

Официальное мероприятие в рамках председательства
Российской Федерации в «Большой Восьмерке»



Международный
Форум



«Водородные технологии для производства энергии»



6-10 Февраля 2006г.,
Москва, «Президент-Отель»

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

2006

КИНЕТИКА ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ, ИНДУЦИРОВАННЫХ ВОДОРОДОМ В МАГНИТОТВЕРДЫХ СПЛАВАХ $Nd_2Fe_{14}B$ и Sm_2Fe_{17}

Додонова Е.В., Рыбалка С.Б.¹, Скоков К.П.²

¹Донецкий Национальный Технический университет
ул. Артема, 58, Донецк, 383000, Россия

²Тверской Государственный университет, ул. Желябова, 33, Тверь, 170000,
Россия

Введение

Водородная обработка материалов - новая область материаловедения, основанная на специфических особенностях водорода и вызываемых им в материалах фазовых и структурных превращениях [1].

Так, например, HDDR-процесс, позволяющий значительно улучшить магнитные характеристики постоянных магнитов из магнитотвердых сплавов типа $Nd_2Fe_{14}B$ и Sm_2Fe_{17} , основан на индуцированных водородом фазовых и структурных превращениях в этих сплавах [2,3]. При взаимодействии с водородом указанные сплавы претерпевают прямое фазовое превращение: распадаются на гидрид редкоземельного компонента и α -фазу железа (а в случае с $Nd_2Fe_{14}B$ присутствует также борид железа). Эвакуация водорода приводит к протеканию обратного фазового превращения, приводящего к рекомбинации распавшихся фаз в структурно-реформированную исходную фазу.

Хорошо известно, что в значительной степени микроструктура, получающаяся в результате проведения индуцированных водородом прямых и обратных фазовых превращений в сплавах Sm_2Fe_{17} и $Nd_2Fe_{14}B$, определяется такими важными параметрами как температура и время превращения. Таким образом, исследование и установление кинетических закономерностей такого типа фазовых превращений позволит в дальнейшем контролировать микроструктуру обрабатываемых сплавов, а, следовательно, и магнитные характеристики постоянных магнитов.

Целью настоящей работы являлось исследование и проведение сравнительного анализа кинетики индуцированных водородом прямых фазовых превращений в магнитотвердых сплавах Sm_2Fe_{17} и $Nd_2Fe_{14}B$.

Результаты и обсуждение

Исследование кинетики прямых индуцированных водородом фазовых превращений (ИВФП) проводили на специальной водородно-вакуумной установке, используя магнитометрический метод Садикова [1]. Исследуемые сплавы представляли собой порошок с размерами частиц от 50 до 600 мкм.

Результаты исследования кинетики прямых ИВФП в сплаве $Nd_2Fe_{14}B$ и Sm_2Fe_{17} обобщены на рис. 1. Отметим общие выявленные закономерности в кинетике фазовых превращений. Как видно из рис. 1, прямые фазовые

превращения, индуцированные водородом в сплаве $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ и $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ характеризуются наличием инкубационного периода, длительность которого уменьшается с увеличением температуры превращения (см. вставку на рис. 1а,б). При низких температурах (610-670 °С - сплав $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и 550-650 °С - сплав $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$) превращения в вышеуказанных сплавах развиваются медленно и не завершаются полностью за времена экспериментов. Повышение температуры изотермической выдержки приводит к ускорению протекания фазовых превращений, и при высоких температурах (690-760°С - сплав $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и 730-750°С - сплав $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$) они завершаются полностью за времена экспериментов.

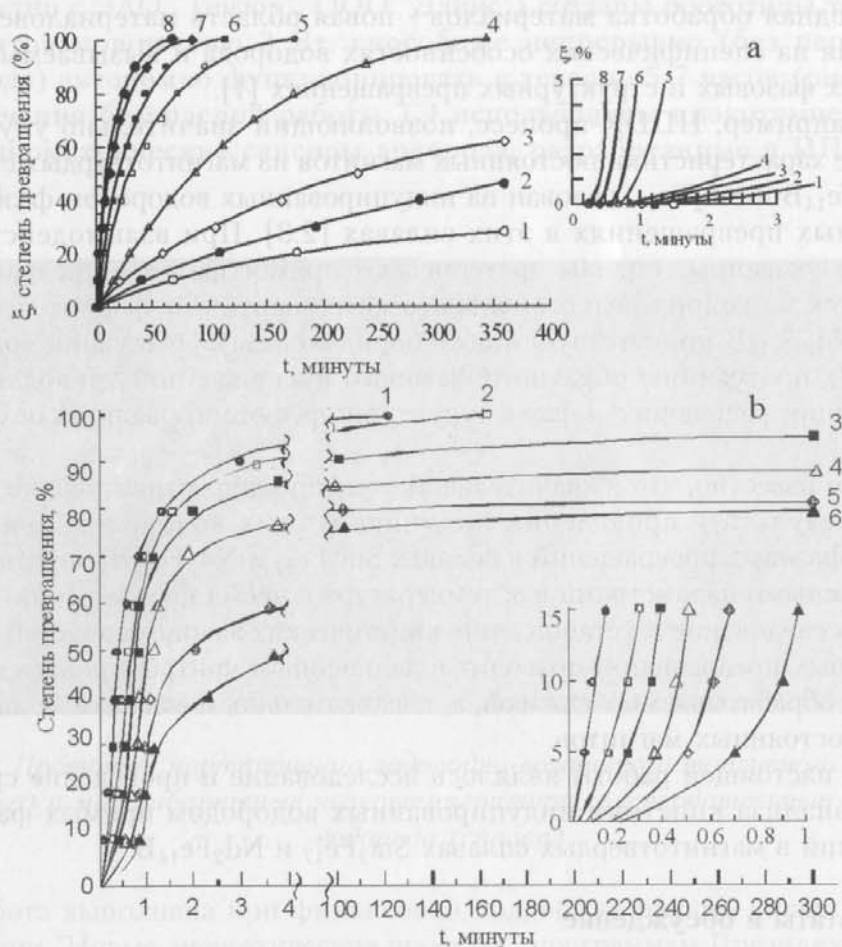


Рис. 1 - Кинетические кривые индуцированных водородом прямых фазовых превращений в сплавах $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ (а) и $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$ (б) при давлениях водорода 0.1 МПа и температурах изотермической выдержки:

- а) 1-610°С; 2-640°С; 3-670°С; 4-690°С; 5-710°С; 6-730°С; 7-750°С; 8-760 °С;
 б) 1- 750°С, 2 - 730°С, 3 - 650°С, 4 - 610°С, 5 - 570°С, 6 - 550°С.

Анализ кинетики прямых ИВФП в сплаве $Nd_2Fe_{14}B$ и Sm_2Fe_{17} , выполненный в рамках кинетической теории фазовых превращений (Джонсона-Мэла-Аврами кинетической теории, оценка эффективных энергий активации процесса фазовых превращений), позволил установить, что данные превращения могут быть отнесены к диффузионно-контролируемому фазовым превращениям, развивающимся по механизму зарождения и роста.

Необходимо отметить также отличия в кинетике прямого фазового превращения, индуцированного водородом в данных сплавах. Из рис. 1 видно, что в сплаве $Nd_2Fe_{14}B$ ИВФП протекает на начальной стадии значительно медленнее, чем в сплаве Sm_2Fe_{17} . Обнаруженное различие в кинетике прямых ИВФП в исследованных сплавах по-видимому обусловлено тем, что в сплаве $Nd_2Fe_{14}B$ имеется большее число пограничных промежуточных фаз ($NdFe_4B$, Nd -rich, Fe -rich), которые вначале играют роль барьера для диффузии водорода к растущим центрам фаз NdH_2 и затем в дальнейшем тормозят движение границ раздела растущих основных фаз (α - Fe , NdH_2 , Fe_2B), что и приводит к наблюдающемуся экспериментально более медленному развитию превращения на начальных стадиях.

Выводы

Исследована кинетика индуцированных водородом прямых фазовых превращений в сплаве Sm_2Fe_{17} и $Nd_2Fe_{14}B$. Установлено, что данные превращения являются диффузионно-контролируемыми фазовыми превращениями, протекающими по механизму зарождения и роста. Выявлены общие закономерности и различия в кинетике прямых ИВФП в исследованных сплавах.

Литература

1. Progress in hydrogen treatment of materials. Edited by V.A. Goltsov.- Donetsk: Coral Gables, 2001.-544 p.
2. S.B. Rybalka, V.A. Goltsov, V.A. Didus, D. Fruchart. Fundamentals of the HDDR treatment of $Nd_2Fe_{14}B$ type alloys // J. Alloys Comp.-2003.-Vol. 356-357.-P. 390-394.
3. Okada M., Saito K., Nakamura H., Sugimoto S., Homma M. Microstructural evolutions during HDDR phenomena in $Sm_2Fe_{17}Nx$ compounds // J. Alloys Comp.-1995.-Vol. 231.-P. 60-65.

Оптимизация состава сплавов-накопителей водорода со структурой фаз Лавеса для никель металлгидридных аккумуляторов, <i>Зотов Т.А., Вербецкий В.Н., Петрий О.А.</i> -----	121
Высокотемпературный синтез металлгидридов для аккумуляции водорода, <i>Ю.С. Найбороденко, Ю.М. Максимов, Н.Г. Касацкий, Н.И. Радишевская, О.К. Лепакова</i> -----	122
Метод выбора состава и технологии изготовления высокопрочной стали для сосудов хранения и транспортирования водорода, <i>Фетисов Г.П., Чертов В.М.</i> -----	123
Влияние гранулометрического состава на кинетику гидрирования порошков магния, <i>Н.В. Мушиков, А.Е. Ермаков, М.А. Уймин, В.С. Гавико</i> -----	124
Секция 3 "Нанотехнологии и новые материалы для водородной энергетики"	127
Новые материалы для водородно-воздушных топливных элементов, <i>Алдошин С.М., Добровольский Ю.А., Тарасов Б.П.</i> -----	128
Кинетика фазовых превращений, индуцированных водородом в магнитотвердых сплавах $Nd_2Fe_{14}B$ и Sm_2Fe_{17} , <i>Додонова Е.В., Рыбалка С.Б., Скоков К.П.</i> -----	131
Синтез наноструктурированного аэрогеля $alOOH$ - перспективного теплоизоляционного материала для установок водородной энергетики, <i>П.А. Юдинцев, Р.Ш. Асхадуллин, П.Н. Мартынов</i> -----	134
Микро и нанотехнологии при производстве водорода, <i>Кузнецов В.В., Витовский О.В.</i> -----	136
Электротехнические системы для водородной энергетики с использованием микро- и нанотехнологий, <i>Чубраева Л.И.</i> -----	137
Проблемы прочности и надежности элементов конструкций и механизмов, эксплуатируемых в водородосодержащих средах, <i>В.П. Федотов</i> -----	139
Метакомпозитные твердые электролиты на основе $MeWO_4$ и WO_3 ($Me=Ca, Sr, Ba$), <i>Н.Н. Пестерева, А.Ю. Жукова</i> -----	140
Воздействие водорода в СВЧ плазме и ионных лучах на наноразмерные плёнки палладия, платины и золота, <i>Дибров Д. О, Паньков В. В., Степанович А. И., Стогний А. И.</i> -----	142

Получение платинированных углеродных наноструктур - потенциальных электрокатализаторов для топливных элементов, <i>Е.В. Герасимова, А.А. Володин, Н.С. Курюко, С.Д. Куц, И.В. Архангельский, Ю.А. Добровольский, Б.П.Тарасов</i> -----	143
Фундаментальные основы и перспективы разработки наноуглеродных, "супер"-адсорбентов для аккумуляции водорода "на борту" автомобиля, <i>Ю.С. Нечаев, Т.Н. Везируглу</i> -----	145
Муравьиная кислота как альтернативное метанолу топливо, <i>Д.Н. Горячев, В.Г. Мальшкин и А.Г. Забродский</i> -----	147
Секция 4 "Топливные элементы" -----	149
Совместный проект МНТЦ, Росатома и Газпрома Целевая инициатива "Топливные элементы", <i>В.Емельянов, Е.Новицкий</i> -----	150
Топливные элементы с твердым полимерным электролитом. Исследования и разработки в рамках программ ФАНИ (Роснаука), <i>Фатеев В.Н.</i> -----	151
Энергоустановка на основе щелочных топливных элементов с циркулирующим электролитом для аварийного электроснабжения особо ответственных объектов, <i>А.Ф. Морозенко, А.А. Солдатов, С.А. Худяков, В.А. Никитин, Н.И. Зеленищikov, Б.А. Соколов</i> -----	153
Водородно-кислородные накопители электроэнергии, <i>А.Ф. Морозенко, А.А. Солдатов, С.А. Худяков, В.А. Никитин, Н.И. Зеленищikov, Б.А. Соколов</i> -----	155
Электрохимические генераторы с проточным щелочным электролитом. Современное состояние и перспективы применения, <i>З. Каричев, А. Юзефовский, Дж. Снаепен</i> -----	157
Топливные элементы CMR - технологический прорыв Великобритании для раннего выхода на рынок, <i>Майкл Принстолл</i> -----	159
Низкотемпературные (фосфорнокислые, щелочные и твердополимерные) топливные элементы. Проблемы и перспективы разработки, <i>Голин Ю.Л., Кондратьев Д.Г., Матренин В.И., Овчинников А.Т., Поспелов Б.С., Соловьев Г.С., Стихин А.С., Щитанов И.В.</i> -----	160
Твердоокисные электрохимические устройства в водородной энергетике, <i>А. Демин, Е. Горбова, П. Цахарас</i> -----	162