

ЛИТЕРАТУРА

1. Давиденков Н. Н. ФТТ, 1961, 3, 2459.
2. Malygin G. A. Phys. stat. sol. (a), 1973, 15, 51.
3. Basinski Z. S. Austr. J. Phys., 1960, 13, 354.
4. Erdmann J. C., Jahoda J. A. J. Appl. Phys., 1968, 39, 2793.
5. Клявин О. В. ФММ, 1964, 17, 459.

УДК 669.1 : 538.116

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ Fe—Pt
В ИНВАРНОМ ДИАПАЗОНЕ

В. Е. Антонов, Г. Т. Дубовка

Сплавы железа с никелем, платиной и палладием в инварных диапазонах концентраций (вблизи $\gamma \rightarrow \alpha$ переходов) обладают аномалиями многих физических свойств: близким к нулю коэффициентом линейного расширения, высокой сжимаемостью и т. д. Исследования влияния высокого давления на точки Кюри T_c и спонтанную намагниченность σ сплавов Fe—Ni инварного диапазона показали, что их смещение с давлением на один-два порядка больше, чем у чистых элементов и сплавов, не входящих в инварный диапазон. Эффекты высокого давления растут по мере приближения к мартенситному $\gamma \rightarrow \alpha$ переходу. На сплавах Fe—Pt и Fe—Pd для отдельных составов рассматривалась только зависимость $T_c = T_c(p)$ [1], хотя подробное изучение влияния высокого давления на магнитные свойства сплавов железа с другими переходными металлами представляет значительный интерес для понимания природы магнетизма в этих сплавах.

В данной работе изучено влияние давления на T_c и σ неупорядоченных сплавов Fe—Pt и на σ сплавов Fe—Ni в диапазонах концентраций, близких к $\gamma \rightarrow \alpha$ переходу.

Сплавы выплавлялись в вакууме в индукционной печи из электролитически чистых никеля и платины и карбонильного железа. Образцы подвергали гомогенизационному отжигу при 1100°С в течение 100 ч с последующей закалкой в воде.

Смещение точек Кюри под действием гидростатического давления до 12 кбар фиксировалось методом дифференциального трансформатора [2, 10]. Точность определения точек Кюри $\pm 5^\circ$. Намагниченность измерялась баллистическим методом в полях до 10 кэ [3] с абсолютной погрешностью 1%. Давление до 10 кбар создавалось в автоматной бомбе высокого давления из бериллиевой бронзы [4].

Ат. % Pt	T_c , °K	$-dT_c/dp$, град·кбар ⁻¹	$-\frac{1}{\sigma_s} \frac{\partial \sigma_s}{\partial p}$, кбар ⁻¹ · 10 ⁻²
26,0	390	4,0 ± 0,1	—
27,0	414	3,8 ± 0,1	0,83 ± 0,07
27,8	445	3,4 ± 0,1	—
27,9	448	3,2 ± 0,15	0,43 ± 0,03
28,4	462	—	0,33 ± 0,03
31,3	544	2,2 ± 0,1	0,19 ± 0,03
31,4	543	—	0,16 ± 0,03
32,0	554	2,1 ± 0,2	—
33,5	583	1,9 ± 0,2	0,16 ± 0,03

Экспериментальные результаты по сплавам Fe—Pt приведены в таблице. Видно, что точки Кюри сплавов Fe—Pt в пределах точности измерения понижаются с давлением линейно. На рис. 1 показана зависимость $dT_c/dp = f(T_c)$ для исследованных нами сплавов Fe—Pt и для сплавов Fe—Ni [2]. Из рисунка следует, что данную зависимость для сплавов Fe—Pt, так же как и для Fe—Ni при содержании Ni свыше 40% [2], можно аппроксимировать прямой линией. Кривые $dT_c/dp = f(T_c)$ для сплавов Fe—Pt и Fe—Ni различны в рассмотренной нами области концентрации сплавов Fe—Pt.

Спонтанная намагниченность σ_0 при 0°К сплавов Fe—Pt была получена по кривым температурного хода σ линейной экстраполяцией с температуры кипения азота, как это показано на рис. 2, для обоих сплавов. Видно, что намагниченность увеличивается при

А. БУК

уменьшении содержания платины и, соответственно, при понижении точек Кюри. Аналогичная картина наблюдается и для сплавов Fe—Ni при концентрации Ni свыше 40%.

Концентрационная зависимость величины $\frac{1}{\sigma_s} \frac{\partial \sigma_s}{\partial p}$ приведена в таблице и на рис. 3

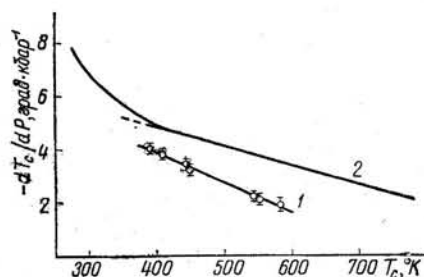


Рис. 1. Зависимость $dT_c/dp=f(T_c)$ для сплавов Fe—Pt — кривая 1 и сплавов Fe—Ni [2] — кривая 2.

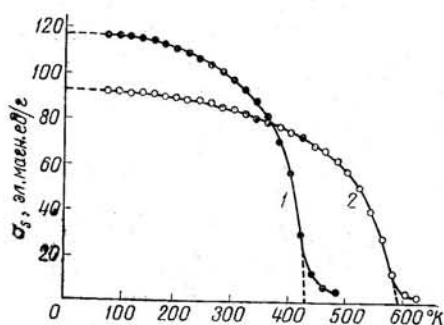


Рис. 2. Кривые температурного хода спонтанной намагниченности для сплавов с 27% Pt (кривая 1) и 33,5% Pt (кривая 2).

(σ_s — значение σ при комнатной температуре). Наши результаты для системы Fe—Ni хорошо согласуются с данными работ [5, 6] при концентрации Ni больше 40 ат.%.
Не выше

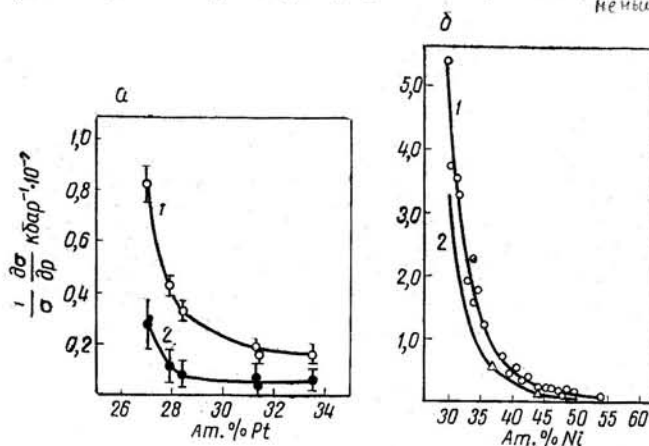


Рис. 3. Зависимость $\frac{1}{\sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial p} = f(C)$:

a — для сплавов Fe—Pt при 20° С (кривая 1) и расчет для 0° К (кривая 2); б — для сплавов Fe—Ni; Δ — данные [9].

Пересчет экспериментальных значений $\frac{1}{\sigma_s} \frac{\partial \sigma_s}{\partial p}$ на 0° К проведен по формуле, предложенной Кувелом и Вильсоном в работе [5]:

$$\frac{1}{\sigma_s} \frac{\partial \sigma_s}{\partial p} = \frac{\frac{1}{\sigma_0} \frac{\partial \sigma_0}{\partial p} + \frac{1}{\sigma_s} \left(\frac{\partial \sigma_s}{\partial T} \right)_p \frac{T}{T_c} \left(\frac{dT_c}{dp} \right)}{1 + \frac{3\alpha T}{C_s} \frac{1}{T_c} \left(\frac{dT_c}{dp} \right)}, \quad (1)$$

где α — коэффициент линейного расширения; C_s — сжимаемость.

Значения dT_c/dp , α и C_s для сплавов Fe—Ni взяты соответственно из работ [2, 7, 8]. Результаты расчета $\frac{1}{\sigma_0} \frac{\partial \sigma_0}{\partial p}$ по формуле (1) для сплавов Fe—Ni хорошо согласу-

ются с экспериментальными данными [9], полученными при температуре 4,2° К (рис. 3б).

Для сплавов Fe—Ni величина $\frac{3\alpha T}{C_s} \frac{1}{T_c} \left(\frac{dT_c}{dp} \right) \ll 1$. При вычислении $\frac{1}{\sigma_0} \frac{\partial \sigma_0}{\partial p}$ для сплавов Fe—Pt мы ею пренебрегли. Из рис. 3 видно, что ход кривых $\frac{1}{\sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial p} = f(C)$ для систем Fe—Pt и Fe—Ni аналогичен. Как и в случае сплавов Fe—Ni, $\left| \frac{1}{\sigma_0} \frac{\partial \sigma_0}{\partial p} \right|$ сплавов Fe—Pt растет с повышением концентрации железа.

Результаты эксперимента позволяют сделать вывод об аналогии в поведении магнитных свойств исследованных сплавов Fe—Pt и сплавов Fe—Ni при концентрации Ni свыше 40%. Таким образом, система Fe—Pt представляет собой второй пример, когда по мере приближения к мартенситному $\gamma \rightarrow \alpha$ переходу влияние давления на магнитные фазовые превращения возрастает. В связи с этим представляет интерес изучить влияние давления на линии фазовых превращений второго рода и на бинарных системах, имеющих фазовые T — C диаграммы, подобные диаграммам Fe—Pt и Fe—Ni: широкая область твердых растворов с линией фазовых переходов второго рода и мартенситный фазовый переход вблизи одного из компонент. По-видимому, как и в случае систем Fe—Ni и Fe—Pt, особенно сильное влияние давления на фазовые переходы второго рода можно ожидать для сплавов, у которых температура такого перехода близка к температуре мартенситного превращения.

Авторы считают своим долгом поблагодарить Е. Г. Понятовского и И. Л. Аптекаря за помощь в обсуждении результатов экспериментов, а также В. Г. Глебовского за изготовление большей части исследованных сплавов.

Институт твердого тела
АН СССР

Поступило в редакцию
в окончательном варианте
20 февраля 1975 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wayne R. C., Bartel L. C. Phys. Letters, 1968, 28A, 196.
2. Дубовка Г. Т., Понятовский Е. Г. ДАН СССР, 1972, 206, 83.
3. Weiss P. et Forrer R. Ann. Physique, 1929, 12, 279.
4. Ицкевич Е. С. ПТЭ, 1963, № 4, 148.
5. Kouvell J. S., Wilson R. H. J. Appl. Phys., 1961, 32, 435.
6. Ebert H., Kussman A. Phys. Zs. Sowjet, 1937, 38, 437.
7. Tanji Y., Shirakawa Y. J. Japan Inst. Metals, 1970, 34, 328.
8. Tanji Y., Shirakawa Y., Morija H. J. Japan Inst. Metals, 1970, 34, 417.
9. Кондорский Е. И., Седов В. Л. ЖЭТФ, 1968, 35, 845.
10. Дубовка Г. Т., Понятовский Е. Г. ФММ, 1972, 33, 640.

УДК 538.245

ОБМЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В Fe—Ni—Cr СПЛАВАХ

А. З. Меньшиков, Н. Н. Кузьмин, В. А. Казанцев, С. К. Сидоров, В. М. Калинин

Сплавы Fe—Ni—Cr (элинвары) по своим физическим свойствам подобны железоникельмарганцевым, в которых, как показано [1], обменное взаимодействие между атомами железа и марганца в тройной системе положительное, хотя парные взаимодействия Fe—Fe и Mn—Mn отрицательны. Представляло интерес выяснить, имеется ли подобная ситуация между атомами железа и хрома в сплавах.

Исследовано неупругое малоугловое магнитное рассеяние нейтронов для определения коэффициента обменной жесткости D в квадратичном законе дисперсии спиновых волн, а также проведены магнитные измерения температурной зависимости намагниченности насыщения для вычисления среднего магнитного момента на атом μ , температурной зависимости магнитострикции парапроцесса для определения точки Кюри сплавов. Вместе с этим измерялся параметр решетки сплавов.

Для исследования из чистых компонентов было выплавлено в вакууме четыре системы железоникелевых сплавов с постоянными добавками хрома 3, 5, 8 и 11 ат.%