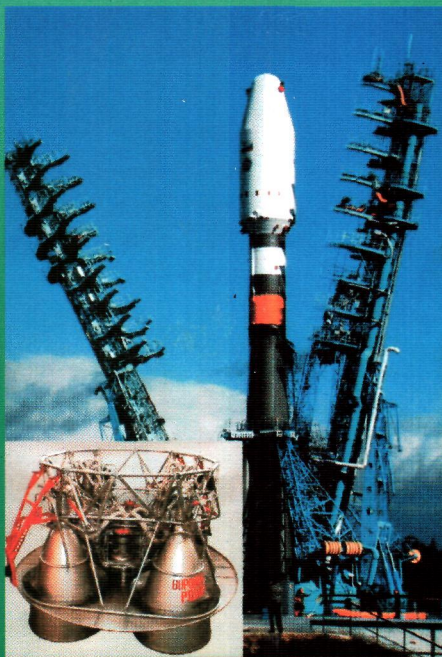


Сборник тезисов докладов
Четвертой Международной
конференции и Шестой
Международной Школы
молодых ученых и специалистов
IHISM'10
Воронеж, 05-10 июля 2010 г.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА С КОНСТРУКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ



Саров, 2010

ФГУП «РФЯЦ –
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ»

Сборник тезисов докладов
Четвертой Международной конференции
и Шестой Международной Школы молодых ученых
и специалистов

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗОТОПОВ ВОДОРОДА
С КОНСТРУКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ
(IHISM'10)**



г. Воронеж, 05–10 июля 2010 г.

Саров
2010

ББК 24.121
В-40
УДК 564.11

Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами. IHISM'10. Сборник тезисов докладов Четвертой Международной конференции и Шестой Международной Школы молодых ученых и специалистов. Под ред. д.т.н. А. А. Юхимчука – Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2010.

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на Четвертую Международную конференцию и Шестую Международную Школу молодых ученых и специалистов «Взаимодействие изотопов водорода с конструкционными материалами. IHISM'10».

Доклады представлены по следующим темам: кинетика и термодинамика взаимодействия изотопов водорода с твердыми телами, включая эффекты накопления радиогенного гелия; влияние изотопов водорода на свойства конструкционных материалов; гидриды и гидридные превращения; аппаратура и методы исследования.

В докладах обсуждаются новые результаты экспериментальных и теоретических исследований в области взаимодействия изотопов водорода с материалами, новые методы и направления исследований в этой области науки.

Печатается с оригинальных текстов

Составили:
А. А. Юхимчук, А. В. Бучирин

В5-Б5. Рыбалка С. Б., Додонова Е. В., Волков А. Ф., Волкова А. А. Кинетика роста новых фаз в ходе фазовых превращений, индуцированных водородом в сплаве $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$	48
В6-Б5. Супрядкина И. А., Бажанов Д. И. Исследование из первых принципов особенностей образования вакансионных комплексов в палладии и его гидриде.....	52
В7-Б5. Морозов А., Неклюдов И., Кулиш В., Лавриненко С., Журба В. Удержание изотопов водорода в сплаве типа хастеллой – N, предварительно имплантированном ионами гелия.....	56
В8-Б6. Мусяев Р. К., Буснюк А. О., Алимов В. Н., Самарцев А. А., Ноткин М. Е., Лившиц А. И., Юхимчук А. А. Сверхпроницаемость металлов V-группы по изотопам водорода и разработка ванадиевых мембран для их применения в термоядерном синтезе.....	62
В9-М6. Прыкина И. Г., Семенов А. А., Ривкис Л. А. Математическое моделирование процесса диффузии трития с целью прогнозирования его проникновения в конструкционные материалы реактора ИТЭР.....	63
В10-М6. Изгородин В. М., Пепеляев А. П. Исследование кинетики десорбции трития из образцов некоторых сталей в замкнутый объем...	65
В11-М6. Изгородин В. М., Пепеляев А. П. Исследование распределения трития в приповерхностном слое образцов из стали 30, 12X18H10T и ЭП543У-ИД, насыщенных изотопами водорода.....	66

Секция 2. Влияние изотопов водорода на свойства конструкционных материалов

С1-П7. Арчаков Ю. И. Влияние покрытий на водородостойкость стали при повышенных температурах и давлениях.....	68
С2-Б7. Малков И. Л., Бойцов И. Е., Максимкин И. П., Туманова Н. Ю., Шевнин Е. В., Юхимчук А. А. Влияние внешнего водорода на истинную диаграмму деформирования хромоникелевого сплава ХН40МДТЮ.....	70
С3-Б7. Бондаренко Т. В., Дмитренко А. И., Рачук В. С. Горячее изостатическое прессование гранул как способ повышения водородостойкости конструкционных материалов.....	72
С4-Б7. Бойцов И. Е., Баурин А. Ю., Гришечкин С. К., Малков И. Л., Шевнин Е. В., Юхимчук А. А. Исследование механических свойств и водородостойкости сплава ХН40МДТЮ-ИД, содержащего до 250 аppm ^3He ...	75

КИНЕТИКА РОСТА НОВЫХ ФАЗ В ХОДЕ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОДОРОДОМ В СПЛАВЕ $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$

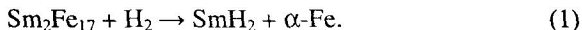
С. Б. Рыбалка¹, Е. В. Додонова, А. Ф. Волков, А. А. Волкова

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

¹rybalka@rambler.ru

Разработанный в 1989 году Такешитой и Накаямой HDDR-процесс (Hydrogenation-Decomposition-Desorption-Recombination) представляет собой новый путь для улучшения свойств постоянных магнитов, с помощью индуцированных водородом фазовых превращений в сплавах редкоземельных металлов [1–3]. HDDR-процесс позволяет получить нанокристаллические порошки из сплавов $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ с размером зерна $\sim 0,1\text{--}0,3 \mu\text{m}$. Как результат, практическое применение прямых и обратных индуцированных водородом фазовых превращений в магнитотвердых сплавах редкоземельных и переходных металлов, таких как $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$, позволяет улучшить их структуру и магнитные свойства, а также ведет к миниатюризации новых технических устройств на основе $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ постоянных магнитов, которые используются в DVD-ROM, акустических системах и других устройствах.

На первом этапе, при температуре выше $\sim 300\text{--}400^\circ\text{C}$, в сплаве $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ развивается прямое индуцированное водородом фазовое превращение по следующей схеме:

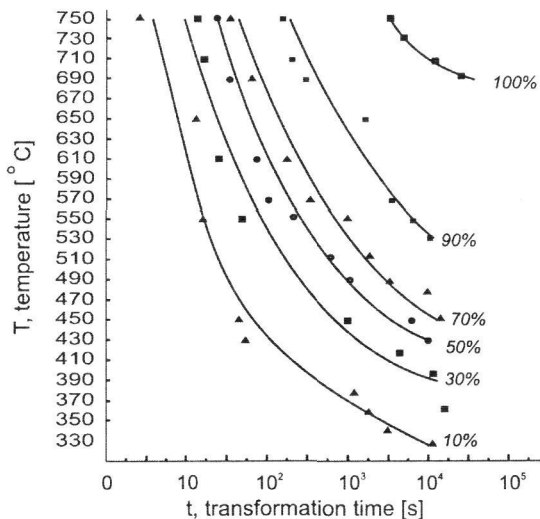


В результате формируются частицы фазы SmH_2 с размерами до 50 нм в диаметре расположенные в матрице $\alpha\text{-Fe}$ фазы. На втором этапе, после эвакуации водорода из расплавленного сплава, происходит обратное фазовое превращение с образованием сплава $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ с нанокристаллической структурой (размер зерен $\sim 0,1\text{--}0,3 \mu\text{m}$).

В наших экспериментах исследовалась кинетика роста новых фаз, на первом этапе HDDR-процесса в соответствии с уравнением (1). Было установлено, что с ростом температуры развитие прямых индуцированных водородом фазовых превращений в сплаве $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ значительно замедля-

ется (см. рисунок). При температурах ниже критической (320 °С) фазовые превращения не развиваются в ходе эксперимента. Анализ, проведенный в рамках кинетической теории фазовых превращений, было установлено, что индуцированные водородом фазовые превращения в сплаве $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ развивается по механизму зарождения и роста.

Установлено, что кинетика роста новой фазы в ходе этого превращения контролируется взаимной диффузией компонентов сплава.



Кинетика индуцированных водородом фазовых превращений в сплаве $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$

Список литературы

1. Rybalka S. B., Goltsov V. A., Didus V. A., Fruchart D. Fundamentals of the treatment of $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ type alloys / *J. Alloys Comp.* 356–357 (2003). P. 390–394.
2. Rybalka S. B., Dodonova E. V., Didus V. A. Some kinetic and microstructural aspects during hydrogen-induced phase transformations in $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ alloys / *J. Alloys Comp.* 404–406 (2005). P. 588–594.
3. Didus V. A., Rybalka S. B., Dodonova E. V., Goltsov V. A. The effect of hydrogen pressure and temperature on kinetics of hydrogen-induced direct phase transformation in $\text{Nd}_{15}\text{Fe}_{77}\text{B}_8$ hard magnetic alloys / *J. Alloys Comp.* 404–406 (2005). P. 351–354.

GROWTH KINETICS OF NEW PHASES DURING HYDROGEN-INDUCED PHASE TRANSFORMATION IN $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ ALLOY

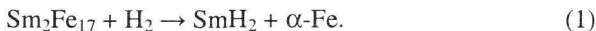
S. B. Rybalka, E. V. Dodonova, A. F. Volkov, A. A. Volkova

Donetsk National Technical University, Donetsk

rybalka@rambler.ru

Developed in 1989 by Takeshita and Nakayama HDDR-process (Hydrogenation-Decomposition-Desorption-Recombination) provides a new strategy to improve the properties of permanent magnets via hydrogen-induced phase transformations in Rare-Earth-Metal type alloys [1–3]. This HDDR-process allows to obtain nanocrystalline powders from $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ and $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ alloys with grain size $\sim 0,1\text{--}0,3 \mu\text{m}$. As result, the practical application of direct and reverse hydrogen-induced phase transformations in hard magnetic alloys of rare-earth and transition metals such as $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ and $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ allows to improve their structure and magnetic properties and also leads to miniaturization of new technical devices based on $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ and $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ permanent magnets which used in DVD-ROM, acoustic systems and others devices.

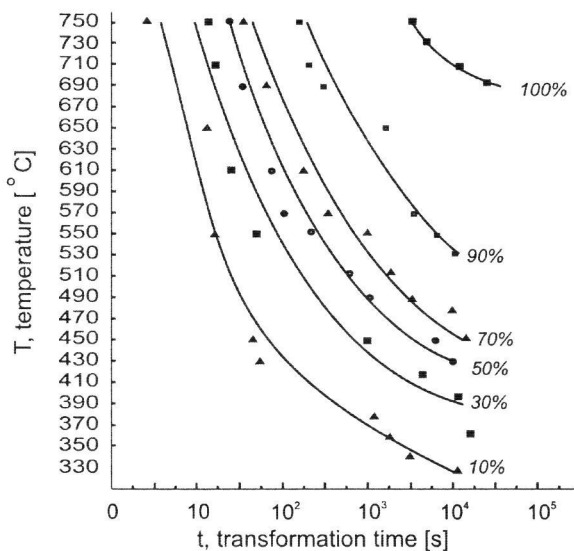
At first stage, at temperatures above $\sim 300\text{--}400^\circ\text{C}$, $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ alloy undergoes a direct hydrogen-induced phase transformation described by the following scheme:



This transformation results in the formation of SmH_2 particles up to 50 nm in diameter distributed in the $\alpha\text{-Fe}$ matrix. At second stage, after evacuation of hydrogen from decomposed alloy, occurs reverse phase transformation with formation of $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ alloy with nanocrystalline structure (grain size $\sim 0,1\text{--}0,3 \mu\text{m}$).

In our experiments was investigated of kinetics of growth of new phases at first stage of HDDR-process in accordance with equation (1). It has been established that with an increase of temperature development of direct hydrogen-induced phase transformations in $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ alloy greatly slow down (see figure). At temperatures below critical ones (320°C) phase transformations do not develop during the experiment. Analysis carried out in terms of kinetic theory of phase transformations, it has been established that direct hydrogen-induced phase transformation in $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ alloy develops by the mechanism of nucleation and growth.

It has been shown that growth kinetics of new phases during this transformation is controlled by a mutual diffusion of the alloy components.



Kinetics of the hydrogen-induced phase transformations in $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ alloy

References

1. Rybalka S. B., Goltsov V. A., Didus V. A., Fruchart D. Fundamentals of the treatment of $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ type alloys / *J. Alloys Comp.* 356–357 (2003). P. 390–394.
2. Rybalka S. B., Dodonova E. V., Didus V. A. Some kinetic and microstructural aspects during hydrogen-induced phase transformations in $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ alloys / *J. Alloys Comp.* 404–406 (2005). P. 588–594.
3. Didus V. A., Rybalka S. B., Dodonova E. V., Goltsov V. A. The effect of hydrogen pressure and temperature on kinetics of hydrogen-induced direct phase transformation in $\text{Nd}_{15}\text{Fe}_{77}\text{B}_8$ hard magnetic alloys / *J. Alloys Comp.* 404–406 (2005). P. 351–354.