

XÂY DỰNG HỆ ĐO TỪ ĐỘ TỪ 77K ĐẾN 1000K

NGUYỄN MINH HỒNG, NGUYỄN PHÚ THÙY
THÂN ĐỨC HIỀN, LƯU TUẤN TÀI, ĐỖ MẠNH HÙNG

MỞ ĐẦU

Việc nghiên cứu các vật liệu từ, đặc biệt là các vật liệu từ có nhiều ứng dụng trong kỹ thuật đòi hỏi phải có một hệ đo từ độ cho phép đạt được nhiệt độ tới 1000K hoặc cao hơn. Hệ đo đó phải có độ nhạy và độ chính xác cao và cho phép không chỉ đo các vật liệu từ ôxít, mà cả các vật liệu từ kim loại và hợp kim dễ bị ôxy hóa ở nhiệt độ cao.

Xây dựng một hệ đo từ độ đáp ứng các nhu cầu đó là nội dung của công trình này.

Các phương pháp đo từ độ thông thường được chia làm hai loại [1]:

— Phương pháp lực: đo lực do từ trường bất đồng nhất tác dụng lên mẫu từ, lực này tỉ lệ với moment từ của mẫu và thường được xác định trực tiếp bằng các cân từ, hoặc gián tiếp qua tần số dao động của con lắc chứa mẫu đo.v.v...

— Phương pháp cảm ứng: đo suất điện động cảm ứng xuất hiện trong cuộn dây khi biến đổi moment từ của mẫu bằng một thiết bị tích phân cơ học hoặc điện tử.

Chúng tôi chọn phương pháp thứ hai vì tính đơn giản của nó khi thiết kế hệ đo.

2. NGUYÊN LÝ CỦA PHÉP ĐO MOMENT TỪ BẰNG PHƯƠNG PHÁP CẢM ỨNG:

Suất điện động cảm ứng e_{ind} xuất hiện trong một mạch điện kín (hệ cuộn cảm ứng) do biến thiên moment từ M trong không gian gây nên sẽ là [1]:

$$e_{ind} = \frac{H_z}{i} \frac{dM}{dt} \quad (1)$$

khi độ lớn M thay đổi (sử dụng trong các phép đo liên tục $M(H)$ hoặc $M(T)$, hoặc:

$$e_{ind} = \frac{1}{i} \frac{\partial H_z}{\partial r} \frac{dr}{dt} M \quad (2)$$

Khi độ lớn $M = \text{const}$, nhưng có sự chuyển động tương đối của vị trí mẫu đo đối với hệ cuộn cảm ứng (sử dụng trong phép đo điểm). Trong đó:

r — được viết thay cho các trục tọa độ x, y, z

H_z — là từ trường theo phương Z do hệ cuộn cảm ứng sinh ra trong không gian khi có dòng điện cảm ứng i chạy trong nó. H_z/i và $(1/i) (\partial H_z / \partial r)$ phụ thuộc vào cấu hình và kích thước của hệ cuộn cảm ứng, độ lớn và đặc trưng không gian của các thông số này quyết định độ chính xác của phép đo từ độ và kích thước cho phép của mẫu đo.

Bằng cách tích phân tín hiệu cảm ứng đo, ta thu được một tín hiệu tỷ lệ trực tiếp với moment từ M. Từ (1) và (2), lần lượt ta có:

$$u = A \cdot \int_{t_1}^{t_2} e_{ind} dt = A \frac{H_z}{i} [M(t_2) - M(t_1)] \quad (1')$$

và

$$u = \frac{A}{i} [H_z(x_2) - H_z(x_1)] M \quad (2')$$

Trong đó: A—là hệ số của thiết bị tích phân

x_1, x_2 là vị trí mẫu tại thời điểm 1 và 2 khi nó dịch chuyển theo trục x (hình 1)

3. MÔ TẢ HỆ ĐO

3.1. Tính toán cấu hình hệ cuộn cảm ứng.

Đề phù hợp với nguồn từ trường là một nam châm điện kiểu Newport 177, chúng tôi đã chọn cấu hình hai cặp Helmholtz đồng nhất, mắc xung đối, đặt cách nhau một khoảng để làm cuộn thu tín hiệu (hình 1a)

The định luật Biot — Savart, từ trường H_z tại vị trí có tọa độ (x, 0, z) tạo bởi một vòng dây có dòng điện một đơn vị chạy qua là [2].

$$H_z = \frac{1}{5[(x_0+x)^2 + (Z_0-Z)^2]^{3/2}} \left[F + \frac{x^2 - x_0^2 - (Z_0-Z)^2}{(x_0-x)^2 + (Z_0-Z)^2} E \right] \quad (3)$$

trong đó

x_0 và $2Z_0$ lần lượt là bán kính của cuộn dây và khoảng cách giữa hai cuộn của một cặp Helmholtz

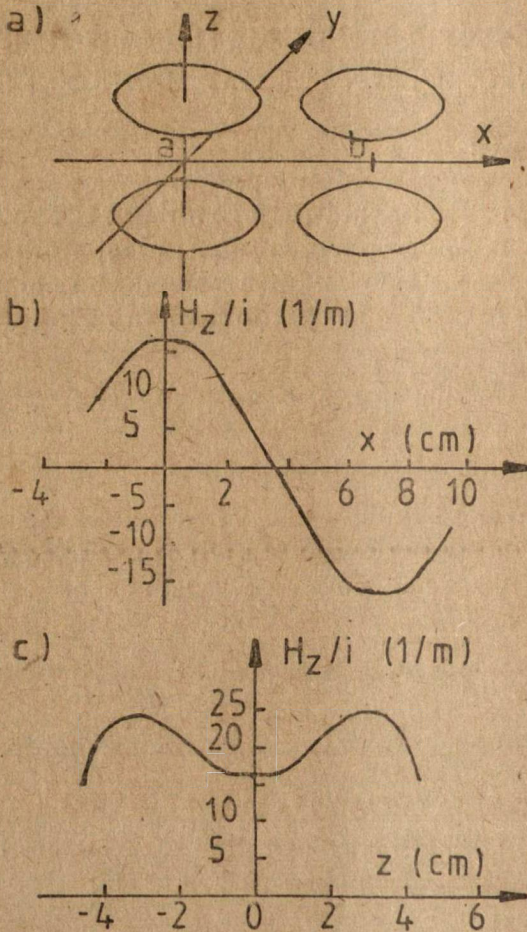
$$F = F\left(\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) \text{ và } E = E(k, \pi/2) \text{ với } k^2 = \frac{4x_0x}{(x_0+x)^2 + (Z_0-Z)^2}$$

là các tích phân elliptic loại một và loại hai.

Chúng tôi đã thực hiện các tính toán dựa trên (3) với các cấu hình cuộn dây khác, cấu hình thích hợp nhất được chọn là $x_0 = 27\text{mm}$, $Z_0 = 28\text{mm}$, $d = 75\text{mm}$. Đặc trưng không gian của H_z/i cho một vòng dây của cấu hình này được vẽ trên hình 1 b, c.

3.2. Sơ đồ hệ đo.

Sơ đồ hệ đo (hình 2) bao gồm:

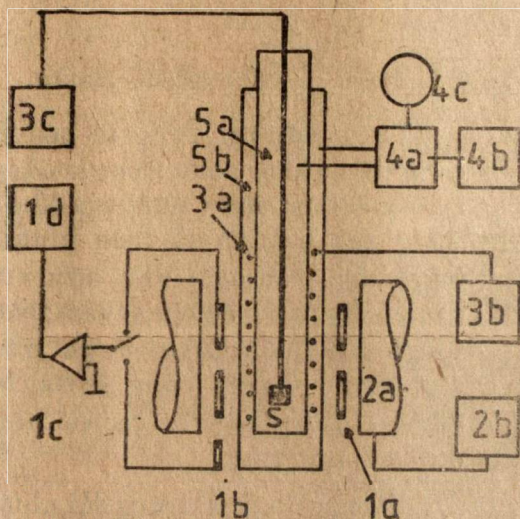


Hình 1: a) Cấu hình hệ cặp Helmholtz b) và c) sự phụ thuộc vào khoảng cách x và z của hệ số H_z/i (tính cho một vòng dây)

* Hệ thống đo moment từ và từ trường, bao gồm các cuộn cảm ứng (1a) cuộn đo từ trường (1b), tích phân điện tử (1c) tự ghi x-t (1d).

* Hệ thống tạo từ trường, bao gồm nam châm (2a) và nguồn dòng có điều khiển (2b).

* Hệ thống tạo và đo nhiệt độ, bao gồm lò điện trở (3a), khống chế nhiệt độ (3b) và chỉ thị nhiệt độ (3c).



Hình 2: Sơ đồ của hệ đo từ độ

3. 3. Hoạt động và chuẩn hệ đo.

Khi đo, mẫu được dịch chuyển từ vị trí tâm cặp Helmholtz thứ nhất đến tâm cặp thứ hai. Khi đó ta sử dụng công thức (2') tín hiệu u được ghi lại trên tự ký x-t.

Hệ số $A \left[\frac{H_z(x_2)}{i} - \frac{H_z(x_1)}{i} \right]$ được xác

định thông qua một phép đo với mẫu chuẩn Ni đã biết độ từ hóa riêng:

$\sigma_N (300k) = 55.1 \text{ G.cm}^3.\text{g}^{-1}$. Độ từ hóa riêng của mẫu đo là [3]:

$$\sigma = \frac{\alpha \cdot u}{4\pi m} \quad (4)$$

trong đó: $\alpha = (5.20 \pm 0.05) \text{ G cm}^3.\text{mV}^{-1}$, là hệ số chuẩn của hệ đo xác định từ mẫu Nickel.

m — là khối lượng của mẫu đo

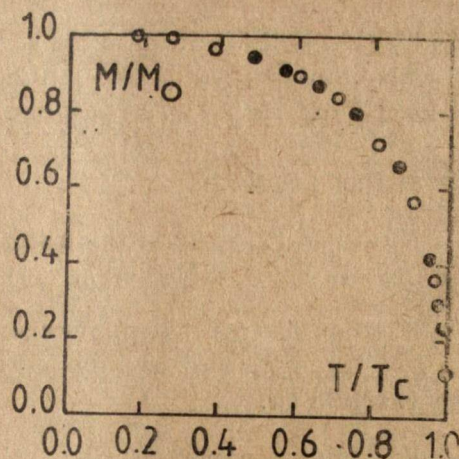
u — là độ lớn tín hiệu ghi được trên tự ghi.

Độ nhạy của phép đo từ độ là 10^{-3} G cm^3 .

* Hệ thống tạo chân không cao, và môi trường khí trơ, bao gồm băng van chân không (4a), các bơm chân không (4b) và bóng chứa khí Helium sạch (4c).

* Hệ thống cơ khí cho phép mẫu đo (S) dịch chuyển được theo phương thẳng đứng, và cho phép định hướng mẫu theo phương từ trường với độ chính xác $0,5^\circ$ trong buồng khí trơ hoặc chân không cao 10^{-4} Torr (5a). Lò nằm trong chân không cao hoặc môi trường khí trơ (5b) độc lập với buồng mẫu.

* Vỏ nước làm nguội (khi đo ở nhiệt độ cao) hoặc dewar nitơ lỏng (khi đo ở nhiệt độ thấp) (không vẽ trên hình).



Hình 3: Sự phụ thuộc nhiệt độ của từ độ mẫu Nickel vẽ trong hệ tọa độ rút gọn (*—kết quả đo của các tác giả, o—số liệu lấy từ tài liệu [4]).

Từ trường H được đo bằng một cuộn dây chuẩn. Bằng cách dịch chuyển nó từ trọng vùng từ trường đồng nhất của nam châm ra ngoài, tín hiệu trên tụ ghi là U :

$$H = \beta \times U \quad (5)$$

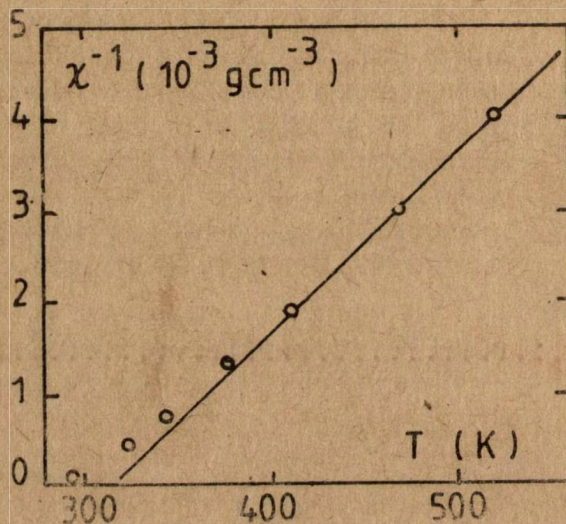
β — là hệ số chuẩn, được chuẩn nhờ một cuộn hồ cảm chuẩn [3]

$$\beta = (7.06 \pm 0.10) \text{ Oe. mV}^{-1}$$

Độ nhạy của phép đo từ trường là 10^{-1} Oe.

4. KẾT QUẢ ĐO CHUẨN

Mẫu Ni — 99.999% và mẫu Gd — 99.98% đã được sử dụng để đo chuẩn.



Hình 4: Sự phụ thuộc nhiệt độ của nghịch đảo độ cảm thuận từ của Gadolinium

từ phụ thuộc nhiệt độ đã được xác định (hình 4). Từ đó, xác định được nhiệt độ Curie thuận từ là $313 \text{ K} \pm 1 \text{ K}$, hằng số Curie $C = 7.94 \text{ mol emu}^{-1}$ và moment từ hiệu dụng $\mu_{\text{eff}} = 7.97 \mu_{\text{B}}$ phù hợp tốt với tài liệu [6].

5. KẾT LUẬN

Hệ đo đã được hoàn thiện thỏa mãn các yêu cầu cao về độ nhạy, độ chính xác, độ kín chân không v.v...

Kết quả đo trên các mẫu chuẩn cho thấy độ tin cậy cao của thiết bị và khả năng sử dụng nó cho các nghiên cứu cơ bản cũng như nghiên cứu ứng dụng các vật liệu từ.

Các tác giả cảm ơn sự quan tâm và giúp đỡ của các đồng nghiệp ở P.T.N Vật lý nhiệt độ thấp (Đ.H.T.H Hà nội), cảm ơn các tiến sĩ J. J. M. Franse, F. Bekker và ông H. Beekelaar (trường đại học Amsterdam, Hà lan) đã góp nhiều ý kiến quý báu khi thiết kế và xây dựng hệ đo, cảm ơn Xưởng Trung tâm, Đ.H.T.H Hà nội đã gia công các chi tiết của hệ đo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. H. Zijstra Experimental Methods in Magnetism Part 2, Ed. Willey 1967.
2. Карсик. физика и техника высоких магнитных полей, изд. Наука, Москва 1964.
3. D. L. Martin, Proc. 5 th Int. Worsh. on REPM Roanoke, p.371, Jme 1981
4. A. Herpin, Théory du Magnetisme, Paris, 1968.
5. E. P. Wohlfarth, in Ferromagnetic Materials, vol 1, p. 1—70, edited by E. P. Wohlfarth, North—Holland, Amsterdam. 1980.
6. G. S. Legvold, in Ferromagnetic Materials. Vol 1, p. 183—296, edited by E. P. Wohlfarth, North — Holland, Amsterdam 1980.

NGUYEN MINH HONG и ДР. СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ НАМАГНИЧИВАНИЯ

Установлен магнетометр, работающий на принципах электромагнитной индукций, в интервалах температур 77°K—1000°K и магнитного поля до 9kOe. Чувствительность измерения для намагничивания и магнитного поля есть 10^{-3} эми и 10^{-1} Oe. Контрольные измерения на поликристаллах Ni—(5N) и Gd—(3N) показывают надёжность установки и возможность его использования как и в фундаментальном, так и в прикладном исследовании для магнитных материалов.

NGUYEN MINH HONG a. o. MAGNETIZATION MEASURING SYSTEM.

A magnetometer working on the induction method in the temperature range of 77K—1000K and the magnetic field till 9 kOe has been set up. The resolutions of the magnetometer in the magnetization and the field measurements are 10^{-3} emu and 10^{-1} Oe, respectively. Testing measurements were carried out on polycrystal Ni—(5N) and Gd—(3N) samples. Obtained results are in full agreement with the reference data.

Nhận ngày 20-4-1985