

Розрахунок параметрів магнітних систем для використання їх у процесах відновлення деталей машин

В статті розглядається метод розрахунку параметрів магнітної системи для використання її у процесах відновлення вузлів тертя на основі полімерних композитних матеріалів.
полімерні композиційні матеріали, магнітні поля, розрахунок параметрів магнітних систем

У сучасному машинобудуванні досить часто використовуються полімерні композитні матеріали (ПКМ) з їх цікавими фізико-механічними та антифрикційними властивостями. При застосуванні таких матеріалів особлива увага надається прогнозуванню необхідних для них властивостей та покращенню експлуатаційних характеристик. Зокрема відомо, що збільшення концентрації металічного наповнювача у полімері дозволяє покращити зносостійкість та теплостійкість робочої поверхні, але приводить до зменшення пластичності композиту, що негативно позначається на надійності в області контакту ПКМ з металічною основою деталі [1]. Створення ж градієнту концентрації металічного наповнювача у композиті за рахунок переміщення його частинок до поверхні тертя під дією магнітного поля повинно покращити обидва раніше названі параметри [2].

У зв'язку з цим виникає завдання розрахунку та створення магнітних систем із різноманітними неоднорідними магнітними полями для практичного їх використання у роботі з ПКМ.

Результати розрахунку магнітної системи із електромагнітним збудженням поля для різних областей та їх експериментальна перевірка викладені у даній роботі.

Аксіальний переріз досліджуваної магнітної системи зображено на рис.1.

Магнітне поле, яке утворюється такою системою, можна розділити на три характерні області:

А – область потоку через проміжок між центральним стрижнем і концентричною трубою;

В – область потоку між внутрішніми краями граничної верхньої торцевої поверхні магнітної системи (між умовним джерелом m та стоком n);

С – область потоку над областю В.

Кожну із областей необхідно розглядати окремо. Допуски, які ми використовували при розрахунках:

– магнітним опором сталі нехтуємо ($\mu_{\text{сталі}} \gg \mu_{\text{повітря}}$);

– вважаємо, що увесь об'єм поля – це об'єм вказаних вище областей А, В, С;

– м.д.с. вважаємо рівномірно розподіленою по всьому проміжку між стрижнем і концентричною трубою. Лінії індукції у проміжку спрямовані радіально;

– поверхні, які обмежують виділені області потоку, є поверхнями сталого радіусу кривизни.

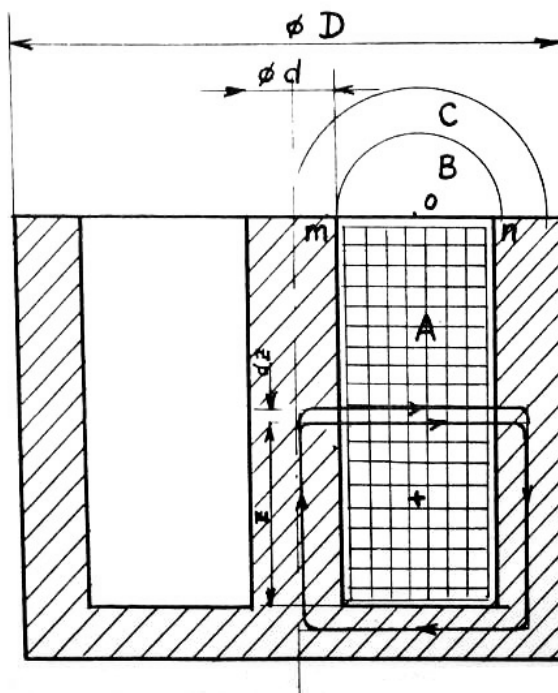


Рисунок 1 – Ескіз магнітної системи, покладений в основу розрахунку

Магнітний опір платівки довжиною l та площею поперечного перерізу S визначається:

$$R_M = \frac{l}{\mu_0 S}. \quad (1)$$

Магнітна провідність цього ж об'єму буде:

$$\lambda_M = \frac{\mu_0 S}{l}. \quad (2)$$

Для елементарного об'єму ці ж самі величини:

$$dR_M = \frac{dl}{\mu_0 dS}; \quad d\lambda_M = \frac{\mu_0 dS}{dl}. \quad (3)$$

Магнітний опір платівки А (див. рис. 2):

$$dR_M^A = \frac{dr}{\mu_0 dz r d\alpha}. \quad (4)$$

Для кільцевої смужки радіуса r , товщиною dr та висотою dz :

$$dR_M = \frac{dr}{\mu_0 dz 2\pi r}. \quad (5)$$

Магнітний опір кільця внутрішнього радіуса R_1 , зовнішнього R_2 та висотою dz :

$$\delta R_M = \frac{1}{2\pi\mu_0 dz} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r} = \frac{1}{2\pi\mu_0 dz} \ln \frac{R_2}{R_1}. \quad (6)$$

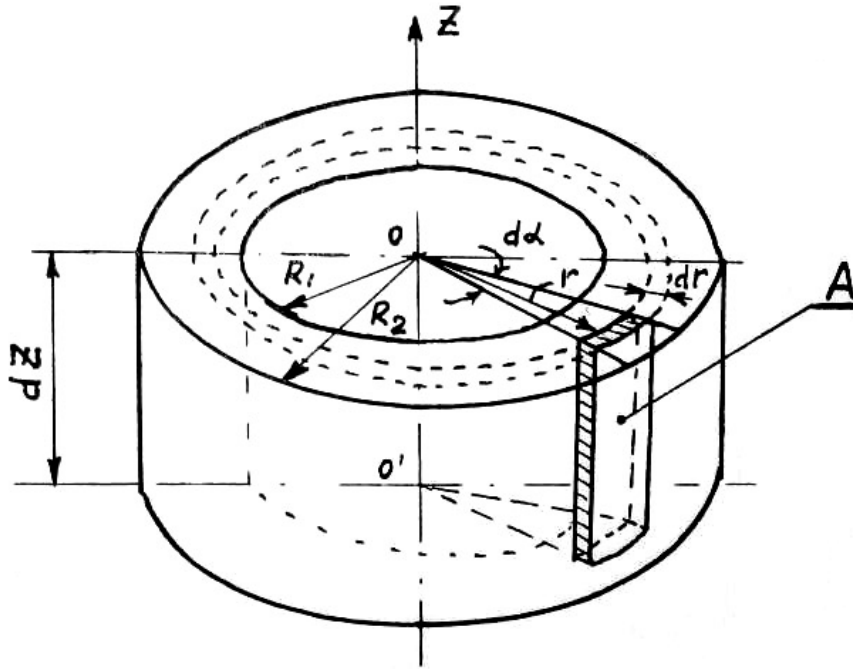


Рисунок 2 – Об'єм, для якого виконується розрахунок магнітного потоку

Магнітний опір та магнітна провідність кільця висотою h , тобто проміжку між центральним стрижнем та концентричною трубою:

$$R_M = \frac{\ln \frac{R_2}{R_1}}{2\pi\mu_0 h}; \quad (7)$$

$$\lambda_M = \frac{2\pi\mu_0 h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}. \quad (8)$$

Для трубки потоку висотою dz , що охоплює струм, утвореного частиною котушки висотою z (враховуємо тільки опір кільцевого повітряного проміжку):

$$\delta\Phi = \frac{INz}{\delta R_M}, \quad (9)$$

де δR_M визначається виразом (6).

Тому:

$$\delta\Phi = \frac{INz 2\pi\mu_0 dz}{h \ln \frac{R_2}{R_1}}. \quad (10)$$

Для потоку через переріз трубки, на відстані r від осі стрижня:

$$\delta\Phi = Bds ; \quad dS = 2\pi r dz , \quad (11)$$

тому індукція на відстані r від осі стрижня ($r > R_1$, де R_1 – радіус стрижня):

$$B = \frac{INZ2\pi\mu_0 dz}{h \left(\ln \frac{R_2}{R_1} \right) 2\pi r dz} = \frac{\mu_0 INZ}{rh \ln \frac{R_2}{R_1}} . \quad (12)$$

Потік через проміжок між центральним стрижнем і концентричною трубою визначається виразом:

$$\Phi_A = \frac{2\pi\mu_0 IN}{h \ln \frac{R_2}{R_1}} \int_0^h z dz = \frac{\mu_0 \pi INh}{\ln \frac{R_2}{R_1}} . \quad (13)$$

На основі одержаної формули (12) нами виконана оцінка магнітної індукції на торцевій поверхні магнітної системи у точці О (див. рис. 1). Якщо магнітне поле створювати тільки з допомогою котушки, намотаної на центральний стрижень, із кількістю витків $N=2200$ та струму $I=1A$, то при $z=h$ та $r = R_1 + \frac{R_2 - R_1}{2} = \frac{R_2 + R_1}{2}$:

$$B_{(O)} = \frac{2\mu_0 IN}{(R_2 + R_1) \ln \frac{R_2}{R_1}} = \frac{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot 2200}{(40 + 13) 10^{-3} \ln \frac{40}{13}} = 0,093 \text{ (Тл)} .$$

Якщо ж магнітне поле створювати двома котушками із струмами $I_1=0,5 A$ та $I_2=0,575 A$, то магнітна індукція у точці О повинна дорівнювати:

$$B_{(O)} = \frac{\mu_0 \frac{I_1 N_1 + I_2 N_2}{2}}{\left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) \ln \frac{R_2}{R_1}} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (0,5 \cdot 1372 + 0,575 \cdot 1200)}{53 \cdot 10^{-3} \cdot 1,124} = 0,029 \text{ (Тл)} .$$

Експериментальну перевірку одержаних розрахунків виконували шляхом вимірювання магнітної індукції за допомогою датчика е.р.с. Холла із чутливістю 67,8 мкВ/А·ерст. Для магнітної системи із двома котушками одержано слідує значення:

$$B_{(O)} = \frac{U_x (\text{мкВ})}{I(A) \cdot C} , \text{ де } C=67,8 \text{ мкВ/А} \cdot \text{ерст} .$$

$$B_{(O)} = \frac{1350 \cdot 80 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{75 \cdot 10^{-3} \cdot 67,8} = 0,026 \text{ (Тл)} .$$

Висновки

1. Згідно одержаної формули (12) магнітна індукція у проміжку А являється функцією координат r та z і тому такі магнітні системи можуть бути використані для створення градієнту концентрації металічного наповнювача у ПКМ.

2. Аналіз формули (13) показує, що для збільшення магнітного потоку крізь область А необхідно збільшити висоту магнітопроводу з одночасним зменшенням відношення $\frac{R_2}{R_1}$.

3. Експериментальні виміри магнітної індукції задовільно співпадають із розрахунковими, що свідчить про можливість використання обраного методу розрахунку магнітної системи.

Список літератури

1. Молчанов Ю.М., Касле С.Р., Родин Ю.М. – Ж., Механика полимеров. – 1943. – №4.
2. Булей І.А., Ковальчук В.І., Чабанний В.Я. Електромагнітна обробка епоксидних композиційних покриттів. – Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 34. – 2004. – С. 200-204.

В статье рассматривается метод расчета параметров магнитной системы для использования ее в процессах восстановления узлов трения на основе полимерных композитных материалов.

This article discusses a method for calculating the parameters of magnetic system for use in the reconstruction process of friction units based on polymer composite materials.