

ДОСЛІДЖЕННЯ УТВОРЕННЯ ХВИЛЯСТОСТІ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ КІЛЕЦЬ РОЛИКОПІДШИПНИКІВ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

При шліфуванні доріжок кочення кілець роликотпідшипників необхідно забезпечити швидке зняття припуску та продуктивність обробки, кінцеву макро- та мікрогеометричну точність обробленої поверхні. Величина зрізаного шару при шліфуванні пропорційна нормальній силі шліфування, а утворення хвилястості деталі викликано відхиленнями величини зрізаного шару або змінами в силі шліфування.

В даній роботі запропонована модель, яка враховує миттєві сили задіяні в безцентровому шліфуванні включаючи: зміну хвилястості деталі в часі, розповсюдження тимчасових нерівностей, шліфувальну силу та вібрацію верстата.

Тимчасові впливи складових хвилястості в моделі мають досить просте походження. Якщо на деталі присутня одна западина або виступ, то внаслідок цього виникає тимчасова затримка (кутова швидкість деталі на прилягаючий кут φ_1) переміщення виступу від шліфувального круга до передньої опори. Коли виступ зустрічається з передньою опорою, деталь рухається вгору (паралельно задній торцевій опорі) і віддаляється від шліфувального круга.

Шліфувальна сила залежить від глибини різання, опуклості або виступ призведуть до збільшення шліфувальної сили, в той час як увігнутість або западина викличе пропорційне зменшення в силі. Для аналізу моделі жорсткість різання при шліфуванні для постійних величин зняття припуску, можна прийняти постійною.

У роботі подано спрощену модель системи безцентрового шліфування в символічній формі, яка показана у вигляді рівнянь Лапласа, де вхідні змінні керуються інтенсивністю подачі, кутами двох опор (φ_1 та φ_2) й початковою хвилястістю деталі. Запропонована модель використовує оператори Лапласа з метою аналізу безцентрово-шліфувальної системи. Передаточна функція математичної моделі врізного шліфування на жорстких опорах:

$$W(s) = \frac{D(s)}{1 + D(s) \cdot H(s)} \quad (1)$$

Щоб розв'язати характеристичне рівняння системи

$$1 + D(s) \cdot H(s) = 0. \quad (2)$$

і знайти стійкі та нестійкі розв'язки, для відокремлення впливу геометрії налагодження жорстких опор та характеристик самого верстата, здійснимо математичні перетворення та застосуємо перетворення Лапласа.

Дослідженнями встановлено, що гіперболи хвилястості та регенерації годографа переміщення центра деталі прогнозовано змінюються в їхніх асимптотичних кутах.

В результаті дослідження було сформовано діаграму, яка показує загальну картину геометричної нестійкості хвилястості від 2 по 22 гармоніки за звичайних умов геометрії налагодження безцентрового шліфування на основі кутів асимптот. З діаграми зрозуміло, що більшість комбінацій налагодження кутів жорстких опор має якусь геометричну нестабільність і що нестабільність гармонік відповідає масиву. Наприклад: 12 гармоніка геометрично нестійка в районі $\varphi_1=60^\circ$ і $\varphi_2=165^\circ$, 14 гармоніка є нестійкою вище та зліва близько $\varphi_1=52^\circ$ і $\varphi_2=168^\circ$, 16 гармоніка вгору й ліворуч від 14, і так далі. Ця діаграма дозволяє вибрати таку геометрію налагодження шліфування на жорстких опорах, яка збільшує або зменшує параметри певної гармоніки.

У результаті проведених досліджень:

1. Виявлено та досліджено механізм впливу геометрії налагодження жорстких опор та наявної хвилястості на стабільність нормальній силі шліфування та величину гармонік новоствореної хвилястості.

2. Як результат, отримано контурну діаграму кута асимптоти для 14-ї гармоніки у межах звичайної геометрії налагодження безцентрового шліфування на жорстких опорах. Відповідно до діаграми, 14-а гармоніка є теоретично нестійкою біля $\varphi_1=52^\circ$, 78° і $\varphi_2=143^\circ$, 168° . Взявши за основу поданий алгоритм дослідження знайдено загальну картину геометричної нестійкості різних гармонік хвилястості за звичайних умов геометрії налагодження безцентрового шліфування.

3. Отримано можливість прогнозування геометричної нестабільності в зоні різання при шліфуванні. Діаграма хвилястості геометричної нестабільності дозволяє вибрати таку геометрію налагодження шліфування на жорстких опорах, яка прогнозовано збільшує або зменшує параметри певної гармоніки хвилястості.