

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В КАЧЕСТВЕ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ СПЛАВА БрО15Н5

Н.С. Клочков, Ю.П. Егоров

Научный руководитель: доцент, к. т. н. Ю.П. Егоров
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: nikart2012@mail.com

Общеизвестно, что медные сплавы не обладают высокими прочностными свойствами. Для повышения прочностных характеристик существует ряд способов. Одним из таких способов является термическое упрочнение. При термическом упрочнении прочность возрастает в результате дисперсионного твердения после закалки и старения. Этот вывод подтверждается большим количеством работ [1–5] связанных с упрочнением меди и ее сплавов.

Цель данной работы заключается в выборе режимов для термического упрочнения бронзы БрО15Н5, используя калориметрический анализ.

Методика эксперимента

Образцы для исследования готовили плавкой из чистых шихтовых материалов. Состав исследуемой бронзы БрО15Н5: 80% Cu, 15% Sn, 5% Ni. Плавку вели на высокочастотной терристорной установке в тигле из силицированного графита. Для определения температур фазового превращения в данной работе применялся метод дифференциальной сканирующей калориметрии. Анализ исследуемых образцов проводился на оборудовании SDT Q600 V20.9 Build 20. Для исследования были подготовлены навески исследуемого материала по 30мг. Нагрев образцов проводился до 1000°C в среде аргона.

Нагрев образцов под закалку и старения осуществлялся в муфельной печи. Твердость замерялась на твердомере Бринелля ТШ-2. Анализ микроструктуры выполняли с помощью исследовательского оптического микроскопа AxioObserver A1.m фирмы Carl Zeiss (Германия) и программного продукта AxioVision v.4.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлена диаграмма теплового потока при нагреве БрО15Н5.

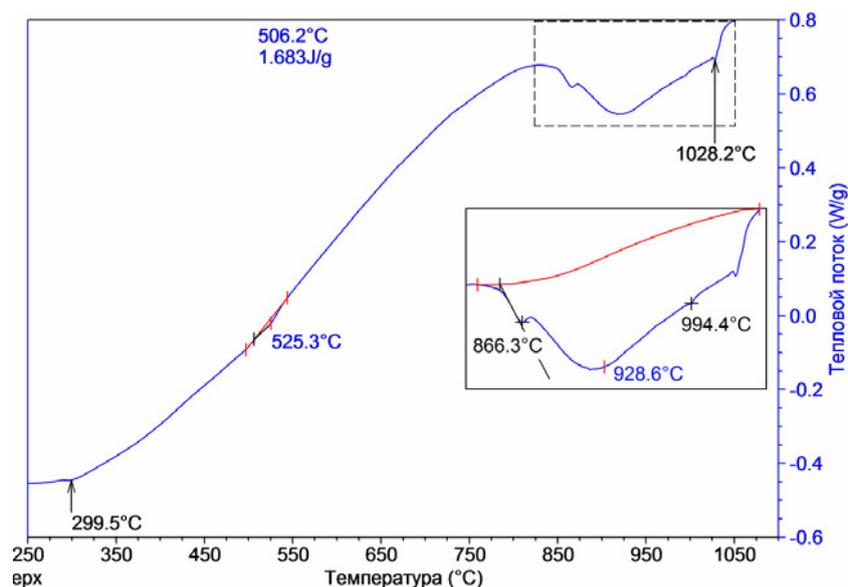


Рис. 1. Диаграмма теплового потока при нагреве БрО15Н5

На данной зависимости наблюдается два эндотермических участка. Данные точки характеризуют процессы растворения структурных составляющих при повышении температуры. Согласно диаграмме состояния Cu-Sn, точки, соответствующие температурам 866,3 и 928 °С, показывают температуру начала и окончания растворения α -твердого раствора. В результате образуется α -пересыщенный твердый раствор. Таким образом, интервал температуры под закалку заключается в пределах 866–928 °С.

Для уточнения выбранного интервала провели следующий эксперимент. Назначили температурный интервал под нагрев. Он находился в диапазоне 700–880 °С, шаг нагрева –25 °С. После каждой точки нагрева и закалки в воду была измерена твердость образцов. На рисунке 2 приведена зависимость твердости от температуры под закалку.

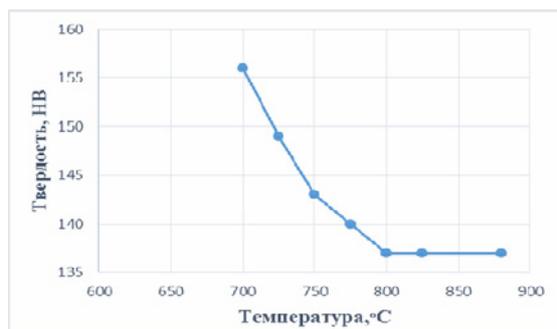


Рис. 2. Изменение твердости БрО15Н5 в зависимости от температуры под закалку

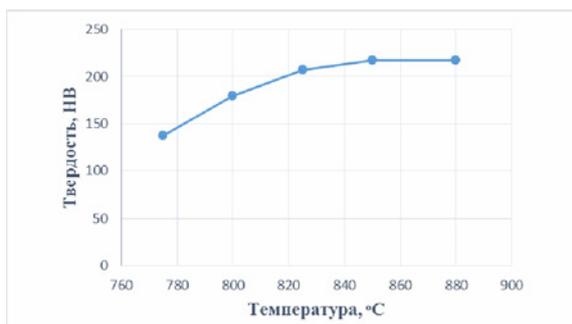


Рис. 3. Изменение твердости БрО15Н5 после проведения операции старения

Снижение твердости при повышении температуры выдержки указывает на увеличении растворимости избыточных фаз в структуре. Так как увеличение температуры способствует растворению структурных составляющих, происходит создание пересыщенного твердого раствора. На снимках микроструктуры образцов, подвергнутых закалке в интервале температур 400–880 °C, прослеживается тенденция укрупнения структуры материала с повышением температуры. Сравнивая исходную структуру материала до и после нагрева при температурах выше 800 °C, можно отметить явный процесс преобразования дендритов в зернистую структуру. Данная особенность характеризует механизм растворения фаз в основном твердом растворе.

Таким образом, исследование структуры также указывает на выбор необходимой температуры под закалку для обеспечения полноты процесса растворения избыточных фаз. Наиболее оптимальным температурным интервалом будет являться промежуток 800–880 °C.

Для образцов, подвергнутых закалке из температурного промежутка 800–880 °C было проведено старение. Старение заключалось в выдержке образцов в течение 2 часов при температуре 350 °C. Как показывают результаты, максимальный рост твердости после старения обладают образцы, закаленные с температурного интервала 850–880 °C (рис. 3).

Калориметрический дифференциальный анализ (DSC), используемый совместно с изучением микроструктуры материала, является эффективным инструментом для определения фазовых превращений в структуре в результате нагрева исследуемого материала. Полученные данные позволяют определять температурные интервалы для проведения операций по термической обработке.

Список литературы

1. Chrominski W., Lewandowska M. Precipitation phenomena in ultrafine grained Al-Mg-Si alloy with heterogeneous microstructure // *Acta Mater.* – 2016. – Vol. 103. – P. 547–557.
2. Dianez M.J., Donoso E., Sayagues M.J. et al. Criado The calorimetric analysis as a tool for studying the aging hardening mechanism of a Cu-10wt%Ni-5.5wt%Sn alloy // *J. Alloys Compd.* – 2016. – Vol. 688. – P. 288–294.
3. Klochkov N.S., Egorov U.P., Mapelli C. et al. Tin and nickel influence on the structure and properties of the leaded bronze obtained by centrifugal casting // *J. Solid State Phenomena.* – 2016. – Vol. 870. – P. 248–252.
4. Klochkov N.S., Egorov U.P., Utyev O.M. Heat strengthening of tin bronze alloyed with nickel // *J. Key Engineering Materials.* – 2016. – Vol. 712. – P. 267–270.
5. Li X.N., Wang M., Zhai L.R. et al. Thermal stability of barrierless Cu-Ni-Sn films // *Appl. Surf. Sci.* – 2014. – Vol. 297. – P. 89–94.