

Гавров А.І.

НУ «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩ MATHCAD ТА EXEL ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧОЇ ТОЧКИ ПОСТІЙНОГО ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО МАГНІТУ.

Дослідити характеристики магнітного матеріалу можна за допомогою використання математичного апарату та моделювання. Збільшення коерцитивної сили, надає змогу отримувати вищі робочі точки, у яких питома енергія магніту найбільша. Більші робочі точки надають змогу отримувати більше енергії від експлуатації постійного магніту. Відповідно, якщо знати максимуми робочого діапазону цих матеріалів то можливо досягти зменшення габаритів самого магнітного матеріалу в конструкції устаткування чи приладу. Це призведе до економії на матеріалах, та зробить їх виробництво більш ергономічно вигідним та дешевшим. У свою чергу зменшення габаритів призведе до розвитку таких галузей, як: нанотехнології, робототехніка та мікропроцесорна техніка. Також можливо розробити способи подовження строку експлуатації магнітних матеріалів та зберігання у них залишкової індукції без перемагнічування.

Мета роботи. Розрахувати робочі точки постійних магнітів складу $Nd_{15,2}Fe_{74,99}B_{6,6}C_{0,51}Cu_{1,57}Ti_{1,38}$, що були отримані при різних умовах, безпосереднім підбором точок та при використанні середовища MathCad.

В роботі досліджували постійні магніти одного складу, що були отримані при різних умовах (див. табл. 1). За отриманими розмагнічуючими частинами петлі гістерезису розраховували робочі точки – значення напруженості H та індукції B магнітного поля, при яких питома магнітна енергія постійного магніту максимальна. Розрахунок проводили безпосереднім підбором точок (див. рис. 1б) та при використанні середовища MathCad (див. рис. 1в).

Таблиця 1

Умови отримання постійних магнітів складу $Nd_{15,2}Fe_{74,99}B_{6,6}C_{0,51}Cu_{1,57}Ti_{1,38}$

№ зразка	Хімічний склад постійного магніту	Початковий тиск, P, МПа	Температура спікання / відпалу, К
1	$Nd_{15,2}Fe_{74,99}B_{6,6}C_{0,51}Cu_{1,57}Ti_{1,38}$	0,5	1323 /
2		3	
3		9,5	

Для проведення розрахунків у середовищі MathCad використовувались наступні припущення: якщо відомо вид функції залежності $W = f(H, B)$, то після диференціювання виразу можна знайти екстремуми, що і буде відповідати робочим точкам (див. табл. 3). Для визначення виду функції залежності магнітної енергії W від індукції B та напруженості H магнітного поля ($W = f(H, B)$) необхідно, по-перше, визначити залежність індукції B від напруженості H магнітного поля ($B = f(H)$) у вигляді полінома n -ступеню. Для вирішення даної

проблеми у середовищі MathCad було побудовано сплайни по вихідних точках для зразків та отримано набір точок Н-В (рис. 1а).

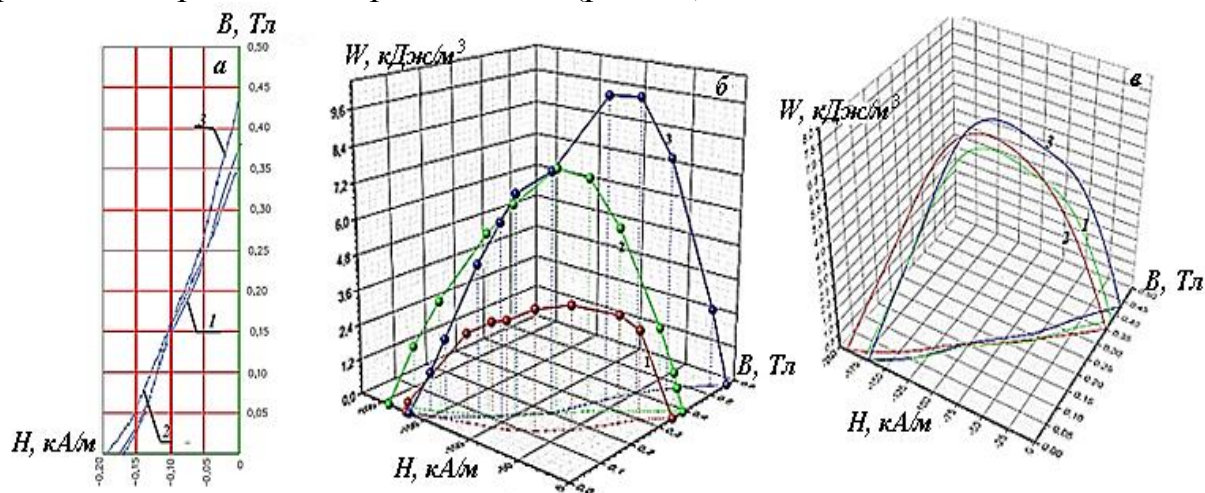


Рис. 1. Сплайни, що були отримані у середовищі MathCad (а); залежності $W = f(H,B)$ для зразків 1, 2, 3: а) по точках, б) у середовищі MathCad

У подальшому було розраховано енергетичний добуток $W = f(H,B)$, побудовано дану залежність та визначено максимальне значення енергії. Результати подано на рис. 1 б,в та у табл. 2. Результати розрахунку робочої точки для всіх способів подано у табл. 2. Паралельно, за отриманим набором точок Н-В у програмі Excel отримали поліноми 3-го ступеню. Для визначення робочої точки постійного магніту необхідно знайти похідну від виразу:

$$W = \frac{B \cdot H}{2}$$

та розв'язати отримані рівняння.

Зразок № 1:

$$B = 1 \cdot 10^{-8}H^3 + 7 \cdot 10^{-6}H^2 + 0,003H + 0,3847$$

$$W = 0,5 \cdot 10^{-8}H^4 + 3,5 \cdot 10^{-6}H^3 + 1,5 \cdot 10^{-3}H^2 + 0,19235H$$

$$\frac{dW}{dH} = 2 \cdot 10^{-8}H^3 + 10,5 \cdot 10^{-6}H^2 + 0,003H + 0,19235$$

Зразок № 2:

$$B = -6 \cdot 10^{-9}H^3 - 2 \cdot 10^{-7}H^2 + 0,002H + 0,3472$$

$$W = -3 \cdot 10^{-9}H^4 - 1 \cdot 10^{-7}H^3 + 0,001H^2 + 0,1736H$$

$$\frac{dW}{dH} = -12 \cdot 10^{-9}H^3 - 3 \cdot 10^{-7}H^2 + 0,002H + 0,1736$$

Зразок № 3:

$$B = 2 \cdot 10^{-8}H^3 + 8 \cdot 10^{-6}H^2 + 0,0035H + 0,4353$$

$$W = 1 \cdot 10^{-8}H^4 + 4 \cdot 10^{-6}H^3 + 1,75 \cdot 10^{-3}H^2 + 0,21765H$$

$$\frac{dW}{dH} = 4 \cdot 10^{-8}H^3 + 12 \cdot 10^{-6}H^2 + 0,0035H + 0,21765$$

Таблиця 2

Результат розрахунку робочих точок постійного магніту різними способами

№ зразка	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Спосіб розрахунку	По точках			У середовищі MathCa d			Через поліном		
B, Тл	0,17	0,21	0,33	0,1627	0,1622	0,184	0,136	0,140	0,181
H, кА/м	-49,5	-77,5	-61,8	-89,88	-95,17	-87,81	-85,57	-85,60	-77,44
W, кДж/м ³	4,21	8,14	10,2	7,3094	7,7193	8,0797	5,8176	6,0075	7,0233

**Рекомендує до друку
науковий керівник**

доцент Тетяна Татарчук