

ПЛОТНОСТЬ И ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ СПЛАВОВ $Al_{86}Ni_6Co_2R_6$ ($R = Nd, Gd, Yb$) В КРИСТАЛЛИЧЕСКОМ И ЖИДКОМ СОСТОЯНИЯХ*Б.А. Русанов¹, В.Е. Сидоров^{1,2}, Л.Д. Сон^{1,2,3}, Р. Svec Sr.⁴, D. Janickovic⁴¹ Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург, Россия² Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия³ Институт металлургии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия⁴ Institute of Physics, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

Аморфные и нанокристаллические сплавы на основе алюминия, особенно составы, содержащие переходные и редкоземельные металлы, активно изучаются в последние годы благодаря их высоким служебным свойствам. В настоящей работе выполнены исследования теплофизических свойств (плотности и электрического сопротивления) аморфизирующихся составов $Al_{86}Ni_6Co_2R_6$ ($R = Nd, Gd, Yb$) в широком интервале температур, включая жидкое состояние. Установлено, что в кристаллическом состоянии изученные сплавы проявляют типичные для алюминиевых составов особенности – практически линейное уменьшение плотности и рост электрического сопротивления с увеличением температуры. Показано, что данные составы имеют широкую область двухфазного состояния, а переход в жидкое состояние при температуре ликвидус сопровождается нехарактерным скачкообразным ростом плотности и падением сопротивления. Впервые установлено, что перегрев расплавов выше температуры $T = 1350$ К приводит к появлению гистерезиса плотности. Данный факт может свидетельствовать о распаде крупномасштабных неоднородностей в расплавах.

Ключевые слова: плотность, электрическое сопротивление, расплавы, алюминий, редкоземельные металлы.

Введение

Аморфные и нанокристаллические сплавы на основе алюминия представляют широкий интерес благодаря их малой плотности и высоким показателям служебных свойств (коррозионной стойкости, прочности на разрыв и микротвердости) [1–5]. Составы, содержащие переходные металлы (ПМ) – никель, кобальт, могут рассматриваться в качестве перспективных функциональных материалов [6]. Известно, что никель в таких сплавах обеспечивает высокие механические свойства, а кобальт – коррозионные [1–6]. Одновременное использование двух ПМ может позволить создать составы, объединяющие в себе эти свойства.

К одним из важных критериев практической применимости аморфных сплавов относится их термическая стабильность и стеклообразующая способность (Glass-Forming Ability – GFA) [7]. В работах [6, 7] показано, что аморфные сплавы на основе алюминия имеют относительно низкую термическую стабильность, что ограничивает область их практического применения. Однако в работе [8] установлено, что одновременное использование никеля и кобальта и получение составов $Al-Ni-Co-R$ позволяет существенно повысить термическую стабильность и GFA по сравнению с тройными системами $Al-Ni-R$ и $Al-Co-R$.

В наших работах [9, 10] показано, что температурные зависимости плотности и электрического сопротивления сплавов $Al-Ni-Co-R$ с одинаковым содержанием никеля и кобальта имеют ряд особенностей: существует широкая двухфазная область (твердое-жидкое) с нелинейным изменением свойств, наблюдается резкий рост плотности и падение сопротивления при температуре ликвидус, а также гистерезис плотности, обнаруженный при перегревах выше $T = 1350$ К. Известно, что аморфизирующиеся сплавы на основе алюминия представляют собой сильно неоднородные системы даже при значительных перегревах выше температуры ликвидус [9–13]. В работе [11] по исследованию магнитной восприимчивости показано, что неоднородное состояние сплавов выше температуры ликвидус обусловлено наличием разветвленной сети квазимолекул Al_2R , распад которых достигается при высоких температурах. Следовательно, для получения качественных аморфных сплавов, которые обладали бы высокими служебными свойствами, требуется подбор режимов подготовки расплавов перед закалкой. Определение таких режимов возможно на основе изучения теплофизических свойств расплавов – плотности и электрического сопротивления.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 21-13-00202).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>