

Г. Т. ДУБОВКА, Е. Г. ПОНЯТОВСКИЙ

**О ВЛИЯНИИ ДАВЛЕНИЯ НА МАГНИТНОЕ ПРЕВРАЩЕНИЕ
В Г. Ц. К.-СПЛАВАХ СИСТЕМЫ ЖЕЛЕЗО — НИКЕЛЬ**

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 20 XII 1971)

У сплавов Fe — Ni при 60—70 ат. % Fe (инварный диапазон) обнаруживаются аномалии многих физических свойств. При температурах ниже температуры магнитного упорядочения эти сплавы обладают близким к нулю коэффициентом линейного расширения, аномально высокой магнитострикцией и сжимаемостью. С аномалией магнитострикции и сжимаемости связана высокая чувствительность магнитных свойств, и в частности точек Кюри T_c , к давлению. Зависимость T_c от давления для отдельных сплавов Fe — Ni (в основном инварного диапазона) исследовалась в работах (1-4); наиболее полные данные для этого диапазона были приведены в статье (3).

В нашей работе излагаются результаты измерения смещения точек Кюри под действием давления для системы Fe — Ni в диапазоне концентраций 30—100% Ni. Сплавы готовились методом вакуумной плавки в индукционной печи из электролитического никеля и карбонильного железа. Слитки подвергались отжигу при 1100°С в течение 6 час. с последующей закалкой в воду. В качестве передающей давление среды для сплавов с $270^\circ\text{K} < T_c < 700^\circ\text{K}$ использовалась силиконовая жидкость. Давление измерялось манганиновым манометром с точностью ± 200 бар. Остальные сплавы исследовались в условиях квазигидростатики, когда передающей давление средой являлось твердое вещество. Давление в этой аппаратуре определялось по калибровочным кривым с точностью ± 500 бар. Точки Кюри фиксировались с точностью $\pm 3^\circ\text{C}$ методом дифференциального трансформатора на частоте $f \approx 1500$ гц при величине поля $H \approx 0,1$ э (1).

Во всем исследованном интервале давления (до 20 кбар) и концентраций температура Кюри линейно смещается с давлением

Состав, ат. % Ni	28	29	30	31	32	32,5	
$T_c, ^\circ\text{K}$	282	301	343	381	409	426	
$-\frac{dT_c}{dP}, \frac{^\circ\text{K}}{\text{кбар}}$	$7,5 \pm 0,1$	$6,8 \pm 0,1$	$5,8 \pm 0,05$	$5,2 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,1$	
Состав, ат. % Ni	34	35	36	42	47,5	53 *	100
$T_c, ^\circ\text{K}$	470	521	574	667	753	850	631
$-\frac{dT_c}{dP}, \frac{\text{K}^\circ}{\text{кбар}}$	$4,4 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,1$	$2,65 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,2$	1,6	$-0,3 \pm 0,1$

Результаты экспериментов приведены также на рис. 1 и 2. На рис. 1, кроме полученных нами данных, нанесено также значение dT_c/dP из работы (2), которое хорошо ложится на общую кривую. Для сплавов с $T_c < 570^\circ\text{K}$ зависимость dT_c/dP от T_c может быть представлена в виде

$$-dT_c/dP = A/T_c, \quad (1)$$

где $A = (2050 \pm 40)$ град 2 ·кбар $^{-1}$.

Этот участок кривой изображен на рис. 1 пунктиром.

* Данные работы (2).

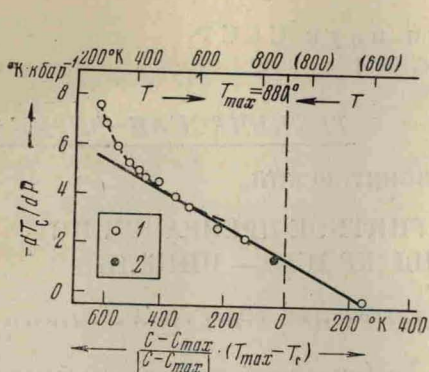


Рис. 1. Зависимость точки Кюри T_C от давления P и концентраций C : 1 — наши данные, 2 — данные (2)

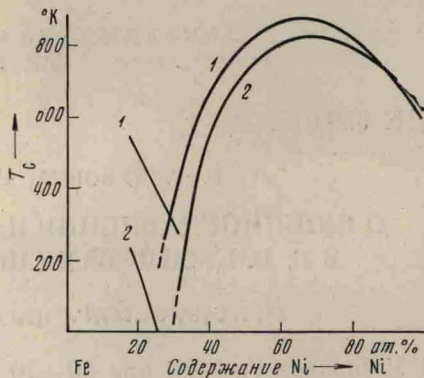


Рис. 2. Фазовые диаграммы сплавов Fe — Ni при давлениях 1 бар (1) и 50 кбар (2)

Для сплавов с $T_C > 570^\circ \text{K}$ установлена линейная зависимость величины dT_C/dP от T_C , которую удобно представить в виде

$$-\frac{dT_C}{dP} = \frac{C - C_{\max}}{|C - C_{\max}|} (T_{\max} - T_C) A + B, \quad (2)$$

где C — содержание никеля, а $T_{\max} = 885^\circ \text{K}$ и $C_{\max} = 68 \text{ ат. \% Ni}$ — координаты максимума на кривой точек Кюри в системе Fe — Ni; $A = (-7 \pm 0,3) \cdot 10^{-3} \text{ кбар}^{-1}$, $B = (1,3 \pm 0,2) \text{ град} \cdot \text{кбар}^{-1}$. Первый множитель в (2), по абсолютной величине равный единице, меняет знак при переходе через T_{\max} и отражает тот факт, что зависимость dT_C/dP от состава является монотонной, а зависимость T_C — немонотонной функцией.

Формула (1) была теоретически получена в работе (5), в которой магнитные свойства инваров рассматривались с позиций зонной теории.

На рис. 2 приведены фазовые ($T-C$)-диаграммы сплавов Fe — Ni при давлениях 1 бар и 50 кбар в предположении линейной зависимости T_C от давления в интервале до 50 кбар. На диаграммах нанесены и линии M_s мартенситных превращений $\gamma \rightarrow \alpha$ с учетом данных (6).

В сплавах железа с переходными металлами возможно образование при высоких давлениях ϵ -фазы с г.п.у.-структурой. Так, например, в сплавах Fe — Mn состава 20—30% Mn ϵ -фаза образуется уже при атмосферном давлении. Нами экспериментально установлено, что замещение марганца никелем в сплавах с 65% Fe резко повышает давление $\gamma \rightarrow \epsilon$ перехода. В сплавах Fe — Ni инварного состава переход $\gamma \rightarrow \epsilon$ не был обнаружен вплоть до давлений 100 кбар.

Таким образом, из рис. 2 следует, что сплавы Fe — Ni с г.д.к.-структурой в диапазоне концентраций 25—30% Ni при давлениях 50 кбар и выше не будут ферромагнитными вплоть до самых низких температур. В работе (7) было показано, что γ -Fe в метастабильном состоянии при атмосферном давлении и низких температурах является антиферромагнетиком с $T_N = 67^\circ \text{K}$. Логично предположить, что γ -фаза в сплавах Fe — Ni с 25—30% Ni при высоких давлениях и низких температурах также будет претерпевать антиферромагнитное упорядочение и на диаграммах состояния появятся кривая точек Нееля и линия фазового равновесия между ферромагнитной и антиферромагнитной фазами.

Институт физики твердого тела
Академии наук СССР
Черноголовка Моск. обл.

Поступило
10 XII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ L. Patrick, Phys. Rev., **93**, 384 (1954). ² J. M. Leger, C. Iusse, B. Vo-d'ar, Solid State Comm., **5**, 755 (1967). ³ Г. Т. Дубовка, Е. Т. Понятовский, Физ. мет. и металловед., **32**, в. 6 (1971). ⁴ R. C. Wayne, L. C. Bartel, Phys. Letters, **28A**, 196 (1968). ⁵ E. P. Wohlfarth, Phys. Letters, **28A**, 569 (1969). ⁶ L. Kaufman, A. Leyenaar, J. S. Harvey, Progress in Very High Pressure Research, N. Y., 1961, p. 90. ⁷ G. J. Johanson, M. B. McGirr, D. A. Wheeler, Phys. Rev., **B1**, 3208 (1970).