

УДК 621.791.927.7

Олег Шаблій, Чеслав Пулька, Любов Цимбалюк, Олег Король, Мар'ян Базар
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ ТЕПЛОВИХ ДЖЕРЕЛ В КОЛЕСІ, КОЛИ ТЕМПЕРАТУРА НЕ ПЕРЕВИЩУЄ ТЕМПЕРАТУРУ ТОЧКИ КЮРІ

Oleg Shabliy, Cheslav Pulka, Lyubov Tsymbalyuk, Oleg Korol, Marjan Basar
**STUDY POWER DENSITY OF THE HEAT SOURCES IN THE WHEEL WHEN THE
TEMPERATURE DOES NOT EXCEED THE TEMPERATURE OF THE CURIE POINT**

Широке застосування в техніці знаходять технологічні процеси відновлення зношених робочих поверхонь тіл обертання методом заливки рідкого металу в технологічний тигель (вали, металеві кранові та залізничні колеса). Суть методу полягає в тому, що для заливки рідкого металу в технологічний тигель для нарощування зношеної поверхні, і з'єднання його з основним металом, важливе значення має температура на поверхні деталі, яка підлягає відновленню. Для цього розроблено і досліджено математичну модель.

Розроблена та досліджена математична модель питомої потужності теплових джерел в колесі, коли температура на поверхні колеса не перевищує температуру точки Кюрі, яка необхідна для одночасного нагрівання спрацьованого металевого колеса по всій робочій поверхні з метою нарощування його методом заливки рідкого металу в тигель і схоплення його з робочою поверхнею колеса.

Дуже важливо є те, що джерело нагрівання зосереджується при поверхневій зоні, а поза цією зоною теплота поширюється через теплопровідність матеріалу. Тому в нашому випадку процес повинен бути швидкоплинним, щоб встигнути його виконати.

Для знаходження питомої потужності теплових джерел нагрівання скористаємося представленням напруженості магнітного поля у колесі в комплексній формі:

$$\dot{H}_{m4} = A e^{-k_4(1+i)x} \quad (1)$$

Задовольнивши умову, що при $(x = x_{04}) \dot{H}_{m4} = \dot{H}_{me4} = H_{me4}$, будемо мати

$$\dot{H}_{m4} = H_{me4} e^{-k_4(1+i)(x-x_{04})} \quad (2)$$

Тоді отримаємо

$$\dot{E}_{m4} = -\rho_4 \frac{d\dot{H}_{m4}}{dx} = -\rho_4 H_{me4} \left[-k_4(1+i) e^{-k_4(1+i)(x-x_{04})} \right] = \quad (3)$$

$$= \rho_4 k_4 H_{me4} \sqrt{2} e^{i\frac{\pi}{4}} e^{-k_4(1+i)(x-x_{04})} = \sqrt{2} k_4 \rho_4 H_{me4} e^{i\left(\frac{\pi}{4} - k_4(x-x_{04})\right)} e^{-k_4(x-x_{04})}$$

де $k_4 = \frac{1}{\Delta_4} = \sqrt{\frac{\omega \mu_0 \mu_4 \gamma_4}{2}}$, звідси $\Delta_4 = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_0 \mu_4 \gamma_4}} = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega \mu_0 \mu_4}} \approx 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_4 f}}$ – глибина про-

никнення струму, в яких $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ – магнітна постійна, μ_4 – відносна магнітна проникливість матеріалу, $\gamma_4 = \frac{1}{\rho}$ – питома провідність, Сім/м , ρ – питомий опір, $\text{Ом} \cdot \text{м}$.

Впорядкувавши останні формули, для амплітудних значень напруженостей електричного і магнітного полів одержимо

$$\dot{E}_{m4} = \sqrt{2} k_4 \rho_4 \dot{H}_{me4} e^{-k_4(x-x_{04})} e^{-i\left[k_4(x-x_{04}) - \frac{\pi}{4}\right]}; \dot{H}_{m4} = H_{me4} e^{-k_4(x-x_{04})} e^{-ik_4(x-x_{04})}. \quad (4)$$

Перемноживши \dot{E}_{m4} і \dot{H}_{m4} на $e^{i\omega t}$, одержимо значення напруженостей електричного і магнітного полів \dot{E}_4 і \dot{H}_4 в довільний момент часу t в довільній точці колеса, яка визначається координатою x . Вони мають вигляд:

$$\dot{E}_4 = \dot{E}_{m4} e^{i\omega t} = \sqrt{2} k_4 \rho_4 H_{me4} e^{-k_4(x-x_{04})} e^{i\left[\omega t - k_4(x-x_{04}) + \frac{\pi}{4}\right]}, \quad (5)$$

$$\dot{H}_4 = \dot{H}_{m4} e^{i\omega t} = H_{me4} e^{-k_4(x-x_{04})} e^{i\left[\omega t - k_4(x-x_{04})\right]}. \quad (6)$$

де, ω – кругова частота.

Знайшовши вираз, спряжений до (5) і виконавши дії, одержимо наступний вираз для питомої потужності теплових джерел.

$$W_4 = \gamma_4 2k_4^2 \rho_4^2 H_{me4}^2 e^{-2k_4(x-x_{04})}. \quad (7)$$

Тоді питома потужність теплових джерел набуде вигляду.

$$W_4 = 2 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot \mu_4 \cdot f \frac{N^2 \cdot I_i^2}{a^2} e^{-2k_4(x-x_{04})}, \text{ [Вт/м}^3\text{]} \quad (8)$$

З формули видно, що питома потужність теплових джерел нагріву прямопропорційна магнітній проникності μ матеріалу колеса, частоті струму в індукторі f , квадрату кількості витків індуктора N^2 , квадрату струму в індукторі I_i^2 та обернено пропорційна квадрату висоти індуктора a^2 . Вираз, який стоїть при $e^{-2k_4(x-x_{04})}$, рівний питомій потужності теплових джерел на поверхні кочення колеса, тобто це є найбільше значення питомої потужності теплових джерел (при $x = x_{04}$). Якщо x зростає, понад x_{04} , то питома потужність теплових джерел інтенсивно спадає. І чим більша частота струму, тим більше це спадання.

Найдешевше і найпростіше можна підвищити потужність теплових джерел за допомогою збільшення кількості витків індуктора, але для цього потрібно мати термостійкі трубки для виготовлення індукторів або надійні системи для його охолодження.

Підвищення питомої потужності теплових джерел можна отримати за допомогою підвищення сили струму, що відбувається в квадратній залежності, який легко можна автоматизувати.

Результати досліджень дозволяють конструювати нагрівальну систему для створення електромагнітного поля з метою забезпечення необхідної температури на поверхні кочення для відновлення зношеної поверхні деталі методом заливки рідкого металу в технологічний тигель, що значно підвищить продуктивність і якість процесу в порівнянні з існуючими методами відновлення деталей тіл обертання.