**Влияние инфильтрации на магнитные гистерезисные свойства нано- и субмикрокристаллических сплавов на основе соединения Nd2Fe14B**

**Голубятникова А.А.1, *Иванов И.А.*1, Шалагинов А.Н.1, Мальцева В.Е.2**

1студент

2аспирант

Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина, ИЕНиМ, кафедра магнетизма и магнитных наноматериалов, Екатеринбург, РоссияE–mail: a.a.golubiatnikova@urfu.ru

Магнитотвердые материалы и изготовленные из них постоянные магниты широко применяются во всех областях науки и техники. Одним из основных материалов для производства постоянных магнитов является сплав на основе соединения Nd2Fe14B. Такие магниты обладают наибольшими величинами остаточной намагниченности и максимального энергетического произведения при комнатной температуре из выпускаемых постоянных магнитов. Области их применения включают в себя электродвигатели, системы позиционирования головок жестких дисков, акустические устройства, медицинское оборудование и многое другое. Однако из-за низкой температуры Кюри фазы Nd2Fe14B, составляющей 312 ℃, коэрцитивная сила таких магнитов значительно уменьшается при повышении температуры, что делает затруднительным или даже невозможным их использование в сильных размагничивающих полях при высокой рабочей температуре. Также неодимовые магниты играют ключевую роль в переходе к более экологически чистым средствам передвижения и производства энергии [1], особенно в настоящее время в связи с проблемой изменения климата и нехватки редкоземельных ресурсов. Один из способов получения высококоэрцитивных магнитотвердых сплавов – это процесс межзеренной инфильтрации.

Цель настоящей работы заключается в установлении влияния инфильтрации эвтектическим сплавом на магнитные гистерезисные свойства нано- и субмикрокристаллических сплавов на основе соединения Nd2Fe14B.

Объектами исследования стали:

1. нанокристаллический сплав марки MQP-B, который представляет собой быстрозакаленный сплав (БЗС) Nd-Fe-B;
2. сплав Nd-Fe-B, полученный методом HDDR.

В качестве инфильтрационной добавки использовался эвтектический сплав Nd-Cu-Co, полученный методом дуговой плавки чистых компонентов в аргоновой среде.

Сплав MQP-B размалывался в этиловом спирте в шаровой мельнице в течение 5 мин без добавки, а затем совместно с легкоплавкой добавкой на протяжении 5 мин. Сплав, обработанный методом HDDR, размалывался вручную в этиловом спирте до размера частиц 30–40 мкм. Затем порошок HDDR также смешивался с легкоплавкой добавкой.

Соотношение масс основного сплава и легкоплавкой добавки в обоих случаях составляет 4:1, соответственно.

Готовые смеси были спрессованы в параллелепипеды размером 10х5х5 мм3 и подготовлены к отжигу. Отжиг проводился в вакууме в течение часа, при температурах 600 ℃ и 650 ℃. Предельные петли магнитного гистерезиса отожженных образцов измерялись посредством установки PPMS DynaCool.

В результате отжигов значения коэрцитивной силы образцов на основе БЗС марки MQP-B более чем в два раза превышают значение *Hc* исходного сплава ≈10 кЭ. Результаты измерений петель гистерезиса образцов, полученных методом HDDR, показывают, что величина коэрцитивной силы сплава, уменьшается с увеличением времени размола, однако инфильтрация позволила восстановить *Hc* до исходного значения. Установленные закономерности применены при использовании БЗС или порошков HDDR в качестве исходного сырья для аддитивного производства постоянных магнитов и магнитных систем.

За помощь в проведении исследований и интерпретацию их результатов авторы выражают благодарность доц. кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов, к. ф.‑м. н. Волегову А.С., с.н.с отдела магнетизма твердых тел НИИ ФПМ Андрееву С.В. и с.н.с лаборатории ферромагнитных сплавов ИФМ УрО РАН Протасову А.В.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 21-72-10104.*

**Литература**

1. Gutfleisch O., Willard M.A., Brück E., Chen C.H., Sankar S.G., Liu J.P. Magnetic Materials and Devices for the 21st Century: Stronger, Lighter, and More Energy Efficient // Advanced Materials. – 2011. – Vol. 23. – Magnetic Materials and Devices for the 21st Century. – No. 7. – P. 821– 842.