

НЕЙТРОННОЕ ДИФРАКЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ РАСПЛАВА НА НАЧАЛЬНЫЙ ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СПЛАВА $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{12.5}\text{Ge}_{12.5}$ И ЕГО ЭВОЛЮЦИЮ В ХОДЕ НЕПРЕРЫВНОГО НАГРЕВА

А.С. Булаева^{1,2}

¹ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

² Белгородский государственный
национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

E-mail: bulaeva@jinr.ru

Изучение фазовых превращений в сплавах на основе железа является ключевой областью материаловедения. Несколько последних десятилетий особый интерес представляют сплавы железа содержащие немагнитные элементы такие как, например, Ga, Al и Ge. Связано это с тем, что введение в состав железа этих элементов приводит к существенному изменению магнитострикционных свойств сплавов и делает их перспективными с точки зрения практического применения [1].

Для структурных и материаловедческих исследований зачастую используются двойные и тройные сплавы, полученные в разных исходных состояниях, фазовый состав которых зависит, прежде всего, от скорости охлаждения. Понимание влияния условий получения на исходный фазовый состав перечисленных выше сплавов, а также определение различий в порядке протекания фазовых превращений позволит не только прояснить фундаментальные закономерности структурообразования в них, но и регулировать их функциональные и эксплуатационные свойства.

В работе исследовалась эволюция фазового состава литого сплава $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{12.5}\text{Ge}_{12.5}$, который был получен двумя способами. Сплав А был отлит в медную изложницу с размерами $4 \times 16 \times 60 \text{ мм}^3$, что способствовало быстрому охлаждению слитка. Сплав Б был отлит в чугунную изложницу с размерами $\varnothing 35 \times 100 \text{ мм}^3$, что привело к более медленному охлаждению слитка.

In situ измерения дифракции нейтронов проводились на дифрактометрах ФДВР (Фурье дифрактометр высокого разрешения) (ИБР-2, ОИЯИ, Россия) и GPPD (General Purpose Powder Diffractometer) (CSNS, Китай). Сплавы были исследованы при непрерывном нагреве до 850°C (сплав А) и 1000°C (сплав Б) со скоростью $2^\circ\text{C}/\text{мин}$ и последующем охлаждении.

Известно, что при быстрой кристаллизации из расплава в двойном сплаве $\text{Fe}_{75}\text{Ga}_{25}$ образуется неравновесная фаза D0_3 [2], а в $\text{Fe}_{75}\text{Ge}_{25}$ – смесь

$D0_{19}$ и $B8_2$ [3]. В результате эксперимента было установлено, что в сплаве $Fe_{75}Ga_{12.5}Ge_{12.5}$ при более высокой скорости охлаждения слитка (сплав А) формируется однофазное состояние, представленное упорядоченной $D0_3$ фазой. При более медленном охлаждении (сплав Б), образуются две полиморфные модификации $Fe_3(Ga, Ge)$ с упорядочением по типам $D0_3$ и $D0_{19}$. В случае, когда начальный фазовый состав сплава представлен фазой $D0_3$ (сплав А), при температуре $710 \pm 15^\circ C$ происходит выделение фазы $D0_{19}$. Если же начальный фазовый состав содержит две полиморфные модификации $Fe_3(Ga, Ge)$: с упорядочением типа $D0_3$ и $D0_{19}$, то при этой же температуре наблюдается рост объемной доли фазы $D0_{19}$. Температуры Кюри отдельных фаз при нагреве составили: $T_c(D0_3) \approx 500^\circ C \pm 15^\circ C$, $T_c(D0_{19}) \approx 550^\circ C \pm 15^\circ C$. Таким образом, независимо от исходного фазового состава, оба исследованных сплава $Fe_{75}Ga_{12.5}Ge_{12.5}$ А и Б демонстрируют схожий порядок фазовых превращений.

Автор выражает благодарность за разработку концепции, проведение эксперимента и обсуждение результатов Т.Н. Вершининой, С.В. Сумникову, А.М. Балагурову, Н.Ю. Самойловой, И.С. Головину, Дж. Хао, Х. Лю, Л. Хе.

Литература

1. J.B. Restorff et.al. Tetragonal magnetostriction and magnetoelastic coupling in Fe-Al, Fe-Ga, Fe-Ge, Fe-Si, Fe-Ga-Al, and Fe-Ga-Ge alloys // Journal of Applied Physics. 2012. V. 111 (2). P. 023905.
2. Балагуров А.М., Головин И.С. Рассеяние нейтронов в исследованиях функциональных сплавов на основе железа (Fe—Ga, Fe—Al) // Успехи физических наук. 2021. Т. 191, № 7. С. 738–759.
3. Balagurov A.M. et al. Structural and magnetic phase transitions in Fe_3Ge : A neutron diffraction study // Physical Review Materials. 2023. V. 7, № 6. P. 063603.