

АНОМАЛИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ В СИЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

*А.Ф.Прокошин, Б.В.Молотиллов, Ю. А.Грацианов,
А.Н.Желнов*

Обнаружено, что намагниченность ферромагнитного аморфного сплава FeNiSiB при низких температурах в области сильных магнитных полей уменьшается с ростом поля. Обсуждаются возможные причины этой аномалии.

Аморфные сплавы (АС) благодаря своим особенностям – существованию в виде однофазных твердых растворов в широком интервале концентраций компонентов, высокой степени композиционного и топологического беспорядка – представляют большой интерес в качестве объектов изучения фундаментальной проблемы связи структуры твердого тела с магнитными свойствами. Своеобразие атомного строения АС находит свое выражение в сложности их магнитной структуры [1], в особенностях поведения в сильных магнитных полях [2]. Цель настоящей

статьи – показать, что одной из особенностей, встречающейся в АС, является отрицательная магнитная восприимчивость в сильных магнитных полях.

В работе исследовалось изменение намагниченности $M(H, T)$ образца АС $Fe_{62,4}Ni_{15,6}Si_7B_{15}$ при температурах $T = 10 - 280K$ в магнитных полях H до $50kЭ$. Образцы АС в виде лент толщиной ~ 30 мк и шириной $5 - 15$ мм получены путем быстрого охлаждения струи жидкого сплава на поверхности вращающегося медного диска. Аморфность их структуры подтверждена результатами рентгеновского структурного анализа и калориметрических исследований. Температура кристаллизации составляет $763K$, температура Кюри – $730K$. Намагниченность образцов измерялась с помощью вибрационного магнетометра в магнитном поле сверхпроводящего соленоида. Образцы имели размеры $5 \times 2 \times 0,03$ мм, продольная ось образца ориентировалась по полю. Температура образца контролировалась с помощью регулятора типа LPTC-T101 (Oxford Instr.) В качестве стандарта использовался образец поликристаллического никеля. На рис. 1 показаны в относительных единицах кривые зависимости $M(H)$ образца АС при различных температурах вместе с кривой $M(H)$ образца никеля при $T = 4,2K$. Видно, что насыщение в АС при $T \leq 280K$ и в никеле при $T = 4,2K$ достигается в относительно высоких полях, что вероятно обусловлено геометрией образцов, а в случае АС, возможно, также и магнитной неоднородностью сплава [2]. При понижении температуры величина $\chi(H, T) = \partial M / \partial H$ при $H \gtrsim 20$ кЭ вначале уменьшается, оставаясь положительной, а затем в районе $T \approx 180K$ меняет знак и далее увеличивается по абсолютному значению вплоть до $T = 10K$.

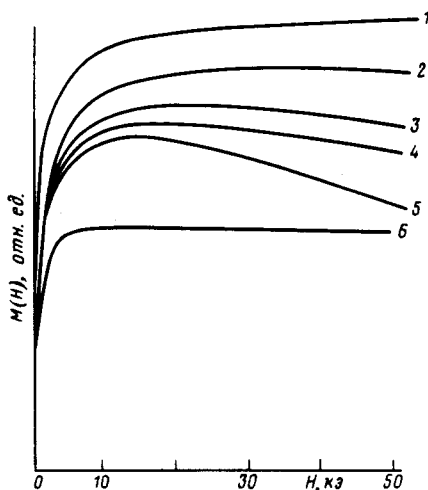


Рис. 1. Изменение намагниченности с полем образцов аморфного сплава при температурах $280K$ (1), $240K$ (2), $164K$ (3), $107K$ (4), $49K$ и $10K$ (5); никеля при температуре $4,2K$ (6). Масштаб по оси $M(H)$ произвольный

С целью изучения природы обнаруженной аномалии было проведено исследование мессбауэровских спектров АС при $T = 4,2\text{К}$ в магнитном поле $H = 33,6\text{ кЭ}$ и без поля. Измерения проведены на стандартном спектрометре типа АМЕ-31 с многоканальным анализатором и полупроводниковым детектором. Источник гамма-квантов Co^{57} в хrome находился при комнатной температуре, образец диаметром 15мм и толщиной 30 мк — в жидком гелии в центре сверхпроводящего соленоида. Поле H и направление гамма-излучения были перпендикулярны плоскости образца. При измерениях без магнитного поля использовалась вакуумная низкотемпературная камера с регулятором температуры. На рис. 2 приведены мессбауэровские спектры АС. При нулевом внешнем поле спектр описывается шестеркой линий лоренцевой формы с попарно равными полуширинами: $\Gamma_{1,6} = 1,53$, $\Gamma_{2,5} = 1,2$ и $\Gamma_{3,4} = 0,55\text{ мм/сек}$ и величиной среднего эффективного поля на ядрах Fe^{57} $H_0 = 251,7\text{ кЭ}$. При наложении внешнего магнитного поля $H = 33,6\text{ кЭ}$ интенсивность линий 2 и 5 становится исчезающе малой вследствие поляризации гамма-квантов, а величина среднего поля H_0 при отсутствии каких-либо изменений в структуре образца должна уменьшиться на величину внешнего поля H с учетом размагничивающего поля образца, которое в данном случае составляет 15 кЭ. Таким образом, H_0 должно быть равно 233 кЭ. Анализ спектра на рис. 2, а показывает, что он описывается четырьмя линиями с полуширинами $\Gamma_{1,6} = 1,64$, $\Gamma_{3,4} = 0,6\text{ мм/сек}$ и $H_0 = 207,5\text{ кЭ}$.

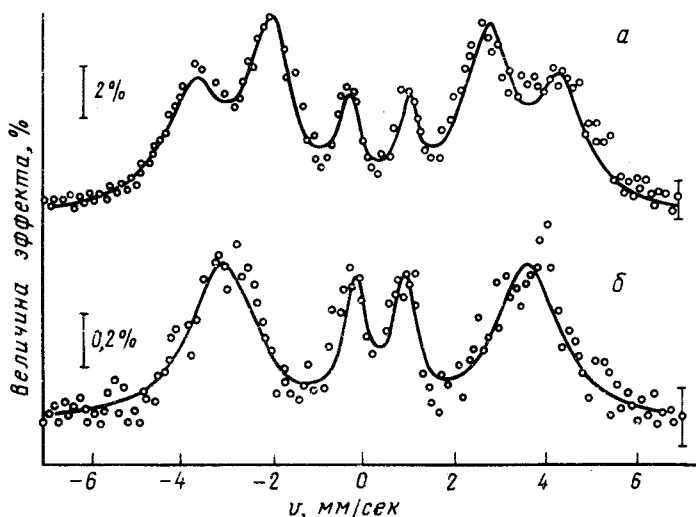


Рис. 2. Мессбауэровские спектры Fe^{57} в аморфном сплаве FeNiSiB при температуре 4,2К без магнитного поля (а) и в поле $H = 33,6\text{ кЭ}$ (б). Нуль скоростей соответствует спектру Fe^{57} в поликристаллическом железе при комнатной температуре. Линии — результат подгонки с помощью ЭВМ

Уменьшение H_0 при наложении внешнего поля составляет, таким образом, 44,2 кЭ вместо ожидаемого значения 18,7 кЭ. При этом относительное изменение $\Delta H_0 / H_0 = (44,2 - 18,7) / 233 = 10,9\%$. По данным [3] в АС поле H_0 пропорционально среднему магнитному моменту атомов Fe .

Наблюдаемое аномальное уменьшение H_0 , следовательно, можно рассматривать как уменьшение с ростом внешнего магнитного поля среднего магнитного момента атомов Fe в АС FeNiSiB. Относительное уменьшение намагниченности образца $M(H)$ в поле $H = 18,7$ кЭ при $T = 10$ К по сравнению с нулевым полем, найденное из кривой $M(H)$ рис. 1, составляет $\sim 11\%$, т. е. совпадает с относительным уменьшением среднего эффективного поля H_0 . Отсюда следует, что причиной падения намагниченности $M(H)$ исследуемого АС в сильных полях является уменьшение среднего магнитного момента атомов Fe. Объяснение этого явления следует искать в особенностях атомного строения АС. Согласно [3] максимальное эффективное поле на ядрах Fe^{57} в АС $Fe_{80}P_{14}B_6$ при $T = 4,2$ К $H_M = 380$ кЭ, что превышает H_M в кристаллическом железе на 40 кЭ вследствие, как предполагают, большего числа атомов Fe в ближайшем окружении атомов Fe в АС. По данным [4] величина объемной магнитострикции в АС на основе Fe положительна и приблизительно на порядок превышает эту величину в кристаллическом Fe. С учетом этих двух фактов можно предполагать, что наблюдаемое в настоящей работе падение намагниченности с полем обусловлено уменьшением числа атомов Fe среди ближайших соседей Fe при увеличении радиуса ближайшего окружения с полем вследствие магнитострикции. В пользу такого предположения свидетельствует обратимый характер наблюдаемого явления и изменение его с температурой. Однако, полностью нельзя исключать и возможность фазовых превращений [5].

Авторы благодарны Е. Джеббарову и А. Н. Саввину за помощь в проведении магнитных измерений, В. П. Овчарову и Б. Н. Кулагину за изготовление образцов.

Институт черной металлургии
им. И. П. Бардина

Поступила в редакцию
16 марта 1979 г.
После переработки
17 апреля 1979 г.

Литература

- [1] J.S.Kouvel, Chairperson. J. Appl. Phys., **49**, 1646, 1978.
- [2] J.Schneider, K.Zaveta, A.Handstein, R.Hesse, W.Haubenreisser. Physica, **91B**, 185, 1977.
- [3] C.L.Chien, D.Musser, F.E.Luborsky, J.L.Walter. J. Phys. F: Metal Phys., **8**, 2407, 1978.
- [4] R.C.O'Handley, C.-P.Chou. J. Appl. Phys., **49**, 1659, 1978.
- [5] D.Deutges, A.Freudenhammer, G.Heber. Phys. Stat. Solidi, **B90**, 475, 1978.