

doctoral training: the platform for cooperation with russian and international companies in the domain of material science and physics of high energy systems // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 11-3. С. 256.

5. Мартюшев Н.В. Программные средства для автоматического металлографического анализа // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. с. 79.

6. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на свойства отливок из бронзы брос 10-10 // Литейное производство. 2011. № 6. С. 11-13.

7. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р. Уравнения движения ротора с многокамерным жидкостным автобалансирующим устройством // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. с. 80-83.

8. Мартюшев Н.В., Синогина Е.С., Шереметьева У.М. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2013. № 1 (129). с. 48-52.

9. Мартюшев Н.В. Параметры дендритной структуры медных сплавов // Известия высших учебных заведений. Физика. 2011. Т. 54. № 11-3. С. 229-232.

10. Мартюшев Н.В. Улучшение свойств бронз, содержащих свинец, их легированием и микролегированием // Metallurgia машиностроения. 2011. № 3. С. 40.

11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П., Утьев О.М. Компьютерный анализ структуры материалов // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты, материаловедение. 2003. № 3. С. 32-34.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСТРУКТУРЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ БРОНЗЫ БРОСЦН-10-8-2-2.

Индойту Д.В., студент гр. 4А21 ИФВТ ТПУ

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30*

E-mail: Danila.Indoitu@mail.ru

Многофазные свинцовистые бронзы используются в машиностроении для изготовления изделий с высокими антифрикционными и противозадирными свойствами, например, подшипников скольжения. Но в ряде случаев детали из таких материалов разрушаются вследствие недостаточно высокой прочности. Свинец практически не растворяется ни в одном из компонентов таких бронз 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. [1-3]). Вопросы формообразования свинцовых включений в многокомпонентных бронзах и влиянии морфологии таких включений на механические свойства рассматриваются 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 многокомпонентной свинцовистой бронзы марки БрОСЦН-10-8-2-2. Исследуемая бронза выплавлялась в высокочастотной индукционной тигельной печи ВЧГ2-100/0,066 из технически чистых компонентов в тигле из силицированного графита. Состав шихты этой бронзы приведен в таблице 1.

Таблица 1. Содержание элементов % масс.

Марка бронзы	Содержание элементов, % масс					
	Pb	Cu	Zn	Ni	Sn	Раскислитель
БрОСЦН-10-8-2-2	8	77,5	2	2	10	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 ~80 °/мин) и в горячие формы, нагретые до 800°C, которые охлаждались вместе с печью от 800°C (скорость охлаждения ~4 °/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 [4-6].

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 двух типов образцов из исследуемой бронзы. 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 отливках 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.

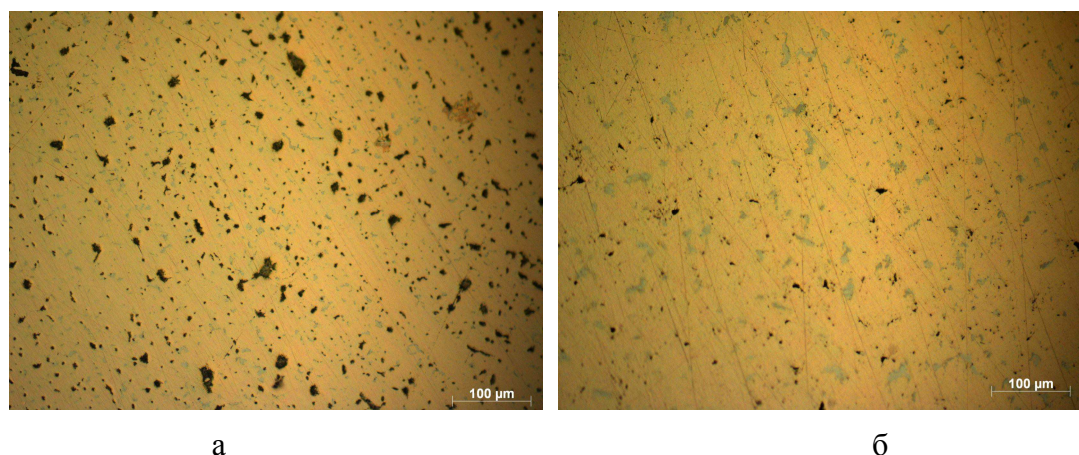


Рис.1 Микроструктура многокомпонентной бронзы марки Б7ОСЦН-10-8-2-2 полученных: а – с низкой; б - с высокой скоростью охлаждения.

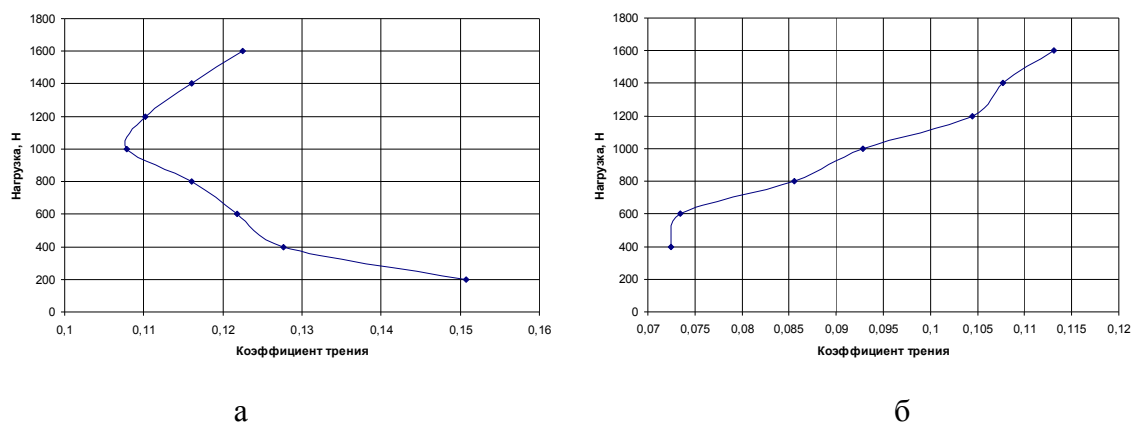


Рис.2 Результаты испытаний на трение образцов из бронзы марки Б7ОСЦН-10-8-2-2 полученных: а – с низкой; б - с высокой скоростью охлаждения.

Проведенные триботехнические испытания (рис. 2) показали, что в диапазоне нагрузок от 20 до 200кг коэффициент трения образцов со сферической формой свинцовых включений на 30-50% выше, чем у аналогичных образцов, но с рваной хлопьевидной формой включений.

Так средний коэффициент трения при скорости вращения вала 300 об/мин. составил 0,082 для образцов с рваной формой включений и 0,122 для образцов со сферической формой включений.

Проведенные с помощью разработанной программы исследования морфологии свинцовых включений показывают что их средние размеры при низкой скорости охлаждения (~ 4 °C/c) в 1,6 раз больше чем при высоких скоростях охлаждения (~ 80 °C/c). Проведенные исследования на бинарных свинцовистых бронзах показывают, что сферическая форма масляных карманов более благоприятна для процесса трения. Смазка лучше удерживается в них, обеспечивая более низкий коэффициент трения. Но в данном случае коэффициент трения образцов полученных с более мелкими рваными включениями свинца ниже образцов со сферическими гладкими включениями. Это может объясняться наличием в быстро охлажденных образцах

большого количества твердого электронного соединения (голубая фаза на рис. 2 а,б). Компьютерный расчет показал, что быстро охлажденные образцы, содержащие в структуре электронного соединения в 2 раза больше, в сравнении с медленно охлаждаемыми образцами.

В итоге по результатам исследований можно сделать вывод о том, что снижение скорости охлаждения многокомпонентных бронзы БрОСЦН-10-8-2-2 приводит к увеличению коэффициента трения.

Результаты исследование представленные в настоящей работе выполнены при поддержке гранты Президента РФ МК-6661.2013.8.

Список литературы:

1. Мартюшев Н.В. Влияние морфологии включений легкоплавкой фазы на триботехнические свойства бронз // Приволжский научный вестник. 2011. № 2. С. 8.
2. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на структуру и свойства бронз, содержащих свинец // Metallurgia машиностроения. 2010. № 4. С. 32-36.
3. Саруев Л.А., Зиякаев Г.Р., Мартюшев Н.В. Математическое моделирование гидроимпульсного механизма бурильных машин // В мире научных открытий. 2010. № 6-3. С. 61-65.
4. Yakovlev A.N., Kostikov K.S., Martyushev N.V., Shepotenko N.A., Falkovich Y.V. Institute of high technology physics experience in masters of engineering and doctoral training: the platform for cooperation with russian and international companies in the domain of material science and physics of high energy systems // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 11-3. С. 256.
5. Мартюшев Н.В. Программные средства для автоматического металлографического анализа // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. с. 79.
6. Мартюшев Н.В. Влияние условий кристаллизации на свойства отливок из бронзы брос 10-10 // Литейное производство. 2011. № 6. С. 11-13.
7. Пашков Е.Н., Зиякаев Г.Р. Уравнения движения ротора с многокамерным жидкостным автобалансирующим устройством // Известия высших учебных заведений. Физика. 2012. Т. 55. № 5-2. с. 80-83.
8. Мартюшев Н.В., Синогина Е.С., Шереметьева У.М. Система мотивации студентов высших учебных заведений к выполнению научной работы // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2013. № 1 (129). с. 48-52.
9. Мартюшев Н.В. Параметры дендритной структуры медных сплавов // Известия высших учебных заведений. Физика. 2011. Т. 54. № 11-3. С. 229-232.
10. Мартюшев Н.В. Улучшение свойств бронз, содержащих свинец, их легированием и микролегированием // Metallurgia машиностроения. 2011. № 3. С. 40.
11. Мартюшев Н.В., Егоров Ю.П., Утьев О.М. Компьютерный анализ структуры материалов // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты, материаловедение. 2003. № 3. С. 32-34.