

**УДК 539.3**

**Надія Гашчин, к.т.н., доц.; Галина Семенишин**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **НАГРІВАННЯ КІЛЬЦЕВОГО ДИСКА З ТЕРМІЧНИМ ЕКРАНУВАННЯМ ТОРЦІВ**

Анотація. Отримано розв'язок задачі нагрівання кільцевого диска з термічно екранованими торцями із оптимальною потужністю теплових джерел.

Ключові слова: кільцевий диск, нагрівання, екранування, оптимізація.

**Nadiia Gashchyn, Ph.D, Assoc. Prof.; Halyna Semenyshyn**

### **RING DISC HEATING WITH THERMAL SHIELDING OF THE ENDS**

Abstract. The solution to the problem of heating a ring disk with thermally shielded ends with the optimal power of heat sources was obtained.

Keywords: ring disk, heating, shielding, optimization.

Одним із перспективних напрямків у процесі складання машин і механізмів є використання з'єднань із натягом. Для автоматизації складання найчастіше використовують пресовий та термічний способи. При складанні габаритних деталей з метою уникнення пошкоджень при посадці віддають перевагу термічному з'єднанню, що здешевлює процес за рахунок меншої вартості обладнання.

З метою подальшого підвищення ефективності процесу нагрівання і, відповідно, зменшення вартості, необхідно застосовувати додаткові заходи, до яких належить теплове екранування відкритих поверхонь, які не беруть участі у процесі.

У дослідженні розглядається нагрівання кільцевого диска по його поверхнях за допомогою змінної в часі теплової потужності джерел. Дослідження, наведені у роботі [1], розглядають нагрівання аналогічного диска без екранування відкритих поверхонь (внутрішнього та зовнішнього торців диска), що є недостатньо ефективним з точки зору економії енергії, при чому за рахунок цих втрат напруження всередині диска при посадці мають дещо більше значення за рахунок нерівномірності його нагріву. Проте, як видно із [1], загальна тенденція зміни енергії у часі є експоненціальною

$$W(t) = W_0 e^{\frac{\alpha}{c\rho h}t}$$

Внаслідок цього одержимо рівняння балансу потужності у вигляді:

$$2c\rho Sh \frac{dT}{dt} + 2\alpha ST = W_0 e^{\frac{\alpha}{c\rho h}t}, \quad (1)$$

в якому  $2S$  - повна площа поверхонь диска,  $\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі з поверхні,  $c$  - питома теплоємність матеріалу,  $\rho$  - густина матеріалу,  $h$  - товщина диска,  $t$  - біжучий час,  $W_0$  - постійна, яка рівна потужності в початковий момент часу, знаходження якої і є метою цього дослідження, .

Перший доданок рівняння (1) описує потужність, яка необхідна на нагрівання диска, як масивного тіла, другий визначає потужність, яка втрачається на випромінювання з його поверхні, у правій частині записана потужність джерела теплової енергії.

Розв'язок диференціального рівняння (1), з врахуванням початкової умови  $T(t=0) = 0$ , має вигляд

$$T = \frac{W_0}{2S\alpha} \operatorname{sh}\left(\frac{\alpha}{c\rho h}t\right). \quad (2)$$

Кінцева температура, при якій одержимо необхідне переміщення  $u_0$  при  $t = \tau$ , на внутрішньому радіусі  $R_1$  може бути прийнята з [1] такою

$$T = \frac{u_0}{R_1\alpha_T}, \quad (3)$$

де  $\alpha_T$  - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу диска.

Підставляючи необхідне значення температури (3) в (2) при  $t = \tau$  одержимо розрахункове значення коефіцієнта потужності

$$W_0 = \frac{2u_0S\alpha}{R_1\alpha_T \operatorname{sh}\left(\frac{\alpha\tau}{c\rho h}\right)}. \quad (4)$$

Тоді формули для знаходження теплової потужності джерел енергії і усередненої по товщині температури диска визначаються таким чином

$$W = \frac{2u_0S\alpha}{R_1\alpha_T \operatorname{sh}\left(\frac{\alpha\tau}{c\rho h}\right)} e^{\frac{\alpha}{c\rho h}t}, \quad (5)$$

$$T = \frac{u_0}{R_1\alpha_T \operatorname{sh}\left(\frac{\alpha\tau}{c\rho h}\right)} \operatorname{sh}\left(\frac{\alpha}{c\rho h}t\right). \quad (6)$$

Формули (5) і (6) визначають потужність і температуру, які необхідні для створення на внутрішньому контурі диска заданого натягу  $2u_0$ . Вони можуть бути використані для розрахунку інженерної (виробничої) методики для технологічного процесу нагрівання кільцевого диска з метою посадки з відповідним розрахунковим натягом при мінімальних енергетичних затратах.

Числові результати, визначені за формулами (5) і (6), які відповідають методиці інженерного розрахунку, з достатньою для практики точністю співпадають з величинами потужності та температури, обчисленими за формулами [1] при умові теплоізоляції торцевих поверхонь ( $k = 0$  у граничній умові).

Побудований інженерний розв'язок задачі про знаходження оптимальної потужності та температури, необхідної для посадки диска на круглий вал, достатньо точно описує процес термопосадки диска з металічного матеріалу, в якому для збільшення точності виконання технології торці термоізовані.

### Перелік посилань

1. Шаблій О.М., Гащин Н.Б. Оптимізація посадки кільцевого диска на круглий вал // Вісник ТДТУ.- 2001. -Том 6. № 2. - С. 5-11.