

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ФРИКЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація

Розроблена динамічна модель пружної системи верстата під час фрикційного зміцнення містить ряд схем розрахунків, залежностей та системи диференціальних рівнянь, що описують динамічні процеси, які відбуваються у процесі обробки циліндричних поверхонь деталей використовуючи інструмент з поперечними пазами на його робочій частині.

Ключові слова: фрикційна обробка, нанокристалічний шар, математична модель, поверхневе зміцнення

Один з методів підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин є створення у їх поверхневих шарах нанокристалічних структур. Формування нанокристалічних структур у поверхневих шарах масивних деталей можливе за рахунок дії висококонцентрованих джерел енергії [1, 2]. Фрикційна обробка відноситься до методів поверхневого зміцнення з використанням висококонцентрованих джерел енергії. Такий потік енергії формується у зоні контакту інструмент-деталь за рахунок високошвидкісного тертя (60-90 м/с) інструмента по оброблюваній поверхні. Метал поверхневого шару локально нагрівається з високими швидкостями до температури аустенізації. Після переміщення джерела енергії поверхневий шар швидко охолоджується за рахунок відводу тепла у глибину деталі. За рахунок тертя інструменту у зоні контакту інструмент-деталь проходить зсувне деформування металу у поверхневих шарах деталі. У поверхневих шарах металу формується нанокристалічний зміцнений (білий) шар.

За кінематикою процесу фрикційна обробка подібна до шліфування. Зміцнення циліндричних поверхонь проводили на модернізованому токарному верстаті на якому замість різцетримача встановлюється спеціальний пристрій для автономного приводу інструменту. Усі рухи верстата збережені (рис. 1). У процесі фрикційної обробки інструмент притискається з певною силою до оброблюваної поверхні. Для збільшення зсувного деформування металу поверхневого шару оброблюваної деталі на робочій поверхні інструменту були нанесені поперечні пази, які забезпечували повний вихід інструменту з контакту оброблюваною поверхнею [3].

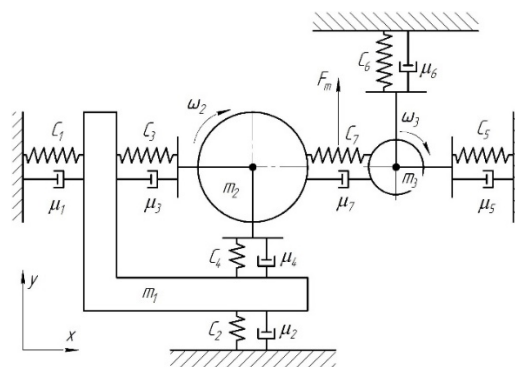


Рис. 1 – Розрахункова схема верстата

Для дослідження динамічних процесів, які проходять під час фрикційного оброблення круглих поверхонь розробляємо розрахункову схему пружної системи верстата, яка представляє собою тримасову модель. Взаємозв'язок між окремими масами описуються пружними і демпфуючими зв'язками. Ударні навантаження, які виникають між оброблюваною поверхнею деталі та робочою поверхнею інструменту (вертикальні) змодельовані за допомогою контактної жорсткості (c_7) та демпфування енергії (μ_7) локального пружно-пластичного деформування

поверхні деталі [4].

Під час формування математичної моделі приймемо наступні припущення: вважатимемо, що закон зміни жорсткості в пружних елементах системи не виходить за межі лінійності і відповідає закону Гука. Це виправдано за умови реалізації малих відхилень пружини від положення рівноваги; механічну систему верстата розглядатимемо як таку, що складається з абсолютно твердих тіл, з'єднаних ідеальними голономними в'язями та пружними елементами строго визначеної жорсткості; у динамічну модель у вигляді демпферів введемо коефіцієнти в'язкого тертя, які пропорційні швидкості переміщення рухомих повзунів вздовж відповідних напрямних осей та відображають розсіювання енергії у відповідних пружних елементах системи.

Математична модель, яка описує динаміку механічної системи верстата:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + c_1 x_1 + c_3 x_1 - c_3 x_2 + \mu_1 \dot{x}_1 + \mu_3 \dot{x}_1 - \mu_3 \dot{x}_2 = Q_{x_1} \\ m_2 \ddot{x}_2 - c_3 x_1 + c_3 x_2 + c_7 x_2 - c_7 x_3 - \mu_3 \dot{x}_1 + \mu_3 \dot{x}_2 + \mu_7 \dot{x}_2 - \mu_7 \dot{x}_3 = Q_{x_2} \\ m_3 \ddot{x}_3 - c_7 x_2 + c_7 x_3 + c_5 x_3 - \mu_7 \dot{x}_2 + \mu_7 \dot{x}_3 + \mu_5 \dot{x}_3 = Q_{x_3} \\ m_1 \ddot{y}_1 + c_2 y_1 + c_4 y_1 - c_4 y_2 + \mu_2 \dot{y}_1 + \mu_4 \dot{y}_1 - \mu_4 \dot{y}_2 = Q_{y_1} \\ m_2 \ddot{y}_2 - c_4 y_1 + c_4 y_2 + F_t - \mu_4 \dot{y}_1 + \mu_4 \dot{y}_2 = Q_{y_2} \\ m_3 \ddot{y}_3 + c_6 y_3 - F_t + \mu_6 \dot{y}_3 = Q_{y_3} \end{cases}$$

Моделювання взаємодії інструмента з деталлю здійснено за допомогою контактної жорсткості та демпфування енергії локального пружно-пластичного деформування. Тому додатково вводиться умова перевірки наявності взаємного контакту інструменту з деталлю. Тобто, якщо інструмент матиме переміщення у протилежний напрям від деталі, тому контактна жорсткість та демпфування будуть відсутні. Якщо $x_3 - x_2 < 0$, тоді $c_7 = 0, \mu_7 = 0$.

На основі розв'язку систем рівнянь моделі визначаються швидкості переміщення та величини переміщення інструмента-диска, оброблювальної деталі та спеціального пристрою для автономного приводу інструменту, який є закріплений на супорті верстата, під час фрикційної обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Waugh, D.G., Lawrence, J. Laser Surface Engineering. Processes and Applications. Cambridge: Woodhead Publishing. 2014
2. Montealegre, M.A., Castro, G., Rey, P., Arias, J. L., Vázquez P., González, M Surface treatment by laser technology. Contemporary Materials (I-1), (2010). 19-30.
3. Gurey, V., Hurey I. The Effect of the Hardened Nanocrystalline Surface Layer on Durability of Guideways. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Advanced Manufacturing Processes, (1) (2020), 63-72.
4. Бать И.М., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах СПб: Лань. (изд. 10-е, Т. 2) 2013.

Гурей Володимир Ігорович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри робототехніки і інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Volodymyr.I.Hurei@lpnu.ua.

Кузьо Ігор Володимирович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри робототехніки і інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Ihor.V.Kuzo@lpnu.ua.

SIMULATION OF DYNAMIC PROCESSES DURING FRICTION TREATMENT OF THE CYLINDRICAL SURFACES

Abstract

The developed dynamic model of the elastic system of the machine during friction hardening contains of calculation schemes, dependences and system of differential equations describing dynamic processes which occur in the course of processing of cylindrical surfaces of details using the tool with cross grooves on its working part.

Keywords: friction treatment, nanocrystalline layer, mathematical model, surface hardening

Volodymyr Gurey, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies of Lviv Polytechnic National University, Lviv, Volodymyr.I.Hurei@lpnu.ua.

Ihor Kuzio, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies of Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ihor.V.Kuzo@lpnu.ua.