

УДК 537.8, 539.3

О. Король, Б. Береженко, О. Гурик, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОСТИГАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ПІСЛЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ

O. Korol, B. Berezhenko, O. Huryk, Ph. D., Assoc. Prof.

ENGINEERING CALCULATION OF MATHEMATICAL MODEL FOR CYLINDER PART INDUCTION HEATING

Розроблені основи індукційного нагрівання та наплавлення деталей циліндричної форми невеликих діаметрів, які дозволяють проектувати нагрівальні системи індуктор-магнітопровід з урахуванням їх електрофізичних, енергетичних та геометричних параметрів. Отримані теоретичні і експериментальні результати дослідження нагрівальної системи (індуктор, магнітопровід) підтвердили обґрунтованість застосування вибраної методики з достатньою для інженерних розрахунків і практичних цілей точністю в межах 3-4 %. Одержані таким чином приблизні формули дають можливість проводити інженерні розрахунки температурного поля, яке створюється в циліндричній деталі даною нагрівальною системою.

Досліджено процес індукційного нагрівання та остигання деталей циліндричної форми невеликих розмірів. Показано, що розроблений інженерний варіант визначення температурного поля в деталі в процесі нагрівання і остигання значно спрощує математичний апарат, а результати обчислень відрізняються від точних на 2-3% при нагріванні і на 5,0-7,5% при остиганні. Перевірено експериментальні величини температур, отримані з допомогою математичної моделі нагрівання та остигання деталі після наплавлення. Похибка при використанні цих методик відносно експериментальних вимірювань складає при нагріванні та остиганні 1-5%. Після досягнення необхідної температури наплавлення джерело нагрівання вимикають і деталь циліндричної форми (колесо) вільно остигає. На циліндр невеликої товщини в цьому випадку діє тільки тепловий екран. Розроблено також інженерний варіант визначення температурного поля, в якому допускається, що температура по ширині в зоні наплавлення є постійна.

Тоді в цій зоні має місце рівняння теплопровідності:

$$-m^2 T_{01} - \frac{1}{a} \frac{\partial T_{01}}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

Його розв'язок при часовій умові $T = T_{30}$ при $t = \tau$ має вигляд:

$$T = T_{30} e^{am^2(\tau-t)} \quad \text{при} \quad r_3 \leq r \leq r_2 \quad (2)$$

У випадку, коли нагрівальна система створила полого температурне поле в зоні $r \leq r_3$, то в зоні за межами наплавлення температурне поле добре апроксимується експоненціальною залежністю у вигляді

$$T = T_{30} e^{am^2(\tau-t)} \cdot e^{\frac{r-r_3}{\beta}}, \quad [\beta] = m, \quad r \leq r_3 \quad (3)$$

в якому β назвемо коефіцієнтом системи, який визначається з умови найкращого співпадання температури, визначеної за приблизною формулою (3) з температурою, яка знайдена за формулою (1) при $t = \tau$.