

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СТАРЕНИЯ НА СТРУКТУРУ ЛИТОЙ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ОЛОВЯННОЙ БРОНЗЫ

Веригин С.В., Стрелкова И.Л., Егоров Ю.П.

Научный руководитель: Стрелкова И.Л., к.т.н., доцент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, e-mail: strelkova@tpu.ru

Введение

Бронза является материалом широкого и разнообразного применения. Литейные оловянные бронзы обладают высокими механическими и антифрикционными свойствами, хорошей коррозионной стойкостью и обрабатываемостью резанием. С целью удешевления и улучшения свойств их легируют свинцом, цинком, титаном, никелем и др., которые растворяются в меди и не оказывают заметного влияния на структуру, но благоприятно влияют на свойства бронзы: повышают жидкотекучесть, облегчают сварку и пайку, улучшают прочностные свойства. Литейные бронзы применяются для изготовления поршневых колец, сальниковых уплотнений, вкладышей подшипников скольжения, втулок и других деталей. Для обеспечения гарантированного срока службы вращающихся или поворачивающихся деталей конструкций требуются знания о формировании структуры и применения оптимальных режимов упрочняющей термической обработки для улучшения требуемых функциональных свойств материала: надежности в течение установленного срока эксплуатации, долговечности работы, определяющейся износостойкостью.

Целью данной работы является исследование влияния режимов упрочняющей термической обработки на структуру и механические свойства литой многокомпонентной бронзы.

Материал и методика исследований

Материалом для исследований является литейная многокомпонентная бронза BrO10C13Zn2Ni2Cu следующего химического состава: Sn – 10%, Pb – 13%, Zn – 2%, Ni – 2%, Cu – остальное. Для механических испытаний изготавливались стандартные образцы, которые вырезали из опытно-промышленных отливок диаметром в виде корец $d = 89$ мм, толщиной $h = 10$ мм, получаемых центробежным литьем в кокиль. Образцы подвергали нагреву в течение 3 часов в электрической печи и закалке в воду от температуры 760°C . Старение проводили при температурах 370°C и 315°C с разным временем выдержки в печи с охлаждением на воздухе.

Измерения твердости выполняли на приборе Бринелля с нагрузкой $P = 250$ кг. Микроструктурный анализ проводили с помощью оптической металлографии на микроскопе высшего класса Observer A-Im.

Результаты исследований

В исходном состоянии микроструктура литой многокомпонентной оловянной бронзы состоит из дендритных зерен α твердого раствора

легирующих элементов в меди с ГЦК-решеткой и эвтектоида ($\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$), просматривающихся в виде извилистых светлых полей с точечными включениями (рис. 1). Также просматриваются темные включения округлой формы свинца Pb, расположенные практически равномерно по всему объему материала. Твердость литой бронзы HB составляет 879 МПа.

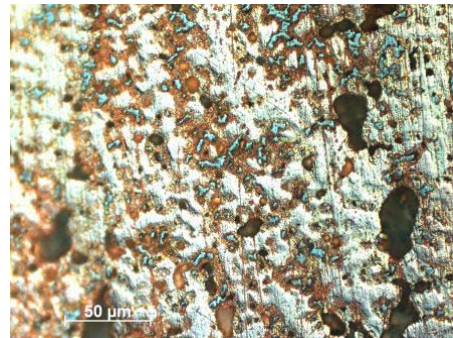


Рис. 1. Структура литой бронзы в исходном состоянии (а) и после закалки (б)

Нагрев бронзы под закалку приводит к растворению эвтектоида и удалению дендритов. В результате закалки бронза принимает типичное однофазное строение из крупных зерен неправильной формы. Однако количество включений свинца увеличилось в результате нагрева, который привел к диффундированию его на поверхность. Это приводит к снижению твердости сплава бронзы HB в 1,5 раза по сравнению с исходным состоянием и составляет 612 МПа.

Для изменения структуры и, следовательно, механических свойств было выполнено исследование влияния температуры старения и времени выдержки на твердость образцов исследуемой бронзы. Результаты измерений приведены в таблице.

Таблица. Влияние времени выдержки на твердость бронзы

Время, ч.	2	3	4	5
HB _{370°C} , МПа	642	583	642	674
HB _{315°C} , МПа	612	674	748	788

Видно, что изменение твердости для образцов, подвергнутых старению от температуры 370°C , носит немонотонный характер и сростом времени выдержки до 3-х часов значение твердости уменьшилось. Такое поведение можно объяснить процессом растворения оставшегося после закалки эвтектоида, либо неожиданным

коагулированием выделившихся дисперсионных частиц. Изменение значений твердости для образцов, подвергнутых старению от температуры 315°C, носит плавный монотонный характер и они значительно выше, что можно связать с механизмом дисперсионного упрочнения в результате более меньшей температуры старения.

Для подтверждения данных предположений был проведен анализ изменения структуры закаленной бронзы в зависимости от температуры старения и времени выдержки. Полученные результаты сведены в таблицу и приведены на рис. 2.

Из анализа структур следует, старение образцов при 370°C привело к дисперсионному выделению частиц γ -фазы ($\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) и небольшого количества специальных фаз. Причем, чем больше время выдержки, тем больше образуется упрочняющих частиц различного размера. Также замечено, что при выдержке до 4-х часов по границам зерен происходит увеличение количества включений свинца Pb, что и привело к незначительному падению твердости бронзы в этом временном интервале выдержки при ее старении.

Старение бронзы при 315°C приводит к выделению многих специальных фаз, которые отчетливо видны по цвету после травления образцов. Отличительной особенностью структуры является их образование не во всем объеме материала, а по границам зерен с постепенным возникновением внутри зерен с течением времени выдержки при заданной температуре. А наличие эвтектоида ($\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$) в виде отдельно расположенных включений голубого цвета на металлографической картине, по-видимому, и приводит к увеличению твердости бронзы, относительно образцов, подвергнутых старению от $t = 370^\circ\text{C}$.

Заключение

Металлографический анализ структуры многокомпонентной оловянной бронзы и изменение твердости показали преимущество применения термической упрочняющей обработки для повышения механических свойств бронзы. Исследования в данном направлении ведутся настоящее время.

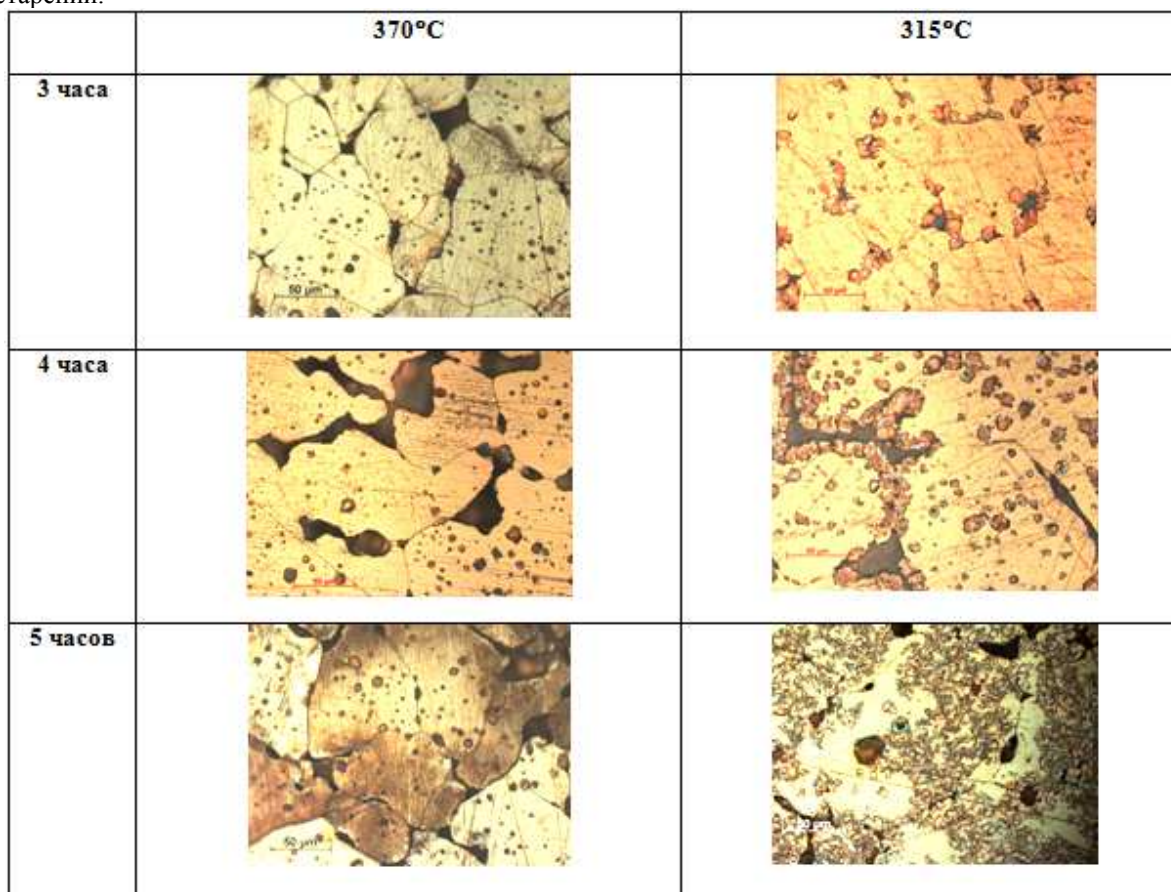


Рис. 2. Структура образцов многокомпонентной бронзы после старения от температур 370°C и 315°C и разного времени выдержки