

Структурообразование квазикристаллических сплавов Al–Ni–Fe

Устинова Е.В., аспирантка; Суховая Е.В., профессор

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
г. Днепропетровск

Сплавы Al–Ni–Fe являются перспективными материалами, предназначенными для использования в агрессивных и окислительных средах [1]. Особый интерес представляют эти сплавы в области образования квазикристаллической декагональной D-фазы, обладающей уникальными физико-механическими и физико-химическими характеристиками [2]. Однако сведения о наличии D-фазы в структуре сплавов, закристаллизованных при обычных скоростях охлаждения являются противоречивыми [3, 4]. Поэтому в работе исследовали закономерности структурообразования сплавов Al–Ni–Fe в области образования квазикристаллической декагональной D-фазы с целью подтверждения ее стабильности при комнатной температуре.

Сплавы $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ и $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ получали сплавлением химически чистых элементов (99,99 %) в графитовых тиглях в печи Таммана. Скорость охлаждения сплавов составляла 50 К/с. Контроль содержания химических элементов выполняли с помощью методов атомно-абсорбционной спектроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа. Для исследования микроструктуры сплавов использовали оптический микроскоп «Neophot». Идентификацию фаз проводили методом рентгеноструктурного анализа на аппарате ДРОН-УМ с использованием излучения CuK_{α} . Локальный рентгеноспектральный микроанализ осуществляли с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа «РЭММА 102-02», оборудованного специальной приставкой. Количественные металлографические исследования выполняли на структурном анализаторе «Eriquant». Микротвердость фаз измеряли на приборе ПМТ-3.

Сплав $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ имеет двухфазную структуру, состоящую из квазикристаллической декагональной D-фазы и кристаллической фазы Al_5FeNi . В этом сплаве первой из жидкости выделяется фаза Al_5FeNi . Результаты рентгеноструктурного анализа подтверждают присутствие

данной фазы в структуре. Относительное содержание D-фазы составляет около 30 об. %.

В структуре сплава $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ идентифицированы следующие три фазы: квазикристаллическая декагональная D-фаза, кристаллические фазы Al_3Ni и Al_3Ni_2 . Содержание квазикристаллической декагональной фазы достигает более 15 об. %.

D-фаза в сплаве $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ представляет собой твердый раствор железа в квазикристаллическом двойном соединении $Al_{80}Ni_{20}$ (D-AlNi). В сплаве $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ D-фаза является твердым раствором никеля в соединении $Al_{86}Fe_{14}$ (D-AlFe). Эти признаки указывают на кристаллизацию в исследованных сплавах Al–Ni–Fe двух типов декагональных квазикристаллов D-AlNi и D-AlFe.

Известно, что чем больше микротвердость, тем больше хрупкость квазикристаллов. При сравнении микродюрметрических характеристик двух типов квазикристаллических фаз показано, что в сплаве $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ D-фаза характеризуется более низкими значениями микротвердости. Содержание D-фазы в сплаве $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ почти в 1,6 раза больше, чем содержание квазикристаллов в сплаве $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$. Благодаря этому в сплаве $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ увеличивается значение общей микротвердости.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что в сплавах Al–Ni–Fe образуется два типа стабильной квазикристаллической D-фазы. Их структура связана со структурой сосуществующих с ними кристаллических фаз. Устранить хрупкость квазикристаллических сплавов можно, используя их в качестве наполнителей макрогетерогенных композиционных материалов с пластичной металлической матрицей.

1. H.R. Trebin, *Quasicrystals. Structure and properties* (Weinheim: Wiley: 2003).
2. U. Lemmerz, B. Grushko, C. Freiburg and E.M. Jansen, *J. Phil. Mag. Lett.* **69** No3, 141 (1994).
3. L. Zhang, Y. Du, H. Xu, C. Tang H. Chen, and W. Zhang, *J. Alloys and Comp.* **454** No1–2, 129 (2008).
4. I. Chumak, K.W. Richter, H. Ipser, *J. Intermetallics* **15** No11, 1416 (2007).