

А. Л. АРШАКЯН

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ПОМОЩЬЮ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЕМ

В ГПС на токарных станках с ЧПУ одной из важнейших задач является обеспечение автоматического цикла работы оборудования. Длинная, неудобная стружка может создавать аварийные ситуации на станках. Предлагается математическая модель адаптивного управления технологическим процессом, где управляемым параметром является коэффициент деформации стружки. Модель позволяет управлять видом и размерами получаемой стружки, тем самым обеспечивая непрерывное выполнение процесса резания на оптимальных режимах резания.

Ключевые слова: адаптивное управление, коэффициент деформации, надежность технологического процесса, управляемый параметр, неперетачиваемые пластинки.

Гибкие производственные системы (ГПС) являются наиболее передовыми и используются при автоматизации многономенклатурного производства. Они позволяют повысить качество обрабатываемой детали, сократить потребность в рабочей силе, необходимое количество технологической оснастки и расходы при обработке другой заготовки.

Основным оборудованием, используемым в ГПС, являются станки с ЧПУ, в частности токарные. Стабильность хода технологического процесса в основном зависит от процесса стружкообразования, в частности, от вида и размеров получаемой стружки. При “безлюдной” технологии возникает необходимость обеспечения непрерывного образования стружки, не мешающей автоматическому циклу производства.

Одним из способов получения удобной для удаления и транспортировки формы стружки является использование резцов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин (МНП) со сложной формой стружкозавивающих элементов на передней поверхности. Эти резцы являются основным и наиболее прогрессивным инструментом, применяемым на токарных станках с ЧПУ. При благоприятном сочетании режимов резания резцы с МНП в широком диапазоне дают хорошую форму стружки. Наиболее распространенными являются трехгранные и четырехгранные МНП ВНИИ, которые используются на предприятиях республики в ГПС токарной обработки.

В ГПС при обработке конструкционных и легированных сталей некоторые параметры технологического процесса (ТП) меняются в процессе резания (величина припуска, твердость заготовки, состояние режущего инструмента (РИ) и т.д.). Следовательно, возникает необходимость поддержания основных параметров ТП на стабильном, оптимальном уровне, тем самым обеспечивая стабильность всей технологической системы.

Эту задачу можно решить с помощью управления процессом стружкообразования.

Наиболее эффективным способом управления ТП в ГПС является адаптивное управление (АУ) [1]. Предлагаемая модель АУ ТП состоит из известных уравнений теории резания, которые представлены в виде степенных связей:

$$T = CV^{x_1} S^{x_2} t^{x_3}, \quad \lg T = \lg C + x_1 \lg V + x_2 \lg S + x_3 \lg t,$$

где T – показатель ТП; V – скорость резания; S – подача и t – глубина резания.

В качестве параметра, характеризующего вид и размеры стружки, предлагается коэффициент ее деформации (КДС). Этот же параметр характеризует и надежность ТП. Следовательно, в адаптивной системе управления КДС является управляемым параметром.

Экспериментальным путем установлены интервальные значения КДС для трехгранных и четырехгранных МНП ВНИИ. Эксперименты проводились на станке 16К20Т1-02, материал – сталь 45. Для трехгранных МНП КДС=1,75 ... 1,89, а для четырехгранных: КДС=1,90 ... 1,98 [2].

Измеряемым параметром в модели адаптивного управления выбрана основная составляющая силы резания P_z . При составлении модели ТП в качестве ограничений включены также параметр шероховатости R_z , скорости износа инструмента q и кинематические характеристики станка. Все связи между параметрами ТП и режимами установлены с помощью факторного эксперимента 2^3 и метода наименьших квадратов. Гипотезы однородности оценки дисперсий определялись согласно критерию Кохрана, а проверка адекватности моделей проводилась с помощью критерия Фишера.

Как показали результаты расчетов коэффициентов регрессии, получены системы уравнений для:

- трехгранных пластин :

$$\begin{aligned} \lg \text{КДС} &= 0,2999 - 0,034 \lg V - 0,1242 \lg S - 0,0235 \lg t, \\ \lg R_z &= 2,2935 - 0,1049 \lg V + 1,9849 \lg S - 1,0035 \lg t, \\ \lg P_z &= 2,7615 - 0,2659 \lg V + 0,7956 \lg S + 10,441 \lg t, \\ \lg q &= -13,731 + 5,0 \lg V + 1,0 \lg S + 0,75 \lg t; \end{aligned} \quad (1)$$

- четырехгранных пластин :

$$\begin{aligned} \lg \text{КДС} &= 0,4149 - 0,0963 \lg V - 0,158 \lg S - 0,0071 \lg t, \\ \lg R_z &= 1,9501 - 0,0109 \lg V + 1,454 \lg S - 0,4047 \lg t, \\ \lg P_z &= 2,8628 - 0,2649 \lg V + 0,9788 \lg S + 13,844 \lg t, \\ \lg q &= -13,731 + 5,0 \lg V + 1,0 \lg S + 0,75 \lg t. \end{aligned} \quad (2)$$

Для управления ходом ТП необходимо установить связь между измеряемым и управляемым параметрами ТП. В результате математических преобразований установлены следующие зависимости между P_z и КДС:

- для трехгранных МНП :

$$\lg \text{КДС} = -0,0625 + 0,1312 \lg P_z - 0,2286 \lg S - 1,3939 \lg t;$$

- для четырехгранных МНП :

$$\lg \text{КДС} = -0,6258 + 0,3635 \lg P_z - 0,5138 \lg S - 5,04 \lg t.$$

Следовательно, измеряя величину P_z (N), с помощью активного контроля можно управлять процессом образования стружки, для которого КДС находится в установленном диапазоне. При этом параметры R_z и q участвуют в модели ТП в качестве ограничений на режимы резания.

Включая в математическую модель в качестве целевой функции часть себестоимости, которая связана с режимами резания, можно сформулировать задачу оптимизации с АУ ТП. Эта задача линейного программирования записывается в следующем виде:

$$\frac{1}{V \cdot S} \frac{\pi d l}{1000} \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} \lg \tilde{N}_{\min} \leq D_1 + a_1 \lg P_z + b_1 \lg S + c_1 \lg t \leq \lg \tilde{N}_{\max}, \\ \lg P_z = D_2 + a_2 \lg V + b_2 \lg S + c_2 \lg t \leq \lg P_{z\tilde{a}\tilde{n}} (N \leq N_{\tilde{a}\tilde{n}}), \\ \lg q = D_3 + a_3 \lg V + b_3 \lg S + c_3 \lg t \leq \lg q_{\tilde{a}\tilde{n}}, \\ \lg R_z = D_4 + a_4 \lg V + b_4 \lg S + c_4 \lg t \leq \lg R_{z\tilde{a}\tilde{n}}. \end{cases} \quad (3)$$

Уравнения модели приведены в системах (1) и (2).

Следовательно, данная система АУ позволяет управлять видом и размерами стружки для надежного выполнения ТП и безотказной работы ГПС. При этом система обеспечивает выполнение процесса резания на оптимальных режимах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптивное управление станками / Под ред. **Б.С. Балакшина**. - М.: Машиностроение, 1973. - 683 с.
2. **Аршакян А. Л., Еременко И. В.** Установление предельных значений режимов резания по коэффициенту деформации стружки // Новая технология, оснастка и инструмент для механической обработки и сборки: Материалы семинара/ МДНТП.-М., 1990.-С. 49-54.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 31.03.1997.

Ա.Լ. ԱՐՇԱԿՅԱՆ

ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՀՈՒՍԱԼԻՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՈՒՄԸ ՏԱՇԵՂԱԳՈՑԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ԱՐԱՊՏԻՎ ԿԱՌԱՎԱՐՄԱՄԲ

Ճկուն ավտոմատացված համակարգերում խառատային ԹՕԿ հաստոցների վրա մշակման ժամանակ հիմնական խնդիրներից է հաստոցի ավտոմատացված աշխատանքային ցիկլի ապահովումը: Սահքի երկար, անհարմար տաշեղը հաստոցի վրա կարող է ստեղծել վթարային իրավիճակ: Առաջարկվում է տեխնոլոգիական գործընթացի ադապտիվ կառավարման մաթեմատիկական մոդել, որտեղ կառավարվող պարամետրը տաշեղի դեֆորմացման գործակիցն է: Մոդելը թույլ է տալիս կառավարել ստացվող տաշեղի ձևը և չափերը՝ դրանով ապահովելով օպտիմալ ռեժիմներով կտրման գործընթացի անխափան կատարումը:

A.L. ARSHAKYAN

INCREASING OF A TECHNOLOGICAL PROCESS RELIABILITY BY ADAPTIVE CONTROL OF CHIP FORMATION PROCESS

In flexible automated systems, while processing on the NC lathe machines, one of the key tasks is the provision of the automated working cycle of the lathe. The continuous and uncomfortable chip may cause an emergency situation. The article presents a mathematical model of adaptive control of the technological process in which the chip deformation coefficient is the parameter to be controlled.