

ПРОГРАММНАЯ ОЦЕНКА МОРФОЛОГИИ ПРАМЕТРОВ СТРУКТУРЫ СВИНЦОВИСТЫХ БРОНЗ

Петренко Ю.Н.

Томский политехнический университет

pet@tpu.ru

Двухфазные свинцовистые бронзы используются в машиностроении для изготовления изделий с высокими антифрикционными и противозадирными свойствами, например, подшипников скольжения. Однако такие бронзы обладают низкими механическими характеристиками из-за большого количества свинца. Свинец практически не растворяется в меди и образует включения, значительно снижающие прочностные характеристики бронзы. На прочность бронз будет влиять не только количество свинца, но также форма и размер свинцовых включений, формирование которых определяется рядом технологических факторов (температурой заливки, скоростью охлаждения и др. /1,2/). Подробно вопросы формообразования свинцовых включений рассмотрены в работе 3. Из нее следует, что сферическая форма включений, получаемая при низких скоростях охлаждения, позволяет получить наиболее высокие прочностные свойства. Однако в работе не рассматривается вопрос о влиянии такой формы свинцовых включений на триботехнические свойства отливок.

В данной работе изучалось влияние формы свинцовых включений получаемых при различных скоростях охлаждения на коэффициент трения свинцовистых бронз марок БрС10 и БрС30. Исследуемые бронзы выплавляли в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,066 из технически чистых компонентов в тигле из силицированного графита. Состав шихты исследуемых бронз приведен в таблице 1.

Таблица 1. Содержание элементов % масс.

Марка бронзы	Содержание элементов, % масс		
	Pb	Cu	Раскислитель
БрС10	10	89,5	0,5
БрС30	30	69,5	0,5

Раскисление проводилось фосфористой медью перед закладкой свинца в расплав.

Температуру заливки составляла 1150°C и контролировалась быстродействующим оптическим пирометром ТПТ-90 с лазерным наведением.

Заливка проводилась в холодные графитовые формы при температуре 25°C после чего они

охлаждались на воздухе (скорость охлаждения ~60 °/мин) и в горячие формы нагретые до 1000°C, которые охлаждались вместе с печью от 1000°C (скорость охлаждения ~2 °/мин). Отливки представляли собой цилиндры с диаметром 17 мм и высотой 70 мм.

Микроструктура образцов изучалась на оптическом микроскопе ZEISS AXIO Observer.A1m со встроенной фотокамерой и ZEISS Axiovert 40 MAT, травления шлифов не проводилось. Количественные характеристики микроструктуры (процент структурных составляющих и их средний размер) определяли с помощью разработанной компьютерной программы /4/.

Исследования триботехнических свойств образцов проводилось на испытательной машине СМТ-1 проводились сравнительные испытания по схеме вал-колодка двух типов образцов с использованием смазки М8Г на скорости 300 об/мин. Определялся коэффициент трения образцов из бронз БрС10 и БрС30. Для каждой марки бралось по паре образцов. Одни полученные с высокой скоростью охлаждения и рваными мелкими включениями свинца, другие с низкой скоростью охлаждения и сферической формой свинцовых включений.

Проведенные металлографические исследования показали, что в результате изменения скоростей охлаждения формируется различная морфология включений легкоплавкой фазы в бронзовых сплавах в соответствии с данными изложенными в /3/. Высокая скорость охлаждения привела к образованию большого количества мелких разветвленных включений свинца с рваной межфазной поверхностью. Низкая скорость охлаждения отливок из бинарной свинцовистой бронзы привела к образованию в структуре сферообразных включений легкоплавкой фазы с гладкой межфазной поверхностью (рис. 1).

В процессе трения свинец будет выкрашиваться, образуя поры на поверхности трения. Эти пустоты будут играть роль масляных карманов, причем форма и размеры этих карманов будут в значительной мере определять коэффициент трения материала. Проведенные

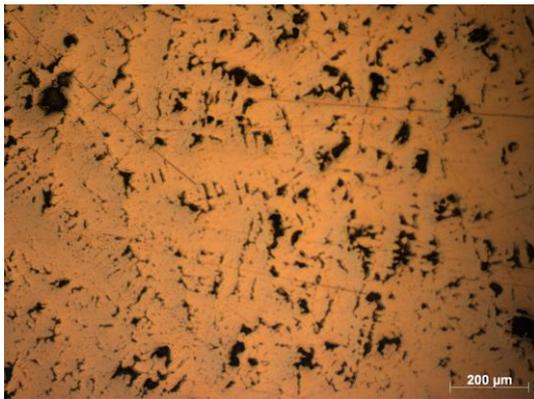
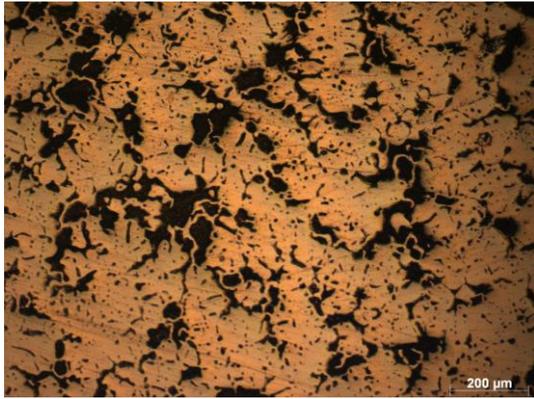


Рис.1 Микроструктура двухкомпонентных свинцовистых бронз марки БрС 30 полученных: а – с низкой; б - с высокой скоростью охлаждения.

Триботехнические испытания показали, что в диапазоне нагрузок от 20 до 200кг коэффициент трения образцов со сферической формой свинцовых включений на 30-50% ниже, чем у аналогичных образцов, но с рваной хлопьевидной формой включений.

Так средний коэффициент трения при скорости вращения вала 300 об/мин. составил 0,011 для образцов с рваной формой включений и 0,007 для образцов со сферической формой включений для бронзы марки БрС 10. И для бронзы БрС30 те же данные составили значения 0,054 для рваной формы включений и 0,039 для сферической формы (см. рис. 2).

Проведенные ранее исследования морфологии свинцовых включений показывают что их средние размеры при низкой скорости охлаждения (~2 °С/с) в 1,5 больше чем при высоких скоростях охлаждения (~60 °С/с). Проведенные исследования показывают, что такая форма масляных карманов более благоприятна для процесса трения. Смазка лучше удерживается в них, обеспечивая более низкий коэффициент трения.

Таким образом, на основании проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что сферическая форма свинцовых включений в бинарных свинцовистых бронзах приводит не только к получению более высоких прочностных свойств, но и к снижению коэффициента трения.

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 брС10-10 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.