

УДК 539.3

Н. Гащин к.т.н., Г. Семенишин, Н. Крива

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

ОХОЛОДЖЕННЯ ДИСКА ПРИ ПОСАДЦІ НА ВАЛ

UDC 539.3

N. Hashchyn Ph.D, H. Semenyshyn, N. Kryva

DISC COOLING ON THE SHAFT

Досліджено напружено-деформований стан диска в процесі вільного охолодження після посадки його на круглий вал. Проведено дослідження впливу фізико-механічних властивостей матеріалу диска на величину напружень в області диска і в кінцевому результаті на працездатність з'єднання.

Розглянемо кільцевий диск товщиною $2h$ з радіусами внутрішнього та зовнішнього контурів R_1 і R_2 , який після необхідного нагрівання охолоджується. Після нагріву диска і посадки його на вал відбувається процес охолодження диска, який викликає зміну його напружено-деформованого стану, що приводить до зменшення внутрішнього радіуса, а значить і до стискання вала диском, тобто відбувається процес посадки з натягом. Потрібно знайти зміну температури, переміщень та напружень в процесі охолодження диска та оцінити працездатність з'єднання.

Температура T при охолодженні задовольняє рівнянню теплопровідності

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{\partial T}{r \partial r} - m^2 T - \frac{1}{a} \dot{T} = 0,$$

та граничним умовам конвективного теплообміну на краях диска

Напружено-деформований стан описується:

- рівнянням рівноваги

$$\frac{\partial \sigma_{11}}{\partial r} + \frac{\sigma_{11} - \sigma_{22}}{r} = 0,$$

- геометричними співвідношеннями

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u}{\partial r}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{u}{r},$$

- фізичними залежностями для в'язкопружного матеріалу моделі Максвелла

$$\dot{\varepsilon}_{11} = \frac{1}{2G} \left(\dot{\sigma}_{11} + \tau_n^{-1} \sigma_{11} - \left[\frac{1}{3} \left(1 - \frac{2G}{3K} \right) (\dot{\sigma}_{11} + \dot{\sigma}_{22}) + \frac{\tau_n^{-1}}{3} (\sigma_{11} + \sigma_{22}) - 2G\alpha_T \dot{T} \right] \right),$$

$$\dot{\varepsilon}_{22} = \frac{1}{2G} \left(\dot{\sigma}_{22} + \tau_n^{-1} \sigma_{22} - \left[\frac{1}{3} \left(1 - \frac{2G}{3K} \right) (\dot{\sigma}_{11} + \dot{\sigma}_{22}) + \frac{\tau_n^{-1}}{3} (\sigma_{11} + \sigma_{22}) - 2G\alpha_T \dot{T} \right] \right),$$

і повинен задовольняти відповідним граничним і початковим умовам.

Розв'язок рівняння теплопровідності при граничних і початковій умові будемо шукати методом розділення змінних, записавши його у формі

$$T = C_2 \left[NJ(v_j, r) + Y_0(v_j, r) \right] e^{-a\lambda_j^2 t}$$

Найбільш напруженим місцем з'єднання є циліндрична поверхня кільцевого диска при $r = R_1$, де еквівалентні напруження визначаються виразом $\sigma_{екв} = \sigma_{22} - \sigma_{11} \leq \sigma_T$

Проведені розрахунки показують, що пресове з'єднання, утворене шляхом нагріву диска, забезпечує передачу значного крутного моменту і осьової сили, які необхідні для надійної роботи турбінних коліс газокompресорного обладнання.