

Д. И. ВОЛКОВ

МАГНИТОСТРИКЦИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МАРГАНЦА

(Представлено академиком А. В. Шубниковым 5 V 1954)

При исследовании физических свойств ферромагнитных сплавов из неферромагнитных компонентов автором были изучены также и магнитострикционные свойства этих сплавов. В настоящей работе приведены данные о магнитострикции ферромагнитных сплавов на основе марганца. Были исследованы бинарные сплавы $Mn-Sb$, $Mn-Bi$, $Mn-Sn$, а также тройные сплавы $Cu-Mn-X$, где X — один из элементов Al , Sn , Bi . Как показало исследование, магнитострикционные явления в ферромагнитных сплавах из неферромагнитных компонентов, которые, насколько известно, изучаются нами впервые, обладают рядом важных особенностей. Одной из таких особенностей сплавов на основе марганца является та, что многие из них являются высоко магнитострикционными. К этой группе относятся прежде всего ферромагнитное соединение $MnSb$ и сплавы $Mn-Bi$, а также сплавы $Cu-Mn-Bi$, близкие по составу к Cu_2MnBi .

На рис. 1, по данным наших измерений, представлена для сплавов $Mn-Sb$ зависимость магнитострикции насыщения λ_s от процентного содержания C марганца. Магнитострикция была измерена методом проволочных тензометров, применявшимся и ранее для этих целей Н. С. Акуловым и автором (¹, ²).

Кривые λ_s от C , как и кривые зависимости намагниченности насыщения I_s от C (на рис. 1 не приведены), имеют отчетливый максимум при содержании Mn , близком к содержанию Mn в соединении $MnSb$ (31,2% Mn , 68,8% Sb). Магнитострикция насыщения для ферромагнитного соединения $MnSb$ оказывается при комнатной температуре равной $\lambda_s = -83,5 \cdot 10^{-6}$, что по абсолютной величине более чем в 2 раза превышает значение магнитострикции насыщения никеля ($\lambda_s \approx -35 \cdot 10^{-6}$), являющегося, как известно, одним из наиболее высоко магнитострикционных ферромагнетиков.

Ход магнитострикции в зависимости от поля H и намагниченности I для $MnSb$ дан на рис. 2. Важно отметить, что продольная магнитострикция (нижние кривые) после того, как достигнуто техническое насыщение, убывает с ростом поля; поперечная же магнитострикция с увеличением поля непрерывно возрастает (верхние кривые). В сильных полях $H > H_s$ (H_s — поле насыщения) зависимость λ от H оказывается линейной с угловым наклоном, возрастающим, как показало

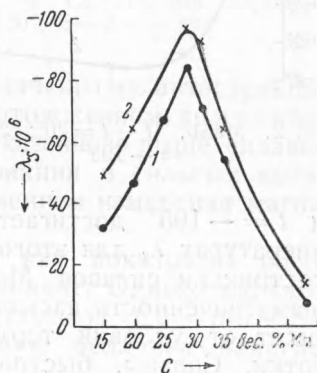


Рис. 1. $Mn-Sb$. 1 — $t = 20^\circ$; 2 — $t = -195^\circ$

исследование, с повышением температуры. Изменение магнитострикции в полях больших поля насыщения обусловлено, очевидно, ростом спонтанной намагниченности.

Это явление особенно отчетливо наблюдается на другом исследованном нами ферромагнитном соединении, а именно Mn_2Sb . В области

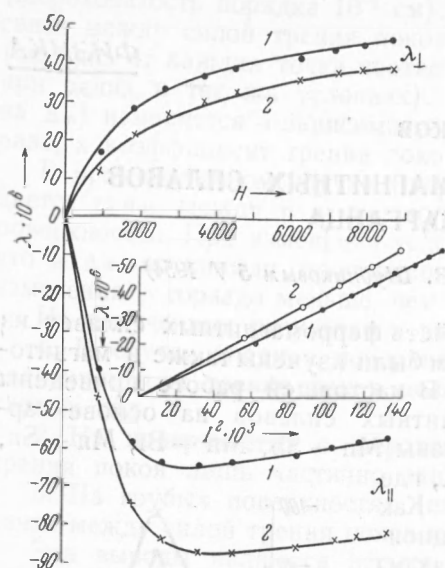


Рис. 2. $MnSb$. 1 — $t = 20^\circ$; 2 — $t = -195^\circ$

при $t = -195^\circ$ достигает величины $-145 \cdot 10^{-6}$. При комнатных же температурах λ_s для этого сплава крайне мала ($\lambda_s = -8 \cdot 10^{-6}$). Магнитострикция сплавов $Mn-Vi$, как и намагниченность насыщения, резко зависит от условий термической обработки. Сплавы, быстро охлажденные от критической температуры, имеют малую величину магнитострикции. Высокие значения λ_s получаются в образцах, прошедших после быстрого охлаждения отпуск при низких сравнительно температурах, начиная с температуры $200-240^\circ C$. Возможно, что отмеченные нами закономерности связаны с явлением упорядочения. Укажем также, что сплавы $Mn-Vi$ с малым содержанием Mn обладают относительно высокими магнитострикционными свойствами (см. рис. 3).

Сплавы бинарной системы $Mn-Sn$, как показывает опыт, не являются высоко магнитострикционными сплавами. Особенность магнитострикционных свойств ряда сплавов $Mn-Sn$ состоит в том, что в области технического намагничивания продольная ($\lambda_{||}$) и поперечная ($\lambda_{\perp}$) магнитострикции имеют одинаковые знаки ($\lambda_{||} < 0$, $\lambda_{\perp} < 0$). Эта «аномалия» обусловлена, как удалось показать, большим объемным магнитострикцион-

технического намагничивания магнитострикция Mn_2Sb близка к нулю, в то время как за счет изменения спонтанной намагниченности магнитострикция имеет здесь относительно большие значения.

Что касается зависимости магнитострикции λ от намагниченности I , то, как видно из рис. 2, она для $MnSb$ имеет простой вид, а именно, $\lambda = kI^2$ во всем интервале значений от $I = 0$ до $I = I_s$.

Высокие значения магнитострикции насыщения наблюдались нами и для сплавов $Mn-Vi$. Однако высокие значения λ_s в этих сплавах вследствие исключительно сильной зависимости магнитострикции от температуры имеют место лишь в области низких температур. Действительно, как указано на рис. 3, магнитострикция сплава $Mn-Vi$, близкого по составу к $MnBi$ (20,8% Mn , 79,2% Vi), в сильных полях

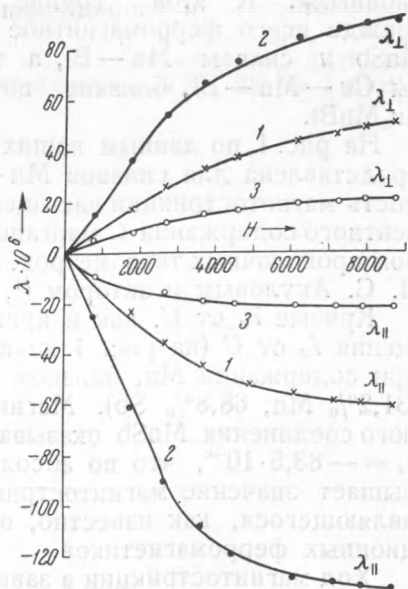


Рис. 3. 1 — $MnBi$ литой; 2 — $MnBi$ отожженный при 200° 10 час.; 3 — 4% Mn , 96% Vi

ным эффектом, наблюдающимся в указанных сплавах в области технического намагничивания.

Из тройных сплавов $\text{Cu} - \text{Mn} - \text{X}$ особый интерес в отношении магнитострикционных свойств представляют сплавы с Bi . На рис. 4 для сплава, содержащего 30,9 вес. % Cu , 14% Mn , 55,1% Bi , дана зависимость магнитострикции от поля. Как видно, магнитострикция указанного сплава при комнатной температуре в полях, близких к полю насыщения, достигает исключительно большой величины $\lambda = -140 \cdot 10^{-6}$. Из известных в настоящее время ферромагнитных сплавов столь высокими значениями магнитострикции насыщения обладают сплавы $\text{Fe} - \text{Pt}$. Как показали в последнее время Куссман и Ритберг⁽³⁾, λ_s для сплава, содержащего 32 ат. % Pt (остальное Fe), равна $+180 \cdot 10^{-6}$. По измерениям Н. С. Акулова, К. П. Белова и З. И. Ализаде⁽⁴⁾ магнитострикция насыщения сплава 54% Pt , 46% Fe оказалась равной $\sim +120 \cdot 10^{-6}$. Высокие значения магнитострикции сплавов $\text{Cu} - \text{Mn} - \text{Bi}$ имеют место не только в отожженном, но и в литом состоянии, что показано на рис. 4, где для указанного выше сплава в литом состоянии дана зависимость магнитострикции в сильных полях от азимута θ (θ — угол между $\mathbf{H}$ и $\mathbf{r}$ — направлением измерения магнитострикции).

Магнитострикция сплавов $\text{Cu} - \text{Mn} - \text{Al}$, как показывает опыт, зависит от степени упорядочения атомов компонент. Однако магнитострикция насыщения этих сплавов, как и сплавов $\text{Cu} - \text{Mn} - \text{Sn}$, крайне мала по величине, несмотря на большую величину намагниченности насыщения.

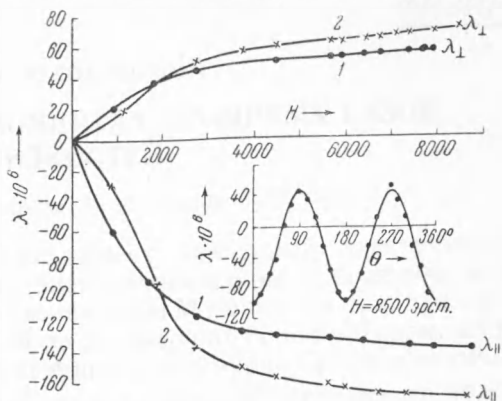


Рис. 4. 30,9 вес. % Cu , 14% Mn , 55,1% Bi .
1 — $t = 20^\circ$; 2 — $t = -195^\circ$

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

Поступило
24 IX 1952

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. С. Акулов, Д. И. Волков, Вестн. МГУ, **10**, 29 (1949); **6**, 21 (1950).
² Д. И. Волков, В. И. Скоробогатов, ЖТФ, **20**, в. 9 (1950). ³ A. Kussman, G. V. Rittberg, Ann. d. Phys., **7**, 173 (1950). ⁴ Н. С. Акулов, К. П. Белов, З. И. Ализаде, ДАН, **65**, № 6 (1949).