

REMANENCIA, FACTOR DE DESMAGNETIZACION Y FUERZA COERCITIVA A LA TEMPERATURA DE CURIE

por WALTER GERLACH y JAKOB KRANZ

Physikalisches Institut der Universität, München

(Recibido el 11-11-1949)

ZUSAMMENFASSUNG: Bei Legierungen von Nickel mit Kupfer und Nickel mit Chrom nimmt im Bereich der Curietemperatur der Entmagnetisierungskoeffizient stark zu, während er bei tieferen Temperaturen temperaturunabhängig ist. Mit dem Anstieg des Entmagnetisierungskoeffizienten ist ein Anstieg der Coerzitivkraft verbunden. Die wahre Remanenz wird durch die Scherung mit den gemessenen N -Werten erheblich vergrößert und bleibt bis fast an die Curietemperatur konstant.

1°. La remanencia real de un cuerpo ferromagnético isotropo debe representar, según la concepción bien establecida del origen de la curva de magnetización «técnica», el 50 % de la saturación, independiente de la temperatura a la cual se la mide. Siendo $J_{\infty T}$ la saturación a la temperatura T , J_{RT} la remanencia a la misma temperatura, $\cos \vartheta$ la distribución media de los vectores de magnetización en el caso de remanencia, tenemos $J_{RT} = J_{\infty T} \cdot \overline{\cos \vartheta}$ o $J_{RT} = 0,5 \cdot J_{\infty T}$; todos los vectores se encuentran en la semiesfera «positiva», distribuidos al azar sobre todas las direcciones «positivas».

2°. Resultó de las medidas de la remanencia del níquel, que el valor $\overline{\cos \vartheta} = 0,5$ se encontró para valores mayores que $T/\Theta = 0,45$ (Θ = temperatura de Curie), pero solamente hasta $T/\Theta = 0,95$; después disminuye bastante rápidamente al acercarse a Θ . Debajo de $T/\Theta = 0,45$, $\overline{\cos \vartheta} = 0,5$ permanece constante para muestras con tensiones internas muy grandes. Para muestras blandas $\overline{\cos \vartheta}$ crece hasta alrededor de 0,8. La razón de esto es que en el último caso, a temperaturas bajas, la energía K del cristal

se hace sensiblemente mayor que la energía S_i de las tensiones. Este caso es sin interés para lo que sigue; supondremos siempre $S_i \gg K$.

3º. Las razones que pueden explicar los pequeños valores de $\cos \vartheta$ al acercarse a la temperatura de Curie, Θ , son las siguientes:

- a) Una determinación equivocada del valor de saturación;
- b) Una influencia desconocida que puede debilitar la remanencia.

Ad a) En la cercanía de la temperatura de Curie, la saturación no puede ser medida con medios magnéticos. En este intervalo de temperatura se superpone a la orientación paralela al campo («magnetización técnica») la magnetización real (aumento de la magnetización espontánea por el trabajo del campo exterior contra la energía térmica). Las curvas $J-H$ se aproximan a rectas a partir de unos miles de Oerstedt, después de una parte curva, de manera que no es posible obtener por extrapolación el valor de la saturación técnica. Por esta razón hemos determinado la magnetización espontánea a partir del efecto magnetocalórico. No estamos seguros, sin embargo, si este valor no resulta ser todavía un poco elevado, ya que las magnetizaciones real y técnica no son independientes una de otra. Incluso con el valor $J_{\infty T}$ así determinado, $\cos \vartheta$ todavía disminuye cerca de Θ .

Ad b) La remanencia real se calcula haciendo intervenir el factor de desmagnetización N_g , factor que está determinado por la forma geométrica de la muestra. La cantidad $N_g \cdot J_{RT}$ que interviene en la determinación (Scherung) era tan pequeña, que la diferencia entre la remanencia observada («aparente») y la real resultó muy reducida. Sin embargo, se planteó la pregunta si el empleo del factor N_g geométrico aún es justificado en la cercanía de Θ .

4º. Hemos medido la curva de magnetización ideal, con el método de idealización de campo alternado de Steinhaus-Gumlich, en campos constantes entre cero y alrededor de 0,02 Oe. Esta curva resultó rigurosamente lineal en el dominio mencionado. Su inclinación sobre el eje del campo (intensidad del campo exterior aplicado) da el valor recíproco del factor de desmagnetización. Eso ha sido demostrado anteriormente por nosotros hasta $T/\Theta = 0,94$, verificándose para muestras normales un valor N constante en este dominio de temperaturas. Por encima de $T/\Theta = 0,94$ hallamos, sin embargo, un fuerte crecimiento de N .

5) Las mediciones aquí descriptas se realizaron con aleaciones de cobre con níquel, cuyos valores Θ son aproximadamente 140°, 95° y 35° C para 20 %, 25 % y 30 % de cobre, respectivamente. (Para sustancias ferromagnéticas puras las mediciones todavía no han sido terminadas). Una serie de medidas con níquel + 4 % de cromo ($\Theta = 125^\circ$ C) ha sido agregada para mostrar que el efecto no depende de la cantidad ni del tipo de elemento que se ha aleado.

La tabla I da el aumento del valor de N en la cercanía de Θ , $(N_{\text{exp}} - N_g) \cdot 10^3$.

Otra representación de las medidas, $(N_{\text{exp}} - N_g)_T / (N_{\text{exp}} - N_g)_{20^\circ}$ está dada en la figura 1.

T A B L A I

$(N_{\text{exp}} - N_g) \cdot 10^3$

Temp.	Ni + 30%Cu $N_g = 4,2 \cdot 10^{-3}$	Ni + 25%Cu $N_g = 3,6 \cdot 10^{-3}$	Ni + 4%Cr $N_g = 3,8 \cdot 10^{-3}$	Ni + 20%Cu $N_g = 4,3 \cdot 10^{-3}$
10	1,1	0,75	0,2	0,2
20	1,2	0,75	0,2	0,2
25	1,4	—	—	—
30	2,0	—	—	—
35	5,0	—	—	—
40	—	—	0,2	0,2
60	—	0,75	—	—
90	—	0,75	—	—
95	—	1,8	—	—
98	—	3,9	—	—
100	—	5	0,2	—
105	—	—	0,2	0,2
110	—	—	0,25	—
115	—	—	0,35	—
120	—	—	0,5	0,2
125	—	—	1,0	0,22
126	—	—	2,5	—
130	—	—	—	0,28
135	—	—	—	0,4
140	—	—	—	1,0
142	—	—	—	3,4

6°. Si ahora, con estos valores muy elevados de N , se re-termina la remanencia real a partir de la remanencia medida, se llega a valores considerablemente mayores.

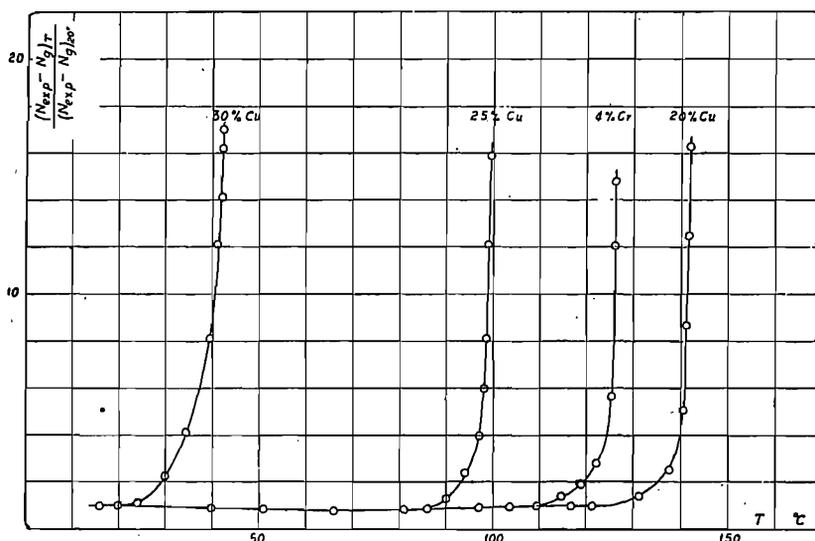


Fig. 1

La tabla II representa, para una muestra de níquel + 25 % de cobre con Θ alrededor de 95°C , los valores medidos y calculados, ambos referidos a los valores de $J_{\infty T}$ obtenidos con ayuda del efecto magnetocalórico. El aumento es muy considerable.

T A B L A II

R = remanencia calculada de manera usual, R_w = remanencia determinada a partir de $J_{\infty T}$ del efecto magnetocalórico y de N_{exp} .

Muestra: Ni + 25%Cu

Temp. °C	N_{exp}/N_g	$\frac{R}{(\cos \delta)}$	$\frac{R_w}{(\cos \delta)}$
20	2,7	0,46	0,46
50	2,7	0,45	0,46
80	2,7	0,43	0,46
85	2,7	0,40	0,45
90	3,1	0,32	0,445
95	6	0,21	0,425
98,2	13	0,15	0,40
106,8	120	0,085	0,27
110,0	200	0,07	0,17

El valor de $\overline{\cos \vartheta} = 0,46$, medido a baja temperatura, permanece constante hasta casi la temperatura de Curie: 93°C . Esta última fué determinada por el efecto magnetocalórico, el calor específico y la fuerza termomotriz con resultados concordantes. Recién en el dominio de transición al estado paramagnético disminuye la remanencia porcentual.

7°. El aumento del valor de N en la cercanía de Θ significa que los «dominios de Weiss» empiezan a disolverse de manera tal que a lo largo de la muestra se forman pequeños imanes, unidos por puentes poco o nada magnetizables. En materiales ferromagnéticos de este tipo se observa frecuentemente una gran fuerza coercitiva. Por eso se ha medido la curva de histéresis y se ha determinado de ella H_c . Resultó que la fuerza coercitiva aumenta considerablemente en el mismo dominio que el factor N .

8°. El crecimiento de N y de H_c en la cercanía de Θ ha sido hallado hasta ahora en todas las aleaciones níquel-cobre y níquel-cromo. N , en función de T/Θ depende de la concentración, de la magnitud de las tensiones internas y del tamaño de los cristalitas. Cuanto menor las tensiones internas y cuanto mayor la recristalización, mayor es la temperatura a la cual comienza el aumento de N . El carácter cualitativo, sin embargo, permanece igual.

Munich, octubre de 1949.

(Traducido por G. BECK y D. CANALS FRAU).