

УДК 621.9.077

Шульга А.С., канд. техн. наук, доцент
Музичка Д.Г., канд. техн. наук
Сошенко С.В., викладач
Шульга Р.О., студент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, kafedra_tm@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ КУТОВОЇ ЖОРСТКОСТІ КІЛЬЦЕВИХ НАПРЯМНИХ

Одним з основних факторів, що визначають якість виготовлення деталей, є жорсткість технологічної системи ВПД [1]. Зменшення жорсткості виникає через неточність виготовлення й зношування стиків контактуючих поверхонь. У результаті виникають вібрації, підвищується шорсткість оброблюваної поверхні, погіршуються умови роботи різального інструменту й знижується точність обробки.

Дослідимо вплив відхилення від площинності при несиметричному навантаженні на кутову жорсткість кільцевих напрямних пристосувань. Для розв'язку завдання скористаємося нелінійною залежністю між тиском і контактними переміщеннями, запропонованою в [2]:

$$\sigma_x = \left(\frac{\delta_x}{c} \right)^n, \quad (1)$$

де σ_x – тиск у перерізі x , Па;

δ_x – контактне переміщення в перерізі x , мкм;

c – коефіцієнт, що залежить від геометрії поверхонь і властивостей матеріалу;

$n = 2$ – показник ступеня.

Ухвалюємо також, що жорсткість поверхневих шарів значно нижче жорсткості деталей, і власні деформації деталей не розглядаємо. Тоді умовами рівноваги плоских кільцевих напрямних, які не мають відхилень від площинності, при навантаженні стику центрально прикладеною силою P и моментом M будуть:

$$\begin{cases} \iint_{F_k} \sigma_x dF_k = P \\ \iint_{F_k} \sigma_x x dF_k = M \end{cases}, \quad (2)$$

де F_k – площа кільцевих напрямних, м²;

σ_x – тиск в перерізі x , Па.

Пружне переміщення в перерізі x контактуючих кільцевих поверхонь напрямних:

$$\delta_x = \delta_0 + \varphi x, \quad (3)$$

де $\delta_0 = c\sigma_0^{0,5}$ – пружне переміщення в центрі, мкм;

σ_0 – середній тиск, Па;

φ – кут пружного повороту кільцевої поверхні, рад.

Вирішуючи рівняння (1), (2) і (3) відносно $\frac{\varphi r_i}{\delta_0}$, де $r_i = \frac{J_k}{F_k}$ – радіус інерції кільцевого перерізу, й виконуючи необхідні перетворення, одержимо залежності [3]:

$$\frac{\varphi r_1}{\delta_0} = \frac{Pr_1}{M} - \sqrt{\frac{Pr_1^2}{M^2} - 1} \approx \frac{M}{2Pr_1}; \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{kM}{J_k}; \quad (5)$$

де коефіцієнт k розраховується за формулою: $k = \frac{c\sigma^{-0.5}}{n}$;

$$J_k = \frac{\pi(r_2^4 - r_1^4)}{4} - \text{момент інерції кільцевого перерізу};$$

r_2, r_1 – зовнішній і внутрішній радіуси кільцевих поверхонь відповідно.

Аналіз виразу (4) показав, що при постійному середньому тиску кут нахилу в стику прямо пропорційний моменту M .

Кутова жорсткість стиків характеризується величиною $\frac{dM}{d\varphi}$. Тоді для стику кільцевих поверхонь без відхилення від площинності кутова жорсткість визначається залежністю:

$$\frac{dM}{d\varphi} = \frac{J_k}{k} = \frac{\pi(r_2^4 - r_1^4)}{2c\sigma^{-0.5}}. \quad (6)$$

Виконаємо розрахунок жорсткості стику для випадку, коли випукла нерівність уявляє собою параболоїд із симетричними відхиленнями від площинності по осях. Для розрахунків, відповідно до рекомендацій [2], ухвалюємо, що пружне переміщення в перерізі з координатою x дорівнює:

$$\delta_x = \delta_0 - \Delta_x + \varphi x, \quad (7)$$

де Δ_x – відхилення від площинності;

φ – кут нахилу стику.

Ухвалюючи, що переміщення від нахилу на кут суттєво менше переміщень від початкового центрального навантаження, й виконуючи необхідні розв'язки, одержимо залежності для оцінки жорсткості кільцевого стику, що має відхилення від площинності:

$$\frac{dM^*}{d\varphi} = \frac{\pi\delta_0(r_2^4 - r_1^4)}{4} - \frac{\pi\Delta_x(r_2^6 - r_1^6)}{8} - \frac{\pi\Delta_y(r_2^6 - r_1^6)}{24r_2^6}. \quad (8)$$

Порівнюючи (6) і (8), можна оцінити вплив відхилень від площинності на жорсткість кільцевих стиків і розробити заходи щодо збільшення жорсткості.

Аналіз розрахунків показав, що якщо не здійснюється взаємна пригонка поверхонь, то навіть невеликі відхилення від площинності, що вимірюються мікрометрами, приводять до суттєвого зниження жорсткості стиків навіть при низьких тисках.

Список посилань

1. Станки с числовым программным управлением (специализированные) / Под ред. В. А. Лещенко – М. : Машиностроение, 1988. – 568с.
2. Левина З.М. Контактная жесткость машин / З.М. Левина, Д.Н. Решетов. – М. : Машиностроение, 1971. – 264с.
3. Гребеник В.М. Расчет кольцевого подпятникового узла при эксцентричном приложении нагрузки / В.М. Гребеник, П.П. Гонтаровский, В.Ф. Кучеренко, А.С. Шульга // Детали машин: Респ. Межвед. Научн. сб. – Киев, 1973. – Вып. 18. – С. 74–79.