

## ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ОБЛАСТИ ПОЛЯРИЗАЦИИ В АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ МАТРИЦЕ В СИСТЕМЕ $\text{Fe}_{65}(\text{Ni}_{1-x}\text{Mn}_x)_{35}$

В.И. Гожаньков, Б.Н. Мохов, Е.И. Мальцев

Дифракция нейтронов на антиферромагнитной матрице и на ферромагнитных областях изучена при 4,2 К. Впервые показано образование областей ферромагнитной поляризации в антиферромагнитной матрице и определены параметры магнитной структуры при переходе в ферромагнитное состояние.

Антиферромагнитная структура матрицы и возникновение магнитных неоднородностей вблизи критического состава изучаются методами дифракции тепловых нейтронов при 4,2 К. Дифракция и малоугловое магнитное рассеяние нейтронов на закаленных поликристаллах исследованы на нейтронных дифрактометрах с длинами волн  $\lambda = 1,07 \text{ \AA}$  и  $\lambda = 1,59 \text{ \AA}$ , соответственно. Составы образцов даны в таблице.

№ образца	Ni, ат. %	x	$T_N$ , К	$\mu_a$ , $\mu_B$	$\bar{\mu}$ , $\mu_B$	C, %	$M(0)$ , $\mu_B$
1	0	1	450	1,85	—	—	—
2	23,6	0,37	100	0,65	0,01	0,004	241
3	25,2	0,28	11	0,50	0,13	0,2	63
4	30,7	0,14	—	—	0,83	2,2	37

На нейтронограммах образцов 1 – 3 (рис. 1), помимо ядерных отражений (220), присутствуют сверхструктурные магнитные отражения (110), показывающие существование дальнего антиферромагнитного порядка. На нейтронограмме образца 4 никаких антиферромагнитных отражений не наблюдалось. Величины областей антиферромагнитного когерентного рассеяния, оцененные по полуширине отражения (110), составляют для сплавов 2 и 3, соответственно,  $> 350 \text{ \AA}$  и  $100 \text{ \AA}$ . Температуры Нееля  $T_N$ , определенные по температурной зависимости пиковой интенсивности (100), даны в таблице и хорошо согласуются с результатами магнитных измерений работы [1]. Средний магнитный момент на подрешетку  $\mu_a$  рассчитан с использованием магнитного структурного фактора [2] в предположении спиновой структуры типа  $\gamma$ -FeMn из отношения интегральных интенсивностей отражений (110) к (220).

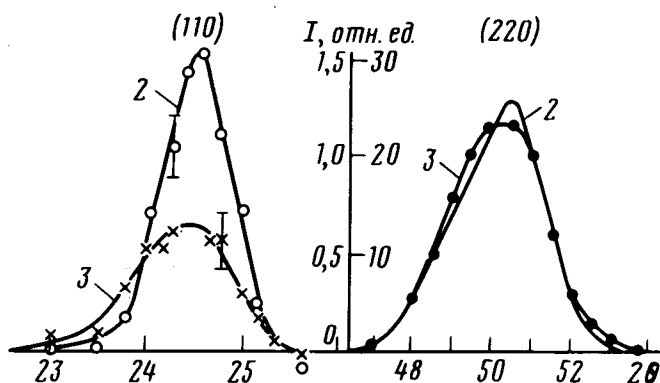


Рис. 1. Части нейтронограмм образцов 2 и 3.

Таким образом, в сплавах 1 – 3 существует хорошо развитый дальний антиферромагнитный порядок. Значения  $\mu_a$  в таблице совместно с данными [3] представляют концентрационную зависимость  $\mu_a$ , позволяющую экстраполицию в область ферромагнитных составов с  $x < 0,3$ . Отличие от 0 экстраполированных значений  $\mu_a$  для сплавов 4 и вплоть до бинарного состава ( $x = 0$ )  $\text{Fe}_{65}\text{Ni}_{35}$  позволяет предположить локальный антиферромагнетизм в ферромагнитных сплавах этого разреза.

Малоугловое магнитное рассеяние рис. 2 наблюдается на образцах 2 и 3 ниже  $T_N$  и является максимальным на ферромагнитном образце 4, где предполагается ближний антиферромагнитный порядок. Считая, что малоугловое рассеяние обусловлено магнитными неоднородностями матрицы, которые создаются ферромагнитными областями, сечение записывается согласно [4]:

$$d\sigma/d\Omega = 0,0486 C(1-C)[M(S)]^2, \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация ферромагнитных областей,  $S = 4\pi \sin \theta / \lambda$ ,  $M(S)$  – фурье-преобразование плотности магнитного момента  $\rho(\mathbf{r})$  в области. Линейная зависимость  $(d\sigma/d\Omega)^{-1/2}$  от  $S^2$  позволяет описать  $M(S)$  Лоренцианом [5]:  $M(S) = M(0) / (1 + \kappa^{-2} S^2)$ , где  $1/\kappa$  – параметр протяженности неоднородности,  $M(0)$  – средний суммарный магнитный момент на область. Зависимость  $\rho(\mathbf{r})$ , где  $\mathbf{r}$  – расстояние от центра области, следует функции Юкавы [4], что указывает на поляриза-

цию матрицы вокруг ферромагнитных центров. На рис. 2,а сплошными линиями показаны рассчитанные зависимости  $d\sigma/d\Omega$  от  $S$ , которые удовлетворительно соответствуют экспериментальным точкам. Концентрационная зависимость  $\kappa$  представлена на рис. 2,б.

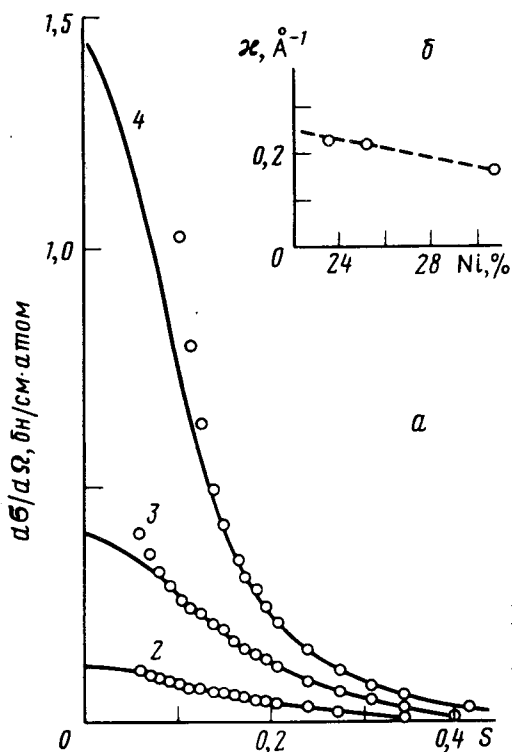


Рис. 2. а – угловые зависимости сечений магнитного малоуглового рассеяния нейтронов на сплавах 2, 3 и 4; б – концентрационная зависимость  $\kappa$ .

Для оценки  $S$  и  $M(0)$  результаты обрабатываются по методу [5] в предположении отсутствия перекрытия ферромагнитных областей. Значения среднего магнитного момента  $\bar{\mu}$ , полученные интерполяцией данных работы [6], вместе с величинами  $S$  и  $M(0)$  представлены в таблице.

Из таблицы следует, что ферромагнитные области существуют вблизи критического состава  $T_C = 0$  [1] и их концентрация растет вместе с ростом содержания Ni. Значения  $S$  для сплавов 2 и 3 близки концентрациям кластеров, которые образуются в результате флуктуации состава и содержат от 10 до 12 и от 8 до 12 атомов никеля, соответственно, в первой координационной сфере атома железа или марганца. По-видимому, эти кластеры и являются зародышами ферромагнетизма в антиферромагнитной матрице и создают области ферромагнитной поляризации с параметрами, представленными на рис. 2 и в таблице.

Оценки объемной доли областей ферромагнитной поляризации по  $\kappa$  и  $S$  для сплава 4 указывают на частичное перекрытие ферромагнитных областей и анализ по методу [5] является качественным. Так как образец 4 ферромагнитен с  $T_C = 285$  К, то уравнение (1) в этом случае описывает рассеяние на неоднородностях, возникших в результате присутствия слабомагнитных областей, и  $S$  означает их концентрацию.

Наименьшим значением  $C = 1,2\%$  является концентрация кластеров, состоящих из атомов железа и марганца в первой координационной сфере вокруг атома железа или марганца. По-видимому, в этих кластерах и создается локальный антиферромагнитный порядок, предполагаемый выше.

Исследованный переход из антиферромагнитного состояния в ферромагнитное при увеличении концентрации никеля может быть полностью перенесен на магнитную структуру железо-никелевых инваров, где дальний антиферромагнитный порядок не наблюдается из-за мартенситного превращения при малых содержаниях никеля.

Научно-исследовательский  
институт  
черной металлургии  
им. И.П. Бардина

Поступила в редакцию  
1 декабря 1975 г.

### Литература

- [1] M.Shiga. J. Phys. Soc. Japan, 22, 539, 1967.
  - [2] H. Umabayashi, Y. Ishikawa. J. Phys. Soc. Japan., 21, 1289, 1966.
  - [3] Y. Nakamura, M. Shiga, Y. Takeda. J. Phys. Soc. Japan., 27, 1470, 1969.
  - [4] G.G. Low. Adv. Phys., 18, 371, 1969.
  - [5] T.J. Hicks, B. Rainford, J.S. Kouvel, G.G. Low, J.B. Comly. Phys. Rev. Lett., 22, 531, 1969.
  - [6] Y. Nakamura, H. Miyata. J. Phys. Soc. Japan., 23, 223, 1967.
-