

Manufacturing Engineering and Technology, Technical University Varna, 2003

АДАПТИВНО УПРАВЛЕНИЕ ЗА КОМПЕНСИРАНЕ НА СИЛОВИТЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СТРУГ С ЦПУ

ADAPTIVE CONTROL FOR COMPENSATION OF ELASTIC DEFORMATIONS WITH CNC LATHES

Доц. д-р В. И. Георгиев, инж. И. А. Четроков
Технически университет – София, филиал Пловдив

Abstract: This paper analyzes the possibilities for application of adaptive control for compensation of elastic deformation errors in technological system. The method is based on an experimental study of deformation errors depending on cutting feed f and depth of cutting a . The value of compensation has been determining through regression equation for elastic deformation of technological system.

Key words: mechanical engineering, adaptive control, elastic deformation error, compensation.

ВЪВЕДЕНИЕ

Реализирането на система за адаптивно управление (АУ) за компенсиране на силовите деформации се основава на отстраняване на възникналите грешки от деформации, чрез размерно поднастройване на технологичната система. Целта е да се запази постигнатото при статично размерно настройване разстояние между размерообразувачия режещ ръб на инструмента и технологичната база.

За реализиране на метода е необходим механизъм за малки реверсивни премествания, с който се извършва размерно поднастройване на инструмента. При съвременните машини с ЦПУ това може да се осъществи от работните органи на машината.

Известни са множество решения [1,2], при които величината Y с която се извършва поднастройването на системата се определя, като резултат от измерената силата на рязане F . Използува се факта, че силите възникнали при процеса механично обработване силно корелират с получаващите се силови деформации в системата машина – приспособление – инструмент – детайл (МПИД).

В настоящата работа се разглежда случай на АУ без контрол на силата на рязане в реално време. Определянето на величината за поднастройване на системата за компенсиране на силовите деформации се извършва по априорна информация, получена чрез моделиране на силовите деформации в зависимост от режима на

рязане и информация за прибавката, която се сменя при обработването.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Силовите деформации в системата МПИД зависят от възникналите сили в следствие на процеса рязане и от координатите на зоната на рязане.

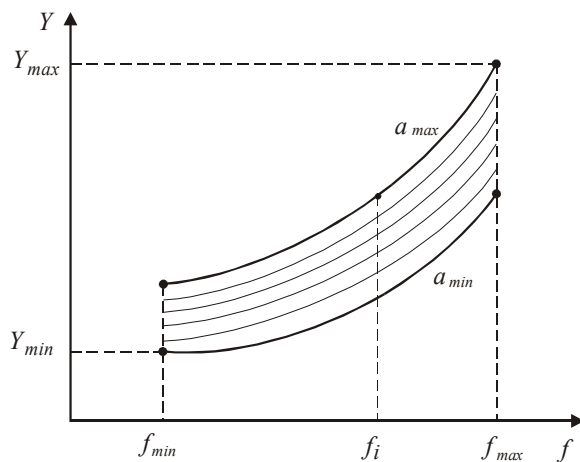
Моделът на силовите деформации се получава при изследване на влиянието на режима на рязане и координатите на зоната на рязане. Поради това, че при струговане работното пространство е цилиндрично, координатите на зоната на рязане се представят с диаметъра на детайла d и координатата z по дължина на детайла. За опростяване на задачата част от условията, определящи деформацията се приемат за постоянни. С това се намалява броя на променливите фактори в регресионния модел. В конкретния случай е прието $d=const$, $z=const$, $V_c=const$. Неизменни са също така режещия инструмент и материала на заготовката. В този случай променливи фактори са подаването f и дълбочината на рязане a .

Моделът на силовите деформации при тези предпоставки се представя от полинома:

$$Y = b_0 + b_1 a + b_2 f + b_3 a f + b_4 a^2 + b_5 f^2 \quad (1)$$

Графичната интерпретация на този полином е показана на фиг. 1.

Manufacturing Engineering and Technology, Technical University Varna, 2003



Фиг. 1

АУ за компенсиране на силвите деформации се свежда до определяне на стойността на деформациите Y_i при дълбочина на рязане a_i в диапазона a_{min} , a_{max} при подаване $f=const$ избрано в диапазона f_{min} , f_{max} . При така поставените условия решението на уравнение (1) за Y_i ни дава необходимата стойност на компенсацията.

Изборът на подаването f се определя от показателите за ефективност на обработването: производителност, себестойност, точност на размерите, точност на микрогеометричната форма и др.

Необходимо е да се намери решение, удовлетворяващо в максимална степен посочените изисквания.

Производителността на процеса ще е максимална ако се работи най голямото подаване за модела f_{max} .

Точността на получаваните размери зависи от разсейването на силвата деформация ωY . Известно е че съществува корелация между силата предизвикваща деформацията и разсейването и. При увеличаване на подаването f тази сила нараства. Следователно при работа с подаване f_{max} ще се получи по-малка точност на размерите от тази при работа с f_{min} .

По отношение на точността на микрогеометрията е известно, че при еднакви други условия, височината на микронеровностите е параболична функция на подаването:

$$R_z = cf^x; (x > 0) \quad (2)$$

Например за стругарски нож с кръгла режеща пластина с радиус r уравнението (2) има вида:

$$R_z = \frac{f^2}{8r} \quad (3)$$

Работата с по-малки стойности на подаването f осигурява по-добро качество на обработената повърхнина.

Като се имат в предвид изложените съображения, за всеки конкретен случай се избира необходимото подаване.

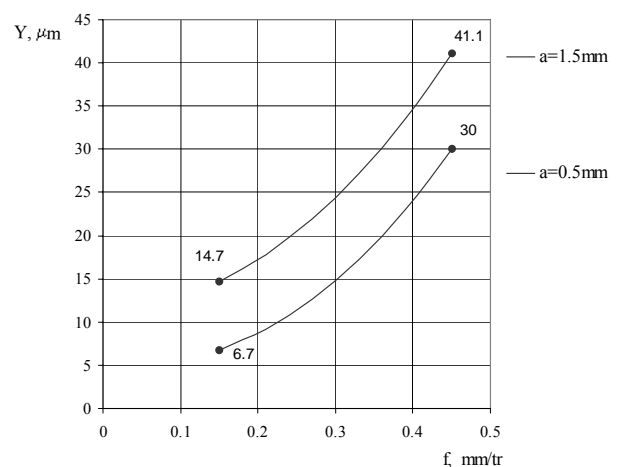
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТОДА

За експериментално изследване на описания метод за адаптивно управление, първоначално е извършен двуфакторен планиран експеримент за получаване на модел на силвите деформации в работното пространство на струг СТ161. Обработка се детайл с диаметър $d=100mm$. Скоростта на рязане е $V_c=80m/min$. Зоната на обработване е до задното седло на машината, като се приема $z=const$. Режещият инструмент е нож с механично закрепена твърдосплавна пластина, $\chi_i=75^\circ$. Променливите фактори са дълбочината на рязане a , която варира в диапазона $a_{min}=0,5mm$, $a_{max}=1,5mm$ и подаването f , съответно $f_{min}=0,15mm/tr$, $f_{max}=0,45mm/tr$. За планиране на експеримента и обработване на резултатите е използван програмен продукт EXPLAN V1.0, създаден по Темпус проект S_JEP-12417-97. Програмата извършва проверка за адекватност на модела.

Резултатите от това изследване се описват със следното уравнение на регресия:

$$Y = 11.2874 - 17.512a - 20.7793f + 10af + 12.0322a^2 + 155.9071f^2 \quad (4)$$

Графичната интерпретация на (4) е представена на фиг. 2.



Фиг. 2

Решаването на задачата за определяне на необходимата компенсация се свежда до определяне

Manufacturing Engineering and Technology, Technical University Varna, 2003

на деформацията Y от израза (4) при известно $f=const$ и стойност на прибавката a_i за конкретния случай.

Експерименталното изследване на метода е проведено при подаване $f=const=0,3mm/tr$, което е в центъра на плана на проведения експеримент за определяне на силовите деформации.

Извършени са 5 опита при дълбочини на рязане a_i в диапазона от a_{min} до a_{max} . Заготовката се установява в патронник и въртящ център. Обстъртва се стъпален участък в съответствие с дълбочината на рязане a_i за предстоящия опит. Настройва се машината, така че при първия участък да работи с дълбочина на рязане $0,02mm$. Заготовката се

обработва, като при достигане края на първия участък се извършва поднастройване със стойност Y_i , получена от израза (4) за избраното подаване f и дълбочина на рязане a_i за съответния опит. Обработва се втория участък от заготовката, което се явява участък с прибавка a_i .

С измервателен часовник със стойност на делението $0,001mm$ се отчита разликата в във височините на обработените стъпала. Полученият резултат представлява остатъчна деформация $Y_{ост}$.

Описаната процедура се повтаря за всеки опит. Резултатите от проведените опити са представени в Таблица 1.

Таблица 1.

a, mm	0.6	0.8	0.9	1.2	1.4
$Y, \mu m$	15	15	16	19	22
$Y_{ост}, \mu m$	6	8	6	7	11

От получените резултати се определя размаха на размера на обработената повърхнина R :

$$R = Y_{max} - Y_{min} = 5 \mu m \quad (5)$$

ИЗВОДИ

Експерименталното изследване на силовите деформации и метода за АУ ни дават основание да направим следните изводи:

1. Проведените експерименти показват, че прилагането на метода за компенсиране на силовите деформации в представения вид създава възможност за подобряване на точността на обработваната повърхнина.

2. Доказана е възможността за осъществяване на адаптивно управление с компенсиране на силовите деформации на основата на моделирането им по статистико-експериментален път.

REFERENCE

1. Адаптивное управление станками под ред. Балакшина Б. С, Москва, "Машиностроение", 1973.
2. Гатев Г. К, В. Георгиев, Г. Ненов, Специален курс по технология на машиностроенето, Русе, Печатна база ВТУ, 1981.
3. Колесов И. М, Основы технологии машиностроения, Москва, Высшая школа, 2001.