

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БРОНЗ ПРИ ТРЕНИИ ПО АЗОТИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Алисин В.В.

*Институт машиноведения им. А.А. Благоднарова Российской академии наук,
Москва*

Ключевые слова: трибологические свойства бронз, высокопрочный чугун, коэффициент трения, интенсивность изнашивания, задиростойкость.

Аннотация. Статья посвящена трибологическим испытаниям бронз БС-30 и ОЦС-1-22 при трении по поверхности азотированного высокопрочного чугуна с шаровым графитом. Эксперименты проведены на лабораторной машине трения по схеме диск-палец. На основе проведенных испытаний установлено, что бронза БС-30 обладает большей износостойкостью и меньшей задиростойкостью.

TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF BRONZES DURING FRICTION ON THE NITRIDED SURFACE OF HIGH-STRENGTH CAST IRON

Alisin V.V.

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow*

Keywords: tribological properties of bronzes, high-strength cast iron, coefficient of friction, wear intensity, bully resistance.

Abstract. The article is devoted to tribological tests of BS-30 and OTS-1-22 bronzes under friction on the surface of nitrided high-strength cast iron with spherical graphite. The experiments were carried out on a laboratory friction machine according to the disk-finger scheme. Based on the tests carried out, it was found that BS-30 bronze has greater wear resistance and less bully resistance.

Введение. Азотирование черных металлов влияет на антифрикционные свойства подшипников скольжения [1, 2]. В подшипнике скольжения тяжелых дизелей в условиях граничного трения бронз по поверхности валов из высокопрочного чугуна трибологические характеристики сильно зависят от вида упрочняющей обработки и смазочного материала. Структуры поверхности при трении адаптируются [3] под смазочный материал и условия трения, т.е. состояние структуры материала неразрывно связано со свойствами смазочного материала, нагрузки и скорости работы подшипника при заданной температуре на контакте. В работе [4] трибологические характеристики бронз на трибометре при сухом возвратно-поступательном движении шарика на диске при различных нагрузках. Результаты показали, что бронзы в основном подвергаются расслоению и сколам. Все коэффициенты трения при сухом скольжении уменьшаются с увеличением нагрузок. Микроструктура бронз очень сложна, что формирует дополнительные проблемы в связи со смещением интересов к возможности процессов аддитивного производства [5]. Пути совершенства бронзовых вкладышей разнообразны. В работе [6] для увеличения срока службы буровых долот были изготовлены методом порошковой металлургии композиционный материал с матрицей из бронзы и армирующей компонентой из

алмазного композита усиленного наночастицами NbC. Микроскопические особенности были исследованы с помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгеновской дифракции. Результаты показали, что при содержании нано-NbC 5 мас.% твердость и прочность матрицы на изгиб составили 43 HRC и 1085 МПа, увеличившись на 26% и 28%. Наряду с составом бронз для успешной работы вкладышей бронзовых подшипников имеет шероховатость поверхностей. Очень эффективным технологическим мероприятием является алмазной полировка [7]. Испытания на износ в условиях граничной смазки и сухого трения показали, что алмазная полировка повышает износостойкость при граничной смазке в 1,5 раза по сравнению с процессом тонкой токарной обработки.

Цель работы состояла в оценке триботехнических характеристик пар трения в коренных и шатунных подшипниках тяжелых дизелей с азотированным коленчатым валом из высокопрочного чугуна с шаровым графитом содержащих бронзовые вкладыши.

Материалы и технологии. В опорах коленчатых валов тяжелых дизелей применяются подшипники скольжения с вкладышами из бронз БС-30 (ГОСТ 18175-78) и ОЦС-1-22 (ГОСТ 25086-87). Образцы из бронзы для трибологических испытаний выполнены в виде колодок шириной 10 мм.

Образцы материала цапфы коленчатого вала из высокопрочного чугуна с шаровым графитом выполнены в виде дисков диаметром 50 мм, шириной 12 мм. Образцы были упрочнены азотированием по штатной технологии.

Испытания проведены на машине трения ИИ-5018 по схеме диск-колодка в условиях смазки маслом М14Г₂, прижатым к поверхности образца-диска. Образца прирабатывались в течении 3-5 часов при нагрузке $P = 100$ Н и линейной скорости $V = 3$ м/с. О качестве приработки судили по формированию площадки контакта не менее 90% от номинальной площади. Во время испытания непрерывно велась запись коэффициента трения. Износ образцов определялся весовым способом.

Результаты

Для сравнения показателя износостойкости бронз проведены длительные непрерывные испытания. Средняя продолжительность трибологических испытаний составляла 7-8 часов. По завершении опыта следовала промывка в бензине, спирте и взвешивание образцов. Полученная опытно потеря веса образцов пересчитывалась на линейную интенсивность изнашивания

$$I = h/L = G/\pi ADnTK,$$

где h – толщина изношенного слоя; L – путь трения; γ – удельный вес; G – весовой износ; A – площадь касания образцов; D – диаметр образца-диска; n – число оборотов; T – длительность испытаний; K – коэффициент взаимного перекрытия.

Неизменными в процессе испытания является параметры: $A = 200$ мм², $D = 50$ мм; $n = 500$ об/мин; $K = 1$ для образца-колодка; $K = 0,14$ для образца-диска. В таблице 1 приведены результаты сравнительных испытаний.

Анализ результатов экспериментов показал, что износостойкость бронзы БС-30 существенно больше, чем бронзы ОЦС-1-22.

Табл. 1. Износ бронз при трении по азотированному чугуну

Бронза	Нагрузка, H	Продолжительность испытания. час	Интенсивность изнашивания	
			Диск из чугуна	Колодка из бронзы
БС-30	450	8	$1,06 \cdot 10^{-9}$	$9,37 \cdot 10^{-11}$
	450	8	$1,60 \cdot 10^{-9}$	$1,56 \cdot 10^{-10}$
	450	8	$1,50 \cdot 10^{-9}$	$1,15 \cdot 10^{-10}$
	Среднее		$1,37 \cdot 10^{-10}$	$1,22 \cdot 10^{-10}$
ОЦС-1-22	390	9	$3,93 \cdot 10^{-10}$	$7,94 \cdot 10^{-10}$
	430	7	$5,81 \cdot 10^{-10}$	$2,76 \cdot 10^{-10}$
	430	8	$3,69 \cdot 10^{-10}$	$3,11 \cdot 10^{-11}$
	Среднее		$4,47 \cdot 10^{-10}$	$3,67 \cdot 10^{-10}$

В условиях пуска и останова работы дизеля подшипники на шейках вала работают в опасном режиме граничного трения, при котором возможен задира поверхностей. На машине трения пара трения ступенчато нагружалась, работая при каждой нагрузке 10 мин. По истечении этого времени записывали момент трения, вводилась очередная порция смазки в фитиль масла М14Г₂ и прикладывалась нагрузка увеличенная на 100 Н. Наступление задира поверхностей фиксировалось по резкому увеличению момента трения (рис. 1).

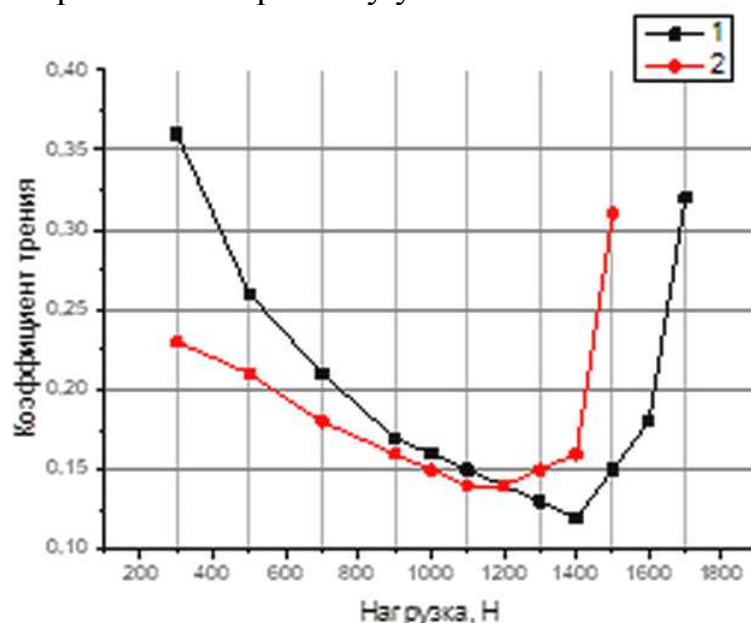


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при скольжении по образцу-диску из чугуна по бронзе: 1 – ОЦС-1-22; 2 – БС-30

Сравнительный анализ антифрикционные свойства бронз в этих условиях показывает, что антифрикционные свойства оловянистой бронзы ОЦС-1-22 лучше, чем у бронзы БС-30. Главное оловянистая бронза имеет более высокую задиростойкость.

Выводы. С точки зрения обеспечения большего ресурса работы дизеля бронза БС-30 более перспективна, потому что ожидаемый ресурс работы подшипников больше примерно в 3 раза в сравнении с бронзой ОЦС-1-22.

Однако пуск и остановка дизеля требуют больше внимания и возможно специального режима.

Список литературы

1. Куксенова Л.И., Симонов В.Н., Алексеева М.С., Пахомова С.А., Козлов Д.А. Исследование трения, износа и противозадирной стойкости тяжело нагруженных азотированных сопряжений // Трение и износ. – 2021. – Т. 42, № 3. – С. 319-328.
2. Куксенова Л.И., Пахомова С.А., Алексеева М.С., Козлов Д.А. Влияние азотирования на противозадирную стойкость конструкционных сталей при контактном взаимодействии // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2021. – № 4 (348). – С. 152-163.
3. Поляков С.А., Куксенова Л.И., Кулешова Е.М., Алексеева М.С. Адаптация структуры приповерхностных слоев антифрикционных медных сплавов при трении с различными смазочными материалами // Трение и износ. – 2022. – Т.43, №4. – С. 420-432.
4. Shaogang Cui, Shenglu Lu, Kiet Tieu, Ganesh Kumar Meenashisundaram, Long Wang, Xiaofeng Li, Jun Wei, Wei Li, Detailed assessments of tribological properties of binder jetting printed stainless steel and tungsten carbide infiltrated with bronze // Wear. 2021, vol. 477, p. 203788.
5. Sean M. Orzolek, Jennifer K. Semple, Charles R. Fisher. Influence of processing on the microstructure of nickel aluminum bronze (NAB) // Additive Manufacturing. 2022, vol. 56, p. 102859.
6. Wenhao Dai, Binbin Yue, Si Chang, Haoliang Bai, Baochang Liu, Mechanical properties and microstructural characteristics of WC-bronze-based impregnated diamond composite reinforced by nano-NbC // Tribology International, 2022, vol. 174, p. 107777.
7. Dunchева G.V., Maximov J.T., Anchev A.P., Dunchev V.P., Argirov Y.B., Kandeва-Ivanova M., Enhancement of the wear resistance of CuAl9Fe4 sliding bearing bushings via diamond burnishing // Wear, 2022, vol. 510–511, p. 204491.

Сведения об авторе:

Алисин Валерий Васильевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник.