

Вестник МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 — 1962

В. И. ЧЕЧЕРНИКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ ФЕРРИТОВ В ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ

В работе выполнено исследование смешанных никель-кадмиевых ферритов в переходной области. Показано, что в этой области температур магнитная восприимчивость зависит не только от температуры, но и от напряженности магнитного поля. Установлен вид этой зависимости.

В последнее время появилось большое количество работ, посвященных изучению различных явлений вблизи температуры магнитного превращения [1].

Особый интерес к этим исследованиям объясняется прежде всего тем, что они дают возможность полнее понять природу самопроизвольной намагниченности и лучше изучить на конкретных примерах фазовый переход 2-го рода.

Существенным вопросом исследования в этой области является вопрос, связанный с поведением ферромагнетиков выше ферромагнитной точки Кюри.

Многочисленные исследования, выполненные вблизи ферромагнитной точки Кюри на ферромагнитных металлах, сплавах, а также на простых ферритах, показали, что существует переходная область, где магнитная восприимчивость зависит не только от температуры, но и от напряженности магнитного поля. Из смешанных ферритов в этом направлении изучались только никель-цинковые ферриты [2]. Поэтому для данного класса ферромагнетиков еще остаются невыясненными закономерности, относящиеся к поведению этих веществ в переходной области.

С этой целью в данной работе мы провели исследование смешанных никель-кадмиевых ферритов вблизи ферромагнитной точки Кюри на установке, описанной в работе [3]. Ферриты получены из порошков окислов Fe_2O_3 , NiO , CdO , которые после тщательного перемешивания были спрессованы под давлением 3 т/см^2 , затем их спекали при температуре 1250° в течение 3 час. Образцы изготовлялись в виде шариков диаметром 1—1,5 мм. Полученные образцы подвергались термообработке в течение 10 час при температуре 1200° с последующим медленным охлаждением вместе с печью.

На рис. 1 по данным измерений в качестве примера показана зависимость обратной величины молярной восприимчивости $1/\chi$ от температуры для некоторых никель-кадмиевых ферритов. Как видно, при температурах выше ферромагнитной точки Кюри, в непосредственной близости к Θ_f ($T \geq \Theta_f$), есть переходная область, которая существует у всех исследованных нами ферритов. Ширина ее обычно характеризуется разностью $\Theta_p - \Theta_f$, которая, по нашим измерениям, с ростом содержания окиси кадмия в феррите увеличивается от 100° для феррита состава $0,8 \text{ NiO} \cdot 0,2 \text{ CdOFe}_2\text{O}_3$ до 230° для феррита $0,5 \text{ NiO} \cdot 0,5 \text{ CdOFe}_2\text{O}_3$. Напомним, что у никель-цинкового феррита состава $0,5 \text{ NiO} \cdot 0,5 \text{ CdOFe}_2\text{O}_3$ переходная область равна 164° .

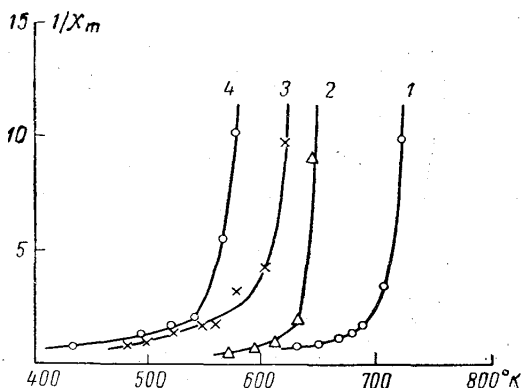


Рис. 1. Зависимость обратной величины восприимчивости от температуры для ферритов состава:

- 1 — $0,2 \text{ CdO} \cdot 0,8 \text{ NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$;
- 2 — $0,3 \text{ CdO} \cdot 0,7 \text{ NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$;
- 3 — $0,4 \text{ CdO} \cdot 0,6 \text{ NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$;
- 4 — $0,5 \text{ CdO} \cdot 0,5 \text{ NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Наши исследования показали, что в переходной области выше ферромагнитной точки Кюри магнитная восприимчивость вначале изменяется медленно с увеличением температуры. После некоторого температурного интервала это изменение становится более заметным и магнитная восприимчивость начинает быстро уменьшаться. Как показывает опыт, в переходной области магнитная восприимчивость является функцией напряженности магнитного поля. Только при более высоких температурах магнитная восприимчивость не зависит от поля, а является функцией температуры, подчиняясь закону Нееля [4].

Выполненные в переходной области исследования показали, что кривые намагничивания в этой области температуры достаточно хорошо могут быть описаны эмпирическим соотношением

$$\alpha\sigma + \beta\sigma^3 = H, \quad (1)$$

где α и β — коэффициенты, зависящие от температуры и концентрации.

На рис. 2 показано семейство изотерм кривых намагничивания для одного из ферритов состава $0,5 \text{ NiO} \cdot 0,5 \text{ CdOFe}_2\text{O}_3$ вблизи ферромагнитной точки Кюри ($\Theta_f = 390^\circ\text{K}$). На рисунке сплошные линии рассчитаны по формуле (1), а экспериментальные данные показаны точками. Как видно, с помощью формулы (1) при определенном выборе констант можно удовлетворительно описать экспериментальные результаты. Из рассмот-

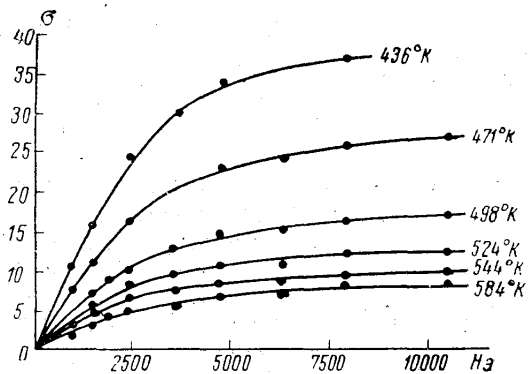


Рис. 2. Кривые намагничивания феррита $0,5 \text{ CdO} \cdot 0,5 \text{ NiO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ при различных температурах

рения кривых намагничивания следует, что с ростом температуры намагниченность при заданном поле заметно уменьшается. При температурах, близких к ферромагнитной точке Кюри, наиболее ярко выражена зависимость восприимчивости от напряженности поля, которая с увеличением температуры постепенно уменьшается.

Анализируя кривые намагничивания, заметим, что при температурах, лежащих вблизи ферромагнитной точки Кюри, член $\sim \sigma^3$ в соотношении (1) играет значительную роль уже в полях порядка 1000—1500 эрст. С увеличением значения поля роль этого члена становится все заметнее. При более высоких температурах значение второго

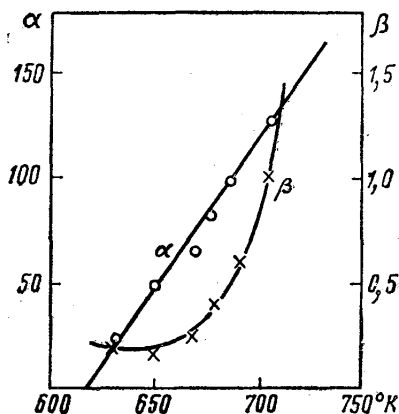


Рис. 3. Зависимость коэффициентов α и β от температуры для феррита $0,8 \text{ NiO} \cdot 0,2 \text{ CdO Fe}_2\text{O}_3$

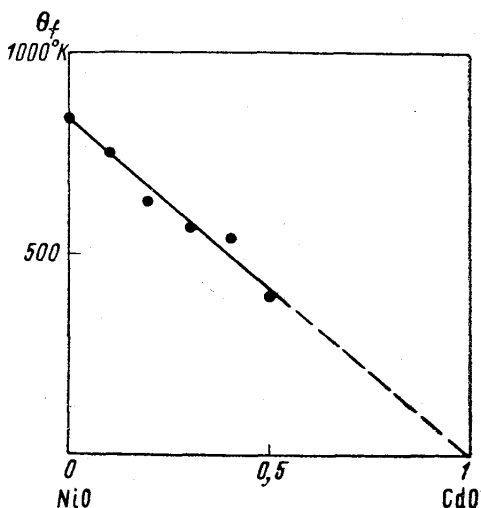


Рис. 4. Зависимость ферромагнитной точки Кюри от содержания CdO

члена в соотношении (1) уменьшается и зависимость намагниченности от напряженности магнитного поля становится практически линейной.

Аналогичные закономерности наблюдались и раньше при исследовании вблизи ферромагнитной точки Кюри ряда простых ферритов и смешанных никель-цинковых ферритов [2].

Коэффициенты α и β , которые в основном определяют ход кривых намагничивания и зависят от температуры и содержания окиси кадмия в ферритах. Эти коэффициенты во всей области изменения температуры сохраняют положительные значения, причем с увеличением температуры они возрастают. Коэффициент α вблизи ферромагнитной точки Кюри изменяется с температурой линейно (рис. 3) и стремится к нулю при $T \rightarrow \theta_f$. Что касается коэффициента β , то его изменение от температуры происходит не по линейному закону. При $T \rightarrow \theta_f$ коэффициент β , по нашим измерениям, имеет минимальное значение. Используя тот факт, что коэффициент $\alpha \rightarrow 0$ при $T \rightarrow \theta_f$, можно определить значения ферромагнитной точки Кюри для исследованных ферритов никель-цинковой системы (рис. 4). На рисунке видно, что с увеличением содержания окиси кадмия в феррите значение θ_f умень-

шается по линейному закону, и для кадмиевого феррита ферромагнитная точка Кюри находится, по-видимому, вблизи абсолютного нуля.

Таким образом, исследования показали, что существующие закономерности в переходной области являются достаточно общими для большинства ферромагнетиков. Следует еще раз подчеркнуть, что особенно большая переходная область имеется у смешанных никель-цинковых и никель-кадмиевых ферритов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов К. П. Магнитные превращения. ГИФМЛ, 1959.
2. Чечерников В. И., Волков Ю. Д. «Вестн. Моск. ун-та», сер. матем., механ., астрон., физ., химии, № 2, 1959.
3. Чечерников В. И. «Вестн. Моск. ун-та», сер. матем., механ., астрон., физ., химии, № 1, 1957.
4. Neel L. Ann. phys., 3, 137, 1948.

Поступила в редакцию
3. 5 1961 г.

Кафедра
магнетизма