

Д. И. ВОЛКОВ

О НАМАГНИЧИВАНИИ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ
ФЕРРОМАГНЕТИКОВ В СЛАБЫХ ПОЛЯХ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 12 I 1951)

1. Вопрос об изменении намагниченности ферромагнетиков в слабых магнитных полях ($H < H_c$, H_c — коэрцитивная сила) рассматривался в ряде работ. Как известно, впервые количественные закономерности в этом направлении были установлены Релеем из эмпирических данных. В дальнейшем соотношения Релея были теоретически обоснованы, исходя из современных представлений о процессах намагничивания ферромагнетиков, Прейзахом⁽¹⁾ и, в наиболее последовательной форме, Е. Кондорским⁽²⁾. В самое последнее время Н. Акуловым, О. Галкиной и В. Ивановским⁽³⁾ было показано, что в общем случае изменение магнитной восприимчивости χ и остаточной намагниченности I_r ферромагнетиков в слабых полях может быть описано соотношениями вида:

$$\chi = \chi_0 + \beta H + \gamma H^2, \quad (1)$$

$$I_r = \frac{\beta}{2} H^2 + \frac{3}{4} \gamma H^3, \quad (2)$$

где χ_0 — начальная восприимчивость; β и γ — параметры, не зависящие от поля.

Для тех ферромагнитных металлов и сплавов, для которых $\gamma \approx 0$, из (1) и (2) как частный случай получаются известные соотношения Релея:

$$\chi = \chi_0 + \beta H, \quad (3)$$

$$I_r = \frac{\beta}{2} H^2. \quad (4)$$

Наиболее детальной экспериментальной проверке подвергались соотношения (3) и (4), при этом применительно, главным образом, к высокопроницаемым ферромагнетикам. Этими опытами было установлено, что для ряда высокопроницаемых ферромагнетиков соотношения (3) и (4) достаточно хорошо описывают результаты наблюдений. Однако для некоторых железо-кобальтовых сплавов, как показали опыты Н. Акулова, О. Галкиной и В. Ивановского⁽³⁾, существенным является учет членов с γ .

Настоящее исследование имеет своей целью выяснить, в какой мере теоретические соотношения для магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности выполняются для высококоэрцитивных

ферромагнетиков. До постановки данного в высококоэрцитивных ферромагнетиках,

исследования казалось, что вследствие взаимного проникновения процессов смещения границ между доменами и вращения, закономерности изменения намагниченности в полях $H < H_c$ будут существенно отличными от тех, которые имеют место для высокопроницаемых материалов. Опыты, однако, показали, что соотношения (3) и (4) остаются справедливыми и для исследованных нами высококоэрцитивных ферромагнетиков.

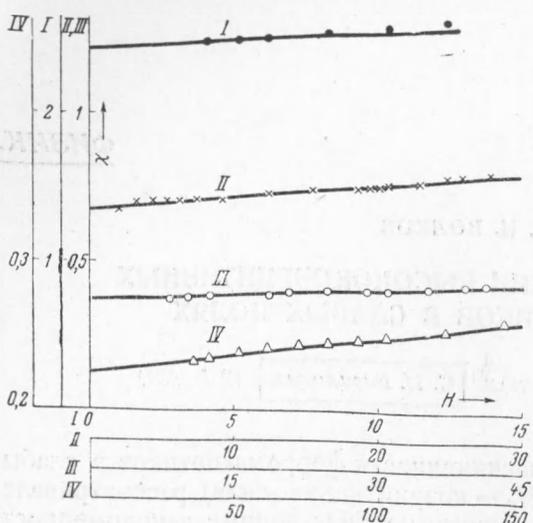


Рис. 1. I — $H_c = 25$ эрст.; II — $H_c = 97,5$ эрст.; III — $H_c = 217$ эрст.; IV — $H_c = 345$ эрст.

600°) создавалась различная коэрцитивная сила. Образцы имели $H_c = 25; 97,5; 217$ и 345 эрст. Измерения магнитной восприимчивости производились на одних и тех же образцах баллистическим и магнитометрическим методами*.

3. На рис. 1 и 2 даны ход магнитной восприимчивости χ и остаточной намагниченности I , от поля H в области $H < H_c$.

Как и следовало ожидать, с увеличением коэрцитивной силы уменьшаются как начальная восприимчивость χ_0 , так и коэффициент возрастания восприимчивости (параметр β) (см. рис. 3). При этом наиболее резкий спад χ_0 и β (приблизительно по гиперболическому закону) имеет место всякий раз при первой термической обработке, в то

2. Исследования, результаты которых приводятся здесь, получены на сплаве Fe—Co—V (викаллоу) состава: 38% Fe, 52% Co, 10% V. В испытуемых образцах путем холодной обработки и последующего низкотемпературного отпуска (500—

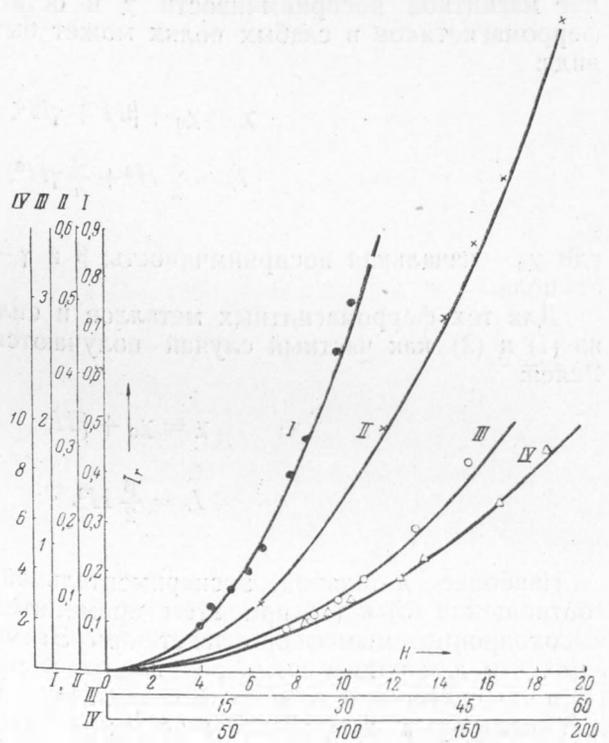


Рис. 2. Обозначения те же, что на рис. 1

* Измерения на астатическом магнитометре, по просьбе автора, были любезно проведены В. И. Ивановским, за что пользуюсь случаем выразить ему искреннюю благодарность.

время как при последующих термических обработках спад χ_0 и β оказывается более монотонным, несмотря на более значительный рост H_c .

Следует отметить, что с ростом коэрцитивной силы χ_0 и β уменьшаются пропорционально друг другу. Что касается восприимчивости χ и остаточной намагниченности I_r от поля, то,

как видно из данных рис. 1 и 2, χ является линейной функцией от H , а I_r — квадратичной функцией от H .

На рис. 1 и 2 сплошными кривыми дан теоретический ход магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности от поля, рассчитанный из соотношений (1) и (2) при $\gamma = 0$ и следующих значениях параметров β и χ_0 : $\beta = 128,6 \cdot 10^{-4}$; $46,4 \cdot 10^{-4}$; $15 \cdot 10^{-4}$; $2,5 \cdot 10^{-4}$ и $\chi_0 = 2,44$; $0,67$ и $0,37$, соответ-

ственно, для образцов с $H_c = 25$; $97,5$; 217 и 345 эрст. Экспериментальные данные представлены точками.

Отсюда следует, что при изменении коэрцитивной силы викаллы в достаточно широких пределах от сравнительно малых значений (в нашем опыте 25 эрст.) до почти максимально возможных для этого состава сплава ($H_c = 345$ эрст.) зависимость магнитной восприимчивости и остаточной намагниченности от поля в пределах ошибок опыта дается соотношениями (3) и (4).

Научно-исследовательский институт физики
Московского государственного университета
им. М. В. Ломоносова

Поступило
27 VI 1950

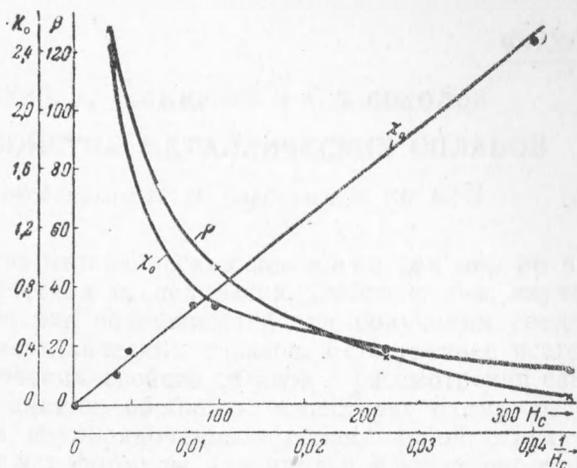


Рис. 3

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ F. Preisach, Zs. f. Phys., **94**, 277 (1935). ² Е. Кондорский, ДАН, **30**, 598 (1941). ³ Н. Акулов, О. Галкина и В. Ивановский, ДАН, **68**, № 5 (1949).