

УДК 621.791.927.55

АНТИФРИКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИОННЫХ БРОНЗ
С ДЕНДРИТНЫМ УПРОЧНЕНИЕМА. С. ХРИСТОЛЮБОВ¹, Т. Э. ПОПОВА^{2, 4},
Ю. С. КОРОБОВ^{3, 4}, Н. М. РАЗИКОВ⁴¹Уральский государственный лесотехнический университет²ПАО «Уралмашзавод»³Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН⁴Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина
Екатеринбург, Россия

Для подшипников скольжения, работающих при высоких удельных нагрузках и скоростях относительного скольжения, распространенными антифрикционными материалами являются оловянистые бронзы (БрО10), баббиты (Б83, Б88) и безоловянные бронзы, легированные Al, Fe, Mn, Si [1, 2].

В баббитах роль твёрдых фаз в структуре, отвечающих за износостойкость, играют хрупкие интерметаллиды SnSb, Cu₂Sn, в оловянистых бронзах – эвтектид $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ [2]. Высокая хрупкость не позволяет изготавливать их в виде проволоки, технологичной для наплавки. Применение литья при изготовлении деталей из них отличается низким коэффициентом использования металла и нестабильностью качества.

Для алюминиевых бронз Cu–(5...12)Al характерно мартенситное превращение с образованием β' -фазы. У кремнистых бронз происходит образование α -твёрдого раствора высокой прочности и упругости. Эти безоловянистые бронзы, при высокой износостойкости, отличаются хорошей свариваемостью, однако у них ниже антифрикционные свойства, чем у вышеуказанных аналогов [3].

Для устранения обозначенных недостатков разработана оригинальная бронза вида Cu–Fe–Ni–Al, содержащая по 8...12 масс. % железа и никеля и 1...4 масс. % алюминия [3–5]. Вследствие малой растворимости Fe, Ni в меди в твёрдом состоянии такое сочетание предопределяет формирование в процессе кристаллизации оригинальной композитной структуры, включающей высоколегированные стальные дендриты из мартенситно-стареющей стали на основе Fe, Ni и бронзовую матрицу, заполняющую междендритные пространства. Твёрдость дендритов порядка 410 HV [5]. Это в 3–4 раза выше, чем у медной матрицы, и превышает твёрдость упрочняющих фаз в баббитах, оловянистых и алюминиевых бронзах в 1,3–2 раза. При этом пластичность дендритов в композитной бронзе БрЖНА 12-7-1 существенно выше, чем интерметаллидов в баббитах и оловянистых бронзах БрО10. Это позволяет

изготавливать указанную композитную бронзу в виде порошковой проволоки диаметром 1,2...1,6 мм, технологичной при дуговой наплавке и металлизации.

Было выполнено сравнение триботехнических характеристик покрытий из указанных материалов. Образцы многослойных покрытий из баббита Б83 были получены методами газовой наплавки и плазменного напыления с использованием подслоя в обоих случаях, а образцы из баббита Б88 – дуговой металлизацией. При изготовлении образцов покрытий из безоловянных бронз применялась дуговая наплавка сплошными (БрКМц 3-1, ДТ-CuAl8) и порошковыми (БрЖНА 12-7-1) проволоками как с использованием подслоев, так и без них. Оловянистая бронза БрО10 была исследована в литом состоянии [6].

Образцы испытывали по схеме «диск – палец» в режиме жидкостного трения ($P = 1$ МПа, $V = 3$ м/с, путь трения – 100 км) для определения коэффициента трения и интенсивности изнашивания. По результатам испытаний износ покрытий из композиционной бронзы со стальным дендритным упрочнением БрЖНА 12-7-1, полученного дуговой наплавкой, ниже в 1,5–3 раза в сравнении с покрытиями из альтернативных типовых антифрикционных материалов. При этом коэффициент трения покрытий из бронзы БрЖНА 12-7-1 при давлении до 4,5 МПа одного уровня с баббитом Б83 и оловянистой бронзой БрО10.

Результаты испытаний показывают, что композит «бронзовая матрица – стальные дендриты» перспективен в качестве альтернативы характерным антифрикционным материалам, для создания биметаллических деталей наплавкой и термическим напылением в высоконагруженных парах трения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернавский, С. А. Подшипники скольжения / С. А. Чернавский. – Москва: Машгиз, 1963. – 244 с.
2. Гуляев, А. П. Металловедение / А. П. Гуляев. – Москва: Металлургия, 1977. – 648 с.
3. Осинцев, О. Е. Медь и медные сплавы. Отечественные и зарубежные марки: справочник / О. Е. Осинцев, В. Н. Федоров. – Москва: Машиностроение, 2016. – 360 с.
4. Формирование структуры и свойств композитных бронз, армированных стальными дендритами / Б. А. Потехин [и др.] // Физика металлов и металловедение. – 2014. – Т. 115, № 4. – С. 442–448.
5. Потехин, Б. А. Создание композитных бронз, армированных стальными дендритами / Б. А. Потехин, А. С. Христюков, А. Ю. Жиликов // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 2018. – Т. 4. – С. 68–76.
6. Разработка бронз со стальным дендритным упрочнением с улучшенными антифрикционными характеристиками в сравнении с оловянистыми бронзами и баббитами / Б. А. Потехин [и др.] // XVI Междунар. конгресс сталеплавыльщиков и производителей металла – ISCON 2021. – Екатеринбург; Первоуральск, 2021.