

Л. В. КИРЕНСКИЙ и В. Ф. ИВЛЕВ

ЯВЛЕНИЕ ОБРАТНОЙ ИНВЕРСИИ В ФЕРРОМАГНЕТИКАХ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 20 XI 1950)

По современным воззрениям ⁽¹⁾, процесс намагничения ферромагнетика разбивается на три последовательных стадии — инверсии, вращения и так называемого парапроцесса.

Процесс вращения и все связанные с ним явления хорошо укладываются в рамки теории, разработанной Н. С. Акуловым ⁽¹⁾. Парапроцесс при температурах, достаточно далеких от точки Кюри, существенного влияния на ход кривой намагничения не оказывает, в особенности в области не очень сильных полей.

Что касается процесса инверсии, то, несмотря на ряд фундаментальных работ ⁽¹⁻⁵⁾, описывающих его механизм и связанных с ним явлений, ряд существенных деталей этого процесса еще далеко не выяснен.

Во всяком случае известно, что процесс инверсии заключается в перемещении междоменной перегородки под действием магнитного поля, причем с ростом поля растет и вектор интенсивности намагничения, поскольку в каждом кристаллите ферромагнетика будет расти та фаза, спины которой ориентированы в направлении оси легчайшего намагничения, ближайшей к направлению поля. Кроме того, обычно считают ⁽⁶⁾, что антипараллельная фаза уничтожается быстрее, т. е. продольная инверсия протекает в более слабых полях, нежели поперечная.

Однако все эти выводы сделаны, в основном, на основании чисто теоретических положений. Что касается опытных данных, то они крайне немногочисленны и не всегда достаточно убедительны. Поэтому экспериментальные работы, посвященные выяснению хотя бы некоторых сторон указанного процесса, представляют несомненный интерес.

В настоящей работе авторы имели возможность регистрировать путем записи на телеграфную ленту отдельные скачки Баркгаузена, а также записывать на фотопленку силу индукционного тока, вызываемого внезапными изменениями интенсивности намагничения в образце, при плавном и весьма медленном нарастании напряженности намагничивающего поля.

Испытуемый образец, хорошо отожженный никель длиной $l = 15$ мм и диаметром поперечного сечения $d = 1$ мм, помещался внутри искательной катушки, которая в свою очередь помещалась внутри намагничивающей катушки. Все исследования проводились при температуре 18° .

Плавное изменение напряженности магнитного поля производилось с помощью водяного реостата. Скорость изменения магнитного поля H изменялась в весьма широких пределах от 1 до 0,001 эрст/сек, что достигалось калиброванным краном, регулирующим скорость поступления воды в реостат.

Импульсы напряжения, возникающие на концах искательной катушки при скачкообразном изменении намагничения, подавались на вход четырехлампового усилителя, на выход которого включался счетчик и калибратор импульсов. Параллельно счетчику импульсов включался зеркальный гальванометр, отклонения которого фиксировались световым «зайчиком» на фотобумаге, укрепленной на вращающемся цилиндрическом барабане; последний помещался внутри непрозрачного полового цилиндра с узкой щелью вдоль его образующей. Барабан с укрепленной на нем фотобумагой приводился во вращение с помощью мотора Уоррена.

При напряженности поля, соответствующей 0, 2, 4 и т. д. эрстедам перед щелью фотокамеры дается световая вспышка, рассекающая магнитограмму серией ординат (7).

Чувствительность установки позволяла регистрировать скачки Баркгаузена, соответствующие областям спонтанного намагничения объема от $1 \cdot 10^{-9}$ см³ и более.

Кроме того, калибратор импульсов давал возможность в случае необходимости выделять скачки перемагничения в довольно узком интервале, домены которых отличаются друг от друга по объему не более чем на $0,5 \cdot 10^{-9}$ см³.

Определение электродвижущей силы, развиваемой отдельными скачками, производилось путем сравнения с искусственными импульсами, равными как по величине (амплитуде), так и по продолжительности импульсам, получаемым от отдельных скачков перемагничения.

В процессе работы было обнаружено, что, помимо скачков Баркгаузена, соответствующих внезапному возрастанию интенсивности намагничения при плавном росте поля, существуют скачки обратные, соответствующие убыли вектора намагничения с ростом поля. Это явление мы назовем явлением обратной инверсии.

Следует отметить, что число обратных скачков довольно значительно и для никеля достигает примерно 35% от числа прямых скачков, причем явление обратной инверсии наблюдается как на девственной кривой, так и на кривой петли гистерезиса.

В табл. 1 даны числа прямых и обратных скачков, а также процентное отношение последних к первым для шести измерений. Подсчет велся для доменов, объемы которых лежат в интервале от $1,8 \cdot 10^{-8}$ до $2,0 \cdot 10^{-8}$ см³.

Таблица 1

№ измерения	Число прямых скачков	Число обратных скачков	%
1	627	157	25,0
2	641	226	35,0
3	630	218	34,6
4	629	201	32,0
5	640	222	34,8
6	638	224	35,0

Скорость нарастания поля $dH/dt = 0,01$ эрст/сек.

На рис. 1 и 2 приведены магнитограммы фотозаписи показаний гальванометра для прямых и обратных скачков, причем вследствие выделения скачков одинаковой величины показания гальванометра будут, очевидно, пропорциональны dn/dt , где n — число скачков, или вследствие плавного нарастания поля будут также пропорциональны dn/dH .

Обратной инверсии в значительной мере, повидимому, способствуют токи Фуко, возникающие в этой части ферромагнетика при прямой инверсии в соседних доменах.

Следует отметить, что скачкообразные изменения механических моментов, приложенных к вращающемуся монокристалльному никелевому шару, помещенному в однородное магнитное поле, также иногда носят характер, соответствующий скачкообразной убыли намагниченности, как это следует из опытов А. А. Баскакова и Н. Л. Брюхатова ⁽⁸⁾.

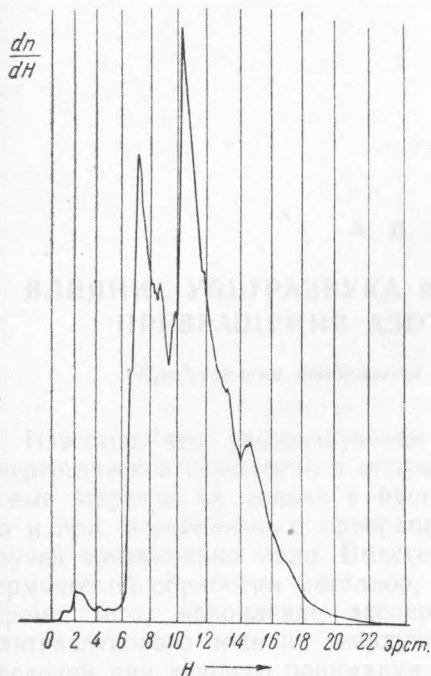


Рис. 1. Магнитограмма „прямых“ скачков вектора намагничивания

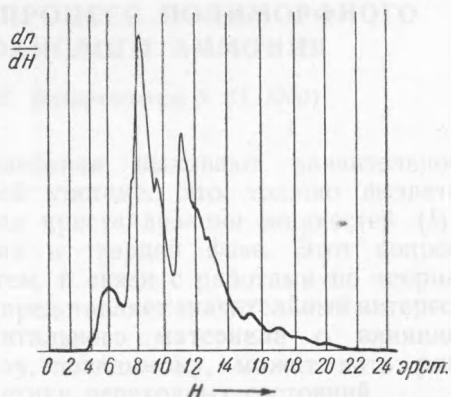


Рис. 2. Магнитограмма „обратных“ скачков вектора намагничивания

В заключение считаем своим приятным долгом выразить благодарность проф. Н. С. Акулову за ряд ценных замечаний.

Красноярский государственный педагогический институт

Поступило
1 XI 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. С. Акулов, Ферромагнетизм, 1939. ² Н. С. Акулов, Zs. f. Phys., **69**, 78 (1931). ³ Н. С. Акулов и Е. И. Кондорский, ЖЭТФ, **3**, 109 (1933). ⁴ Е. И. Кондорский, ЖЭТФ, **7**, 1117 (1937). ⁵ Е. И. Кондорский, ДАН, **15**, № 8 (1937). ⁶ С. В. Вонсовский и Я. С. Шур, Ферромагнетизм, 1948. ⁷ Л. В. Киренский, Изв. АН СССР, сер. физ., **12**, № 2 (1948). ⁸ А. А. Баскаков и Н. Л. Брюхатов, ЖЭТФ, **9**, 984 (1939).