

## СУПЕРАНТИФЕРРОМАГНЕТИЗМ КОБАЛЬТ-МАРГАНЦЕВЫХ СПЛАВОВ

А.З.Меньшиков, Ю.А.Дорофеев

Методами магнитной нейтронографии в Co–Mn-сплавах, близких по составу к "нулевой матрице рассеяния", впервые экспериментально показано существование суперантиферромагнитного состояния, предсказанного теоретически Петраковским, Кузьминым и Аплесниным <sup>1</sup>.

Из расчетов <sup>1</sup> методом Монте-Карло магнитной фазовой диаграммы изинговского магнетика со стохастически перемешанными и сильно флуктуирующими обменными связями следовало, что при определенных температурах и концентрациях топологически бесконечный антиферромагнитный кластер "разваливается" на устойчивые области конечных размеров. Такое магнитное состояние, не получавшееся ранее в расчетах, выполненных в приближении молекулярного поля <sup>2, 3</sup>, авторы <sup>1</sup> назвали суперантиферромагнитным. Сам термин "суперантиферромагнетизм" не является новым. Он был введен ранее Неелем <sup>4</sup> для описания магнитного поведения ансамбля мелкодисперсных антиферромагнитных частиц NiO <sup>5</sup>. Но его определение как состояние антиферромагнитных кластеров, находящихся в парамагнитной матрице выше точки Нееля ( $T_N$ ) или температуры замораживания спинового стекла ( $T_f$ ), отличается от неелевского и, насколько нам известно, до сих пор не имело экспериментального подтверждения.

В настоящем сообщении мы представляем результаты нейтронографического исследования Co–Mn-сплавов, из которых однозначно следует вывод о существовании подобного состояния в реальных магнитных системах. Кобальт-марганцевые сплавы первоначально привлекли наше внимание необычным ходом температурной зависимости магнитной восприимчивости, на которой вблизи точки Нееля отсутствовали какие-либо аномалии <sup>6, 7</sup>. Как следует из работы <sup>1</sup>, подобное поведение восприимчивости является также следствием суперантиферромагнитного состояния.

Упругое когерентное рассеяние нейтронов изучали на разупорядоченных сплавах кобальта с содержанием марганца 33 – 52 ат. % с помощью дифрактометра, установленного на одном из горизонтальных каналов реактора ИВВ-2. Монохроматический пучок нейтронов ( $\lambda = 0,181$  нм) получали, отражением от плоскости (111) деформированного монокристалла германия. При этом интенсивность вторых порядков отражения отсутствовала полностью, поскольку Co – Mn-сплавы в данной области составов приближались к "нулевой матрице рассеяния" ( $b_{Co} = 0,25 \cdot 10^{-5}$  нм,  $b_{Mn} = -0,36 \cdot 10^{-5}$  нм). Поэтому измеренная интенсивность рассеянных нейтронов вблизи рефлекса (110) имела только магнитную природу, что существенно повысило чувствительность нашего метода к обнаружению слабых когерентных отражений.

Интенсивность рассеянных нейтронов вблизи отражений (100) и (110) для исследованных сплавов изучали в интервале температур  $4,2 \div 1000$  К. Для сплавов с содержанием марганца более 43 ат. % наблюдается довольно узкий когерентный рефлекс (110), свидетельствующий об антиферромагнитном упорядочении типа  $\gamma$ -FeMn. В то же время для сплавов  $35 \div 42$  ат. % Mn этот рефлекс имеет гораздо большую ширину и свидетельствует о магнитном когерентном рассеянии нейтронов от частиц малых размеров. Концентрационная зависимость ширины рефлекса (110) на его полувысоте при 4,2 К показана на рис. 1, из которого видно существование двух горизонтальных участков, резко переходящих друг в друга при концентрации 42 – 43 ат. % Mn. Аналогичная зависимость ширины рефлекса наблюдается и по температуре для сплавов с антиферромагнитным дальним порядком. До некоторой температуры ( $T_N$ ) рефлекс (110), уменьшаясь по интенсивности, практически не изменяет своей ширины, а затем в узком интервале температур увеличивает ширину и исчезает уже при другой

температуре ( $T_{SAF}$ ). Концентрационная зависимость  $T_N$  и  $T_{SAF}$  для исследованных сплавов представлена на рис. 2. Фактически это участок магнитной фазовой диаграммы Co – Mn-сплавов, на которой область существования суперантиферромагнетизма находится между двумя этими линиями.

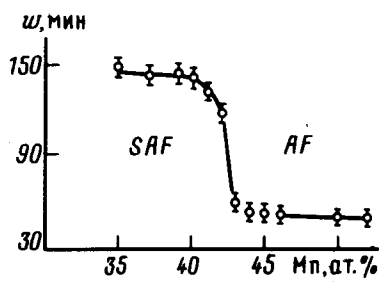


Рис. 1

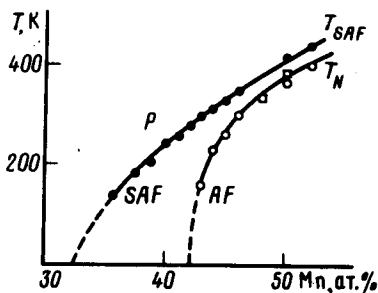


Рис. 2

Рис. 1. Концентрационная зависимость ширины дифракционного рефлекса (110) на его полувысоте для Co – Mn-сплавов

Рис. 2. Участок магнитной фазовой диаграммы Co – Mn-сплавов.  $T_N$  – точка Нееля,  $T_{SAF}$  – температура перехода суперантиферромагнитного состояния в парамагнитное.  $\circ$ ,  $\bullet$  – наши измерения,  $\square$  – данные <sup>7</sup>

Оценка размеров конечных кластеров, выступающих в качестве областей антиферромагнитного когерентного рассеяния нейтронов проводилась по известной формуле Селякова – Шеррера с учетом экспериментально измеренного уширения линии (110). Оказалось, что для составов 35 ÷ 42 ат. % Mn размер антиферромагнитных кластеров при 4,2К изменяется от 8 до 11,5 нм. Примерно такого же размера антиферромагнитные области существуют и выше температуры Нееля сплавов с содержанием марганца 43 ÷ 52 ат. %.

Таким образом, обнаруженное нами состояние антиферромагнетика, раздробленного на мелкодисперсные участки ~ 10 нм, находящиеся в парамагнитной матрице, в точности отвечает определению суперантиферромагнетизма, данному в <sup>1</sup> и причиной такого магнитного состояния Co – Mn-сплавов является наличие конкурирующего обменного взаимодействия типа  $J_{CoCo} > 0$ ,  $J_{CoMn} < 0$  и  $J_{MnMn} < 0$ , которое мы обсудим подробнее в последующих работах.

#### Литература

1. Петраковский Г.А., Кузьмин Е.В., Аплеснин С.С. ФТТ, 1982, 24, 3298.
2. Moirjani K., Chotok S.K. Sol. St. Commun., 1978, 74, 236.
3. Medvedev M. V. Phys. St. Sol. (b), 1978, 2, 1.
4. Neel L. J. Phys. Soc. Japan, 1962, 17, S.B-1, 672.
5. Cohen J., Creer K.M., Pauthenet R., Srivastawa K. J. Phys. Soc. Japan, 1962, 17, S.B-1, 685.
6. Matsui N., Ido T., Sato K., Adachi K. J. Phys. Soc. Japan, 1970, 28, 791.
7. Adachi K., Sato K., Matsui M., Mitani S. IEEE Trans. on Magn. 1972, 8, 693.