

**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.

Национальный исследовательский технологический университет МИСиС
119049, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 4, стр. 1

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 ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$). 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.

τ -фаза L1.0 (P4/mmm) системы Mn-Al является перспективным магнитотвердым материалом за счет высокого значения поля анизотропии H_a ($\sim 5,7$ Тл), определяющего возможное значение коэрцитивной силы. Данный аспект, низкая стоимость компонентов и высокая распространенность месторождений данных элементов в мире делает применение магнитов MnAl экономически выгодным. Основным недостатком τ -фазы является ее метастабильность. Легирование сплавов MnAl небольшим количеством Ga решает данную проблему без снижения температуры Кюри T_c , как при легировании С, что позволяет использовать магниты Mn-Al-Ga в большем диапазоне рабочих температур. Известна информация, о том, что Ti уменьшает плотность антифазных границ, причем атомы Mn на данных границах связываются ферромагнитно, что приводит к росту намагниченности насыщения I_s , коэрцитивной силы H_c и максимального магнитного произведения BH_{max} . Целью данной работы является исследование магнитных свойств, 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 отжига и отжига с переменной продолжительностью. Были чопределены 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.