

Manufacturing Engineering and Technology, Technical University Varna, 2003

КОМПЛЕКСНО АДАПТИВНО УПРАВЛЕНИЕ ЗА СТАБИЛИЗИРАНЕ И КОМПЕНСИРАНЕ НА СИЛОВИТЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ МЕТАЛОРЕЖЕЩИ МАШИНИ С ЦПУ

COMPLEX ADAPTIVE CONTROL FOR STABILIZATION AND COMPENSATION OF FORCE DEFORMATIONS IN MACHINE-TOOLS EQUIPED WITH CNC

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

Abstract: This paper produces a method of reducing the errors resulting from force deformation in mechanical processing by means of CNC machine-tools. It is based on an experimentally determined and statistically valid pattern of the force deformations in a machine-tools working space. This method realize stabilization and compensation of deformations error.

Key words: Mechanical engineering, adaptive control, elastic deformation error, stabilization, compensation

ВЪВЕДЕНИЕ

Методът за комплексно адаптивно управление (АУ) на точността представлява обединяване на двата метода за стабилизиране и компенсирание на силовите деформации за съвместна работа. Целта е повишаване на ефективността от прилагане на АУ при механично обработване. В комплексните адаптивни системи (АС) се отстраняват основните недостатъци на стабилизирането и компенсирането на силовите деформации.

При АУ за стабилизиране на силовите деформации основен недостатък е ограничението на диапазона в който се извършва регулирането на подаването f . Това води до ограничение на възможностите за стабилизиране на еластичните деформации в технологичната система.

Основен недостатък при АУ за компенсирание на силовите деформации е неравномерното натоварване на технологичната система.

Съчетаването на двата метода води до намаляване на влиянието на посочените недостатъци и подобряване на показателите за ефективност на обработването.

В настоящата работа се разглежда случай на АУ без контрол на силата на рязане в реално време. Адаптивната система се базира на известен модел на силовите деформации в зависимост от елементите на режима на рязане и координатите на зоната на обработване.

МОДЕЛ НА АДАПТИВНОТО УПРАВЛЕНИЕ

За осъществяване на адаптивно управление е необходимо да е известно поведението на технологичната система при промяна на различни фактори и възможност за управлението и в зависимост от променящите се условия. При

металорежещите машини с ЦПУ е възможно да се реализира управление на подаването за стабилизация на деформациите и да се извършват малки премествания на режещия инструмент. Това може да се направи в програмен режим по предварително известни характеристики на системата, като програмата се изработва, така че да се елиминират грешките от силовите деформации.

Системата машина – приспособление – инструмент – детайл (МПИД) може да бъде отнесена към сложните многофакторни системи и пълното и описание е изключително сложно поради големия брой фактори, влияещи на нейното поведение. Една от възможностите за получаване на аналитичен израз, описващ връзката между деформацията на технологичната система и влияещите и променливи параметри е статистико-експериментално изследване на системата МПИД. Променливите параметри се свеждат до елементите на режима на рязане и координатите на зоната на рязане. В общия случай деформациите се описват с функция от вида:

$$Y = \varphi[a, f, v_c, M(x, y, z)]; \quad (1)$$

където: a е дълбочина на рязане;

f – подаване;

v_c – скорост на рязане;

x, y, z – координати на зоната на рязане.

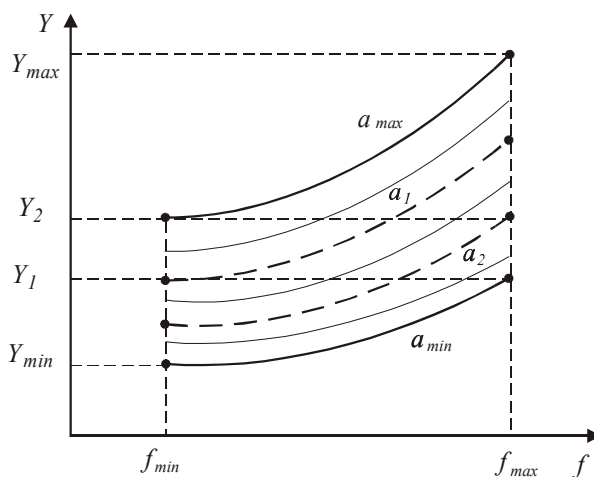
За по-проста интерпретация ще бъде разгледан модел на деформациите с два променливи фактора - дълбочина на рязане a и подаване f . Скоростта на рязане, координатите на зоната на рязане, инструментът и материалът на заготовката не се променят.

В този случай деформациите се описват с израз от вида:

Manufacturing Engineering and Technology, Technical University Varna, 2003

$$Y = b_0 + b_1 a + b_2 f + b_{12} a f + b_{11} a^2 + b_{22} f^2; \quad (2)$$

Експериментално е установено [3], че с израз от този вид е възможно да се построи адекватен модел на силовите деформации в технологичната система. Графичната интерпретация на (2) е представена на фиг 1.



Фиг. 1

В общият случай представен на фиг.1 не е възможно да се извърши пълно стабилизиране на силовите деформации за всички стойности на дълбочината на рязане от разглеждания модел (няма ниво на деформация Y при което да се пресичат всички криви за a в диапазона на подаване от f_{min} до f_{max}). При някои от възможните дълбочини на рязане е необходимо е да се извърши компенсиране на остатъчната деформация след стабилизиране на силовите деформации. Стойността на компенсиране се определя от израза:

$$Y_k = Y_c - Y_u \quad (3)$$

където: Y_k е стойност на компенсацията (остатъчна деформация);

Y_c – деформация при която се извършва стабилизиране;

Y_u – деформация изчислена от (2) за стойност на подаването f_i и прибавка a_i .

Знакът с който се получава Y_k определя посоката на компенсиране. При знак “-“ инструмента се премества в посока към детайла, при знак “+” посоката на преместване е навън от детайла.

Системата за АУ се настройва да работи при избрано ниво за стабилизиране на силовите деформации Y_c . Изборът на това ниво се определя

от показателите за ефективност на обработването: производителност, себестойност, точност на размерите, точност на микрогеометричната форма и др.

В зависимост от избраното ниво на деформация при комплексното АУ е възможно да се разгледат три характерни случая.

1. Избраното ниво на деформация е в диапазона от Y_2 до Y_{max} ($Y_2 < Y_c \leq Y_{max}$)

Стабилизирането на силовите деформации се извършва при подаване $f_i > f_{min}$. Увеличаването на стойността на избраната деформация води до ограничаване на диапазона в който се променя подаването. С нарастване на Y_c минималната стойност за f се увеличава.

Стойността на компенсацията Y_k определена от (3), в разглеждания участък заема положителни стойности. Компенсирането се извършва при работа с подаване $f = f_{max}$.

В граничния случай $Y_c = Y_{max}$, системата ще работи, като АУ за компенсиране на силовите деформации с подаване $f = f_{max}$.

В разглеждания случай ($Y_c > Y_2$), производителността на системата е по-висока поради работата с по високи стойности на подаването.

Точността на получаваните размери зависи от разсейването на силовите деформации ωY , като по-високите нива на деформация ще доведат до по-голямо разсейване на размерите.

2. Избраното ниво на деформация е в диапазона от Y_1 до Y_2 ($Y_1 \leq Y_c \leq Y_2$).

В този случай се използва целия диапазон на подаването за управление на силовите деформации с цел стабилизиране.

Стойността за компенсиране е възможно да заема както положителни, така и отрицателни стойности.

В граничния случай $Y_c = Y_1$ при дълбочини на рязане $a_i > a_1$ е необходимо компенсиране на силовите деформации, като се работи с подаване f_{min} и стойност на компенсация Y_k , определена за съответната дълбочина на рязане a_i .

В граничния случай $Y_c = Y_2$ при дълбочини на рязане $a_i < a_2$ е необходимо компенсиране на силовите деформации, като се работи с подаване f_{max} и стойност на компенсация Y_k , определена за съответната дълбочина на рязане a_i .

При работа с деформации в разглеждания диапазон адаптивната система работи по един от двата варианта, разглеждани за граничните случаи. Определяща е стойността на прибавката a_i .

Производителността на системата при разглеждания случай е по-ниска в сравнение с работата при по големи деформации. Ако приемем, че прибавката се разпределя по нормален закон от принципа на работа на системата следва, че ще се работи основно със средни стойности на подаването.

Manufacturing Engineering and Technology, Technical University Varna, 2003

Разсейването на получаваните размери се очаква да е по-малко от случай 1, поради работата с по-малки стойности на деформацията.

3. Избраното ниво на деформация е в диапазона от Y_{min} до Y_l ($Y_{min} < Y_c \leq Y_l$)

При този случай стабилизирането на силовите деформации се извършва при подаване $f_l < f_{max}$. Намаляването на стойността на избраната деформация води до ограничаване на диапазона, в който се променя подаването. С намаляване на Y_c максималната стойност на подаването при стабилизиране намалява.

Стойността на компенсацията Y_k определена от (3), в разглеждания участък заема отрицателни стойности. Компенсирането се извършва при работа с подаване $f = f_{min}$.

В граничния случай $Y_c = Y_{min}$, системата работи, като АУ за компенсиране на силовите деформации с подаване $f = f_{min}$.

Производителността на системата в разглеждания диапазон на Y_c е най-ниска поради работата с подавания близки до f_{min} .

Разсейването на получаваните размери следва да е по-ниско от другите два случая, поради ниските стойности на деформацията.

Комплексно адаптивно управление за намаляване на грешките от силови деформации е възможно да се реализира по описания модел, като се използват възможностите на металорежещите машини с ЦПУ за осъществяване на малки

премествания и задаване на стойности за подаването от порядъка на 0,01mm/tr.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеното теоретично изследване разглежда възможностите за разработване на комплексно адаптивно управление, работещо въз основа моделиране на силовите деформации при механично обработване.

Получените резултати показват, че предложеният алгоритъм дава възможност за съчетаване на положителните страни на метода за стабилизиране на силовите деформации с разширяване на адаптивното управление, чрез включване на компенсация на силовите деформации извън допустимия диапазон за регулиране на подаването.

REFERENCES

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. Георгиев В. И, И. А. Четрков, Изследване на силовите деформации в работното пространство на металорежещи машини ЦПУ, Известия на ТУ Пловдив, том 10, серия "Машиностроене", Пловдив, 2003.