

Научная статья

УДК 669-1

Формирование дисперсоидов с квазикристаллической структурой в сплавах системы Al–Mn–Cu

**Айымгул Мухамеджанова¹, Андрей Геннадьевич Мочуговский²,
Ольга Анатольевна Яковцева³, Анастасия Владимировна Михайловская⁴**

^{1,2,3,4} Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
Москва, Россия

¹ 98_aim@mail.ru

Аннотация. Исследовано влияние добавки Cu на условия и кинетику формирования квазикристаллических дисперсоидов в сплаве системы Al–Mn–Cu. Показано, что Cu ускоряет кинетику формирования квазикристаллических дисперсоидов и позволяют повысить их плотность распределения в объеме слитков при отжиге в интервале температур 300–350 °С. Отжиг при более высоких температурах приводит к трансформации *I*-фазы в кристаллическую.

Ключевые слова: формирование, квазикристаллическая структура, алюминиевые сплавы, дисперсоиды, микроструктура

Финансирование. Исследование кинетики выделения *I*-фазы выполнено в рамках проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 20-03-00778\21. Исследования при помощи ПЭМ выполнены в рамках проекта Российского научного фонда № 21-79/00273.

Original article

The Precipitation of Dispersoids with Quasicrystalline Structure in Al–Mn–Cu Based Alloys

**Aiymgul Mukhamejanova¹, Andrey G. Mochugovskiy²,
Olga A. Yakovtseva³, Anastasia V. Mikhaylovskaya⁴**

^{1,2,3,4} National Research Technological University “MISiS”, Moscow, Russia

¹ 98_aim@mail.ru

Abstract. The influence of doping by Cu on the precipitation of a quasicrystalline I-phase in Al–Mn–Cu alloy were studied. It is demonstrated that Cu accelerate the I-phase precipitation kinetics and provide increased number density of dispersoids in a temperature range of 300–350 °C. Annealing at higher temperatures leads to a transformation of the I-phase into a crystalline phases with a rod shaped morphology.

Keywords: precipitation, quasicrystalline structure, aluminum alloys, dispersoids, microstructure

Funding. The study of the kinetics of i-phase separation was carried out within the framework of the project of the Russian foundation for basic research No. 20-03-00778\21. The research with the help of TEM was carried out within the framework of the project of the Russian science foundation No. 21-79/00273.

Легирование алюминиевых сплавов переходными элементами (ПМ) является эффективным способом повышения прочностных характеристик и термической стабильности структуры за счет формирования при термической обработке наноразмерных частиц (дисперсоидов) интерметаллических фаз. Особый интерес представляют исследования, посвященные анализу условий формирования дисперсоидов с квазикристаллическим типом структуры при распаде пересыщенного твердого раствора. Марганец (Mn) обладает высокой склонностью к формированию дисперсоидов при ускоренных скоростях кристаллизации пересыщенных твердых растворов с Al (до 2 мас. %), которые распадаются при термической обработке с образованием дисперсоидов квазикристаллической *I*-фазы икосаэдрического типа. Введение в Mn-содержащие алюминиевые сплавы базовых легирующих элементов, например Mg, оказывает значительное влияние на кинетику распада твердого раствора, размер и морфологию квазикристаллов [1]. В работе T. Boncina, M. Albu, F. Zupani Ageing of Al–Mn–Cu–Be Alloys for Stimulating Precipitation of Icosahedral Quasicrystals показано, что Mn-содержащие квазикристаллы как икосаэдрического, так и додекаэдрического типа могут формироваться в присутствии Cu [2]. Однако механизм, кинетика и условия выделения квазикристаллов в системе Al–Mn–Cu на сегодняшний день слабо изучены.

В рамках данной работы исследованы условия и кинетика формирования квазикристаллической *I*-фазы при распаде пересыщенного твердого раствора в сплаве Al–Mn–Cu. Модельные слитки для исследования готовили при помощи лабораторной электрической печи сопротивления в графито-шамотных тиглях. Температура разливки составляла 760 ± 20 °С. Разливку производили в медную водоохлаждаемую изложницу с внутренней полостью ($100 \times 40 \times 20$) мм³.

В работе показано, что введение добавки — меди — оказывает сильное влияние на кинетику распада и состав дисперсоидов. Низкотемпературный отжиг образцов с пересыщенным при кристаллизации твердым раствором обеспечивает формирование дисперсоидов *I*-фазы со средним размером 26 ± 5 нм, содержащих марганец и медь. Повышение температуры отжига приводит к выделению как *I*-фазы, так и кристаллической фазы Al₂₀Cu₂Mn. При длительном высокотемпературном отжиге *I*-фаза практически полностью трансформируется в кристаллическую фазу Al₂₀Cu₂Mn.

Список источников / References

1. Mochugovskiy A., Tabachkova N. Annealing induced precipitation of nanoscale icosahedral quasicrystals in aluminum based alloy // Materials Letters. 2019. Vol. 247. P. 200–203.
2. Boncina T., Albu M., Zupani F. Ageing of Al–Mn–Cu–Be Alloys for Stimulating Precipitation of Icosahedral Quasicrystals // Metals. 2020. Vol. 10, no. 7. P. 1–16.