СТАРЕНИЕ БЕРИЛЛИЕВОЙ БРОНЗЫ БРБ-2 В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Ю.В.Осинская, А.В.Покоев
Самарский государственный университет, 443011, Россия, г.Самара, ул. Акад.Павлова,1, Госуниверситет, кафедра физики твердого тела.
Тел.: 7-(846-2) 34-54-36, Факс: 7-(846-2) 34-54-17 e-mail: ojv@ssu.samara.ru, pokoev@ssu.samara.ru

Методом микротвердости, металлографии, электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа выполнено комплексное исследование влияния постоянного магнитного поля на процесс старения бериллиевой бронзы БрБ-2. Предложен оптимальный режим термомагнитной обработки.

1. Введение

Одним из современных и эффективных методов термообработки металлических сплавов, которым существенно удается повысить их прочность, является технология искусственного старения в условиях наложения внешних воздействий. В этом смысле возможности термомагнитной обработки в постоянном магнитном поле (ПМП), как способа контролируемого воздействия и модификации свойств сплавов, остаются далеко невыясненными. В связи с появлением новых количественных научных данных о влияние ПМП на диффузию в порошковых, поликристаллических и монокристаллических веществах [1], возникает необходимость о прикладном использовании этого эффекта.

Целью настоящей работы было получение более полной информации о кинетике влияния ПМП на процесс старения БрБ-2, для чего выполнено комплексное исследование этого процесса и на основе полученных и литературных данных предположены оптимальные режимы термомагнитной обработки.

2. Методика и результаты измерений

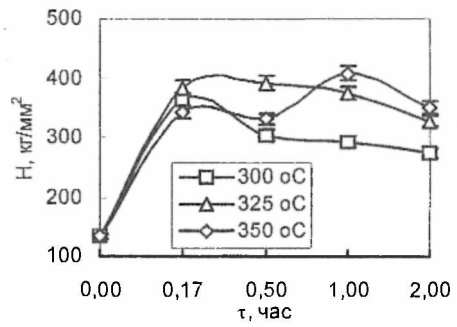
В качестве объекта исследования выбран сплав БрБ-2 (Be-1,9 вес.%, Ni-0,2-0,5 вес.%, Cu- остальное), который широко используется для изготовления узлов и деталей в медицинской технике, от материала которых требуется высокая устойчивость против коррозии, высокие прочностные и упругие свойства.

Образцы из бериллиевой бронзы БрБ-2, после закалки с 800°С в воду, отжигали с целью старения в вакууме ~ 10^{-3} Па при температурах 300, 325 и 350°С в течение 10-120 мин в ПМП с напряженностью 558,6 кА/м и без него.

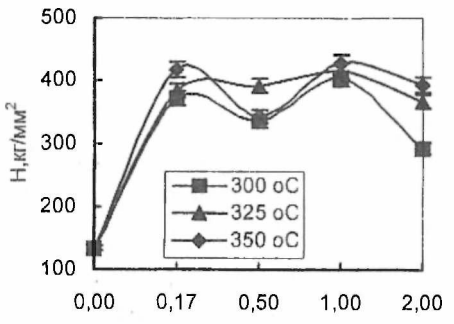
На основе литературных данных [2] и ранее проведенных предварительных исследований [3], для изучения влияния ПМП на свойства сплава были выбраны следующие режимы старения: температура старения - 300, 325 и 350 °С, время отжига от 10 до 120 мин - в ПМП с напряженностью от 0 до 558,6 кА/м.

Для изучения старения сплава БрБ-2 в ПМП использовали следующий комплекс физических методов исследования: метод микротвердости, металлография, электронная микроскопия, рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ. Ниже же приводятся основные результаты исследований, полученные этими методами. Микротвердость измерялась с помощью микротвердомера HAUSER при нагрузке 500 г. и времени нагружения 15 с.

На рисунках приведены результаты измерений микротвердости образцы в закаленном (исходном) состоянии, а также после термической и термомагнитной обработки для температур 300, 325 и 350°С.



а)



б)

График зависимости микротвердости от времени отжига: а) без наложения ПМП; б) с наложением поля.

Каждое значение микротвердости было получено усреднением по 10-13 измерениям. Относительная среднеквадратичная ошибка отдельного измерения составляла в среднем ~5-15%, а сред-

This document has been edited with **Infix PDF Editor** - free for non-commercial use.
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

неквадратичная ошибка среднего значения микротвердости - ~ 2-5%. Среднее значение микротвердости в закаленном состоянии составляло 134 ± 3 кг/мм^2.

После отжига без поля при температуре 300°С, 0,17 часа микротвердость резко увеличивается от 134 кг/мм^2 до 364 кг/мм^2 (и до 371, 343 кг/мм^2 при 325, 350°С соответственно). Дальнейшее увеличение длительности отжига от 0,17 до 0,5 часов приводит при указанных выше температурах к спаду микротвердости от 343 до 331 кг/мм^2 (от 371 до 359 кг/мм^2 соответственно). Такое изменение микротвердости после отжига без поля, позволяет сделать вывод, что основная доля процесса старения завершается после первых 10-15 минут отжига, а дальнейший отжиг приводит к стабилизации структуры за счет процессов полигонизации, фазового старения и совершенствования микроструктуры бронзы.

Приведенные значения микротвердости при отжигах без ПМП хорошо согласуются с литературными данными [2], что свидетельствует о повторяемости и достоверности результатов. Наложение магнитного поля с напряженностью 558,6 кА/м на те же режимы термической обработки во всех случаях приводит к еще большему возрастанию микротвердости образцов. Наибольшее значение микротвердости наблюдается после отжига 1 час в ПМП, которое составляет 403 кг/мм^2 при температуре 300°С (416, 428 кг/мм^2 при температурах 325 и 350°С соответственно). Таким образом, выбрав кратковременные отжиги, нам удалось выяснить особенности кинетики изменения микротвердости от времени отжига.

Металлографические снимки образцов отожженных 0,17-2 часа при 300-350°С - без поля показывают, что макроструктура сплава после отжига претерпевает существенные изменения: форма и размер зерен изменяются с увеличением времени отжига от 107 мкм при 0,17 часа до 130 мкм при 2 часах отжига. В теле отдельных зерен наблюдаются двойники. Реплика образца, отожженного в течение 2 часов без поля, свидетельствует о том, что границы зерен имеют ширину 6-15 мкм.

Металлографические снимки образцов отожженных в ПМП в течение 0,17-2 часов, 300-350°С не выявляют заметного влияния ПМП на макроструктуру зерен. Реплика образца, отожженного в течение 2 часов в ПМП, свидетельствует о более равномерной структуре по сравнению с отжигами без поля, границы зерен становятся тоньше и четче.

В данной работе был выполнен рентгенофазовый анализ образцов, прошедших термическую и термомагнитную обработку. Появление зон Гинье - Престона не обнаружено, что связано со сравнительно низкой концентрацией Be и недостаточной чувствительностью метода.

Данные по брэгговским $(111)_\alpha$- углам отражения бронзы показывают, что термическая обработка приводит к смещению их положения в сторону меньшего значения угла при всех режимах отжига. Это свидетельствует об истощении матрицы сплава атомами Be и переходе их в зоны обогащения (зоны Гинье- Престона). Линии второго порядка отражения появляются только после отжига в течение 1 часа. Поэтому судить о них по предыдущим отжигам нет возможности. Отсутствие этих линий при кратковременных отжигах связано с их большей чувствительностью к структурно- напряженному состоянию материала.

Кратковременный 10 минутный отжиг без поля приводит к описанному выше смещению линий первого порядка от начального значения 51°22 к значению 50°54, в то время как отжиг в ПМП не меняет положения этих линий в пределах точности измерений. Это свидетельствует о том, что ПМП тормозит процесс распада на начальных стадиях отжига, который, однако, завершается после отжига 0,5 часа. Таким образом, основная доля процесса распада в твердом растворе БрБ-2 происходит за время t, лежащее в пределах $0,17<t<0,5$ час, что подтверждает данные, полученные методом микротвердости.

По физическому уширению линии сплава БрБ-2 были рассчитаны параметры тонкой структуры сплава (размер когерентно - рассеивающих блоков, микронапряжений, плотность дислокаций) после указанных режимов. Анализ результатов свидетельствует о том, что наложение поля на 2-х часовой отжиг приводит к формированию более равномерной фрагментированной структуры за счет дробления зерен на более мелкие блоки когерентного рассеяния.

Краткие выводы

Таким образом, результаты, полученные в данной работе, позволяют сделать следующие выводы:

1. Наложение ПМП на процесс старения бериллиевой бронзы БрБ-2 при различных режимах термомагнитной обработки приводит к формированию более равномерной структуры и увеличению микротвердости сплава по сравнению с соответствующими данными, полученными без ПМП.

2. Результаты измерений микротвердости и данные рентгеноструктурного анализа показывают, что основная доля процесса распада в твердом растворе завершается после отжига длительностью 0,17-0,5 часа.

3. Результаты комплексного исследования старения бериллиевой бронзы БрБ-2 позволяют рекомендовать оптимальный режим термомагнитной обработки.

Список литературы

1. *Mironov D.V., Pokoev A.V., Stepanov D.I., Trofimov I.S.* Mechanisms of the impurity diffusion in the ferromagnetic metals in the constant magnetic field// Abstract Booklet DIFTRANS-98 International Work-shop "Diffusion and diffusional phase transformations in alloys".- June 22-28, 1998, Cherkasy, Ukraina. - P. D-20.

2. *Тофпенец Р.Л.* Разупрочняющие процессы в стареющих сплавах. Минск, " Наука и техника", 1979.-С. 184.

3. *Анисович А.Г., Журавель Л.В., Покоев А.В.* Влияние ПМП на старение бериллиевой бронзы БрБ-2// Взаимодействие излучения с твердым телом:Тез. докл. Междунар. Конф, 23-25 сентября, 1997 г.- Минск, 1997.- с. 249.

This document has been edited with **Infix PDF Editor** - free for non-commercial use.

To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

THE AGING OF BERYLLIUM BRONZE BrB-2 IN THE CONSTANT MAGNETIC FIELD

J.V.Osinskaya, A.V.Pokoev
Samara State Universitety, 443011, Russia, Samara, Akad. Pavlova st., 1,
Samara State Universitety, dep. Physics of Solids.
Phone: 7-(846-2) 34-54-36. Fax: 7-(846-2)34-54-17 e-mail: ojv@ssu.samara.ru, pokoev@ssu.samara.ru

The process of aging is one of modern and effective methods of heat treatment of metal alloys, which essentially manages to increase durability of materials. The speed of embryonic growth of allocated phases at aging is supervised by diffusion process, which depends on external effects, including on enclosed constant magnetic fields (CMF).
In given work complex research of influence of CMF on process of aging of a beryllium bronze BrB-2 was executed using metallography, microhardness, X-ray analysis and electrone microscopy methods.
Essential influence of CMF on aging process and increase of microhardness of a beryllium bronze BrB-2 is shown for used modes of thermomagnetic treatment.
The analysis of received data permits to recommend the optimum modes of thermomagnetic treatment of beryllium bronze BrB-2.

3-я международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 6-8 октября 1999 г. Минск, Беларусь
3-rd International Conference «Interaction of Radiation with Solids», October 6-8 1999, Minsk, Belarus

This document has been edited with **Infix PDF Editor** - free for non-commercial use.
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm