

УДК 621.8:539.4

Березін Л.М., канд. техн. наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну, Lnb07@ukr.net

ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГВИНТОВИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРУЖИН ЗА КРИТЕРІЄМ ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ

В розрахунках на втомленість в ймовірнісній постановці випадковими вважають спектр навантажень на деталь та механічні характеристики міцності деталі. Особливо проблемним є отримання статистичних параметрів (математичного сподівання, середньо квадратичного відхилення або коефіцієнта варіації) опору втомленості матеріалу, які переважно відсутні, або мають суперечливий характер. При відсутності достовірних експериментальних даних про математичне сподівання границі втомленості матеріалу при крученні, величину $\bar{\tau}_{-1}$ рекомендується [1] визначати опосередковано за $\bar{\sigma}_{-1}$.

В розрахунках на втомну міцність циліндричної гвинтової пружини (ЦГП) використовували типову методику переходу за характеристиками втомленості від матеріалу $\bar{\tau}_{-1}$ до деталі $\bar{\tau}_{-1Д}$ [2]:

$$\bar{\tau}_{-1Д} = \frac{\bar{\tau}_{-1}}{K}, \quad (1)$$

де K – комплексний коефіцієнт, що враховує фактори впливу на опір втомленості деталі при крученні.

Інформація про визначення коефіцієнтів, які враховують концентрації дотичних напружень пружини, її масштабний фактор, стан поверхні та глибину шару видалення водню, технологічні методи поверхневого зміцнення ЦГП, анізотропію в зміні характеристик втомленості наведена в [1-4].

Дослідження границь втомленості деталей свідчить про значне їх розсіяння, особливості якого вивчено недостатньо. При відсутності даних загальний коефіцієнт варіації границі втомленості деталі допускається розраховувати за формулою [1]:

$$v_{\tau_{-1Д}} = \sqrt{v_{\tau_{max}}^2 + v_{\tau_{-1}}^2 + v_{\alpha_{\tau}}^2}, \quad (2)$$

де $v_{\tau_{max}}$ – коефіцієнт варіації максимальних руйнуючих напружень в зоні концентрації;

$v_{\tau_{-1}}$ – коефіцієнт варіації середніх (в межах однієї плавки) значень границь втомленості зразків;

$v_{\alpha_{\tau}}$ – коефіцієнт варіації теоретичного коефіцієнту концентрації напружень α_{τ} , який враховує відхилення фактичних розмірів деталей (в границях допусків).

В першому наближенні $v_{\tau_{max}}$ вибирали за рекомендаціями [2], а, враховуючи лінійну залежність між границями втомленості та границями міцності матеріалу [3], припускаємо, що $v_{\tau_{-1}} = v_{\tau_B}$, де v_{τ_B} – коефіцієнт варіації границі міцності металу при крученні за множиною всіх плавок. Для покращених або нормалізованих сталей значення v_{τ_B} знаходиться в межах 0,03...0,04, для сталей з термічно зміцненою поверхнею – 0,05...0,07, для легованих – 0,04...0,10. Геометрична точність дроту ЦГП також впливає на розсіяння значень границі втомленості. В [5] наведена інформація для вибору $v_{\alpha_{\tau}}$ щодо пружини категорії А, яку виготовляли із спеціальною обробкою поверхні дроту, з параметрами шорсткості та допустимими дефектами поверхні не менші групи обробки Г, за граничними відхиленнями діаметру від номінального розміру – не більше квалітету 11 (для $d \leq 3$ мм відхилення становить 60 мкм).

Режими експлуатації ЦПП залежать від специфіки роботи обладнання. Розглядали ЦПП в запобіжних муфтах приводу роторних ножових дробарок з нерегулярним режимом навантаження. Використовували осцилографування, отримані експериментальні данні фіксували за допомогою програмного забезпечення "Disco Application" та зберігали у вигляді текстових документів у форматі (.txt) в табличній формі програмного забезпечення «Microsoft Office Excel 2007» та зберігалися у форматі (.xlsx) для подальшої обробки. Представлені реалізації навантаження ЦПП муфти статистично оброблювали шляхом схематизації отриманих кривих експлуатаційних навантажень на ведучому валу напівмуфти за поточними значеннями ординат методом повних циклів [6]. Статистичний ряд поточних значень навантажень представляли в виді гістограми їх розподілу, вид якої дозволяв апіорі прийняти припущення про нормальний закон розподілу випадкових значень навантажень та обчислити математичне сподівання еквівалентного навантаження $F_{екв}$ та коефіцієнт його варіації.

Далі виконували перехід до еквівалентних дотичних напружень $\tau_{екв}$. Враховуючи лінійну залежність між еквівалентним навантаженням $F_{екв}$ та відповідним напруженням $\tau_{екв}$, допускається в розрахунках на опір втомленості коефіцієнт варіації амплітуд напружень ν_a приймати рівним коефіцієнту варіації еквівалентного навантаження ν_F .

Надійність ЦПП за ймовірністю безвідмовної роботи $p(t)$ оцінювали за квантілем нормального розподілу за формулою [7]:

$$u_p = -\frac{1-n}{\sqrt{n^2 \nu_{-1D}^2 + \nu_a^2}}, \quad (3)$$

де $n = \frac{\tau_{-1D}}{\tau_{екв}} = \frac{425}{343,2} = 1,238$ – коефіцієнт безпеки за середніми значеннями границі втомленості та амплітуди навантаження ЦПП.

Розрахунки виконували для ЦПП запобіжної муфти приводу роторних ножових дробарок, а саме: пружина класу I (безвідмовний наробіток не менше 10^7 циклів навантаження), розряду 1, за видом – одножилна, розтягу та стиску, позиції 366 з наступними параметри: діаметр дроту (прутка) $d=2$ мм; зовнішній діаметр пружини $D=14$ мм; матеріал прутка – легована, пружина сталь 50ХФА, яка відповідає вимогам високої втомленісної міцності.

Отримали $u_p = -1,333$, що дозволяє за [7] визначити ймовірність безвідмовної роботи: $p(u_p = -1,333) = 0,908$.

Список посилань

1. Когаев В. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность [Текст] / В.П. Когаев, Н. А. Махутов, А.П. Гусенков. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
2. ГОСТ 25.504-82. Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. Москва.
3. Коновалов Л. В. Нагруженность, усталость, надежность деталей металлургических машин [Текст] / Л.В. Коновалов. – М.: Металлургия, 1981. – 280 с.
4. ДСТУ 4045-2001. Візки вагонів пасажирських магістральних локомотивної тяги. Загальні технічні умови. Україна.
5. ДСТУ 1452-2007 Пружини циліндричні гвинтові візків та ударно-тягових приладів рухомого складу залізниць. Технічні умови. Україна.
6. ГОСТ 25.101-83. Расчеты и испытания на прочность. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов.
7. Решетов Д.Н. Надежность машин [Текст] / Д.Н. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.