

А. Г. КОТОВ

ФЕРРОМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ  
ПРОВОЛОКАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСТЯЖЕНИЯ

(Представлено академиком А. А. Лебедевым 1 X 1952)

В предыдущих работах (1, 2) мы показали влияние различных факторов на форму резонансных кривых. При помощи метода параллельных проволок, при соответствующей их длине, в этих работах мы обнаружили сильное влияние на абсорбционные кривые отжига образца, его размагничивания переменным током (1), а также (2) влияние температуры и гистерезиса.

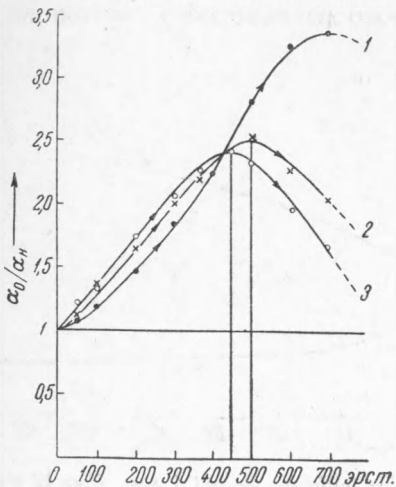


Рис. 1. Кривые магнитного резонанса при различном натяжении отожженной никелевой проволоки диаметром  $2\rho = 0,1$  мм и длиной 52 см. Длина волны  $\lambda = 9,1$  см. Две параллельные проволоки были натянуты по оси намагничивающей катушки. Ординаты представляют отношение отклонений гальванометра без поля  $\alpha_0$  и с полем  $\alpha_H$ . 1 —  $p = 28$  кг/мм<sup>2</sup>; 2 —  $6,5$  кг/мм<sup>2</sup>; 3 —  $3,2$  кг/мм<sup>2</sup>

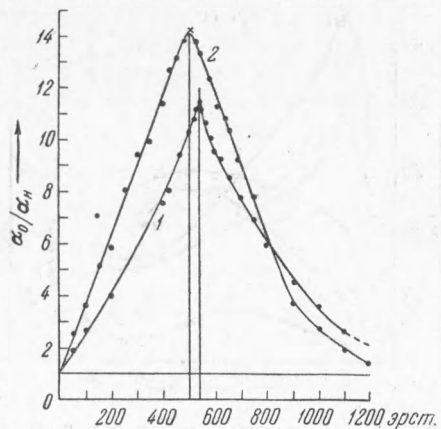


Рис. 2. Резонансные кривые в железной проволоке при различном натяжении.  $\lambda = 3,2$  см,  $2\rho = 0,08$  мм,  $R = 20,2$  ом/м. 1 —  $p = 40$  кг/мм<sup>2</sup>; 2 —  $10$  кг/мм<sup>2</sup>

В данной работе показано влияние растяжения на ход резонансных кривых, снятых той же методикой параллельных проволок, имевших рабочую длину 52 см.

На рис. 1 представлены резонансные кривые в отожженном никеле при различных натяжениях для волны  $\lambda$  в 9,1 см. С увеличением нагрузки намагниченность в никеле падает (3), что вызывает смещение резонансного поля вправо на 300 эрст.; абсорбция возрастает с увели-

чением нагрузки вследствие изменения поперечных (циркулярных) магнитных свойств (4).

У железа на волне 3,2 см при растяжении максимум сместился на 40 эрст. вправо и высота его уменьшилась на 20% (рис. 2). У никеля

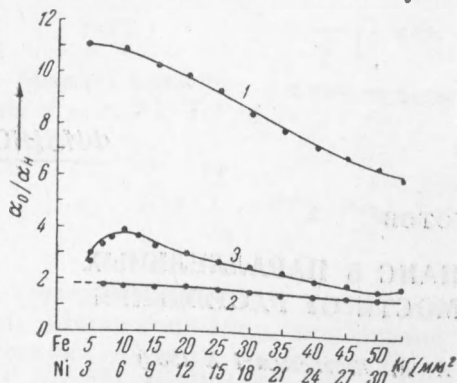


Рис. 3. Зависимость резонансной абсорбции от растяжения. 1 и 2 — железная проволока,  $2\rho = 0,08$  мм,  $R = 20,2$  ом/м. 1 —  $\lambda = 3,2$  см, 2 —  $\lambda = 8,1$  см; 3 — никель,  $2\rho = 0,1$  мм,  $R = 12$  ом/м,  $\lambda = 3,2$  см

и у железа абсорбция при растяжении падает, но у железа она падает почти по прямой (рис. 3), а у никеля проходит через максимум. Для коротких волн этот максимум падает на малые нагрузки, при более длинных волнах он смещается в сторону больших нагрузок (рис. 4 А). Для коротких волн после снятия нагрузки абсорбция постепенно росла со временем, а для длинных она постепенно падала по экспоненте (рис. 4 Б). При некоторых полях растяжением никелевой проволоки можно вызвать «антирезонанс» (2), который впервые без наложенного поля наблюдал В. К. Аркадьев в 1912 г. (5).

Повторные измерения на рис. 4 А показывают, что абсорбция идет или выше или ниже первоначальной кривой. Это явление связано с остаточными деформациями, с установлением в материале нового равновесного состояния.

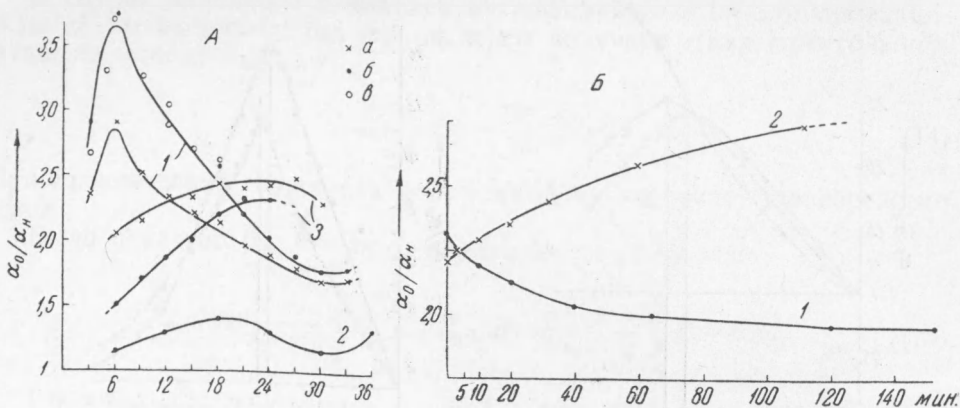


Рис. 4. А — кривые резонанса в отожженном никеле,  $2\rho = 0,1$  мм,  $R = 12$  ом/м. 1 —  $\lambda = 3,2$  см, клистрон,  $H = 1300$  эрст.; 2 —  $\lambda = 4,3$  см, искра,  $H = 900$  эрст.; 3 —  $\lambda = 9,1$  см, клистрон,  $H = 500$  эрст. а — повторные измерения, б — первоначальные измерения, в — повторные измерения после продолжительного отдыха образца; Б — зависимость абсорбции от времени восстановления стационарного состояния после снятия нагрузки от 28 до 6 кг/мм<sup>2</sup> в отожженном никеле,  $2\rho = 0,1$  мм,  $R = 12$  ом/м. 1 —  $\lambda = 9,1$  см, 2 —  $\lambda = 3,2$  см

С точки зрения изменений кристаллической решетки влияние растяжения магнетика приводит к изменению констант магнитоупругой анизотропии в связи с изменением констант магнитоупругости. Во внешнем намагничивающем поле до 1000 эрст. у никеля при растяжении может значительно изменяться намагниченность, особенно в более слабых полях до 500 эрст. В более сильных полях (свыше 1000 эрст.) намагниченность, как принято считать, практически не меняется от растяжения.

Известно, что при растяжении ферромагнетик может превращаться в одноосный кристалл, обладающий предельной большой анизотропией. Без учета анизотропии фактор расщепления, рассчитанный по первоначальной формуле Киттеля

$$g = \frac{2,15 \cdot 10^4}{\lambda \sqrt{BH_k}}, \quad (1)$$

получает аномально малое значение (около 1,1) как для растянутого, так и для нерастянутого состояния.

Несомненно, что влияет на эти свойства не одна причина, а несколько: магнитоупругая анизотропия, намагниченность образца в слабых полях, обменная энергия в сильных полях, вихревые токи и др. Возможно, что удельный вес влияния каждого из этих факторов может быть выяснен путем опытов, подобных настоящим.

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова

Поступило  
12 VII 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> В. К. Аркадьев, А. Г. Котов, ДАН, 83, № 6 (1952). <sup>2</sup> А. Г. Котов, ДАН, 87, № 3 (1952). <sup>3</sup> В. К. Аркадьев, Электромагнитные процессы в металлах, 1, 1935, стр. 96, фиг. 81. <sup>4</sup> С. В. Вонсовский, Я. С. Шур, Ферромагнетизм, 1948, стр. 235. <sup>5</sup> В. К. Аркадьев, ЖРФХО, ч. физ., 44, 191, черт. 13 и стр. 194 (1912); Электромагнитные процессы в металлах, 2, 1936, стр. 276.