

ИССЛЕДОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА «hydrogen decrepitation» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ СПЛАВОВ И ЛИГАТУР НА ОСНОВЕ РЗМ

Е. К. Грачев¹, А. А. Чуркин¹, Д. К. Грачева¹, М. С. Сыртанов²

Научный руководитель – д.т.н., профессор А. С. Буйновский¹

¹Северский технологический институт НИЯУ МИФИ

636036, г. Северск

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, г. Томск, e.k.grachev@gmail.com

В последнее десятилетие, материалы на основе редкоземельных металлов (далее РЗМ) находят все большие сферы применения в промышленности и энергетике. Сплавы на основе NdFeB, SmCo уже на протяжении долгих лет являются основными магнитными материалами, которые используются в разных отраслях. В последнее десятилетие внимание исследователей приковано к разработке высококоэрцитивных магнитных материалов с пониженным содержанием неодима, поскольку развивается дефицит данного металла в некоторых странах и областях промышленности.

Соответственно к данным материалам предъявляются особые требования к сохранению высоких магнитных свойств, чистоте и качеству их состава.

Из дополнительных, но не менее важных требований стоит выделить следующие: получение частиц доменов с размерами 5–10 мкм, механизм формирования специфической структуры, механизм диффузии и десорбции водорода.

Следование данным требованиям предполагает усовершенствование и модернизацию существующих промышленных переделов и технологий производства магнитных материалов.

Первое усовершенствование должно начинаться с формирования составов будущих сплавов магнитных материалов. В данный момент уже реализована технология, основанная на частичной замене неодима, на празеодим, что снижает стоимость сплава без потерь его магнитных характеристик. Так же легирование металлами тяжелой группы лантаноидов, в особенности диспрозием, положительно сказывается на величине коэрцитивной силы, при правильном соотношении легирования совместно с кобальтом.

Вторым усовершенствованием должен стать процесс получения самих сплавов. Например, сплавы, полученные способом внепечного кальциетермического восстановления фторидов,

имеют более качественный химический состав, структуру, более высокую степень очистки чем сплавы и выход целевых продуктов в сплав, в отличие от методов электролиза или переплава исходных компонентов.

Третьим усовершенствованием – проведение термообработки сплавов при различных режимах. Это сказывается не только на повышении качества магнитных характеристик, но и на улучшении параметров процессов последующего гидридного диспергирования (измельчения), которое по своим преимуществам все больше вытесняет механические процессы измельчения материалов на основе редких и РЗМ. При этом, в большинстве работ не досконально исследован процесс Т.О. сплавов перед гидрированием и не приведено обоснования выбора технологических режимов данного процесса.

И четвертым, главным усовершенствованием всей технологии производства магнитных сплавов выполняет процесс гидрирования или hydrogen decrepitation (HD), играя основную роль в формировании всех вышеописанных требований. Данный процесс увеличивает магнитные характеристики получаемых порошков магнитных материалов на 10–15 %. Так же данный процесс способствует исключению попадания в систему кислорода, который сильно снижает магнитные свойства сплава, находясь в его кристаллической решетке.

При исследовании процесса hydrogen decrepitation учеными СТИ НИЯУ МИФИ было сделано предположение, что при комнатной температуре и низких давлениях, водород в определенном процентном содержании, реагирует со сплавами РЗМ в разных аллотропных состояниях. Это подтверждается повышенной степенью гидрирования, обозначающей количественное содержание водорода, абсорбированного редкоземельными элементами сплава.

При гидрировании образцов исследуемых сплавов, прошедших термообработку при определенных режимах, так же была подтверждена вышеописанная гипотеза. Подтверждением служили следующие результаты: процесс гидрирования сплавов, прошедших Т.О. проходил за 5 минут с разогревом сплава, практически не имея индукционного периода, в то время как гидрирование исходного сплава длилось около 1,5 часов без разогрева. Это объясняется появлением до-

полнительных активных центров на поверхности сплава, ускоряющих процесс хемосорбции.

В известной научной литературе данное явление мало изучено и поэтому авторами на конференции будут представлены подробные результаты исследований взаимосвязи всех вышеописанных процессов для достижения качественных технологических параметров процесса HD и улучшения ГХ получаемых этим методом порошков.

ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РЗМ

Д. К. Грачева, М. И. Шачнева, Е. К. Грачев, А. В. Муслимова
Научный руководитель – Е. К. Грачев

*Северский технологический институт НИЯУ МИФИ
636036, ptiza24@yandex.ru*

В связи с недавно обострившейся проблемой дефицита неодима, который широко используется в высококоэрцитивных магнитных сплавах NdFeB проводится все больше исследований по замене неодима другими редкоземельными металлами. И, чтобы получить данные сплавы с высокими магнитными характеристиками требуется подобрать правильное соотношение элементов и установить точный химический состав. Так же следует изучить структуру поверхности сплава, убедиться в качестве поверхности и ее химического состава перед проведением таких процессов как термообработка и гидрирование.

Исследования проводились со следующими сплавами: LaNi_5 , образцы исходных сплавов (РЗМ)Fe–Co и (РЗМ)Fe–Co прошедших термообработку. Сплав (РЗМ)Fe–Co был получен методом кальциетермического восстановления исходных фторидов на Химико-металлургическом заводе АО «СХК».

Структура поверхности изучалась на сканирующем электронном микроскопе VEGA3 SBH. Образцы сплава LaNi_5 , который используется в процессе гидрирования для получения водорода частотой 99,999 %, а также сплавы $(\text{Nd, Pr, Dy})(\text{Fe, Co})$ и $(\text{Nd, Pr, Dy})(\text{Fe, Co})$ после процесса термообработки. В ходе исследования пробы LaNi_5 был подтвержден ее качественный состав. Подтвердилось отсутствие примесей в сплаве. Полученные результаты сплава состава $(\text{Nd, Pr, Dy})(\text{Fe, Co})$ можно описать формулой: $\text{Nd}_{1,0}\text{Pr}_{0,1}\text{Dy}_{0,8}\text{Fe}_{4,0}\text{Co}_{1,0}$. Было отмечено, что после

процесса восстановительной плавки произошло неравномерное распределение элементов в сплаве.

Полученные на сканирующем электронном микроскопе снимки структуры поверхности сплава, показали, что поверхность сплава до термообработки стабильная и не имеющая трещин, изломов поверхности. В ходе исследования поверхностной структуры сплава было доказано, что после термообработки, поверхность имеет грубую структуру, по всей площади которой встречаются множественные изломы. Предположительно, данные изломы могут отрицательно сказываться на магнитных характеристиках сплава.

Кроме того, вследствие наличия данных изломов увеличивается удельная поверхность сплавов и количество микропустот из-за рекристаллизации. Это приведет к большей площади фронта абсорбции сплава при гидрировании (создавать пленку на большей поверхности сплава).

Так же в ходе одного из процессов исследования – процесса переработки отработанных магнитов NdFeB извлеченных из жестких дисков, требовалось установить их количественный состав до и после дополнительного твердофазного легирования их гидридами NdFe и $(\text{Nd, Pr, Dy})(\text{Fe, Co})$.

Во всех процессах исследований использовались не только методы изучения поверхности, но и методы атомно-эмиссионной спектроско-