



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61060 (13) U
(51) МПК
G01N 27/90 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ВИХРОСТРУМОВИЙ СПОСІБ КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ НАПРУГ

1

2

(21) u201014286

(22) 29.11.2010

(24) 11.07.2011

(46) 11.07.2011, Бюл.№ 13, 2011 р.

(72) ГОРКУНОВ БОРИС МИТРОФАНОВИЧ, СКО-
ПЕНКО ВАСИЛЬ ВІКТОРОВИЧ, ТЮПА ІГОР ВА-
СИЛЬОВИЧ, ТИЩЕНКО АННА АНАТОЛІЙВНА

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) Вихрострумний спосіб контролю механічних напруг, які виникають в металевих конструкціях, що включає збудження у виробі вихрових струмів змінним магнітним полем, який відрізняється тим, що виріб розміщують у змінне магнітне поле, яке збуджує поперечні вихрові струми, змінюють частоту струму до значення, при якому узагальнений параметр у навантаженому стані x_2 дорівнює початковому узагальненому параметру x_1 , $x_2 = x_1$, а значить і внесена фаза $\varphi_{вн2} = \varphi_{вн1}$, далі вимірюють $U_{вн2}$ та $U_{\Sigma 02}$ і визначають відносну магнітну прони-

кність μ_2 за нормованим коефіцієнтом перетворення N'_2 (1) та питомий електричний опір ρ_2 (2):

$$N'_2 = \frac{U_{вн2}}{\eta U_{\Sigma 02}} = \sqrt{\mu_r^2 K_1^2 + 1 - 2\mu_r K_1 \cos \varphi_{21}}, \quad (1)$$

де η - коефіцієнт заповнення, $\eta = d^2 / d_n^2$,

d - діаметр циліндричного виробу;

d_n - діаметр вимірювальної обмотки вихрострумного перетворювача;

$K_1, \cos \varphi_{21}$ - нормований по амплітуді параметр магнітного потоку всередині виробу та його фаза у навантаженому стані.

$$\rho_2 = \frac{\mu_r 2 f_2 \rho_1}{\mu_r 1 f_1}. \quad (2)$$

Запропонована корисна модель належить до засобів неруйнівного вихрострумного контролю і може бути використана для структуроскопії електропровідних матеріалів та виробів та контролю механічних напруг, які виникають в металевих конструкціях.

На сьогодні відомі два основні методи контролю фізико-механічних характеристик металевих виробів: руйнівні і неруйнівні. При проведенні контролю за допомогою руйнівних методів необхідно дотримуватися умов проведення іспитів, які викладені в стандартах [1]. Недоліком даного контролю є те, що він є тривалим процесом і приводить до руйнування досліджуваного зразка. Неруйнівний контроль усуває дані недоліки. В неруйнівному контролі фізико-механічних характеристик металевих виробів значне місце займає вихрострумний метод, заснований на аналізі взаємодії зовнішнього електромагнітного поля, створюваного вихрострумним перетворювачем (ВСП), який являє собою індуктивні котушки, з електромагнітним полем вихрових струмів, які

збуджуються в об'єкті контролю (ОК) змінним магнітним полем.

Вихрострумна структуроскопія базується на наявності кореляційних зв'язків між електромагнітними характеристиками металів і їх структурним станом. Відомий спосіб контролю електромагнітних параметрів виробів і на його основі визначення фізико-механічних властивостей виробів на підставі вимірювань питомого електричного опору ρ [2]. Такий спосіб контролю можна віднести до прототипу запропонованого способу.

Недоліком даного способу є те, що контролювати можна лише неферромагнітні матеріали.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити безконтактний вихрострумний метод контролю механічних напруг, які виникають в металевих конструкціях, який дозволяє вирішити задачу підвищення надійності контролю.

Для вирішення поставленої задачі використовується вихрострумний спосіб контролю механічних напруг, які виникають в металевих конструкціях, що включає збудження у виробі вихрових струмів змінним магнітним полем, який відрізня-

(13) U

(11) 61060

(19) UA

ється тим, що виріб розміщують у змінне магнітне поле, яке збуджує поперечні вихрові струми, змінюють частоту струму до значення, при якому узагальнений параметр у навантаженому стані x_2 дорівнює початковому узагальненому параметру x_1 , $x_2=x_1$, а значить і внесена фаза $\varphi_{вн2}=\varphi_{вн1}$. Далі вимірюють $U_{вн2}$ та $U_{\Sigma 02}$ і визначають відносну магнітну проникність μ_{r2} за нормованим коефіцієнтом перетворення N'_2 (1) та питомий електричний опір ρ_2 (2):

$$N'_2 = \frac{U_{вн2}}{\eta U_{\Sigma 02}} = \sqrt{\mu_{r2}^2 K_1^2 + 1 - 2\mu_{r2} K_1 \cos \varphi_{21}}, \quad (1)$$

де η - коефіцієнт заповнення, $\eta = d^2 / d_n^2$,

d - діаметр циліндричного виробу;

d_n - діаметр вимірювальної обмотки вихрострумового перетворювача;

K_1 , $\cos \varphi_{21}$ - нормований по амплітуді параметр магнітного потоку всередині виробу та його фаза у ненавантаженому стані.

$$\rho_2 = \frac{\mu_{r2} f_2 \rho_1}{\mu_{r1} f_1}. \quad (2)$$

Алгоритм полягає у наступному: маючи початкові параметри феромагнітного вала (μ_{r1} , ρ_1) для випадку, коли обертальний момент $M=M_1=0$, і параметри ВСП, а також встановивши значення напруженості і частоту зондуючого поля f_1 , визначають значення узагальненого параметра x_1 і безрозмірного нормованого коефіцієнта перетворення N_1 .

$$x_1 = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{2\pi\mu_0\mu_{r1}f_1}{\rho_1}}, \quad (3)$$

де μ_0 - магнітна постійна $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

$$N_1 = \sqrt{\mu_{r1}^2 K_1^2 + 1 - 2\mu_{r1} K_1 \cos \varphi_{21}}. \quad (4)$$

Цьому значенню x_1 відповідає значення $\varphi_{вн1}$ (див. кресл.). Потім, до феромагнітного вала прикладають обертальний момент $M=M_2 \neq 0$, що приведе до зміни електромагнітних параметрів вала (μ_{r2} , ρ_2), тобто

$$x_2 = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{2\pi\mu_0\mu_{r2}f_1}{\rho_2}}, \quad (5)$$

$$N_2 = \sqrt{\mu_{r2}^2 K_2^2 + 1 - 2\mu_{r2} K_2 \cos \varphi_{22}}. \quad (6)$$

Значення N_2 , отриманого з виразу (6), не можна використовувати при визначенні μ_{r2} , оскільки

залежність $N=f(\mu_r)$ побудована для значення $x=x_1=\text{const}$, яке відрізняється від x_2 . Тому, змінюючи частоту зондуючого поля f_1 до значення f_2 , при якій $x_2=x_1$, а значить і $\varphi_{вн2}=\varphi_{вн1}$ (див. кресл.), для нових вимірних значень $U_{вн2}$ і $U_{\Sigma 02}$ отримаємо формулу (1).

З виразу (1) за знайденим новим значенням N'_2 визначають значення μ_{r2} , яке відповідає деформованому стану феромагнітного вала при $M \neq 0$.

Використовуючи запропонований алгоритм для вибраного режиму роботи ВСП можна побудувати градувальні криві залежності $\mu_r=f(M)$ або $U_{вн}=f(M)$, тобто побудувати магнітопружний перетворювач для безконтактного контролю моменту скручування феромагнітного вала.

З іншого боку, вирішуючи систему рівнянь (3) і (5), за умови $x_2=x_1$, отримаємо формулу (2), що дає можливість побудувати градувальну залежність $\rho=f(M)$ і створити ВСП заснований на тензометричному ефекті.

Щоб виключити неоднозначність визначення значення x при виборі робочої точки $\varphi_{вн}$, (див. кресл.), спочатку, змінюючи частоту зондуючого поля, знаходять значення $\varphi_{вн\text{max}}$ (при якому $x \geq 5$) і після цього, зменшуючи частоту в 2 рази від значення, при якому фазометр показував $\varphi_{вн\text{max}}$, вибирають робочу точку ВСП.

Оскільки зміна μ_r від механічної деформації для більшості конструкційних сталей не перевищує 10 % [3], а значення ρ не перевищує 3 % в області пружних деформацій, то це буде достатньо, щоб не перескочити через значення $\varphi_{вн\text{max}}$ при зміні M від 0 до $\pm M_{\text{max}}$.

Технічним результатом є те, що даний спосіб може широко використовуватися в автоматизованих системах управління приводами, а також при діагностиці та визначенні граничнодопустимих механічних навантажень в енергетичному устаткуванні, а об'єднання магнітопружного і тензометричного ефектів значно розширює його функціональні можливості.

Джерела інформації

1. ГОСТ 2999-75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу. - Введ. 01.07.1976 (изм. 23.06.2009).

2. Патент України: № 52844, МПК G 01 N 27/90, публ. 2010 р.

3. Белов К.П. Упругие, тепловые и электрические явления в ферромагнитных материалах. М. - Л.: ГИТТЛ, 1957.-254 с.

