

IN SITU ИССЛЕДОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФАЗОВОГО СОСТАВА МЕТАСТАБИЛЬНОГО СПЛАВА $\text{Fe}_{66}\text{Ga}_{34}$ В ХОДЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ВЫДЕРЖЕК

Т. Н. Вершинина^{1,2}, Б. Ержанов¹, Дж. Хао³, Х. Лю³, Л. Хе³, И. С. Головин²,
А. М. Балагуров^{1,2}

¹Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

²Университет науки и технологий МИСИС, Москва, Россия

³China Spallation Neutron Source, Дунгуань, Китай

*E-mail: vershinina@nf.jinr.ru

Методом дифракции нейтронов проведена серия *in situ* измерений со сплавом $\text{Fe}_{66}\text{Ga}_{34}$, полученного кристаллизацией из расплава. Изучались закономерности поведения выделяющегося в сплаве интерметаллида $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ в процессе изотермических выдержек сплава. Особенностью сплава являлось присутствие в его исходном состоянии метастабильных фаз D03 и $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ и равновесной фазы $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$.

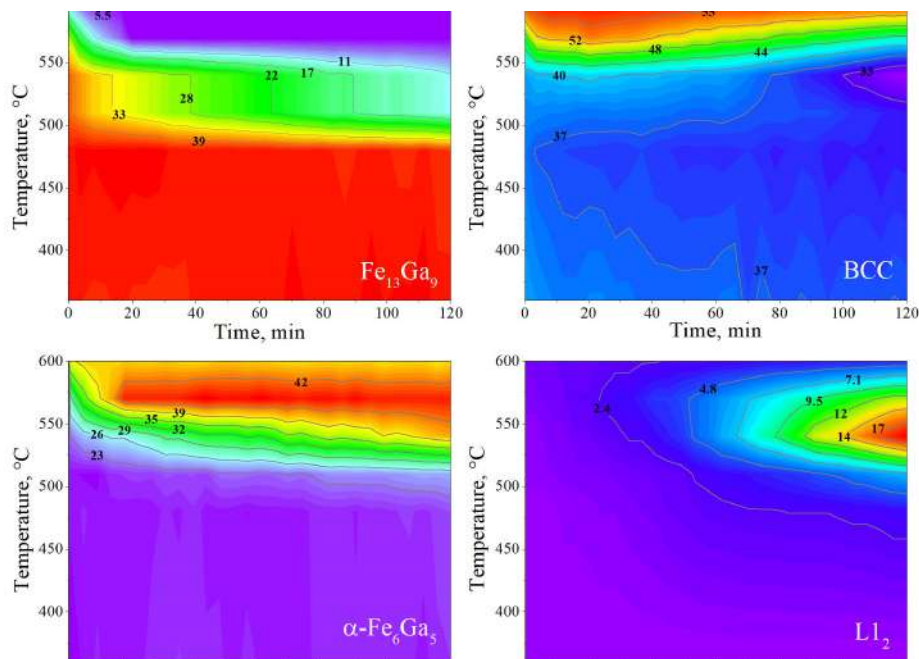


Рис. 1. Зависимость объемной доли присутствующих в сплаве $\text{Fe}_{66}\text{Ga}_{34}$ структурных фаз от температуры и времени отжига. Переход от красного цвета к фиолетовому соответствует уменьшению объемной доли фазы (показаны изолинии).

Измерения проведены на порошковом дифрактометре общего назначения GPPD, действующем на импульсном источнике нейтронов CSNS (Китай) [1]. Регистрация дифракционных спектров проводилась с использованием метода времени пролета тремя блоками детекторов, установленных при средних углах рассеяния 30° , 90° и 150° . Измерения проводились в условиях изотермических выдержек сплава при 360, 480, 510, 540, 570 и 600 °C в течение 120 минут каждая. Нагрев до заданной температуры осуществлялся со скоростью 10 °C/min. Дифрактограммы обрабатывались по методу Ритвельда с использованием программы MAUD.

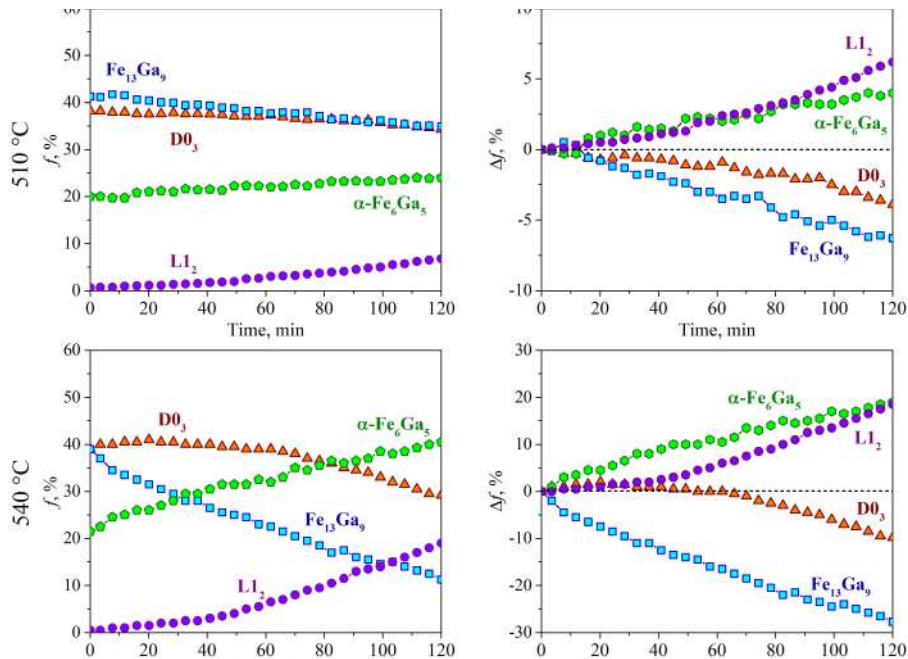


Рис. 2. Зависимости объемной доли (f) и ее прироста/убыли (Δf) отдельных фаз от времени изотермической выдержки.

В исходном состоянии объемные доли фаз составляют: Fe_3Ga (D0_3) – 40%, $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ – 40%, and $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$ 20%. Вплоть до 480 °C фазовый состав сплава не менялся. Первые изменения при 480 °C зафиксированы на десятой минуте отжига – произошло выделение L1_2 . Увеличение температуры изотермической выдержки привело к тому, что уже в процессе нагрева до заданной температуры начали происходить фазовые превращения, а именно, выделение L1_2 , рост доли равновесной $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$, уменьшение долей $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ и фазы на основе ОЦК решетки, которая при температуре ниже 570 °C представлена D0_3 , а выше 570 °C – B2. В ходе последующих изотермических выдержек эти процессы продолжались.

На основе количественных оценок фазового состава были построены зависимости объемной доли всех присутствующих в сплаве фаз от температуры и времени (рис. 1). Приведенные на рис. 1 данные наглядно демонстрируют взаимосвязь $\text{D0}_3/\text{B2}$ и $\text{A1}/\text{L1}_2$, а также $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ и $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$. Так минимум содержания $\text{D0}_3/\text{B2}$ совпадает с максимумом объемной доли $\text{A1}/\text{L1}_2$, а температура, при которой начинает исчезать $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$, совпадает с началом роста объемной доли $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$. Детальное изучение зависимостей величины прироста/убыли отдельных фаз Δf (рис. 2) показывает, что увеличение объемной доли L1_2 не может происходить исключительно за счет убыли $\text{D0}_3/\text{B2}$, а уменьшение $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ не может осуществляться исключительно за счет роста доли $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$. Можно предположить, что происходит распад $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9$ на L1_2 и $\alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$.

Полученные в ходе настоящего исследования результаты, подтверждают ранее высказанное предположение [2] о необходимости предварительного выделения L1_2 для реализации фазового превращения $\text{Fe}_{13}\text{Ga}_9 \rightarrow \alpha\text{-Fe}_6\text{Ga}_5$.

1. L. He, S. Deng, F. Shen et. al., Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. A **1054**, 168414 (2023).
2. T. N. Vershinina, N. Yu. Samoylova, S. V. Sumnikov et. al., J. Alloys Compd. **934**, 167967 (2023).