

СОЕДИНЕНИЯ Sm–Fe–Ti КАК НОВЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Уржумцев А.Н., Тарасов Е.Н., Титов А.А., Зинин А.В.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: andrej707@bk.ru

Sm–Fe–Ti COMPOUNDS AS A NEW MATERIAL FOR PERMANENT MAGNETS

Urzhumtsev A.N., Tarasov E.N., Titov A.A., Zinin A.V.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Annotation. In this work were measured magnetic properties of compounds based on Sm – Fe – Ti with crystal structure ThMn₁₂ and investigated effect of substitution of elements in rare earth and 3d- sublattices on phase composition and magnetic properties of this material. The obtained properties make it possible to treat this class of compounds as an alternative to the Nd – Fe – B magnetic material.

Исследования магнитных свойств соединений с кристаллической структурой ThMn₁₂ были начаты в середине прошлого века, но интерес к ним быстро угас с открытием соединения Nd₂Fe₁₄B, на котором удалось реализовать большее энергетическое произведение. Соединения SmFe₁₂, с тетрагональной кристаллической решеткой типа ThMn₁₂, имеют теоретический предел максимального энергетического произведения (BH_{max}) выше, чем у Nd₂Fe₁₄B. Однако, для формирования фазы SmFe₁₂ необходимо замещение части атомов железа переходным металлом, например Ti, который существенно снижает намагниченность [1]. В 2015-2016 годах вышел ряд научных статей, где сообщалось на примере быстро закалённых соединений Sm – Fe – Ti – N, что можно значительно повысить магнитные свойства данного материала, за счет снижения содержания легирующего элемента Ti [2].

В данной работе проведен синтез сплавов Sm_(1-x)RE_x(Fe, Co)_(12-y)Ti_y (RE = Zr, Hf) методом дугового плавления в атмосфере гелия и исследованы их фундаментальные магнитные свойства: удельная намагниченность насыщения σ_s (в поле $H = 12$ kOe), поле анизотропии H_a и температура Кюри T_c . Для предотвращения формирования фаз $\alpha - Fe$ и Co, добавлялся избыток самария Sm (20 вес. %) и проводилось легирование его подрешетки цирконием Zr и гафнием Hf. Гомогенизирующий отжиг осуществлялся в вакуумной печи в атмосфере аргона в течение 5 часов при 850 °C. Магнитные измерения проводились на вибромагнетометре при комнатной температуре на текстурированных в магнитном поле порошковых образцах фракцией 45 μm .

Рентгеноструктурный анализ соединений SmFe₁₁Ti и SmFe_{11,5}Ti_{0,5} показал, что с уменьшением количества Ti доля фазы $\alpha - Fe$ повышается с 10 до 20 %.

Термомангнитный фазовый анализ позволил установить, что для соединения $\text{SmFe}_{11}\text{Ti}$ температура Кюри составляет $300\text{ }^\circ\text{C}$, но при замещении в нем 25 % Fe на Co удалось повысить T_c до $600\text{ }^\circ\text{C}$. В соединениях с Co обнаружено, что он, так же как и Fe, выходит из расплава в результате перетектической реакции и присутствует в виде свободных кристаллов. Так же отмечен результат, что в сплавах с замещением 20 % Sm на Zr или Hf уже не прослеживается вклад от свободного α – Fe. Оценка поля анизотропии показала максимальное значение $H_a = 60\text{ kOe}$. Полученные результаты позволяют предположить, что данный класс соединений вполне может стать альтернативой магнитам $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.

Составы сплавов и значение их удельной намагниченности насыщения (σ_s) в магнитном поле ($H = 12\text{ kOe}$) до и после отжига

№	Соединение	σ_s , emu/g	σ_s , emu/g (после отжига $850\text{ }^\circ\text{C}$ 5 h)
1	$\text{SmFe}_{11}\text{Ti}$	97.6	98.5
2	$\text{SmFe}_{11.5}\text{Ti}_{0.5}$	126.2	121.9
3	$\text{Sm}(\text{Fe}_{0.8}\text{Co}_{0.2})_{11.5}\text{Ti}_{0.5}$	110.6	133.9
4	$(\text{Sm}_{0.8}\text{Zr}_{0.2})(\text{Fe}_{0.8}\text{Co}_{0.2})_{11.5}\text{Ti}_{0.5}$	124.3	124.8
5	$(\text{Sm}_{0.8}\text{Hf}_{0.2})(\text{Fe}_{0.8}\text{Co}_{0.2})_{11.5}\text{Ti}_{0.5}$	130.6	138.6

Данная работа выполнена при поддержке: Государственного контракта № 3.6121.2017/БЧ между УрФУ и Министерством образования и науки Российской Федерации.

1. Wang Y.Z., Hadjipanayis G.C. et al., J. Magn. Magn. Mater., Vol. 87, P. 375, (1990).
2. Kobayashi K., Suzuki S., Kuno T. J. Alloys Compd. Vol. 694, P. 914, (2017).