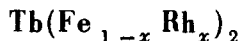


О ВОЗМОЖНОСТИ СПИНОВОЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ В ЖЕЛЕЗНОЙ ПОДРЕШЕТКЕ КВАЗИБИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



П.Н.Стеценко, С.Д.Антипов, М.А.Мостафа

По данным магнитных измерений определены значения средних магнитных моментов на молекулу соединений $\text{Tb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2$ и по данным ЯГР – локальные магнитные моменты ионов Fe. Установлено, что вблизи значения $x \approx 0,5$ возникает частичная переориентация спинов ионов Fe, в результате чего в подрешетке Fe – Rh реализуется неполностью скомпенсированная антиферромагнитная структура.

Тяжелые редкоземельные металлы (ТРЗМ) обладают очень высокими значениями атомных магнитных моментов, однако низкие значения их температур Кюри очень затрудняет практическое использование этих металлов. В то же время в сплавах и интерметаллических соединениях ТРЗМ с переходными металлами (ПМ), где возможно получение высоких критических температур, всегда реализуется ферримагнитная структура с антипараллельной ориентацией магнитных моментов подрешеток ТРЗМ и ПМ. В результате этого суммарный магнитный момент сплава, естественно, оказывается заниженным.

Наряду с этим известно, что в квазибинарных интерметаллидах типа $R(M'_{1-x}M''_x)$ магнитные свойства подрешеток ПМ оказываются очень сходными со свойствами соответствующих бинарных систем сплавов $M'_{1-x}M''_x$ [1, 2]. Это давало основания попытаться использовать в качестве подрешетки ПМ систему сплавов, в которой возникает антиферримагнитная структура, с целью добиться компенсации магнитного момента подрешетки ПМ и тем самым повысить суммарный магнитный момент сплавов. В этом аспекте могут быть перспективными сплавы с 4d- и 5d-металлами, обладающими относительно большими эффективными атомными радиусами и, возможно, большей ролью делокализованных 4d и 5d электронов в процессах обменного взаимодействия.

В качестве такой системы в настоящей работе были использованы сплавы Fe – Rh. По данным [3, 4], в этих бинарных сплавах вблизи эквиатомного состава FeRh наблюдается переход в антиферромагнитное состояние.

Была синтезирована система квазибинарных соединений $\text{Tb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2$. Плавление производилось в атмосфере очищенного Ag, в дуговой печи с нерасходуемым электродом при неоднократном переплаве. Образцы отжигались в течение 100 часов при 800 °С в вакууме не хуже 10^{-4} мм рт. ст. Тщательный рентгеноструктурный анализ подтвердил, что исследованные образцы являлись однофазными с кубической структурой типа C15.

Измерения намагниченности проводились на вибрационном магнетометре при температуре 4,2 К, в полях до 50 кЭ. Ядерный гаммарезонанс (ЯГР) измерялся в режиме постоянных ускорений на спектрометре с

многоканальным анализатором импульсов LP-4050. Источником являлся Co^{57} в подложке из нержавеющей стали.

На рис.1 представлена зависимость магнитного момента на формульную единицу соединений, определенного по значениям намагниченности насыщения, измеренных при температуре 4,2 К (кривая 1). В работе [5] было определено значение M_{Tb} в соединении TbFe_2 , $M_{\text{Tb}} = 8,06 M_B$. Так как в квазибинарных соединениях $\text{Tb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2$ замещение производится в Fe - Rh подрешетке, а подрешетка Tb остается практически неизменной, то можно полагать, что это значение $M_{\text{Tb}} = 8,06 M_B$ остается постоянным во всем интервале исследованных концентраций. Это дает возможность определить магнитный момент подрешетки Fe - Rh, концентрационная зависимость которого также приведена на рис.1 (кривая 2). Характерной особенностью этой зависимости является рост момента подрешетки с увеличением содержания Rh до $x = 0,19$ и наличие глубокого минимума в области $x \approx 0,5$.

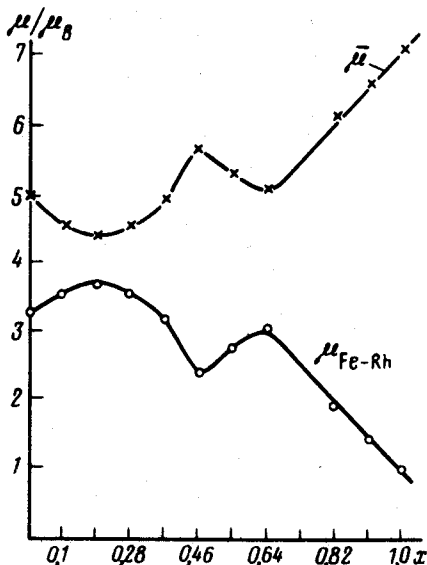


Рис. 1

Такое поведение суммарного магнитного момента подрешетки может быть обусловлено соответствующими изменениями локальных магнитных моментов ионов Fe и Rh, либо изменениями их ориентации.

Величину M_{Rh} в соединениях $\text{Tb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2$ можно оценить, рассматривая момент Rh подрешетки в предельном случае бинарного соединения TbRh_2 . По данным [6], суммарный момент этого соединения $M = 7,07 M_B$, что соответствует $M_{\text{Rh}} = 0,58 M_B$, а в работе [4], было показано, что в бинарных сплавах Fe - Rh M_{Rh} изменяется с концентрацией незначительно.

Магнитные моменты ионов Fe могут быть определены по данным для $H_{\text{СТ}}$ на ядрах Fe^{57} , измеренным в настоящей работе методом ЯГР. Спектры ЯГР для сплавов $\text{Tb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2$ представляют собой суперпозицию двух секстетов, характеризующих два значения $H_{\text{СТ}}$. На рис.2 представлена зависимость этих полей от содержания Rh. Как видно из рисунка, с ростом x значения $H'_{\text{СТ}}$ и $H''_{\text{СТ}}$ возрастают. Наряду с этим

возрастает также и разность $\Delta H = H'_{\text{СТ}} - H''_{\text{СТ}}$, которая при $x = 0$ составляет 10 кЭ, а при $x = 0,19$ становится равной ≈ 100 кЭ и с дальнейшим ростом "x" практически не изменяется. Значения ΔH при $x = 0$ (≈ 10 кЭ) можно объяснить различием дипольных вкладов $H_{\text{СТ}}$ для узлов решетки с различным направлением оси легкого намагничивания, однако наблюдаемая для $x = 0,19$ $\Delta H \approx 100$ кЭ уже не может быть обусловлена только этой причиной. Для объяснения этого различия, по-видимому, необходимо предположить наличие в Fe - Rh подрешетке двух значений M_{Fe} для ионов Fe с различным окружением Rh, подобно тому, как это имеет место в бинарных сплавах Fe - Rh [4], где в ферромагнитном состоянии были определены $M'_{\text{Fe}} = 3,14 M_B$ и $M''_{\text{Fe}} = 2,5 M_B$.

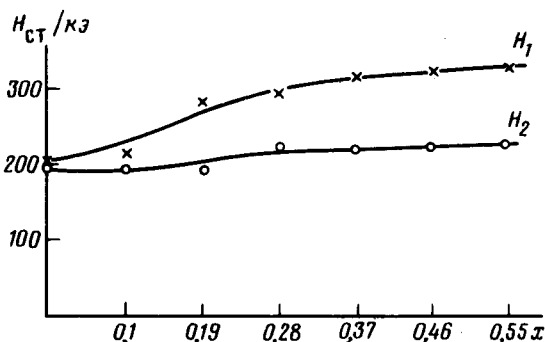


Рис. 2

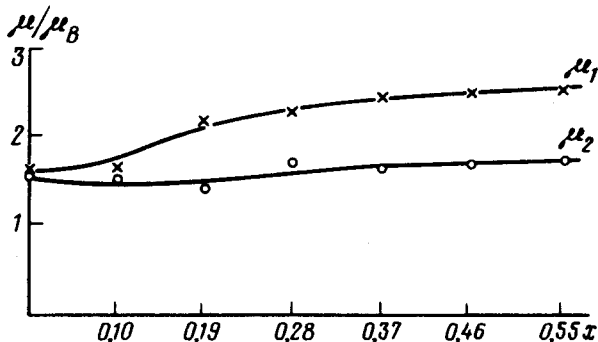


Рис. 3

В случае соединений $R\text{Fe}_2$ значения $H_{\text{СТ}}$ на ядрах Fe^{57} определяются практически полностью значениями M_{Fe} [9, 10], и мало зависят от средней намагниченности сплава. При замещении Fe другими переходными металлами начинает проявляться влияние также и среднего магнитного момента матрицы. В соответствии с этим для квазибинарных соединений $\text{Tb}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2$ можно воспользоваться эмпирическим соотношением

$$H_{\text{СТ}} = a M_{\text{Fe}} + b x \bar{M}.$$

Здесь \bar{M} – средний магнитный момент, отнесенный к одному атому соединения. В качестве "a" и "b" можно воспользоваться значениями этих коэффициентов, определенных для изоморфных соединений $Tb(Fe_{1-x}Co_x)_2$ в [5], $a = 125 \text{ кЭ/МВ}$ и $b = 21 \text{ кЭ/МВ}$. Определенные таким образом значения M'_{Fe} и M''_{Fe} в зависимости от содержания Rh приведены на рис.3. Эти зависимости свидетельствуют о том, что увеличение момента Fe – Rh подрешетки с ростом содержания Rh до $x = 0,19$ обусловлено возрастанием M_{Fe} , однако, в области глубокого минимума на кривой магнитного момента Fe – Rh подрешетки в районе $x \approx 0,5$ значения локальных магнитных моментов ионов Fe остаются практически неизменными.

Таким образом, данные измерений намагниченности и ЯГР в квазибинарных соединениях $Tb(Fe_{1-x}Rh_x)_2$ позволяют прийти к выводу о том, что в Fe – Rh подрешетке вблизи состава $x \approx 0,5$ возникает антипараллельная ориентация локальных магнитных моментов ионов Fe и Rh, приводящая к значительному уменьшению суммарного момента подрешетки и возрастанию результирующего момента соединения. Как отмечалось выше, аналогичный переход наблюдался нейтронографическими методами в бинарной системе Fe – Rh [4,7]. Очевидно, что окончательное подтверждение высказанного предположения о существовании антиферромагнетизма в подрешетке Fe – Rh квазибинарных соединений $Tb(Fe_{1-x}Rh_x)_2$ может быть получено лишь с помощью нейтронографических исследований.

Московский
государственный университет

Поступила в редакцию
4 апреля 1979 г.

им. М.В.Ломоносова

Литература

- [1] A.R.Piercy, K.N.R.Taylor. J. Phys. C., 1, 1112, 1968.
- [2] A.P. Cuimaraes, D.Bunbury. J. Phys. F., 3, 885, 1973.
- [3] F.de Bergevin, L.Muldawer. Compt. Rend., 252, 1347, 1961.
- [4] C.Shirane, R.Nathans., C.W.Chen. Phys. Rev., 134A, 1547, 1964.
- [5] П.Н. Стеценко и др. Тезисы Всесоюзной Конференции по магнетизму. Донецк, 1977, стр. 268.
- [6] O.D.Mc Master, K.A.Cschneider. Nucl. Mat., Ser X, 1964.
- [7] F.Bertaut, F. de Bergevin, C.Roult. Compt. Rend., 256, 1668, 1963.
- [8] W.E.Wallace. J.Chem. Phys., 41, 3857, 1964.
- [9] K.Kai, T.Nakamichi. JPSJ, 30, 1755, 1971.