

**СТРУКТУРА, МАГНИТНЫЕ И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА БЫСТРОЗАКАЛЕННЫХ ЛЕНТ
ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА GdDyErHoTb**

Русалина А.С.¹, Андреев С.В.¹, Незнахин Д.С.¹, Архипов А.В.¹,
Медведев А.И.², Бекетов И.В.², Курляндская Г.В.¹, Свалов А.В.¹

¹) Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет,
ул. Мира, 19, Екатеринбург, 620002 Россия

²) Институт электрофизики УрО РАН, ул. Амундсена, 106, Екатеринбург, 620016
Россия

E-mail: anastasia.rusalina@urfu.ru

**STRUCTURE, MAGNETIC AND MAGNETOCALORIC PROPERTIES
OF MELT-SPUN RIBBONS OF THE HIGH ENTROPY GdDyErHoTb ALLOY**

Rusalina A.S.¹, Andreev S.V.¹, Neznakhin D.S.¹, Arkhipov A.V.¹, Medvedev A.I.²,
Beketov I.V.², Kurlyandskaya G.V.¹, Svalov A.V.¹

¹) Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University, 620002
Ekaterinburg, Russia

²) Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
620016 Ekaterinburg, Russia Sciences and Mathematics, Ural Federal University, 620002
Ekaterinburg, Russia

The relationship between the microstructure, magnetic and magnetocaloric properties of melt-spun ribbons of the high-entropy GdDyErHoTb alloy has been studied. The obtained mechanical and magnetic properties allows us to consider these ribbons among promising materials for magnetic cooling devices.

В современном обществе сформировался запрос на переход к экологически чистым источникам энергии и технологическим процессам. В этой связи экологически безопасная и энергетически эффективная технология магнитного охлаждения, основанная на магнитокалорическом эффекте (МКЭ), весьма актуальна в настоящее время [1,2]. Поиск новых МКЭ материалов с оптимальным сочетанием функциональных и механических свойств – одна из основных задач в этом направлении [1-4]. Высокоэнтропийные сплавы на основе тяжелых редкоземельных элементов обладают необходимым потенциалом [5]. Быстрозакаленные ленты как рабочий материал для магнитных холодильников обладают рядом преимуществ, таких как высокая величина отношения площади поверхности к объему, что способствует эффективному теплообмену, гибкость, возможность модифицировать микроструктуру лент путем варьирования условий приготовления. В данной работе исследована связь между микроструктурой, магнитными и магнитокалорическими свойствами быстрозакаленных лент высокоэнтропийного сплава GdDyErHoTb.

Сплав GdDyErHoTb был получен в индукционной печи путем расплава взятых в равных долях пяти редкоземельных металлов. Быстрозакаленные ленты GdDyErHoTb были получены закалкой расплава на поверхности вращающегося медного барабана в вакууме. Линейная скорость вращения барабана изменялась от 10 м/сек. до 30 м/сек. Рентгенофазовый анализ образцов осуществлялся с помощью дифрактометра D8 DISCOVER. Магнитные свойства исследовались с помощью измерительного комплекса PPMS DynaCool 9T.

Для всех образцов на температурных зависимостях намагниченности $M(T)$, измеренных в режиме ZFC (охлаждение образца от комнатной температуры в отсутствие внешнего магнитного поля при последующем нагреве в поле измерения) наблюдался локальный максимум вблизи $T = 175$ К и рост M при $T < 100$ К (Рис. 1). Обе эти особенности обусловлены магнитными фазовыми переходами: первый – из парамагнитного состояния (ПМ) в антиферромагнитное (АФМ), второй – из антиферромагнитного состояния в ферромагнитное. В области гелиевых температур обращает на себя внимание значительное увеличение M для лент в сравнении с объемным сплавом. Это может быть следствием уменьшения локальной магнитной анизотропии в лентах, причем, это уменьшение прогрессирует с увеличением скорости закалки ленты.

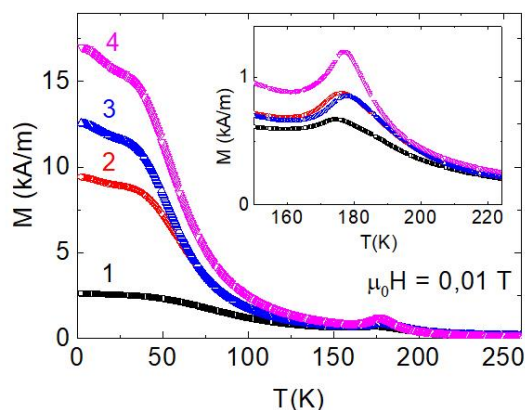


Рис. 1 - Температурные зависимости намагниченности, измеренные в режиме ZFC, для исходного сплава GdDyErHoTb (1) и лент, полученных при скорости 10 м/сек. (2), 20 м/сек. (3), 30 м/сек. (4). На вставке показан участок зависимостей $M(H)$ в увеличенном масштабе

Отметим также, что величина изменения магнитной части энтропии ΔS_M в области фазового перехода ПМ-АФМ при амплитуде внешнего магнитного поля $\mu_0 H = 2$ Т составляет для исходного сплава 1,8 J/kgK и заметно возрастает для лент, находясь в интервале 2,6-2,8 J/kgK.

Совокупность полученных механических и магнитных свойств позволяет рассматривать быстрозакаленные ленты сплава GdDyErHoTb в ряду перспективных материалов для устройств магнитного охлаждения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-29-00199, <https://rscf.ru/project/24-29-00199/>.

1. В.В. Соколовский, М.А. Загребин, В.Д. Бучельников, В.В. Марченков. ФММ 124, 11, 1019 (2023).
2. J.Y. Law, V. Franco. J. Mater. Sci. Res. 38, 37 (2023).
3. А.В. Свалов, И.В. Бекетов, А.Д. Максимов, А.И. Медведев, Д.С. Незнахин, А.В. Архипов, Г.В. Курляндская. ФММ 124, 9, 806 (2023).
4. С.Н. Кашин, Р.Б. Моргунов, Р.А. Валеев, В.П. Пискорский, М.В. Бурканов, Д.В. Королев, В.В. Королев, О.В. Балмасова. ФТТ 66, 2, 222 (2024).
5. S.A. Uporov, S.Kh. Estemirova, EV. Sterkhov, I.A. Balyakin, A.A. Rempel. Intermetallics 151, 107678 (2022).