**Исследование магнитных свойств, фазового и химического состава сплава тройной системы Mn-Al-Ga, легированного Ti при варьировании режима термообработки**

***Нечаев К.С., Важинский Н.М., Горшенков М.В., Фортуна А.С.***

*Студент, 2 курс магистратуры*

*Национальный исследовательский технологический университет МИСИС, институт новых материалов, Москва, Россия*

*E-mail: kosta.neshaev@gmail.com*

Магнитотвердые материалы применяют во многих отраслях промышленности и используются в: 1) генераторах для преобразования механической энергии в электрическую (ветряные турбины, гидроэлектростанции), 2) электродвигателях (электротранспорт, БПЛА); 3) магнитозаписи (MRAM); 4) медицинском оборудовании (МРТ); 5) ВПК (системы позиционирования, наведения и стабилизации). Наиболее востребованными постоянными магнитами являются ферромагнитные сплавы на основе редкоземельных металлов (Nd2Fe14B, Sm2Co17). Однако высокая стоимость прекурсоров, низкая эффективность переработки и неоднородность распределения месторождений в мире, сложность и многостадийность производства, а также экологический ущерб, оказываемый природе при добыче компонентов, подталкивают человечество к поиску альтернативных магнитотвердых материалов, лишенных данных недостатков. Заменой существующих РЗМ магнитов могут стать безредкоземельные сплавы системы Mn-Al, представляющие особый интерес в качестве магнитотвердых материалов для использования в электро-механических машинах.

τ-фаза L1.0 (P4/mmm) системы Mn-Al является перспективным магнитотвердым материалом за счет высокого значения поля анизотропии Ha (~ 5,7 Тл), определяющего возможное значение коэрцитивной силы. Данный аспект, низкая стоимость компонентов и высокая распространенность месторождений данных элементов в мире делает применение магнитов MnAl выгодным с экономической точки зрения. Основным недостатком τ-фазы является ее метастабильность. Однако, легирование сплавов MnAl небольшим количеством Ga решает данную проблему [1]. При этом не происходит снижения температуры Кюри Tc, как в случае легирования С, что позволяет использовать магниты Mn-Al-Ga в большем диапазоне рабочих температур. Известна информация, о том, что титан, за счет меньшего количества электронов на 3d оболочке, может замещать атомы марганца, что может привести к стабилизации сплава со стехиометрическим составом близким к эквиатомному. Помимо этого, титан уменьшает плотность антифазных границ, причем атомы Mn на данных границах связываются ферромагнитно, что приводит к росту намагниченности насыщения Is, коэрцитивной силы Hc и максимального магнитного произведения BHmax [2]. Целью данной работы является исследование магнитных свойств, а также фазового и химического состава сплава тройной системы Mn-Al-Ga, легированного Ti при варьировании режима термообработки.

Установлены закономерности изменения фазового и химического состава сплавов, параметров решетки и соотношения c/a τ-фазы, магнитных свойств и значений микротвердости τ-фазы. Проведены серии изохронных отжигов и отжигов с переменной продолжительностью, в результате чего были определены подходящие режимы термообработки сплавов, при которых достигается наибольшая объемная доля ферромагнитной фазы. На основе совокупности полученных результатов были даны рекомендации для дальнейшего механического измельчения сплавов.

*Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 23-13-00161.*

**Литература**

1. Mix T. et al. Alloying with a few atomic percent of Ga makes MnAl thermodynamically stable //Acta Materialia. – 2017. – Т. 128. – С. 160-165.

2. Keller T. et al. Suppression of anti-phase boundary defects in Mn-Al-Ti permanent magnets //Acta Materialia. – 2024. – Т. 265. – С. 119646.