РАСЧЕТНАЯ СХЕМА И ОБЩИЕ УРАВНЕНИЯ, ОПИСЫВАЮЩИЕ ДИНАМИКУ ПРОЦЕССА ППД

Т.Н. Мироненко, **П.Ф. Котиков**

Разработана динамическая модель процесса ППД, согласно предложенного способа обработки, с учетом основных динамических параметров, влияющих на процесс поверхностного пластического деформирования при обработке некруглых деталей. Анализ разработанной модели, с целью определения динамических параметров системы, при осуществлении упругих перемещений детали и инструмента в одной фазе и с одной амплитудой, позволяет определять оптимальные значения динамических параметров детали инструмента.
Получено общее решение уравнений динамической модели процесса ППД, которое позволяет определить упругие перемещения детали и инструмента при различных динамических параметров системы.

Ключевые слова: совмещенная обработка, комбинированный инструмент, размерно-совмещенное обкатывание.

При расчете динамический характеристик упругой системы станка исходят из уравнений движения этой системы, представленной в виде определенной механической модели, состоящей из определенных сосредоточенных масс, соединенных упругими и диссипативными связями. Такая замена оправдывается тем, что основные узлы станка представляют собой тяжелые и жесткие тела, движущиеся в процессе упругих перемещений как единое целое. в связи с этим, принимаем, что все массы исследуемого объекта (инструмент, деталь), сосредоточены в центре масс.

При осуществлении процесса ППД упругим деформациям подвержены в основном деталь и инструмент. Поэтому, максимально упрощая расчетную схему принимаем ее как двухмассовую.

При этом упругое взаимодействие детали и инструмента представляется как упругая система, вызванная упругими деформациями детали.

Возмущающая сила $F\sin\omega t$ действует на деталь.

За обобщенные координаты принимает относительные перемещения масс, отсчитываемые от начала координат, расположенных в центре каждой массы.

Уравнения Лагранжа для рассматриваемой системы имеют вид

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_1}=\frac{\partial \Pi}{\partial x_1}-\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_1}+Q_{X1};$$

$$(1.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}=\frac{\partial \Pi}{\partial x_2}-\frac{\partial \Phi}{\partial x_2}+Q_{X2}$$

Система находится в предварительно деформированном состоянии силой Р и предварительные натяги определяются

$$\Delta_1 = \frac{P}{\kappa_1};\quad \Delta_2 = \frac{P}{\kappa_2};\quad \Delta = \frac{P}{\kappa},$$

где Δ_1 - предварительный натяг упругого элемента при закреплении детали;

Δ_2 - предварительный натяг упругого элемента инструмента;

Δ - предварительный натяг упругого элемента зоны контакта детали и инструмента.

Кинетическая энергия Т, потенциальная энергия П и функция рассеивания Ф рассматриваемой системы определится следующим образом.

$$T = \frac{m_1 \ddot{x}_1^2}{2} + \frac{m_2 \ddot{x}_2^2}{2};$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0;\quad \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0;$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = m_1 \ddot{x}_1;\quad \frac{\partial T}{\partial t}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = m_2 \ddot{x}_2;$$

$$\Pi = \int_0^{x_1} P(x_1)dx_1 + \int_0^{x_2} P_2(x_2)dx_2 + \int_0^{x} P(x)dx.$$

При постоянной жесткости упругих элементов потенциальная энергия определяется

$$\Pi = \frac{\kappa_1(x_1+\Delta_1)^2}{2} + \frac{\kappa_2(\Delta_2 - x_2)^2}{2} + \frac{\kappa(\Delta + x_2 - x_1)^2}{2};$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial x_1} = \kappa_1(x_1+\Delta_1) - \kappa(\Delta + x_2 - x_1);$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial x_2} = -\kappa_2(\Delta_2 - x_2) + \kappa(\Delta + x_2 - x_1);$$

Функция рассеивания

$$\Phi = \frac{c_1 \dot{x}_1^2}{2} + \frac{c_2 \dot{x}_2^2}{2} + \frac{c(\dot{x_1 - x_2})^2}{2};$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_1} = c_1 \dot{x}_1 + c\left(\dot{x}_1 - \dot{x}_2\right);\qquad \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_2} = c_2 \dot{x}_2 - c\left(\dot{x}_1 - \dot{x}_2\right)$$

Обобщенная сила

$$\delta x_1 \neq 0; \quad \delta x_2 = 0;$$

$$Q_{x1} = \frac{\delta A x_1}{\delta x_1} = \frac{F \sin \omega\, t \cdot \delta x}{\delta x} = F \sin \omega\, t$$

$$\delta x_2 \neq 0; \quad \delta x_1 = 0;$$

$$Q_{x1} = 0.$$

Окончательно дифференциальное уравнение вынужденных колебаний системы имеет вид

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_1(x_1 + \Delta_1) - k(\Delta + x_2 - x_1) + c_1 \dot{x}_1 + c\left(\dot{x}_1 - \dot{x}_2\right) = F \sin \omega\, t$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + k_2(x_2 + \Delta_2) + k(\Delta + x_2 - x_1) + c_2 \dot{x}_2 + c\left(\dot{x}_1 - \dot{x}_2\right) = 0.$$

С учетом следующего ограничения при

$$\Delta + x_2 - x_1 = \alpha \prec 0 \Rightarrow \alpha = 0$$

Литература

1. *Шнейдер Ю.Г.* Инструмент для чистовой обработки металлов давлением. Л.: Машиностроение, 1970.-248с.
2. *Браславский В.М.* Технология обкатки крупных деталей роликами. М.: Машиностроение, 1975.-160с.
3. Вибрации в технике. М.: Машиностроение, 1978-1979, т.т.1-2.
4. *Ананьев И.В., Тимофеев П.Г.* Колебания упругих систем в авиационных конструкциях и их демпфирования. М.: 1965.-526с.
5. *Мироненко Т.Н.* Динамическая модель процесса поверхностного пластического деформирования / *Мироненко Т.Н., Котиков П.Ф.* //43-я студенческая научно-техническая конференция.Могилев.22-26 мая 2007 г., Могилев 2007.

Мироненко Татьяна Николаевна
Студент машиностроительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилёв
Котиков Петр Филиппович
Доцент кафедры металлорежущие станки и инструменты, канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет, г. Могилёв
Тел.: +375(222) 26-60-31