

## АСПЕРОМАГНЕТИЗМ В СПЛАВАХ FeNiCr

Г.А.Такзей, А.М.Костышин

Ниже температуры Кюри разупорядоченных сплавов FeNiCr со знакопеременным обменом обнаружены аномалии мнимой части динамической магнитной восприимчивости, связываемые с возникновением асперомагнитного состояния.

В работе <sup>1</sup> в приближении молекулярного поля с бесконечным радиусом взаимодействия впервые построена фазовая диаграмма системы изинговских спинов. В частности, предсказан переход "ферромагнетик – спиновое стекло" (ФМ – СС). Однако в экспериментах чаще всего приходится иметь дело не с изинговскими, а с гейзенберговскими системами. Поэтому важно выяснить, каким образом изменится вид фазовой диаграммы в последнем случае. Рассмотрение такой задачи <sup>2-4</sup> привело к предсказанию нового, асперомагнитного (АСМ) состояния, которое является результатом эволюции разупорядоченного коллинеарного ФМ при его охлаждении. Такое состояние характеризуется наличием спонтанной намагниченности (ФМ упорядочения) в каком-либо направлении и спин-стекольным упорядочением поперечных компонент спинов <sup>5</sup>.

При дальнейшем понижении температуры система из асперомагнитной переходит в новую смешанную фазу, для которой характерно сильное вырождение <sup>3,4</sup>. Именно в этом состоянии, наблюдаемом во многих экспериментах <sup>6</sup> и часто отождествляемом с состоянием СС, проявляются макроскопически необратимые явления, например, магнитная вязкость, термомагнитная предыстория и т.д. Мы, однако, не будем подробно останавливаться на этом вопросе, поскольку он ранее обсуждался <sup>7</sup>.

В данной работе с помощью измерений динамической магнитной восприимчивости на примере разупорядоченных ГЦК-сплавов  $Fe_{82-X}Ni_XCr_{18}$  ( $X \geq 26$  вес.%) предпринята попытка экспериментального обнаружения АСМ состояния при переходе ФМ – СС.

При помещении магнетика в переменное магнитное поле  $h = h_0 \cos \omega t$  динамическая магнитная восприимчивость  $\chi_0(\omega)$  в общем случае может быть представлена в виде

$$\chi_0(\omega) = \chi'_0(\omega) - i\chi''_0(\omega),$$

где мнимая часть  $\chi''_0$  восприимчивости, являясь фурье-образом корреляционной функции, описывает динамику магнитной системы <sup>8</sup>.

На рис. 1 представлены температурные зависимости реальной и мнимой составляющих восприимчивости сплава  $\text{Fe}_{56}\text{Ni}_2\text{Cr}_{18}$  для двух значений возбуждающего переменного магнитного поля частотой 36 Гц. Восприимчивость  $\chi'_0$  имеет две аномалии, характерные для систем, испытывающих переход ФМ – СС. Высокотемпературная аномалия связана с возникновением в сплаве спонтанной намагниченности, а резкий температурный спад – с переходом в состояние СС <sup>7,9</sup>. Более сложным оказывается поведение  $\chi''_0$  (рис. 1,  $h_0 = 0,3 \text{ Э}$ ). Вблизи температуры Кюри  $T_c = 57 \text{ К}$  отмечается максимум, отражающий возникновение в сплаве дальнего ферромагнитного порядка. При низких температурах ( $T_f = 15 \text{ К}$ ) максимум  $\chi''_0$  связан с переходом образца в состояние СС и согласуется с данными по нелинейной магнитной восприимчивости <sup>7</sup>. В промежуточной области температур ( $T_{\text{АСМ}} = 31 \text{ К}$ ) наблюдается еще одна аномалия  $\chi''_0$ , на выяснении причины возникновения которой мы и остановимся.

Можно предположить, что возникновение промежуточной аномалии  $\chi''_0$  связано с особенностями доменной структуры сплава. Но тогда это неизбежно должно отразиться на поведении  $\chi'_0$ . Однако, как показывает эксперимент (рис. 1), при соответствующих температурах  $\chi'_0$  не испытывает заметных аномалий. По этой же причине маловероятно, чтобы описываемая аномалия  $\chi''_0$  была связана со спинпереориентационными переходами.

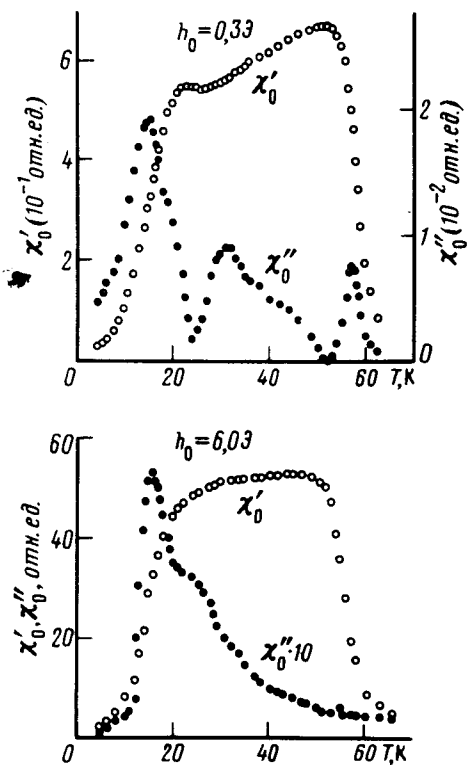


Рис. 1. Температурная зависимость реальной  $\chi'_0$  и мнимой  $\chi''_0$  составляющих динамической магнитной восприимчивости сплава  $\text{Fe}_{56}\text{Ni}_2\text{Cr}_{18}$ : частота измерительного магнитного поля – 36 Гц,  $h_0$  – амплитуда измерительного поля

По нашему мнению единственной причиной возникновения пика  $\chi''_0$  ниже  $T_c$  является установление в сплаве АСМ состояния. Такое заключение косвенно подтверждается данными по влиянию переменного магнитного поля на вид температурных зависимостей  $\chi''_0$ . Действительно, согласно работе <sup>4</sup> вблизи  $T_{\text{АСМ}}$  должны проявляться слабые, а ниже  $T_f$  –

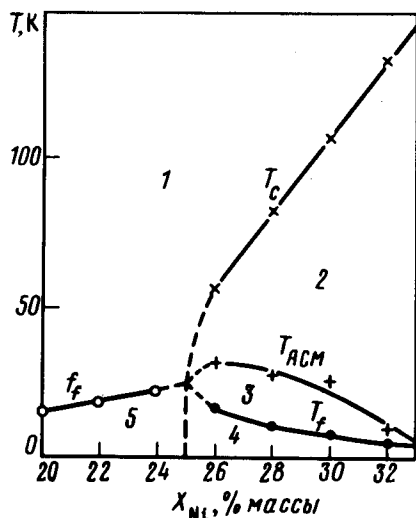


Рис. 2. Магнитная фазовая диаграмма ГЦК-сплавов  $\text{Fe}_{82-x}\text{Ni}_x\text{Cr}_{18}$ : 1 – парамагнитная, 2 – ферромагнитная, 3 – асперомагнитная области, 4 и 5 – области существования спинового стекла.  $T_c$  – температура Кюри,  $T_{\text{АСМ}}$  – температура асперомагнитного перехода,  $T_f$  – температура замерзания спинового стекла ( $T_f$  для области 5 взяты из работ <sup>9</sup>)

ильные необратимости. С другой стороны  $\chi''_0$  характеризует магнитные потери в образце, т.е. его "вязкое" поведение. Следовательно, асперомагнитная аномалия  $\chi''_0$  должна быть гораздо более чувствительна к воздействию магнитного поля, чем спин-стекольная. Именно такое поведение отмечается в действительности. При увеличении амплитуды возбуждающего магнитного поля до 6 Э аномалия  $\chi''_0$  вблизи  $T_{ACM}$  почти полностью исчезает, в отличие от пика в районе  $T_f$  (рис. 1). По-видимому, именно по этой причине в единственной работе <sup>10</sup>, в которой исследована  $\chi''_0$  для систем, испытывающих переход ФМ-СС, АСМ фаза не была зафиксирована.

В заключение отметим, что для других сплавов системы  $Fe_{82-x}Ni_xCr_{18}$  получена аналогичная картина поведения  $\chi''_0$ . Это дало возможность построить магнитную фазовую диаграмму (рис. 2). Области 4 и 5 соответствуют состоянию СС. Однако из-за того, что первая из них возникает из асперомагнитной (3), а вторая – из парамагнитной (1) фазы, между ними, по-видимому, существуют отличия. В данной работе, как отмечалось, этот вопрос обсуждаться не будет. Следует подчеркнуть, что экспериментальная фазовая диаграмма (рис. 2) находится в полном качественном согласии с теоретической <sup>3</sup>.

Таким образом, в данной работе впервые традиционными магнитными методами зафиксировано асперомагнитное состояние в сплавах с конкурирующим обменом в области перехода ФМ – СС.

Благодарим С.Л. Гинзбурга за ценные советы и Ю.П. Гребенюка за помощь в проведении экспериментов.

#### Литература

1. Sherrington D., Kirkpatrick S. Phys. Rev. Lett., 1975, 5, 965.
2. Medvedev M.V., Goryainova S.M. Phys. Stat. Sol., 1980, b98, 143.
3. Gabay M., Toulouse G. Phys. Rev. Lett., 1981, 47, 201.
4. Cregg D.M., Sherrington D., Gabay M. Phys. Rev. Lett., 1982, 49, 158.
5. Coey J.M.D. J. Appl. Phys., 1978, 49, 1646.
6. Fischer K.H. Phys. Stat. Sol., 1983, b116, 357.
7. Такзей Г.А., Костышин А.М., Чустов К.В. Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, 381.
8. Kubo R., Nagamiya T. Solid State Physics, N.Y.: Mc Graw-Hill, 1969, p. 475.
9. Такзей Г.А., Сыч И.И., Меньшиков А.З., Теплых А.Е. ФММ, 1981, 52, 960; Меньшиков А.З., Такзей Г.А., Теплых А.Е. ФММ, 1982, 54, 465.
10. Goldfarb R.B., Fickett F.R., Rao K.V., Chen H.S. J. Appl. Phys., 1982, 53, 7687.