

МОНОКРИСТАЛЛЫ SmCo_5 С МАГНИТНОЙ ЭНЕРГИЕЙ 32 МИЛЛИОНА ГАУСС·ЭРСТЕД

А. С. Ермакенко, А. В. Королев, Я. С. Шур

На массивных монокристаллах соединения SmCo_5 за счет задержки образования и роста зародышей перемагничивания получено однодоменное состояние с магнитной энергией 32 млн эс, что является теоретическим пределом данного материала и рекордным значением, достигнутым при комнатной температуре для постоянных магнитов.

Предельное значение магнитной энергии $(BH)_{\max}$ постоянного магнита равно $4\pi^2 l_s^2$ (l_s — намагниченность насыщения материала). Это соответствует состоянию с индукцией $4\pi l_s$ во внутреннем отрицательном поле, численно равном $2\pi l_s$. Такое состояние, принципиально, может быть реализовано на монокристаллах с полем анизотropии $H_A > 2\pi l_s$ после доведения их до насыщения в магнитном поле, приложенном вдоль оси легкого намагничивания. Однако, достаточно крупные монокристаллы начинают размагничиваться, как правило, в поле $|H_K| \ll 2\pi l_s$ благодаря возникновению и росту зародышей перемагничивания (ЗП).

К настоящему времени нет ясных представлений об условиях и механизме образования ЗП. Можно лишь утверждать, что они образуются в тех местах кристалла, где вследствие локальных несовершенств поле анизотropии имеет пониженное значение. Следует ожидать, что в кристаллах с очень высокими значениями поля анизотropии, возможна задержка образования и роста ЗП вплоть до отрицательного внутреннего поля, равного $2\pi l_s$. В связи с этим представляют интерес соединения типа $R\text{Co}_5$ (R — редкоземельный элемент), обладающие чрезвычайно высокими значениями константы одноосной магнитной анизотropии ($\sim 10^8$ эрт/см³).

В данной работе исследовались монокристаллы соединений SmCo_{5+x} при значениях x от 0 до 0,5. Они были получены из крупнозернистых слитков, выплавленных в высокочастотной печи и прошедших гомогенизацию при 1200°С с последующей закалкой в воду. Исследование слитков методами металлографии и рентгеновского микроанализа показало, что при содержании кобальта от 66,1 до 68,4 вес.% сплавы структурно и химически однородны, в соответствии с диаграммой состояния [1]. Из отдельных зерен были изготовлены сферические образцы диаметром ~2 мм путем обкатки на шлифовальных шкурках. Для удаления поврежденного при обкатке слоя образцы подвергались химическому травлению и последующей электрополировке. Магнитные свойства измерялись с помощью вибромагнитометра в электромагните с максимальным полем 30 кэ.

На рис. 1 приведена зависимость индукции насыщения и поля анизотropии от состава сплавов. Видно, что $4\pi l_s$ линейно возрастает с ростом содержания кобальта. Поле анизотropии при небольших отклонениях от стехиометрического состава слабо зависит от концентрации, за-

метно снижаясь лишь у наиболее богатого кобальтом сплава. Отметим, что поле анизотропии SmCo_5 равно ~ 440 кэ, что существенно выше, чем сообщалось ранее ($210 - 290$ кэ по данным [2] и 390 кэ по [3]).

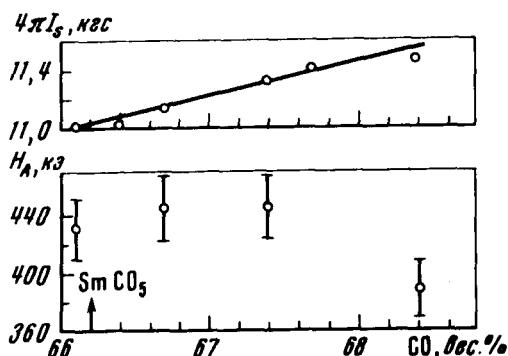


Рис. 1. Концентрационная зависимость индукции насыщения и поля анизотропии сплавов SmCo_{5+x}

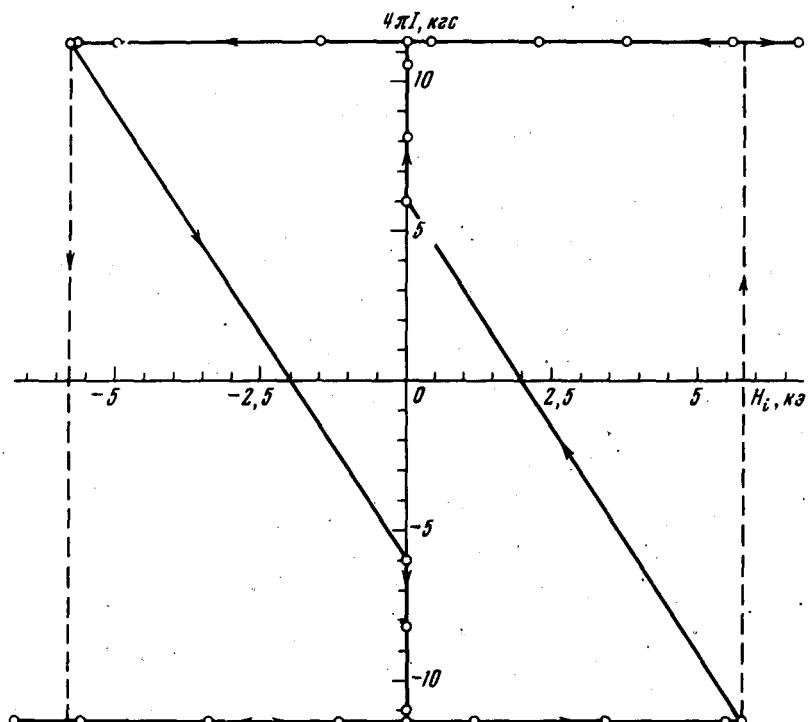


Рис. 2. Петля гистерезиса сферического образца сплава $\text{SmCo}_{5,3}$ (сплошные линии). Пунктиром показана петля гистерезиса для материала (замкнутая магнитная цепь)

До травления и полировки образцы размагничивались уже в положительном внешнем поле. По-видимому, поверхностный слой содержит такие дефекты, которые существенно облегчают появление (или сохранение) ЗП способных к росту в сравнительно небольшом отрицательном внутреннем поле. После удаления слоя, деформированного при изготовлении, образцы также имели незначительный гистерезис после намаг-

ничивания в полях меньше определенного значения. Однако, после приложения поля $30 \text{ к} \cdot \text{э}$ вдоль оси легкого намагничивания образцы сохраняли намагченность не только в нулевом, но и в значительных отрицательных внешних полях. В некотором поле H_K происходило скачкообразное перемагничивание. Следовательно, в результате удаления деформированного слоя, резко затруднялось образование и рост ЗП.

В качестве примера на рис. 2 приведена петля гистерезиса образца сплава $\text{SmCo}_{5,3}$ в координатах $(4\pi I, H_i)$, где I – намагченность, H_i – напряженность внутреннего поля. Амплитуда намагничающего поля $30 \text{ к} \cdot \text{э}$. Видно, что образец сохраняет значение $4\pi I = 4\pi I_s = 11300 \text{ Гс}$ до $H_i = -5800 \text{ э}$. Таким образом, максимальная магнитная энергия этого образца равна $32 \text{ млн } \text{Гс} \cdot \text{э}$, т. е. теоретически возможному значению. Такая энергия получена для постоянных магнитов при комнатной температуре впервые. На некоторых сплавах другого состава были получены аналогичные результаты.

Институт физики металлов
Академии наук СССР
Уральский научный центр

Поступила в редакцию
29 марта 1973 г.

Литература

- [1] K.H.J.Buschow, A.S.Van der Goot. J. Less- Common Metals, 14, 323, 1968.
 - [2] K.J.Strnat. IEEE Trans on Magnetics, Mga-6, 182, 1970.
 - [3] E.Tatsumoto, T.Okamoto, H.Fujii, C.Inoue. J. de Phys., 32. C-1-550, 1971.
-