

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ДОВОДКИ ШАРИКОВ

Угольников А.А.

Автоматизированное управление процессом доводки шариков между двумя чугунными дисками может быть осуществлено с учетом системы СПИД станка, первоначальной некруглости шариков, давления между дисками, частоты вращения нижнего доводочного диска и т.д..

В первом приближении и с учетом возникающих перемещений упругая система станка моделируется 3-х массовой системой m_1, m_2, m_3 с относительным перемещением элементов по четырем обобщенным координатам X_1, X_2, X_3, X_4 (рис.1). Все элементы данной системы взаимно связаны через контактирующие поверхности. Характер этих связей определяется расположением точек базирования, контактной жесткостью j_i , демпфированием h_i и удельным давлением P_3 и P_4 в стыках.

Выходной характеристикой численных решений уравнений динамического равновесия масс m_i при принятом условии, что вынужденные колебания зависят от некруглости шариков $X_3 + X_4 = A_0 \sin \omega t$, является изменение усилия прижима P от времени доводки при заданной частоте вращения ω_d , которая может быть использована для управления процессом доводки.

$$A_0 = A + a_0(1 - e^{-a_1 t}), \quad (1)$$

где A_0 - средняя некруглость исходных шариков;

A - заданная некруглость после доводки;

a_0 - параметр, характеризующий допустимую точность доводки A ост., т.е. при $t \rightarrow \infty$ $A_{ост.} = A_0 - a_0$, и зависящий от P и ω_d ;

a_1 - параметр, характеризующий производительность доводки (чем больше a_1 , тем скорее $A = A_{ост.}$);

t - время доводки;

τ - период колебаний.

Частота вращения шариков ω связана с частотой вращения нижнего доводочного диска ω_d в начале и конце процесса доводки соотношением [2].

$$\omega = \frac{\omega_d}{i_1} = \frac{\omega_d}{(1,54 + 1,84)}, \quad (2)$$

где i_1 - передаточное отношение, зависящие от формы дорожки и относительного проскальзывания в начале и конце процесса доводки. Уравнения равновесия данной динамической системы

$$\begin{aligned} & -2\omega_3 C_3 M_{13} \omega L_1 - \omega_3^2 M_{13} N_1 + 2\omega_4 C_4 M_{23} \omega L_2 + \omega_4^2 M_{23} N_2 + \\ & + 2(\omega_3 C_3 M_{13} + \omega_4 C_4 M_{23}) \omega L_3 + (\omega_3^2 M_{13} + \omega_4^2 M_{23}) N_3 = 2\omega_4 C_4 M_{23} \omega A_0; \\ & -\omega_2^2 M_{13} L_1 + 2\omega_3 C_3 M_{13} \omega N_1 + \omega_4^2 M_{23} L_2 - 2\omega_4 C_4 M_{23} \omega N_2 + \\ & + (\omega_3^2 M_{13} + \omega_4^2 M_{23}) L_3 - 2\omega(\omega_3 C_3 M_{13} + \omega_4 C_4 M_{23}) N_3 = \omega_4^2 M_{23} A_0; \\ & 2\omega(\omega_1 C_1 + \omega_3 C_3) L_1 + (\omega_1^2 + \omega_3^2 - \omega^2) N_1 - 2\omega_3 C_3 \omega L_3 - \omega_3^2 N_3 = 0; \\ & 2\omega(\omega_2 C_2 + \omega_4 C_4) L_2 + (\omega_2^2 + \omega_4^2 - \omega^2) N_2 + 2\omega_4 C_4 \omega L_3 + \omega_4^2 N_3 = 2\omega_4 C_4 \omega A_0; \\ & (\omega_1^2 + \omega_3^2 - \omega^2) L_1 - 2(\omega_1 C_1 + \omega_3 C_3) \omega N_1 - \omega_3^2 L_3 + 2\omega_3 C_3 \omega N_3 = 0; \\ & (\omega_2^2 + \omega_4^2 - \omega^2) L_2 - 2\omega(\omega_2 C_2 + \omega_4 C_4) N_2 + \omega_4^2 L_3 - 2\omega_4 C_4 \omega N_3 = \omega_4^2 A_0 \end{aligned}$$

где ω_i - собственные частоты элементов системы в месте контакта и $\omega_{ij} = \sqrt{c_{ij}/m_i}$; C_i - коэффициенты демпфирования в месте контакта и $C_i = h_i/2\sqrt{j_i m_i}$; M_{13} и M_{23} - отношение масс системы $M_{13} = m_1/m_3$; $M_{23} = m_2/m_3$; L_i и N_i - постоянные коэф., зависящие от свойств технологической системы станка и частоты воздействия возбуждающих колебаний.

Литература:

1. Угольников А.А., Махаринский Е.И. Оптимизация процесса доводки шариков. - В сб.: Машиностроение, Мн.: Высшая школа, 1980, вып. 5, с.62 - 68.
2. Угольников А.А. Влияние отклонений геометрической формы шариков на относительное проскальзывание при обработке между двумя чугунными дисками. - В сб.: Машиностроение, Мн.: Высшая школа, 1979, вып.2, с.111 - 113.

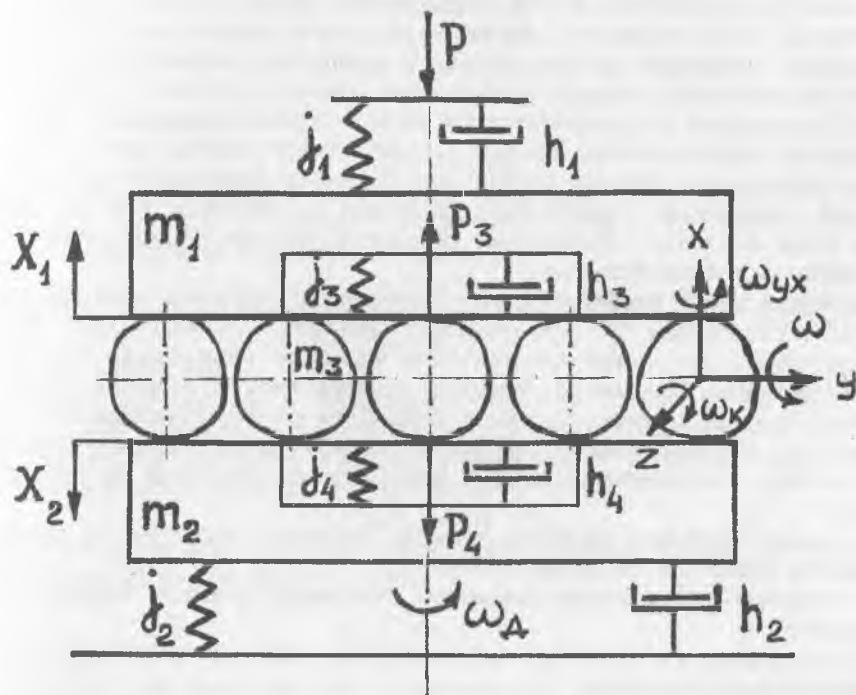


Рис. 1. Система СПИД шарикодоводочного станка.