ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/26

МИКРОСТРУКТУРА, ТВЕРДОСТЬ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

Морозова А.И., Ольховикова Я., Беляков А.Н.

¹*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород*

Повышение прочности высокопроводящих медных сплавов без потери электропроводности на протяжении многих лет остаётся актуальной задачей исследований. В связи с этим интересными представляются медные сплавы с микролегированием Cr, Zr, Mg и редкоземельными материалами [1].

Исследованию подвергнуты сплавы систем Cu-Cr-Zr, Cu-Cr-Zr-Y, Cu-Mg, точный химический состав которых представлен в таблице 1. Сплавы были подвергнуты горячей ковке при температуре выше 0,7 гомологической температуры.

Таблица 1.

Химический состав низколегированных медных сплавов.

Сплав	Cu, мас.%	Cr, мас.%	Zr, мас.%	Y, мас.%	Mg, мас.%
Cu-Cr-Zr	баланс	0,10	0,07	-	-
Cu-Cr-Zr-Y	баланс	0,07	0,06	0,05	-
Cu-Mg	баланс	-	-	-	0,24

Была исследована микроструктура, твердость и электропроводность сплавов после термической обработки по различным режимам. Сплавы систем Cu-Cr-Zr и Cu-Cr-Zr-Y являются термоупрочняемыми, поэтому данный материал был подвергнут стандартной термической обработке, заключающейся в обработке на получение пересыщенного твердого раствора при температуре 920 °С в течении 1 ч с последующим охлаждением в воду (закалка) и старении в интервале температур 300-700 °С 4 ч (старение). Сплав системы Cu-Mg является деформационно упрочняемым, поэтому термообработка данного сплава заключалась в гомогенизационном отжиге в интервале температур 750-850 °С в течение 1 ч. Твердость определяли методом Бринелля на испытательной машине Wolpertgroup 300 BLD. Электропроводность оценивали вихретоковым методом с помощью прибора «Константа К6».

Рис. 1. Твердость (а) и электропроводность (б) низколегированных медных сплавов в зависимости от температуры старения или гомогенизации. (в) Тонкая микроструктура сплава Cu-Cr-Zr после старения при температуре 500 °С.

После закалки термоупрочняемые сплавы систем Cu-Cr-Zr и Cu-Cr-Zr-Y характеризуются низкой твердостью и электропроводностью, что может быть связано с растворением в процессе высокотемпературной выдержки частиц вторичных фаз в твердом растворе. Старение в интервале температур 300-400 °С не приводит к существенному росту свойств. Дальнейшее повышение температуры старения приводит к росту твердости в Cu-Cr-Zr и Cu-Cr-Zr-Y сплавах, причем максимальная твердость в сплаве Cu-Cr-Zr наблюдается при температуре 550 °С (670 МПа), а в сплаве Cu-Cr-Zr-Y при температуре 500 °С (635 МПа).

Секция 1. Основные принципы и методология физической мезомеханики материалов с иерархической структурой

Дальнейшее повышение температуры приводит к падению твердости. Изменение электропроводности с ростом температуры также демонстрирует немонотонное поведение. Заметный рост электропроводности наблюдается в интервале температур 450-550 °С, затем электропроводность снижается. Максимальная электропроводность в сплаве Cu-Cr-Zr наблюдается после старения при температуре 550 °С и составляет 91% IACS, что несколько ниже максимальной электропроводности сплава Cu-Cr-Zr-Y (94 % IACS), наблюдающейся после старения при температуре 525 °С. Изменение твердости и электропроводности сплавов Cu-Cr-Zr и Cu-Cr-Zr-Y может быть связано с распадом пересыщенного твердого раствора и выделением дисперсных частиц, обогащённых Cr и Y [2] (рис.1 в).

Сплав системы Cu-Mg показывает высокую твердость после гомогенизационного отжига во всем интервале температур отжига. С ростом температуры гомогенизации наблюдается тенденция снижения твердости. Так после отжига при температуре 775 °С твердость составляет 671 МПа, а после отжига при температуре 850 °С – 620 МПа. Отметим, что гомогенизационный отжиг практически не влияет на электропроводность и она составляет 83-84 % IACS во всем интервале температур.

Отжиг термоупрочняемых бронз систем Cu-Cr-Zr и Cu-Cr-Zr-Y приводит к росту твердости и электропроводности за счет распада пересыщенного раствора и выделения дисперсных частиц. Повышение температуры гомогенизационного отжига сплава Cu-Mg свыше 800 °С приводит к снижению твердости и не влияет на электропроводность. Отметим, что наблюдаемый после термической обработки уровень твердости не соответствует требованиям, предъявляемым к современным проводящим материалам. Для сплавов систем Cu-Cr-Zr, Cu-Cr-Zr-Y и Cu-Mg целесообразно применять комплексное деформационно-термическое воздействие.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки РФ (Соглашение № 14.575.21.0135, идентификационный номер RFMEFI57517X0135). Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Технологии и материалы» ФГАОУ ВО НИУ «БелГУ».

Литература

1. Морозова А. И., Беляков А. Н. Влияние холодной прокатки на структуру и свойства низколегированной бронзы //Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2016. №. 3. С. 1176-1179.
2. Shijie Z. et al. Application of lanthanum in high strength and high conductivity copper alloys //Journal of Rare Earths. 2006. №. 1. С. 385-388.