

# СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ СПЛАВА РЗМ-Fe(Co), ПОЛУЧЕННОГО КАЛЬЦЕТЕРМИЧЕСКИМ ВНЕПЕЧНЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ИХ ФТОРИДОВ

А.С. Буйновский<sup>1</sup>, А.А. Клопотов<sup>2</sup>, Е.К. Грачев<sup>1</sup>, М.С. Сыртанов<sup>3</sup>, Ю.А. Абзаев<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, Россия, г. Северск, Томской обл., пр. Коммунистический, 65, 636036

<sup>2</sup> Томский государственный архитектурно-строительный университет  
г. Томск, пл. Соляная 2, 634003

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, г. Томск, просп. Ленина, 30, 634050

E-mail: [klopotovaa@tsuab.ru](mailto:klopotovaa@tsuab.ru)

Последнее время развивается производство постоянных магнитов из сплавов на основе Dd-Fe-B (Dd (дидима) – смесь Nd и Pr). Достаточно низкие цены магнитов из сплава Dd-Fe-B по сравнению с магнитами из сплавов на основе Nd-Fe-B, и достаточно высокие магнитные характеристики делают их конкурентоспособными на рынке. Обработка водородом данного класса сплавов влияет на структурно-фазовые состояния, а также приводит как к прямым, так и обратным фазовым превращениям [1]. Поэтому структурные исследования сплавов на основе Dd-Fe-B и влияния водорода на структурно-фазовые состояния являются актуальными.

Для исследований был использован сплав РЗМ-Fe(Co). Образцы для исследований были получены внепечным кальцетермическим восстановлением из фторидов в АО «Сибирский химический комбинат». Корректировка состава такого сплава осуществлялась там же, при его повторном расплавлении в вакуумной индукционной печи УППФ-3М [2]. Суммарное количество всех РЗЭ в образцах этого сплава находилась в пределах 35-40 %мас. Содержание дидима (Nd-Pr) в сплаве не превышала 24-26 %мас. В [3] показано, что изотермический отжиг в вакууме приводит к улучшению свойств постоянных магнитов в сплавах на основе Dd-Fe-B. Для получения магнитного сплава Dd-Fe-B с заданными функциональными свойствами на основе исходного сплава РЗМ-Fe(Co) необходимо установить особенности его структурно-фазовых состояний. Целью данной работы является представление результатов структурных исследований сплавов на основе РЗМ-Fe(Co).

Таблица 1. Содержание элементов в сплаве на основе РЗМ-Fe(Co) по данным рентгеноспектральных исследований, % мас

Элемент	Fe	Co	Nd	Pr	La	Dy	Al	Si	O	Итого
Содержание	55	5	18	6	10	8	0.4	0,5	3	97,9

Рентгеноструктурные исследования проводились на дифрактометре и SHIMADZUXRD-7000S с использованием  $S_{\alpha}$  излучения, рентгеноспектральные – на сканирующем электронном микроскопе Tescan Vega 3 SBH. Установлена высокая неоднородность распределения элементов в этом сплаве. В таблице 1 представлены усредненные данные по элементному составу сплава на основе усреднения данных, полученных с 20-и разных локальных участков сплава

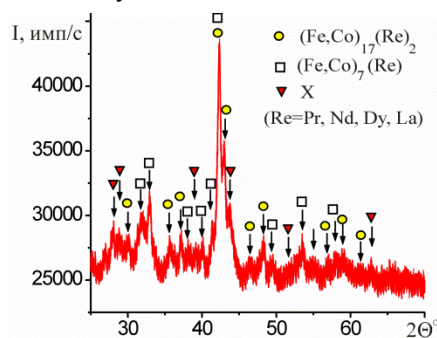


Рис. 1. Дифрактограмма образца сплава РЗМ-Fe(Co) с использованием  $S_{\alpha}$  излучения

Структурно-фазовый анализ позволил установить, что исследуемый сплав является многофазными и содержит фазы  $(Fe,Co)_{17}(Re)_2$ ,  $(Fe,Co)_7(Re)$  (рис. 1). Также на дифрактограмме присутствуют дополнительные рефлексы, которые не проиндексированы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FEMN-2020-0004).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. McGuinness P.J et.al. Hydrogenation, disproportionation and desorption (HDD): An effective processing route for Nd-Fe-B-type magnets // J. Less-Comm. Met. – 1990. – Vol. 158. – P. 359–365
2. Фторидная технология получения магнитных материалов на основе редкоземельных элементов для ядерной энергетики. Ч. I. Внепечная фторидная технология редкоземельных сплавов / А.С. Буйновский [и др.]. – Томск: ТУСУР. 2012. – С. 435.
3. Goltsov V.A. Hydrogen treatment (processing) of materials: current status and prospects // J. Alloys & Compd. – 1999. Vol. 293–295. – P. 844–857.