

Действительный член АН БССР Н. С. АКУЛОВ и Е. П. СВИРИНА

КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПИИ ПРИ СВЕРХСТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ

В связи с тем, что константа энергетической анизотропии K определяет величину работы намагничения, вопрос о зависимости ее от степени порядка σ имеет для сверхструктурных высокопроницаемых сплавов типа FeNi_3 существенный интерес. Между тем, кинетика зависимости величины K от степени порядка никем не исследовалась.

В настоящей работе даны кривые зависимости константы K от времени выдержки изотермического процесса для различных температур и установлена закономерность, связывающая величину K со степенью порядка σ в процессе упорядочения.

Для определения константы анизотропии K был применен метод изучения подхода к насыщению ⁽¹⁾. В соответствии с выводами теории сверхструктурных сплавов ⁽²⁾, степень порядка σ определялась по величине относительного изменения магнитного насыщения I_s . Предварительно был исследован достаточно подробно подход к насыщению молибденового пермаллоя (77,5% Ni, ~3% Mo, ~19,5% Fe). Оказалось, что для него полностью применим закон приближения к насыщению в форме:

$$\chi - \chi_p = \frac{2I_s b}{H^3} + \frac{3I_s c}{H^4} + \frac{4I_s d}{H^5}, \quad (1)$$

где χ_p — парамагнитная восприимчивость, I_s — магнитное насыщение, H — намагничивающее поле, b , c и d — постоянные, причем

$$b = \frac{32}{105} \frac{K^2}{I_s^2} ((3), \text{ стр. 153}), \quad (2)$$

$$c = \frac{K^3}{I_s^3} \cdot 0,038 ((4)). \quad (3)$$

Из рис. 1 видно, что, начиная с намагничивающих полей H порядка 50 эрст., члены с $1/H^4$ и $1/H^5$ в уравнении (1) становятся достаточно малыми и дифференциальная восприимчивость $\chi = \Delta I / \Delta H$ (при малых ΔH) линейно меняется с изменением величины $1/H^3$.

Нами установлено, что константа энергетической анизотропии K молибденового пермаллоя имеет отрицательный знак. Последнее

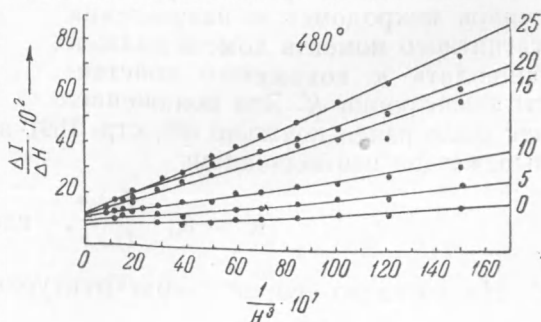


Рис. 1. Снизу вверх: 0 ч., 5 ч., 10 ч., 15 ч., 20 ч., 25 ч.

согласуется с качественными * измерениями Граббе (5). С целью получения сплавов типа FeNi_3 с различной степенью порядка образцам давались различные выдержки при разных температурах T_n , после чего давалась закалка. Степень порядка атомов, возникающая при этом, измерялась по изменению магнитного насыщения.

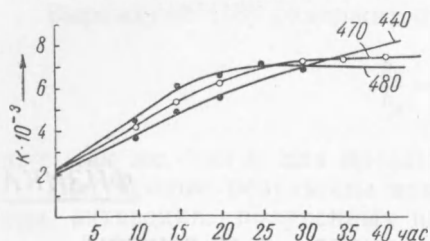


Рис. 2

На рис. 2 показана кинетика изменения K в зависимости от времени выдержки при температурах 440, 470 и 480°.

Из рис. 3 видно, что в процессе упорядочения величина K меняется как I_s^n , где n — целое число, зависящее от температуры отжига T_n . Поскольку приращение магнитного насыщения меняется пропорционально степени порядка σ , то константа анизотропии K связана со степенью порядка σ соотношением:

$$K = K_0 (1 + a\sigma)^n, \quad (4)$$

где

$$K_0 = K_{\sigma=0}, \quad a = \text{const.}$$

До сих пор не существует теории, объясняющей зависимость константы анизотропии K от степени порядка σ . Поэтому представляет интерес выяснить, в какой мере эту зависимость можно объяснить с помощью теории прецессионных преобразований.

Появление беспорядка в распределении атомов должно приводить к появлению микро-неоднородной структуры. Под влиянием этих неоднородностей каждый домен в той или иной степени разбивается на микродомены, магнитный момент которых не будет совпадать с результирующим магнитным моментом домена в целом.

Такой выход результирующих спинов микродоменов из направления магнитного момента домена должен приводить к понижению константы анизотропии K . Это понижение, как было ранее показано (3), стр. 169), в первом приближении должно выражаться соотношением:

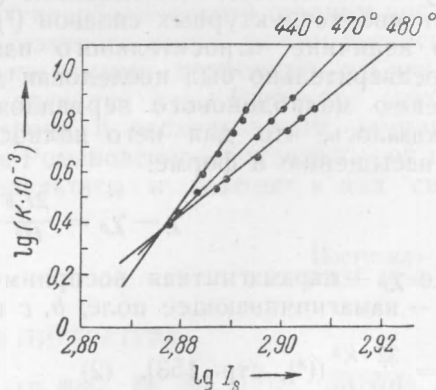


Рис. 3

$$K_\sigma = K_1 \left(\frac{I_\sigma}{I_1} \right)^n, \quad \text{где } n \geq 10. \quad (5)$$

Но, согласно теории сверхструктурных сплавов (2,6),

$$I_\sigma = I_1 - b(1 - \sigma). \quad (6)$$

Подставляя соотношение (6) в уравнение (5), получаем:

$$K_\sigma = K'_0 (1 + a\sigma)^n, \quad (7)$$

* Величина степени порядка Граббе не измерялась.

где

$$K'_0 = K_1 \left(\frac{I_1 - b}{I_1} \right)^a, \quad a = \frac{b}{I_1 - b}. \quad (8)$$

Таким образом, теория приводит к зависимости, наблюдаемой на опыте. Для случая, когда температура изотермического отжига близка к критической точке сверхструктурных превращений θ , в полном соответствии с теорией, n оказывается равным 10 (см. рис. 4).

Однако, если проводить отжиг при более низких температурах, то получаются следующие результаты: найденная теоретическая формула попрежнему хорошо согласуется с опытом при $n = \text{const}$, но при этом n значительно больше 10. Чем объясняется этот рост n , пока сказать трудно.

Для дальнейшего развития теории представляет интерес найти экспериментальную зависимость роста n от температуры отжига. Как видно из рис. 4, n почти линейно связано с температурой отжига T_n , т. е.

$$n = 10 + n_0 \left(1 - \frac{T_n}{\theta} \right), \quad (9)$$

где $n_0 = \text{const}$.

Поскольку теория сверхструктурных превращений дает возможность определять степень порядка σ для любой температуры и любой продолжительности отжига, формула (7) позволяет найти изменение энергии анизотропии также для любой температуры отжига и его продолжительности.

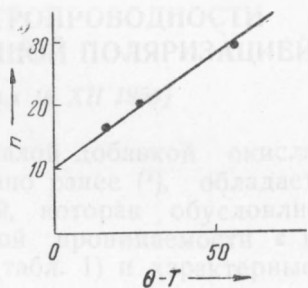


Рис. 4

Поступило
12 XII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. Акулов, Zs. f. Phys., **69**, 822 (1931). ² Н. С. Акулов, ДАН, **66**, № 3 (1949). ³ Н. С. Акулов, Ферромагнетизм, 1939. ⁴ R. Gans, Ann. d. Phys., **15** 28 (1939). ⁵ M. Grabbe, Phys. Rev., **57**, 728 (1940). ⁶ Н. С. Акулов и Е. П. Свирина, ДАН, **70**, № 5 (1950).