

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРАМЕТРИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ БРОНЗЫ БР. С 10

Семенков И.В.

Томский политехнический университет

semenkov@tpu.ru

Введение

Свинцовистые бронзы находят широкое применение для изготовления высоконагруженных ответственных подшипников (опорные и шатунные подшипники мощных турбин, авиационных моторов, дизелей и др.), работающих при больших удельных давлениях 250-300 кг/см² и при повышенных окружных скоростях (8-10 м/сек) [1]. Они обладают характерными свойствами, а именно: большой разницей в удельных весах компонентов, отсутствием смешиваемости меди и свинца в твердом виде и ограниченной растворимостью в жидком состоянии, в связи с чем данные бронзы склонны к ликвации свинца. В процессе кристаллизации свинец формируется в зависимости от условий охлаждения расплава [2].

Методика экспериментальных работ

В данной работе исследовали влияние скорости охлаждения на структуру свинцовистой бронзы Бр. С-10. Бронзу заливали при температуре 1150 °С в стальной кокиль. Отношение массы отливки к массе кокиля 1:10. Температура кокиля составляла 20, 200, 400, 600 и 800 °С. Расплав перегревали перед разливкой на 30...50°С, раскисляли фосфористой медью, а затем подстуживали до требуемой температуры. Температуру контролировали с помощью быстродействующего оптического пирометра ТПТ-90 с лазерным наведением фирмы Agema (Швеция). Металлографические исследования проводились на нетравленных шлифах с применением оптического микроскопа МИМ-8М и цифрового фотоаппарата MDC-1500 (Китай). Образцы для металлографических исследований вырезали из торца отливки, прилегающего к форме. Полученные отливки хорошо отличаются, друг от друга по цвету: цвет меняется от желтого (при температуре кокиля 20 °С) до черного (при температуре кокиля 800°С)

Для определения скорости охлаждения бронзы Бр. С-10 использовали высокоскоростной прибор «Термограф», разработанный на кафедре ПМЭ Томского политехнического университета. Прибор способен регистрировать 40 значений термо-э.д.с. в секунду и вносить в память 1600 показаний. Расчет скоростей охлаждения проводили по формуле:

$$V_{\text{охл}} = \frac{T_1 - T_2}{\tau_i}, \quad (1)$$

где $(T_1 - T_2)$ – заданный температурный интервал,

τ_i – время кристаллизации в данном интервале.

Согласно диаграмме состояния Cu-Pb [3], температура ликвидуса бинарной бронзы с содержанием 10% Pb лежит в пределах $1050 \pm 5^\circ\text{C}$.

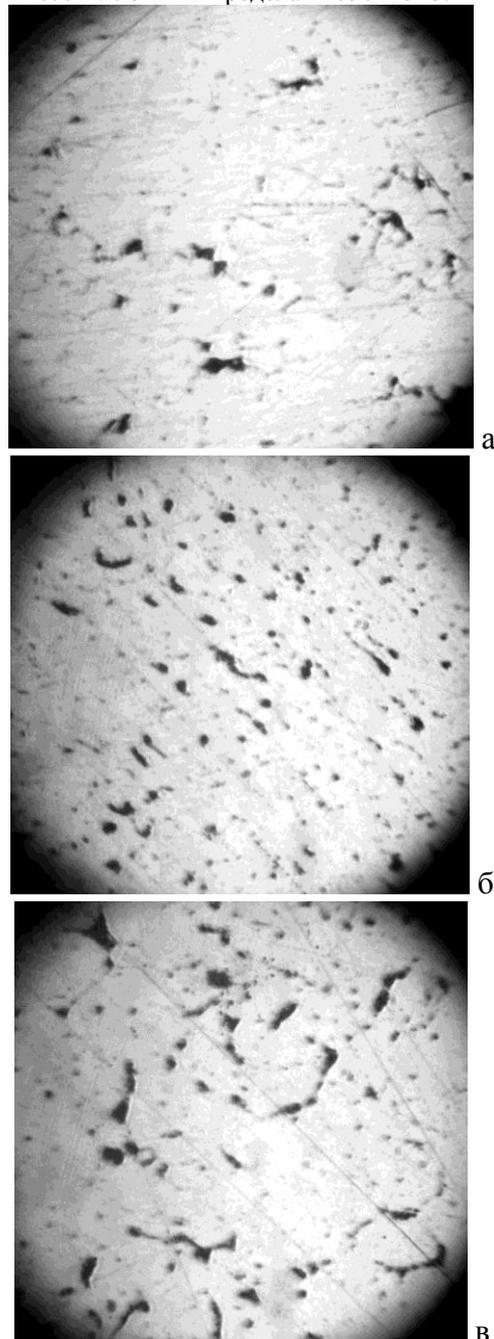


Рис. 1. Структура бронзы марки БрС10 полученная литьем в форму нагретую до: а - 200°С; б - 400°С; в - 600 °С

Обсуждение результатов

Температура солидуса Бр. С-10 равна 952 °С и совпадает с температурой монотектического преобразования.

За расчетный температурный интервал выбрали эффективный интервал кристаллизации бронзы Бр. С-10 (1050...952°), полагая, что в нем формируются кристаллы α – фазы, от строения которой, в конечном счете, зависит распределение и морфология легкоплавкой свинцовой составляющей.

Анализируя кривые охлаждения Бр. С-10 получаем, что наименьшая скорость охлаждения наблюдается при литье в кокиль нагретый до 800 °С, а наибольшая при литье в кокиль при комнатной температуре. Причем скорость охлаждения расплава при литье в холодный кокиль выше в 20 раз чем при литье в кокиль нагретый до 800 °С.

Проведенный металлографический анализ показал заметное различие в строении в зависимости от температуры нагрева кокиля. При низких температурах кокиля (20...200 °С) свинец формируется в виде многозвенных колоний преимущественно в виде мелких частиц с рваными неровными краями. При температуре кокиля 400 °С свинец представлен в виде округлых, равномерно распределенных в объеме частиц. При более высоких температурах кокиля (600...800 °С) частицы свинца более крупные, обнаруживается ликвация свинца, причем при температуре 800 °С появляются тонкие вытянутые свинцовые включения. Предполагается, что при очень медленном охлаждении частицы свинца оттесняются растущими зёрнами меди и располагаются по границам зёрен меди в виде тонких прослоек. Визуально просматривается различие в объемной доли свинца: чем выше скорость охлаждения, тем меньше свинца.

Заключение

Таким образом, скорость охлаждения является значительным фактором, влияющим на распределение и морфологию легкоплавкой свинцовой фазы в свинцовистых бронзах. В соответствии с микроструктурным анализом, наиболее оптимальной представляется температура нагрева кокиля 400 °С. Полученные результаты позволяют проводить дальнейшие исследования и устанавливать зависимости механических свойств отливок из бронзы Бр. С-10 от скорости охлаждения расплава.

Литература

1. Мартюшев Н.В. Опыт внедрения информационных технологий при обучении студентов на кафедре материаловедения и технологии металлов ТПУ // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-1. С. 39-43.

2. Мартюшев Н.В. Использование сетевых информационных технологий в учебном процессе // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 6-3. С. 596-600.

3. Мартюшев Н.В. Разрушение отливок из бинарных свинцовистых бронз // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. 2012. № 1. С. 225-229.

4. Мельников А.Г., Некрасова Т.В., Мартюшев Н.В. Технология создания и повышения эксплуатационных свойств керамического нанокompозитного материала *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 233-237.

5. Мартюшев Н.В. Фазовый состав бронзы бр10-10 при различных скоростях охлаждения отливок и его влияние на механические свойства // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2011. Т. 54. № 11 (3). С. 225-228.

6. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Дефекты центробежнолитых бронзовых заготовок для уплотнительных колец насосов и компрессоров химической промышленности и способы их устранения // *Цветные металлы*. 2012. № 1. С. 79-81.

7. Мартюшев Н.В. Легирование поверхности отливок с помощью обмазок литейной формы // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2008. № 3. С. 19-23.

8. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П. Потери легкоплавкой фазы при выплавке и затвердевании свинцовистых бронз // *Литейное производство*. 2008. № 5. С. 10-11.

9. Ивашутенко А.С., Видяев И.Г., Мартюшев Н.В. Алгоритм оценки ресурсоэффективности систем в литейном производстве // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 68.

10. Видяев И.Г., Ивашутенко А.С., Мартюшев Н.В. Основные показатели оценки эффективности использования ресурсов литейного производства // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 5. С. 403.

11. Мартюшев Н.В. Триботехнические свойства свинцовосодержащих бронз // *Известия высших учебных заведений. Физика*. 2012. Т. 55. № 5-2. С. 201-204.

12. Мартюшев Н.В., Петренко Ю.Н., Петренко С.А. Параметры дендритной структуры заготовок сегментных колец компрессоров ядерной промышленности // *Цветные металлы*. 2012. № 10. С. 100-103.

13. Мартюшев Н.В., Мельников А.Г., Веселов С.В., Терентьев Д.С., Семенов И.В. Режимы активации порошков меди и оксида алюминия в шаровой мельнице // *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. № 3. С. 103-106.