій.

ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ. Розроблена методика функціонально-орієнтованого маркетингу, яка дозволяє в конувати поглиблені для нового інструменту, визначати впливи до його конструкції, об'єм випуску. Розроблена методика багатокритеріальної оптимізації параметрів фрези та режимів різання. Розроблена конструкція торцевої фрези для важких верстатів, яка поставлена на виробництво та вже використовується на 8-х підприємствах. Розроблені рекомендації по нормативам, у тому числі і для фрези з розподілом срізу (с) ширини.

РЕАЛІЗАЦІЯ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ. На основі виконаної роботи на ЗАТ "Новокраматорський машинобудівний завод", ДЗ "Дружківський машинобудівний завод", м. Дружківка, ВО ЧОЗ "Триноморський суднобудівний завод", м. Миколаїв впроваджена нова форма з розподілом об'єму по лінійці.

АПУБЛІКАЦІЯ РОБОТИ. Основні положення дисертації доложені на науково-технічних конференціях "Сучасна технологія зміцнення, відновлення та механічної обробки деталей з покриттями" м. Київ, 1993р., "Технологія ремонту машин та механізмів" Крим, 1994р., міжвузівській республіканській науково-технічній конференції "Комп'ютерні навчальні системи та тренажери в різних технологіях підготовки фахівців" м. Краматорськ, 1994р., "Ресурсо- та енергосберігаючі технології в машинобудуванні" м. Одеса, 1995р., "Прогресивна техніка та технології машинобудування" м. Севастополь, 1995р., "Надійність ріжучого інструменту та оптимізація технологічних систем" м. Краматорськ, 1995р.

ПУБЛІКАЦІЇ. За результатами виконаних досліджень надруковано 14 робіт. подано 2 заявки на винахід.

СТРУКТУРА І ОБСЯГ РОБОТИ. Дисертаційна робота містить 211 сторінок машинописного тексту, 73 рисунки, 18 таблиць; складається із вступу, шести глав з висновками по кожній з них, висновків, опору літератури, що вміщує 103 назви, а також додатки.

Основні результати, представлені в дисертації, одержані автором самостійно.

З М І С Т Р О Б О Т И

У вступі розглядається стан питання, обґрунтовується актуальність теми, визначається мета і основні завдання дослідження, проведеного спочатку до процесу торцевого фрезерування при великих глибинах різання.

У I главі поданий аналіз літературних джерел за темою роботи. В останній час в нашій державі надруковано багато робіт з маркетингу: Ф.Котлера, Дж.Еванса, В.Зермана, Г.Г.Абрамшвілі, М.І.Долінової, В.О.Соловйова, П.О.Сав'ялова, В.С.Хруцького, П.Г.Черерва. Але серед них мало робіт з промислового маркетингу і умов нееластичної попиту. Рідко описується методика обробки еліптичних дагик.

Відомо, що одним з шляхів підвищення продуктивності торцевого фрезерування є підвищення динамічної стійкості, зокрема, шляхом використання переривистої ріжучої кромки. Енос та стійкість цих фрез слабо висвітлені в літературі, хоч для їх пояснення можуть бути використані власні дослідження динамічної стійкості процесу торцевого фрезерування та фактори, описані В.О.Кудіновим.

В.В.Камінським, І.Г.Жарковим, В.М.Подуравим, М.Є.Ельзенобергом, О.Р.Колядіним, О.Д.Шустиковим та ін.

Питання оптимізації параметрів інструменту та режимів різання розроблені В.К.Стариковим, О.Д.Макаровим, В.О.Резишниковим, О.П.Тарасовим, Є.І.Сенькиним, В.В.Душманським, О.С.Кролем та ін. Частіше за все в роботах цих авторів оптимізація проводиться за одним критерієм. Це енергетичний критерій якості у В.К.Старкова; комплексна об'ємність обробки у В.О.Резишнікова, Е.Якобса; стійкість та сумарна потужність гармонік сили у С.В.Колядіна, Є.І.Сенькіна, що явно недостатньо для узагальнення усього процесу механічної обробки. Роботи за багатокритеріальною оптимізацією ДДА спільно з ОЦ РАН не були розповсюджені на процес фрезерування.

У II главі представлена методика роботи. Вона містить збір статистичних даних, виробничі випробовування та лабораторний експеримент. На основі даних про функціонування торцевих фрез був сформован відповідний модуль банку, створеного спільно з В.Л.Аносовим, який містить 650 випадків, зібраних методом моментних та тривалих спостережень на ЗАТ НКМЗ та інших підприємствах.

Експериментальні динамічні дослідження проводились в лабораторії ДДА на вертикально-фрезерному верстаті за допомогою прибору ВМВ-003.

Виробничі дослідження проводилися на горизонтально-розточувальному верстаті "Екода" ДДЛ-200мм при обробці багатогабаритних деталей типу опор, подушок з конструкційних та корозійностійких сталей (Сталь 30, У7, БКНМ, 15ГСН та ін. з діаметром твердості 160-280). Проведення досліджень в реальних виробничих умовах дозволяє урахувати вплив багатьох факторів, які не проявляються в чистому експерименті: розсіювання властивостей матеріалу, жорсткостей деталей, сукупний вплив елементів апарату та руйнування, які визначають технологічний критерій затуплення.

В III главі розроблена концепція функціонально-орієнтованого маркетингу промислових виробів як стратегія проектування, поняттєвий апарат цього розділу науки, методи пошуку ніш для нового інструменту, прогнозу його розвитку.

Початковим етапом функціонально-орієнтованого маркетингу є аналіз функціонального (технологічного) простору (П), технологічних задач підприємства - споживача та умов їх виконання: кількості та точності та шорсткості, матеріалу оброблюваної деталі, ширшин поверхні, припуску та ін. В результаті цих досліджень визначається технологічна ніша (ТН) - область, в якій інструмент може дати найбільший ефект для споживача та виробника.

Виконана класифікація методів аналізу технологічного простору та пошуку ніш (див. таблицю), поданий алгоритм цього вибору, розроблені деякі з цих методів, математична процедура та програми для їх реалізації.

При аналізі необхідно визначити один чи два визначальних параметри, за якими буде знайдена технологічна ніша. Для обробки великих деталей такими параметрами у ряді випадків є ширина фрезерування та глибина різання. Одним з ефективних методів (див. метод 5 в таблиці) є зіставлення розподілів визначальних параметрів для всього ПП, його частини, зайнятої підприємствами-конкурентами в обліком поді застосованості. Загалом розподіл параметрів, характеризуючих технологічний простір чи потребу, має вигляд:

$$f(x) = \sum_{j=1}^m p_j f_j(x_1, \dots, x_n), \quad (1)$$

де x - n - мірний вектор, характеризуючий ПП чи потребу;
 n - число параметрів, характеризуючих ПП (сдномірний, двумірний, n - мірний розподіл);

f_j - щільність розподілу для j -го інструменту;

p_j - імовірність використання j -го інструменту.

Щільність розподілу нової конструкції інструменту має вигляд:

$$f_j(x) = \frac{f(x) \lambda_j(x)}{p_j}, \quad (j=1, \dots, m+1), \quad x = (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (2)$$

де $f_j(x)$ - загальний розподіл параметру x , що характеризує усе ПП;

$\lambda_j(x)$ - доля використання інструменту j -го типу в безперервній ділянці визначального параметру x ;

p_j - глобальна імовірність використання інструменту j -го типу по всій області визначального параметру x .



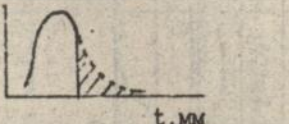
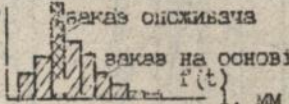
На рис.1а) показані результати визначення раціональної ніши, вображаємої щільністю розподілу $f_2(t)$. Для нелінійних законів зміни $\lambda_j(t)$, показаних на рис.1б), моделі мають вигляд (на прикладі λ_2):

$$\lambda_2 = \begin{cases} 1 - \frac{7.5}{\sqrt{x - 9.7321}}, & \text{якщо } x < 8 \\ \frac{7.5}{\sqrt{x - 7}}, & \text{якщо } x > 8 \end{cases} \quad (3)$$

В розглядаємих випадках щільність розподілу $f_2(t)$ апроксимується нормальним законом чи законом Вейбулла з порієм чуйності.

Ефективніше характеризувати технологічний простір чорнових фрез за двома параметрами: глибини різання t та ширини фрезерування B_0 чи діаметру фрези D_0 . Це може бути сім'я розподілів чи

Методи виявлення технологічної ніші та її аналізу

№ методу	Сутність методу	Умови використання методу	Приклад використання методу
1	Порівняння розподілів для використовуваних застарілих інструментів (множина А) та «явистих» прогресивних інструментів - конкурентів (В)	Інструмент А - широкоуніверсальний Інструмент В уже використовується (В С А)	$f(t)$  <p>фронт конкурентів напайні фронт</p> <p>t, мм</p>
2	Порівняння розподілів параметрів технологічної задачі та розподілів параметрів, що характеризують виконання цієї задачі існуючим інструментом	Наявність зіставляємих параметрів взааного роду та можливість отримання інформації про них	$i(\delta)$ $f(t)$  <p>глибина t</p> <p>припуск δ</p> <p>t, δ, мм</p>
3	Виявлення усічених розподілів	Можливість отримання вибірки в однорідних умовах (мінімальне зміненіт інших параметрів, крім досліджуваного)	$f(t)$  <p>t, мм</p>
4	Зіставлення розподілів потреби, отриманих на основі аналізу технологічної задачі та на основі даних споживачів інструменту	Наявність двох незалежних масивів інформації про потребу інструменту	$N, шт$  <p>заказ оксидизача</p> <p>заказ на основі $f(t)$</p> <p>t, мм</p>
5	Зіставлення розподілів для різних кластеризацій з урахуванням їх ринкової частки	Можливість визначення ринкової долі, що враховує особливості ринкові фактори та адекватність ободульовуванню	<p>дивись наступний рисунок</p>

*) Примітка: визначачий параметр - глибина різання t; ніша заштрихована.

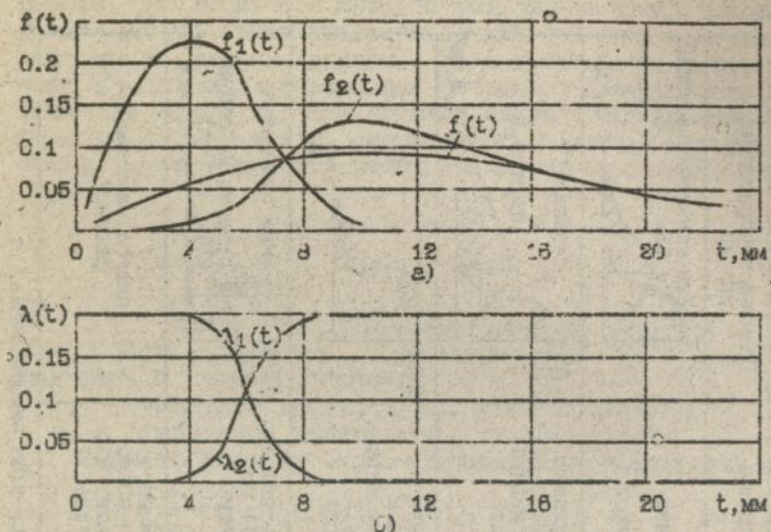


Рис. 1. До визначення міли нової фрези а) $f(t)$, $f_1(t)$, $f_2(t)$ - розподіл загальний для фрез-конкурентів та нових фрез; б) $\lambda_1(t)$, $\lambda_2(t)$ - доли використання для фрез-конкурентів та нових фрез.

поверхні розподілів, які приведені у роботі.

Прогноз розвитку інструменту, який ставиться на виробництво, рекомендовано виконувати на основі функціонально-оціненої кривої росту визначального параметру. У загальному випадку вона складається з декількох ділянок S - обраного росту та порогів зупинки росту за функцією еластичності Ф.

Так, наприклад, визначальним параметром для великих чорних торцевих фрез є ВВП з гранична глибина різання t_r . Ріст t_r для вітчизняних конструкцій фрез за останні десятиріччя показан на рис. 2. Восьми осі часу приведені найбільш відомі в державі конструкції фрез у ч. важких верстатів, а на графіку - їх життєвий цикл $t_{ж}$. До 1974 р., в зв'язку з недостатньою міцністю, ці фрези використовувалися тільки до глибини різання $t_r = 3$ мм. В результаті створення фрез з підвищеною міцністю цей поріг вдалося подолати, але в 1984 р. стався явний невиконання 2-го порогу, пов'язаного з вібростійкістю. Цей поріг почали долати в 1988 р. Розрахунки показують, що 3-м порогом може стати обмеження по міцності горизонтально-росточувальних верстатів. Однак останнє обмеження лежить в області досить великих припусків, які в перспективі повинні вименшуватися, тому потенційні можливості нових фрез висо-

кої вібростійкості повинні забезпечити їм достатньо великий життєвий цикл.

Важливо, що кожній ділянці S-образного росту відповідає функціональний тип фрези. Так, для приведеної кривої перша ділянка - тип фрези, орієнтований на підвищення міцності, друга - на підвищення вібростійкості. Життєвий цикл функціонального типу фрези складає більш 10 років, життєвий цикл конкретної конструкції з середньому - 4 роки.

S-образний рост добре відображається квадратичною логістичною залежністю:

$$y = \frac{K_1}{(1 + e^{-cx})^2} + K_2 \quad (4)$$

де K_1 - граничне значення визначального параметру;

K_2 - початкове значення визначального параметру;

c - показник швидкості росту визначального параметру.

Для більш тривалого прогнозу пропонується використовувати модель синусоїдального росту:

$$y = a(\sin \alpha x) + b + K, \quad (5)$$

де a - коефіцієнт загальної швидкості росту;

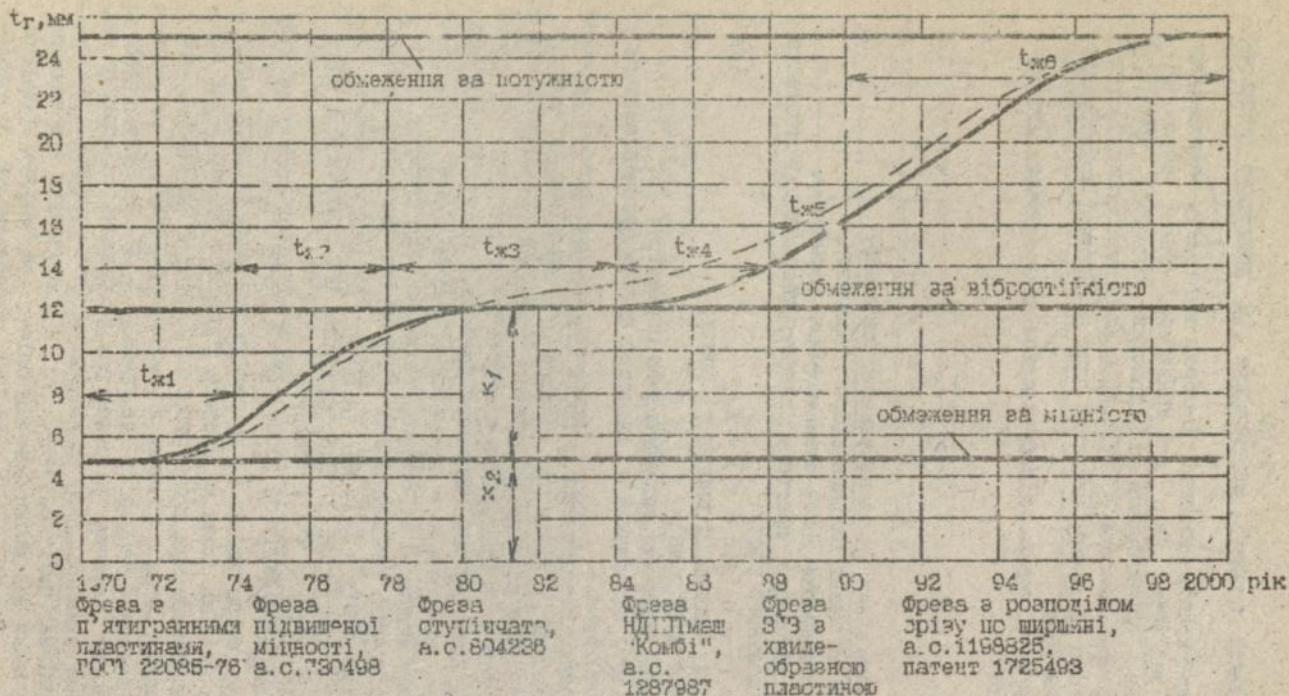
b - постійний коефіцієнт;

K - початкове значення визначального параметру;

α - коефіцієнт, пов'язаний з життєвим циклом функціонального типу конструції.

З урахуванням передбаченого росту сил різання в зв'язку з підвищенням глибини різання в конструкції пропонуємої фрези, прийнято тангенційне розміщення ріжучої пластини в корпусі як найбільш припустиме за критеріями міцності та жорсткості. Аналіз схеми розподілу припуску між ступенями показав, що для підвищення глибини різання припустимою є переривиста ріжуча кромка. Разом з 9.С.1 узенько запропоновано використовувати два типи пластин: з 1-2 ділянками ріжучого лева та з 2-3. Перший тип використовується для більш легких робіт з $t=10$ мм, другий - для більш важких, у тому числі й по корці $t=20$ мм. Пластина т.пу 1-2 припускає 8-кратну перестановку, типу 2-3 - 4-кратну.

У IV главі досліджується процес зносу торцевих фрез у зв'язку з розподілом орбіту по ширині та змінним динаміки процесу фрезерування. При аналізі динаміки процесу торцевого фрезерування показано, що запропонована схема розподілу орбіту є безпечною з точки зору як ширини орбіту, так і товщини на окремих ділянках. І в цьому висловлюється величина напруг та деформацій, що в свою чергу, зменшує основну пластину енергосапатрат на різанні та впливає на зменшення сили різання. Того по динамічна характеристика різання прямо пропорційна силі різання, то з урахуванням відставання зміни сили різання від зміни товщини орбіту, за ознакою прийнятої схеми розподілу орбіту можливо керувати інтенсивністю алгокоди-



————— апроксимація квадратичною логістичною залежністю;
 - - - - - модель синусоїдального росту

Рис. 2. Динаміка зміни граничної глибини різання при торцевому фрезуванні за мірою зняття з виробництва старик та постановки на виробництво нових конструкцій

вального процесу. Проведений порівняльний аналіз віброактивності сбробки при фрезеруванні фрезою з розподілом орбізу по ширині та налаштову показав, що для нових фрез має місце зменшення низькочастотної області в 1.4 рази, а також частковий перерозподіл спектральної щільності вібрацій з низькочастотної області в середньочастотну (300-100 Гц), при цьому процес різання проходить з малими амплітудами (до 50 мкм), при яких сила різання зменшується, що поліпшує динамічні характеристики станка та стійкість інструменту.

Характер зносу спеціальних твердосплавних пластин 1-2 пов'язаний зі схемою розподілу їм: зрівняного припуску. При різанні одержуємо, що 1-й зуб вінімає одну стружку з одностороннім утсценням, причому величина утсцення складає 1/3 від усієї довжини стружки; 2-й зуб вінімає дві розподілені стружки, які являють собою рівномірчу отсцену та коротку стружку подвійної товщини з невеликими уступами. Таким чином, маємо 3 види стружок. У випадку скоду зручтування відбувається на величину h_p до поперечної стружкорозподільної канавки. В цілому знос розподіляється здовж ріжучої кромки та завдяки наявності перилриття Δ не порушує вершини канавок. Знос пластин типу 2-3 протикає більш рівномірно. Зсна катесграфічного зносу частіше з'являється на ділянці зносу по головній задній поверхні, відповідній товстій частині орбізу висотою h_{a2} , але в силу імовірного характеру процесу також на ділянці зносу у тонкій частині орбізу висотою h_{a1} . Необхідність урхування h_{a1} підтверджується й характером сколювання саме по цій ділянці лега. Цьому пропонується оцінити працездатність пластини за уитомому середньозваженому зносу по задній поверхні, який виражається формулою:

$$\Sigma p_a = \frac{h_{a1} l_1 + h_{a2} l_2}{l_1 + l_2}, \quad (8)$$

де l_1 - довжина ділянки зносу висотою h_{a1} ; l_2 - довжина ділянки зносу висотою h_{a2} .

Принципове значення має проведення досліджень на важких гсризонтально-розтсувальних верстатах безпосередньо у цехових умовах, а також використання експлуатаційних спостережень, що дозволяє урахувати усю сукулність реально діючих факторів та в єдино можливим варіантом до унікального обладнання. Для сбробки результатів цих іспитів запропоновано ітерактивний метод послідовних приближень. З його допомогою визначали залежність стійкості від деяких змінних (подачі, швидкості різання, числа ділянок, ча які розподіляється зрівняний шер, і т.п.). Таким способом стриманий показник ступені при швидкості різання формули стійкості 1.5, який відрізняється від номінального, ріжот 2.7, приблизно в 2 рази. Поворот лінії залежності швидкості різання

від стійкості в бік меншого впливу швидкості різання пояснюється великим числом зруйнувань на малих швидкостях різання та присутність числоз'являючих відгуків, які не залежать від швидкості різання. Він пояснюється також d-безвідмовною структурою фрези як радіальної системи, котра припускає резервування.

Особливого розгляду потребує вплив кількості ділянок, на які розподіляється зрізаний шар по ширині $P_{ср}$. Зі збільшенням їх числа вібрації зменшуються, що приводить до суттєвого зросту стійкості. Крім того, наявність нерівномірну за шириною зріза, що особливо вичвляється для типу 1-2, дає додатковий зріст стійкості.

Модел стійкості при фрезеруванні має вигляд:

$$T = \frac{C_T \cdot P_{ср}}{S_2^{0.8} \cdot v^{1.5} \cdot \sqrt{z}} \quad (7)$$

Експлуатаційні спостереження показали, що для нової фрези припускається глибина різання до 20 мм, подача до 0.5 мм/зуб, що відповідно у 2.5 та 1.7 рази вище, ніж для старих фрез. При цьому досягається зростання продуктивності праці у 2.1 рази. Коefіцієнт варіації стійкості знижується в 0.4 до 0.25.

В 4 главі розглядається багатокритеріальна оптимізація торцелих фрез та режимів їх експлуатації. Вибір параметрів інструменту, режимів різання, методів обслуговування технологічної системи повинен бути кількісно обґрунтований з урахуванням багатьох технічних та економічних факторів, а також факторів, пов'язаних з людиною. Система багатокритеріальної оптимізації "N-Фреза" створена на базі діалогового пакету програм "Різьба", розробленого ДГМА спільно з ВЦ РАП. Система відрізняється великою кількістю методів оптимізації, зручним багатовіковим інтерфейсом, можливістю безперервного контролю за обчислювальним процесом.

Задача оптимізації ставиться наступним чином:

$$K = F(C, X) \rightarrow \min,$$

$$x \in R^n$$

де K - вектор-критерій; F - вектор-цільова функція; C - вектор-постійна, яка залежить від умов обробки; X - вектор-змінна $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$; R^n - евклідово n -мірний простір.

Установлені обмеження: а) параметричні $a_1 < x_1 < b_1$; $a_2 < x_2 < b_2$; $a_n < x_n < b_n$; б) функціональні $A_1 < f_1(x) < B_1$; $A_2 < f_2(x) < B_2$; $A_n < f_n(x) < B_n$, де $f_1(x)$ - деяка функція, яка входить у цільову функцію, наприклад стійкість, або функція, що має самостійне значення, наприклад ефективна потужність.

Розроблена система цільових функцій, котра в цілому використовує моделі по зв'язках задійності: безвідмовність, довговічність, повноважність, а також показники фізичного та психологічного навантаження на робітника.

Серед показників надійності головними є середня стійкість (Т) та коефіцієнт варіації стійкості. Показником довговічності є зворотна величина середнього ресурсу - частка по змок (вірогідність руйтування) q, котра визначалась на основі вірогідності обробки результатів експлуатаційних випробувань.

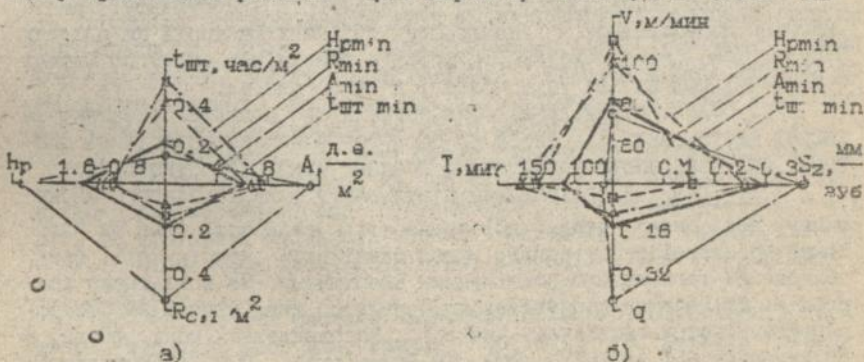
Модель напруженості праці верстальника використана в інших робіт крматорської наукової школи і відбиває кількість логічних та фізичних операцій за одиницю часу.

Багатокритеріальний вибір рішення базується на принципі опанування по мисливі Парето. Суть методу - в знаходженні рівноваги між критеріями.

Оптимізація виконується за 4 критеріями: витрати, штучний час, витрати сплаву, напруженість праці верстальника; для 6 змінних: число зубів фрези, число ділянок, на які розподілюється зрізаний шар, подача, швидкість різання, довжина ріжучої кромки, число робочих; з урахуванням параметрів дних та нелінійних функціональних обмежень. Розроблена система цільових функцій, пов'язуюча вказанні критерії зі змінними.

Для візуалізації потагювих результатів оптимізації варіанту рішення (вивчення області ефективних рішень) запропонована гранична тетраграма (рис.3), полеглиуюча утворення гештальт-образу у особи, приймачої рішення (ОПР). На тетраграмі представлені часткові мінімуми за різними критеріями у вигляді чотирикутників. При цьому бачимо, що оптимальні значення змінних для різних критеріїв відрізняються до 2-х разів. Наприклад, подача при максимумі продуктивності - 0.5 мм/зуб, при мінімумі витрати сплаву - 0.8 мм/зуб. Отже, існуючі нормативи необхідно доповнити розробленими за допомогою системи таблицями.

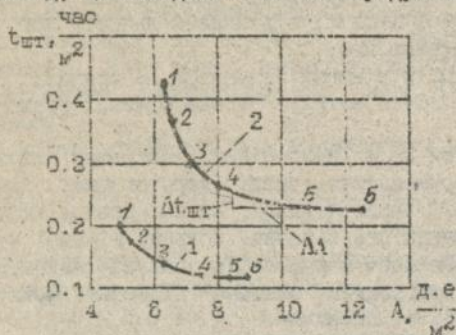
Прийняті критерії формально непорівнянні між собою. Тому вибір ефективного рішення - це компроміс, який здійснюється ОПР



Сталь конструкційна; ВВ180-200; Дш. = 220мм; Дф = 50мм z=8; Т5К10; t=15мм.

Рис.3. Гранична тетраграма критеріїв (а) та змінних (б) при часткових мінімумах критеріїв для фрези з розподілом зрізу по ширині.

на підставі свого особистого уявлення корисності. Щоб його полегшити після аналізу тетраграм будуть множини ефективних оцінок (множина Парето) у вигляді їх проєкції на площину двох критеріїв (рис. 4) та розв'язка кривої Парето по змінним. При такому аналізі ОПР, визначає який критерій "пожертвувати" за рахунок іншого, наприклад, що вигідніше: більша продуктивність чи менші витрати.



- 1 - фреза в розподілом срізу по ширині (—);
2 - початкова фреза (---).

Рис. 4. Множина Парето для рівних товщин фрез.

Аналіз форми кривої Парето для різних випадків обробки показав, що в більшості випадків слід використовувати частину цієї кривої точки якої достатньо віддалені від окремих мінімумів. При цьому мале поступлення по одному критерію (на рис. 4 - $\Delta t_{шт}$) дозволяє суттєво поліпшити другий критерій (на рис. 4 - ΔA).

Виважено вплив конструктивних параметрів інструменту, властивостей оброблюваного матеріалу та інших факторів на множину Парето. Так, нова конструкція фрези в розподілом срізу по ширині забезпечує покращення усіх критеріїв (див. рис. 4).

Розроблені рекомендації для нормалізації режимів різання та витрат інструменту, а також по обслуговуванню технологічної системи, які дозволяють урахувати 4 аспекти критерію оптимальності.

У 11 главі з урахуванням результатів функціонального маркетингу, досліджень динамічної стійкості, стійкості фрез та багатокритеріальної оптимізації, розроблені нові конструкції фрез, обладнаних тангенційно-розміщеними пластинами. На нові фрези розроблені ІУ та вони поставлені до серійного виробництва на Сєвєро-російському інструментальному заводі. Упровадженні нові фрези в об'єднаннях ЗАТ "НІМЗ", ДМЗ (м. Дружківка), ЧСЗ (м. Сєвєрськ). Гічний економічний ефект від впровадження фрез на САТ НІМЗ складає 78194 р.о. (у цінах до 1981р.).

ВИСНОВКИ

1. Показана доцільність функціонального маркетингу як інженерної частини загальної теорії промислового маркетингу розроблені поняттєвий апарат, структура та методологія цього розділу науки.

2. Розроблені нові методи потуку, полягаючи в зіставленні розподілів визначальних параметрів конкуруючих фірм з урахуванням частки їх використання в діяльнос та нелінійної залежності останньої від величини параметру, а також у порівняльнму аналізі інших розподілів.

3. Розроблена методика вивчення життєвого циклу функціонального типу інструменту та прогнозу росту визначального параметру у вигляді ділянок S-образного росту та порогів - ділянок притупленого росту. Одержані моделі: квадратична логістична - до короткострокового прогнозу та сікусоїдального росту - до довгострокового.

4. На основі теоретичного дослідження динамічної стійкості процесу торцевого фрезерування показано, що прийнятий розподіл срізу підвищує стійкість. Експериментально устанавлено, що для нових фрез має місце перерозподіл спектральної щільності вібрацій в низькочастотній області в середньочастотну (300-400 Гц), що приводить до стабілізації процесу різання.

5. Установлено, що стійкість фрез зростає зі збільшенням числа ділянок, на які розподіляється взаємний шар то ширині (у більший ступені), причому при зривуванні ріст стійкості стримується зі зменшенням товщини шару твердого сплаву, який підлягає сколу. Зі збільшенням цих ділянок в межах конструкційних обмежень, зведенні витрати та штучний час падєє та різко зменшуються витрати інструменту та сплаву.

6. На підставі досліджень, проведених на важких горизонтально-росточувальних верстатах в умовах цеху, стримані нові моделі стійкості, відображаючи реальні імовірніснці процеси утрати працездатності фрез. При цьому вплив швидкості різання у 2 рази менший, ніж за чистим експериментом, в зв'язку з наявністю чисто випадкових відмов, не залежачих від швидкості, а також у зв'язку з d - безвідомляєм структурою фрези як системи.

7. Установлено, що нові фрези допускають збільшення глибини різання до 20 мм та подачі на зуб до 0,5 мм. За даними експлуатаційних спостережень при середньому році глибини різання у 2,5 рази та постійній стійкості отримано середній ріст продуктивності у 2,1 рази. При цьому коефіцієнт варіації стійкості знизився з 0,4 до 0,23.

8. Розроблена система багатокритеріальної оптимізації параметрів торцевих фрез для важких верстатів та режимів різання "N-Фрези", яка відзначається цілковитими функціями, грах влучили

розгляді зрізу, а також більш повним урахуванням психології ОПР. Виконана оптимізація 6 амлілик за 4 критеріями при паралелепіпедних, параметричних та нелінійних функціональних обмеженнях.

9. Для візуалізації результатів оптимізації з урахуванням необхідності утворення у ОПР релієф-образу варіації запропонована гранична тетраграма. Розроблена методика аналізу безлічі ефективних рішень, при чому починаємо, де доцільно використовувати частину у живої Парето, точки якої достатньо віддалені від окремих мінімумів.

10. У розглядаємих у ювак оптимальні значення перемінних для різних критеріїв оптимальності відрізняються майже удвічі. Тому існуючі нормативи необхідно доповнити розробленими таблицями, отриманими за допомогою системи "N-Фреза".

11. З урахуванням результатів функціонального маркетингу, дослідження динамічної стійкості, стійкості фрез, а також багатокритеріальної оптимізації розроблені нові конструкції фрез, оснащені тангенційно-ротаційними пластинками в визначальним образом орієнтованими канавками для розподілу зрізу.

12. Нові фрези поставлені на серійне виробництво на Сестро-рецькому інструментальному заводі та впроваджені в об'єднаннях ЗАТ "НКМЗ", ДМЗ (м. Дружківка), ЧЗВ (м. Миколаїв). Річний економічний ефект від впровадження фрез на ЗАТ НКМЗ складає 76194 л.о. (у цінах до 1991р.).

СПИСОК РОБІТ АВТОРА ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Методология системного проектирования инструмента/ Г.Л.Хзет, Г.С.Гузенко, Е.А.Подгора и др.; Под общ.ред. Г.Л.Хзета. - Краматорск: ДГМА, 1994. - 132 с.

2. Гузенко В.С., Подгора Е.А., Ансоов В.Л. Торцовая фреза с прогрессивной схемой фрезерования // Современная технология изготовления, восстановления и механической обработки деталей с покрытием // Тезисы докладов научно-технической конференции. - Киев: Обл-во "Знание" Украины, 1993. - С.42-43.

3. Гузенко В.С., Мироненко Е.В., Подгора Е.А. Фрезерование крупногабаритных и жестких деталей с большой глубиной резания // Технология ремонта машин и механизмов: Тезисы докладов конференции. - Киев: Обл-во "Знание" Украины, 1994. - С. 33

4. Хзет Г.Л., Гузенко В.С., Баран В.И., Подгора Е.А. Маркетинговое исследование с целью определения "свободной" части потребительский ниши новых тяжелонагруженных фрез // Сб.от./Отв.ред. В.Ф.Потапкина. - Краматорск: ДГМА, 1994. - Вып.2. - С.239-245.

5. Хзет Г.Л., Гузенко В.С., Мосогой В.И., Чуминов С.В., Подгора Е.А. Исследование надежности и разработка рациональной системы резцов в условиях СМПО // Надежность режущего инструмента: Сб.от./Отв.ред. В.С.Гузенко, Г.Л.Хзет. - Краматорск: ДГМА,

1994. - Вып. 5. - С.173-195.

6. Хаєт Г.Л., Подгора Е.А., Краснокутская Л.Ф. Производительность и цена нового инструмента // Надежность режущего инструмента: Сб. ст. / Отв. ред. В.С. Гузенко, Г.Л. Хаєт. - Краматорск: ДГМА, 1994. - Вып. 5. - С.27-33.

7. Хаєт Г.Л., Краснокутская Л.В., Подгора Е.А. Многокритериальная оптимизация параметров инструмента, режимов резания и обслуживания технологических систем // Компьютерные обучающие системы и тренажеры в новых технологиях подготовки специалистов: Тез. докл. Междунар. респ. науч.-метод. конф. - Краматорск: ДГМА, 1994. - С.89.

8. Хаєт Г.Л., Подгора Е.А., Краснокутская Л.В. Маркетинг, квалиметрия и оптимизация продукции // Проблемы и перспективы развития сертификации промышленной продукции: Тез. докл. конф. - Киев: Общ-во "Знание", 1995. С.49-60.

9. Хаєт Г.Л., Гузенко В.С., Вабин О.Ф., Подгора Е.А. Повышение виброустойчивости торцового фрезирования // Ресурсо- и энергоберегающие технологии в машиностроении: Тезисы докладов конференции. 5-7 сентября 1995 г., г.Одесса. - Киев: Общ-во "Знание", 1995. С.47.

10. Подгора Е.А. Многокритериальная оптимизация параметров торцовых фрез и режимов их эксплуатации // Прогрессивная техника и технологии машиностроения. Тезисы докладов международной научно-технической конференции. 12-15 сентября 1995 г. - Донецк: ДонГУ, 1995. - С.195-196.

11. Подгора Е.А., Черномаз В.Н. Функционально-ориентированный маркетинг на примере торцовых фрез для тяжелых станков // Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем. Тезисы докладов на 6-й научной конференции. - Краматорск: ДГМА, 1995. - С.12.

12. Подгора Е.А., Сухотва И.И. Оптимизация технологических систем на горизонтально-расточных станках // Надежность режущего инструмента и оптимизация технологических систем. Тезисы докладов на 6-й научной конференции. - Краматорск: ДГМА, 1995. - С.17.

13. Хаєт Г.Л., Краснокутская Л.В., Подгора Е.А. Использование систем многокритериальной оптимизации при обучении студентов // Новые технологии обучения: Тез. докладов междувузовской научно-методической конференции. - Краматорск: ДГМА, 1995. - С.61

14. Ансов В.Л., Подгора Е.А., Столбушкин Г.В. Программно-обеспечение статистической обработки данных по надежности систем и маркетингу в учебном процессе // Новые технологии обучения: Тез. докладов междувузовской научно-методической конференции. - Краматорск: ДГМА, 1995. - С.67.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Аннотация

Подгора Е.А. Исследование и многокритериальная оптимизация торцовых фрез для тяжелых станков. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01 - процессы механической обработки, станки и инструменты. Донбасская государственная машиностроительная академия. Краматорск, 1996.

Защитилось четырнадцать печатных работ. Данная работа посвящена повышению эффективности процесса торцового фрезерования за счет проведения функции в области маркетинга, исследования стойкости фрезы в связи с изменением среза по ширине, а также многокритериальной оптимизации параметров фрез и режимов их эксплуатации.

Осуществлена промышленная апробация разработок, приводятся данные об их эффективности.

Abstract

Elizaveta A. Podgora. The research and many criterion optimization of shell face milling cutters for heavy machine tools. Thesis for a degree of candidate of technical sciences, specialty 05.03.01 - processes of mechanical machining, machines and tools. Donbass State Machine-building Academy. Kratomorsk. 1996.

Fourteen published articles is protected. The given work is devoted to increase of efficiency of cutting milling process at the expense of execution of functional marketing, research of stability (resistance) face milling cutter in communication (connection) with divisor cut on width, as well as many criterion optimization of parameters face milling cutters and mode of their operations.

Industrial application of the developments is carried out; data of its efficiency are submitted.

Ключеві слова: функціонально-ср витований маркетинг, технологічна німа, торцева фреза, розподіл срезу по ширині, багатокритеріальна оптимізація.

Співшукач

Е.А. Підгора → Е.А. Підгора

Подп. в печать 25.04.96 г. формат 60x84/32. Бумага типографская.
Усл. печ. л. 1 тираж 100 экз. Заказ N 597

Ротапринт ДГМА, 348912, г. Краматорск, ул. Шагинцева, 92

080.080

436907

AB 35.030