

но $j = 57,26; 61,06; 65,24 \frac{\text{кг}}{\text{мм}}$.

Расчетные и опытные данные имеют некоторое расхождение, что следует объяснить недостатками в изготовлении винтовых шариковых пар на ГЗФС.

Увеличение предварительного натяга в передаче "в.г.к.", повышая жесткость передачи, ведет к более интенсивному износу и снижению к.п.д., поэтому выбор оптимальной величины натяга весьма важен.

Литература

1. Левит Г.А. Передачи винт-гайка качения. "Станки и инструмент", 1963, № 5.

УДК 621.91: 534.1: 517.9.

**Е.М.Маркуни, Е.В.Бурмистров,
Е.П.Тякунова**

ОБ ОПТИМАЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТОЧЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Известно, что на чистоту обработки большое влияние оказывают вибрационные движения режущего инструмента и обрабатываемой детали.

В связи с этим особое значение приобретают задачи, связанные со стабилизацией упомянутых движений.

В статье сформулирована задача оптимальной стабилизации процесса точения конструкционных материалов с учетом влияния следа, оставленного инструментом в течение предыдущего оборота.

1. Предварительные замечания

Вибрационные движения резца, как видно из представленной на рис.1 схемы осевого резания буртика лопаточным резцом,

могут быть описаны следующими уравнениями:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2h \frac{dy}{dt} + \omega_c^2 y = \frac{1}{m} f_y(t), \quad (1)$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + 2h \frac{dz}{dt} + \omega_c^2 z = \frac{1}{m} f_z(t),$$

где $f(t)$ - возмущающая сила (кГ)

$$f_y(t) = P_y = A a(t) \quad (2)$$

$$f_z(t) = P_z = B a(t).$$

A, B - коэффициенты (кГ/см), $2h = \frac{2\eta_0}{m}$,

m - масса ($\frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}^2}{\text{см}}$),

η_0 - коэффициент, характеризующий затухание ($\frac{\text{кГ} \cdot \text{сек}}{\text{см}}$),

$\omega_c = \sqrt{\frac{c}{m}}$ - собственная частота ($\frac{1}{\text{сек}}$),

c - жесткость ($\frac{\text{кГ}}{\text{см}}$).

В уравнении (1,2) $a(t)$ - толщина среза, определяемая, как видно из рис.2, равенством

$$a(t) = a_0 - \Delta z(t) + \Delta z(t - \tau) + u(t), \quad (3)$$

где a_0 - толщина среза, определяемая подачей резца за один оборот, детали S_0 , для рассматриваемого случая $a_0 = S_0$;

$\Delta z(t)$ - изменение толщины среза за счет вибраций на данном обороте;

$\Delta z(t - \tau)$ - изменение толщины среза за счет вибраций на предыдущем обороте (влияние следа);

$u(t)$ - управляющее воздействие.

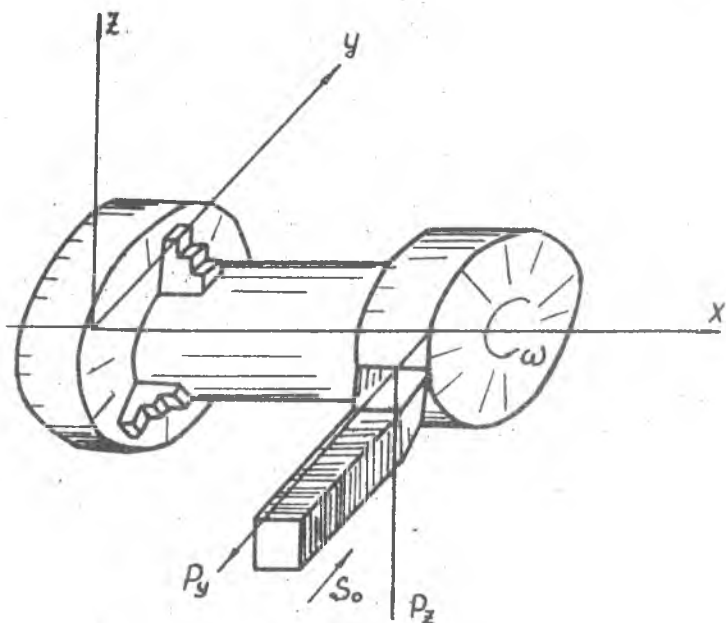


Рис. I Схема свободного течения кольцевого буртика лопаточным резцом

$$\Delta z(t) = \sqrt{z^2(t) + [z_0 + y(t)]^2} - z_0 =$$

$$= z_0 \sqrt{1 + \frac{z^2(t)}{z_0^2} + 2 \frac{y(t)}{z_0} + \frac{y^2(t)}{z_0^2}} - z_0 =$$

$$= \frac{z_0}{2} \left[\frac{z^2(t)}{z_0^2} + 2 \frac{y(t)}{z_0} + \frac{y^2(t)}{z_0^2} \right];$$

$$\Delta z(t-\tau) = \frac{z(t-\tau)}{2} \left[\frac{z^2(t-\tau)}{z^2(t-\tau)} + 2 \frac{y(t-\tau)}{z(t-\tau)} + \frac{y^2(t-\tau)}{z^2(t-\tau)} \right]$$

Тогда (3) примет вид

$$a(t) = a_0 - \frac{z_0}{2} \left[\frac{z^2(t)}{z_0^2} + 2 \frac{y(t)}{z_0} + \frac{y^2(t)}{z_0^2} \right] + \frac{z(t-\tau)}{2} \left[\frac{z^2(t-\tau)}{z^2(t-\tau)} + 2 \frac{y(t-\tau)}{z(t-\tau)} + \frac{y^2(t-\tau)}{z^2(t-\tau)} \right] + u(t), \quad (4)$$

$$z_0 = R_{\text{нач.}} - \frac{\omega t}{2\pi} S_0; \quad z(t-\tau) = R_{\text{нач.}} - \frac{\omega(t-\tau)}{2\pi} S_0.$$

Если пренебречь колебаниями вдоль оси Z , то $\Delta z(t) = y(t)$, следовательно:

$$a(t) = a_0 - y(t) + y(t-\tau) + u(t). \quad (5)$$

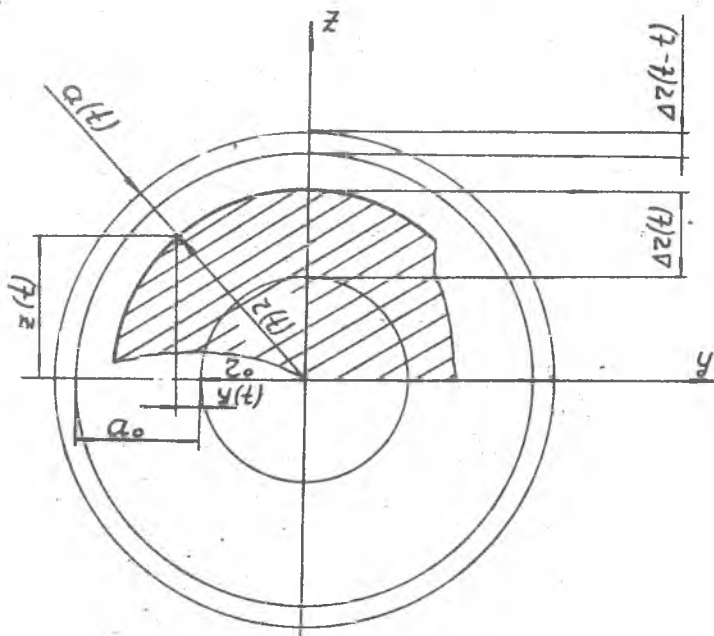


Рис. 2. К определению толщины среза с учетом колебаний резца и следа, оставленного им на поверхности резания в течение предшествующего оборота детали

2. ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

Уравнения (I) могут быть представлены в виде:

$$\frac{dx_4}{dt} + 2hx_4(t) + \omega_c^2 x_3(t) = \frac{1}{m} f_y(t) \quad (6)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = x_4(t)$$

$$\frac{dx_2}{dt} + 2hx_2(t) + \omega_c^2 x_1(t) = \frac{1}{m} f_z(t)$$

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2(t)$$

или

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2(t)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{1}{m} f_z(t) - 2hx_2(t) - \omega_c^2 x_1(t) \quad (7)$$

$$\frac{dx_3}{dt} = x_4(t)$$

$$\frac{dx_4}{dt} = \frac{1}{m} f_y(t) - 2hx_4(t) - \omega_c^2 x_3(t),$$

где

$$\frac{1}{m} f_z(t) = [a_0 - y(t) + y(t-\tau) + u(t)] A,$$

$$\frac{1}{m} f_y(t) = [a_0 - y(t) + y(t-\tau) + u(t)] B. \quad (8)$$

В соответствии с работами [1 - 4] задачу оптимальной стабилизации процесса течения и растачивания можно сформулировать следующим образом:

Задача автоматического конструирования регуляторов для процессов течения и расточки состоит в том, чтобы найти такое управляющее воздействие $u(t)$ в (7), при котором все решения системы (7) асимптотически устойчивы, а функционал

$$J(u) = \int_0^{\infty} [\dot{x}^2(t) + y^2(t) + u^2(t)] dt$$

принимает наименьшее значение.

В работе [1] указано, что оптимальное управляющее воздействие $u(t)$ имеет вид

$$u(t) = \sum_{i=1}^4 \alpha_i X_i(t) + \sum_{i=1}^4 \int_{-T}^0 \beta_i(\nu) X_i(t+\nu) d\nu, .$$

где α_i - постоянные коэффициенты, $\beta_i(\nu)$ - искомые функции, определяющие структуру оптимального управления [1].

Предполагается, что решение приведенной выше задачи и ее осуществление на практике в значительной мере снизит вибрации, что даст возможность повысить чистоту обработки, уменьшить расход инструмента, повысить производительность труда.

Литература

1. Красовский Н.Н. Об аналитическом конструировании оптимального регулятора в системах с запаздыванием времени ПММ, 26, вып. 1, изд. АН СССР, 1962.
2. Летоу А.М. Автоматическое конструирование регуляторов "Автоматика и телемеханика" 4, изд. АН СССР, 1960.
3. Альбрехт Э.Г., Шелементьев Г.С. Лекции по теории стабилизации. Изд. Уральского университета. Свердловск, 1972.
4. Маркунии Е.М. Оптимальные системы автоматического регулирования с запаздыванием по времени. Изд. Саратовского университета, 1971.