

Д. И. ВОЛКОВ и В. В. ЗУБОВ

**О МАГНИТОСТРИКЦИИ СПЛАВОВ Ni—Mn В ПРОДОЛЬНЫХ
И ПОПЕРЕЧНЫХ ПОЛЯХ**

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 13 II 1950)

Согласно теории четных эффектов Н. С. Акулова⁽¹⁻³⁾, продольный эффект при насыщении находится в определенной зависимости от поперечного, а именно, если в тензоре анизотропии члены порядка выше второго малы*, парапроцесс, а также магнитная и кристаллическая текстуры отсутствуют, то продольный эффект обратен по знаку поперечному и в два раза больше по величине (второе правило четных эффектов). В частности, для магнитострикционных явлений второе правило четных эффектов имеет вид

$$\lambda_{\parallel} = -2\lambda_{\perp}, \quad (1)$$

где λ_{\parallel} и λ_{\perp} — магнитострикция при насыщении, измеренная, соответственно, в направлении магнитного поля (продольная магнитострикция) и перпендикулярно \mathbf{H} (поперечная магнитострикция).

Наряду с этим, теория четных эффектов приводит к определенной количественной зависимости между продольным и поперечным эффектами и для тех предельных случаев, когда четные эффекты в ферромагнетиках обусловлены не техническим, а истинным намагничиванием (парапроцесс). Именно, при наличии сильного парапроцесса продольный и поперечный эффекты, как дает теория, имеют один и тот же знак и равны по величине⁽¹⁾:

$$\lambda_{\parallel} = \lambda_{\perp}. \quad (2)$$

Соотношения (1) и (2) и составляют, таким образом, в обобщенной форме содержание второго правила четных эффектов.

Цель настоящего исследования состоит в проверке второго правила четных эффектов применительно к явлению магнитострикции в сплавах Ni—Mn.

Сплавы Ni—Mn представляют особый интерес в том отношении, что физические свойства этих сплавов при концентрациях, близких по составу к Ni₃Mn, как известно, исключительно сильно зависят от степени порядка расположения атомов компонент. Вопрос же о том, в какой мере второе правило четных эффектов выполняется для магнитострикционных явлений в упорядочивающихся сплавах, до сих пор вообще не обсуждался.

* Вопрос о влиянии на ход четных эффектов членов четвертого порядка был рассмотрен Н. С. Акуловым^(1, 2) и Д. Симоненко⁽³⁾, а также С. В. Вонсовским⁽⁴⁾ применительно к эффекту Томсона — Гольдгаммера.

Исходными материалами для приготовления сплавов Ni—Mn служили электролитические никель и марганец (Ni 99,97%, Mn 99,5%). Образцы (диски диаметром ~15 мм и толщиной 0,8—1 мм) отжигались в печи с терморегулятором при температуре 380° в течение 50 час. и затем от этой температуры быстро охлаждались (в воде).

Магнитострикция измерялась методом проволочных тензометров, предложенным для этих целей Н. С. Акуловым и Д. И. Волковым.

На рис. 1 и 2 дана зависимость магнитострикции Ni—Mn-сплавов в широком интервале концентрации (до 21,5% Mn) от напряженности магнитного поля (внешнее поле) и на рис. 3 — ход продольной и поперечной магнитострикции для сплава, близкого по составу к Ni₃Mn. Отметим, прежде всего, некоторые качественные результаты наблюдений.

Как видно, продольная магнитострикция в области технического насыщения (нижние кривые на рис. 1 и 2) уменьшается при увеличении концентрации Mn. При этом, как показывает опыт, зависимость λ_s от концентрации c до ~12% Mn имеет вид: $\lambda_s = \lambda_s^0(1 - ac)$, где λ_s^0 — магнитострикция насыщения чистого никеля.

В сильных магнитных полях продольная магнитострикция сплавов уменьшается, а поперечная (верхние кривые на рис. 1 и 2) увеличи-

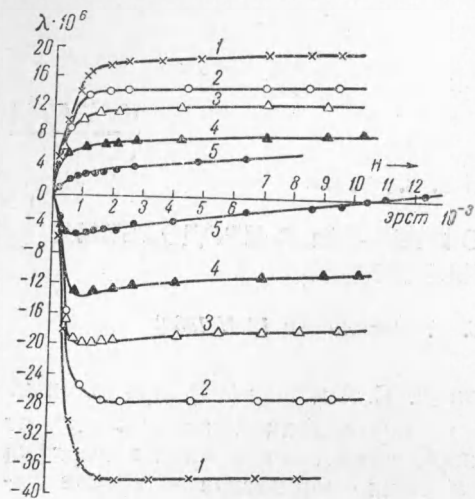


Рис. 1. 1—Ni, 2—3% Mn, 3—6,5% Mn, 4—8,5% Mn, 5—12% Mn

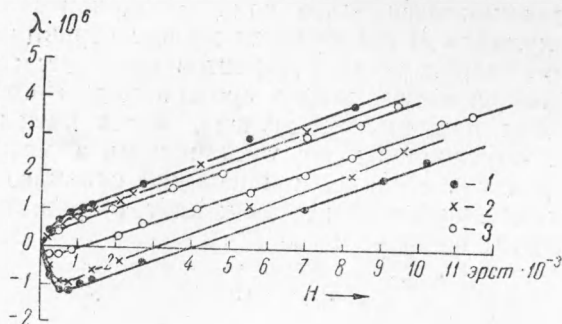


Рис. 2. 1—17% Mn, 2—19% Mn, 3—21,5% Mn

вается с ростом поля. Это явление обусловлено, очевидно, изменением величины спонтанной намагниченности I_s под действием поля (парапроцесс).

Важно отметить, что чем больше процент Mn в сплаве, тем при меньшем значении напряженности магнитного поля начинает сказываться влияние парапроцесса на ход магнитострикции.

В сплаве, с содержанием марганца, близким к Ni₃Mn, магнитострикция, обусловленная техническим намагничиванием, практически близка к нулю, и весь ход магнитострикции, начиная со слабых полей, вызван в основном истинным намагничиванием. Магнитострикция в продольных и магнитострикция в поперечных магнитных полях оказываются при этом одного знака и приблизительно равны по величине, т. е. $\lambda_{\parallel} \cong \lambda_{\perp}$.

Для количественной проверки второго правила четных эффектов в табл. 1 сопоставлены значения λ_{\parallel} и λ_{\perp} для всей серии Ni—Mn-сплавов; там же дано их отношение ($\lambda_{\perp}/\lambda_{\parallel}$). При этом влияние парапроцесса исключалось тем, что для λ_{\parallel} и λ_{\perp} брались значения, полученные путем экстраполяции кривых магнитострикции в сильных полях на ось $H=0$.

Приведенные в табл. 1 результаты показывают, что магнитострикционные явления в сплавах Ni—Mn в широком интервале концентраций (до $\sim 19\%$ Mn) подчиняются второму правилу четных эффектов, представленному равенством (1).

В сплавах же, близких по составу к Ni_3Mn , в которых, как указывалось, ход магнитострикции обусловлен, главным образом, ростом спонтанной намагниченности, правило четных эффектов в форме (1), как и следовало ожидать, не имеет места. В этом случае, в согласии с теорией четных эффектов, λ_{\parallel} и λ_{\perp} оказываются одного знака (положительные) и приблизительно равными по величине (соотношение (2)).

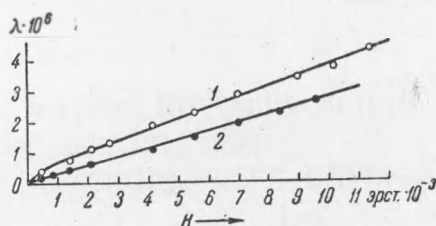


Рис. 3. Ni_3Mn . 1 — λ_{\parallel} , 2 — λ_{\perp}

Т а б л и ц а 1

Mn в вес. %	$\lambda_{\parallel} \cdot 10^6$	$\lambda_{\perp} \cdot 10^6$	$\lambda_{\perp} / \lambda_{\parallel}$	
			$t = 20^\circ$	$t = -193^\circ$
0	-37,6	+17,6	-0,47	—
3	-27,7	+14,0	-0,51	—
6,5	-20,8	+10,8	-0,52	-0,52
8,5	-13,2	+6,8	-0,51	-0,45
12	-5,6	+3,0	-0,54	—
17	-5,4	+2,8	-0,52	—
19	-4,4	+2,0	-0,45	-0,52
21,5	-1,6	+1,4	-0,87	-0,50

В этой связи важно отметить, что гальвано-магнитный эффект (эффект Томсона — Гольдгаммера) в Ni_3Mn , как показали измерения А. Комара и И. Портнягина⁽⁵⁾, подчиняются той же самой закономерности, которая нами получена на опыте для магнитострикционного эффекта, именно, $\left(\frac{\Delta r}{r}\right)_{\parallel} \cong \left(\frac{\Delta r}{r}\right)_{\perp}$.

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

Поступило
5 I 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Н. С. Акулов, Ферромагнетизм, 1939. ² Н. Акулов, Zs. f. Phys., 87, 468 (1934). ³ Д. Симоненко, ЖЭТФ, 7, 170 (1937). ⁴ С. В. Вонсовский, ЖТФ, 18, 2 (1948); С. В. Вонсовский и Я. С. Шур, Ферромагнетизм, 1948. ⁵ А. Комар и И. Портнягин, ДАН, 60, № 4 (1948).