

УДК 62.03

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕРИЛІЄВИХ БРОНЗ**Коломієць С. М., доцент***(Таврійський державний агротехнологічний університет)*

У статті наведені дослідження перспектив застосування берилієвих бронз на основі використання важливих властивостей, які використовуються для опор ковзання – стійкість до нагрівання, зносостійкість, антифрикційність, корозійна стійкість.

Постановка проблеми. Головною стратегічною задачею на шляху до економічної незалежності країни є забезпечення населення якісними побутовими товарами власного виробництва. Виконання цієї задачі неможливе без використання сучасних технологій виробництва і матеріалів, які мають високі фізико-механічні властивості.

Інтеграція України у світову систему із запеклим і витонченим конкурентним середовищем, не залишає перед вітчизняними виробниками устаткування іншого вибору, ніж збільшення конкурентоспроможності до рівня, а краще вище рівня західних аналогів.

Одним з напрямків розвитку вітчизняної промисловості є використання високолегованої берилієвої бронзи, яка має унікальний набір властивостей, що може дозволити побільшити в кілька разів такі показники, як довговічність і надійність відповідальних вузлів машин і устаткування [1].

Аналіз останніх досліджень. У другій половині минулого сторіччя виробництво берилія по повному технологічному циклу мали тільки Радянський Союз і Сполучені Штати Америки. Берилій і матеріали на його основі вважалися одними з найбільш передових, покликаними здійснювати справжню революцію в науці, техніці і технологіях. Одними з головних споживачів були військові підприємства. Технологи і конструктори прекрасно знають, що таке берилієві бронзи, однак перешкодою для широкого їхнього впровадження була закрыта система розподілу берилієвої продукції [2, 3].

Сьогодні у західних виробників берилієва бронза використовується практично у всіх галузях (виробництво комп'ютерів, засобів телекомунікації, автомобілебудування, машинобудування, літакобудування і т.і.). Річний обсяг виробництва і споживання різних видів прокату берилієвої бронзи становить:

- США – 10...12 тисяч т;
- країни Євросоюзу – 6...8 тисяч т;
- Японія – близько 5 тисяч т;
- Китай – близько 2 тисяч т;
- Росія – близько 250 т.

Офіційні дані про використання берилієвої бронзи на українському ринку відсутні. Виробництво складної побутової техніки – комп'ютерів, мобільних телефонів і телекомунікаційних засобів в нашій державі, очевидно, втрачене надовго. Однак, на заході основна вагова частка споживання берилієвої бронзи доводиться саме на виробництво устаткування, машин і пристроїв, а ці галузі в Україні поступово розвиваються.

Ціль роботи. Дослідити перспективи застосування берилієвих бронз на основі використання важливих властивостей, які використовуються для опор ковзання.

Результати досліджень. Один з поширеніших сплавів високолегованої берилієвої бронзи, який використовується вітчизняними виробниками – БрБ2. Це досить специфічний, відмінний від інших, мідних, сплав. Специфіка цього сплаву обумовлена вмістом в ньому берилія (Be). Берилієві бронзи відносяться до класу так званих дисперсійно-зміцнюємих сплавів, особливістю яких є залежність розчинності легуючих компонентів від температури, що дозволяє управляти властивостями бронз як при виробництві прокату, так і при виготовленні виробів [4, 5].

У промислових сплавах системи Cu-Be, як і в більшості матеріалів з ефектом дисперсійного зміцнення, концентраційна область розташовується біля границі максимальної розчинності у твердому розчині і відповідає приблизно 2% вмісту Be.

При концентрації берилія від 1,6 до 2,0% ваги модифікація берилія, відома як β - фаза, існує при температурі нижче 600С. Ця фаза формується як результат обмеженої твердої розчинності берилія. Цей фактор найбільше сприяє отвердінню при термообробці («старіння»). Бінарна діаграма показує, що нагрівання сплаву до температури 780°С змусить берилій розчинитися в α - фазі (твердий розчин $\alpha + \beta$). Різка охолодження до кімнатної температури підтримує берилій у твердому розчині. Цей процес, називаний відпалом і робить сплав м'яким і тягучим, допомагає регулювати розмір кристалів, підготовляє сплав до операції «старіння». Нагрівання насиченого твердого розчину до температури 315°С із витримкою при цій температурі 2...3 години викликає осадження зміцнюючої фази і надає сплаву високу твердість.

Однією з важливих властивостей матеріалу, використовуваного для опор ковзання, є стійкість до нагрівання. У табл. 1 наведена зміна механічних властивостей сплаву БрБ2, що містить 2% Be, залежно від температури і тривалості нагрівання. Перед нагріванням зразки були піддані старінню при температурі 320°С протягом 2 годин.

До 250°С механічні властивості сплаву БрБ2 практично не міняються навіть при витримці протягом 1000 годин, що говорить про гарну стійкість до температурного впливу.

Найважливіші серед властивостей підшипникового матеріалу є зносостійкість і антифрикційність. Внаслідок великої твердості, яку виробі з мідноберилієвих сплавів здобувають після старіння, вони мають високий опір

зношуванню при гарних антифрикційних властивостях. Коефіцієнт тертя підданого старінню сплаву БрБ2 у парі зі сталлю і змащенням веретенним маслом, отриманий на замовлення СП «Торнадопласт» при випробуванні на машині Амслера (рис. 1) у Центрі колективного використання «Комп'ютерна і експериментальна механіка» ННГУ, рівний 0,05.

Таблиця 1 – Зміна механічних властивостей зразків сплаву БрБ2 з підвищенням температури і тривалості витримки при заданій температурі

Температура, град С	Час витримки, год	Границя міцності, МПа	Умовна границя текучості, МПа	Подовження, відс.
20	1	1265	1065	6,8
250	1	1350	1050	5,8
	500	1260	1005	3,9
	1000	1020	945	3,9
300	1	1178	940	2,0
	500	1022	750	3,0
	1000	971	730	4,0
400	1	795	416	7,0
	500	532	300	16
	1000	492	287	20

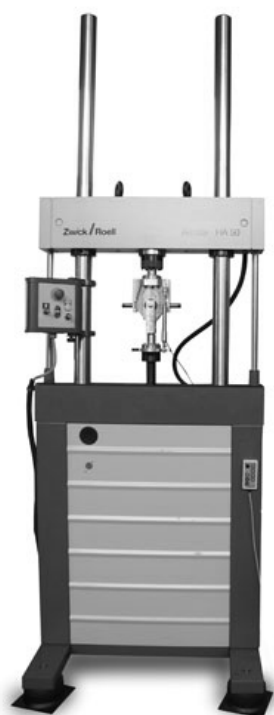


Рисунок 1 – Випробувальна сервогідролічна машина Zwіk/Roell Amsler HA 100

Механічні характеристики заготовок із БрБ2 наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Механічні властивості заготовок із БрБ2

Вид заготовки	Стан заготовки	Діаметр, мм	Механічні властивості		
			δ , відс.	σ_b , МПа	НВ
Прутки тягнені	М'яка (після загартування)	5,0...40,0	>25	392...590	100...150
	Тверда (деформація після загартування)	5,0...15,0	1,0	735...980	150
		15,0...40,0	1,0	640...880	150
	Зістарена з м'якого	5,0...40,0	2,0	1080	320
	Зістарена з твердого	5,0...15	2,0	1170	340
Прутки пресовані	Пресована	42...100	20	442	-

Гарне ковзання забезпечується наявністю на поверхні виробів окисної плівки. Крім того, коефіцієнт термічного розширення бронзи БрБ2 близький до інструментальних сталей, що також сприяє надійній роботі цих матеріалів в одному вузлі.

Сплав БрБ2 у зістареному стані досягає максимальної міцності і твердості після обробки холодною пластичною деформацією. Гранична міцність на розрив може перевищувати 1300 МПа при твердості 45 НРС. Сплав БрБ2 також проявляє виняткову стійкість до релаксації напруг в умовах підвищених температур.

Під опором зношуванню (зносостійкістю) розуміється, що метали в умовах тертя починають зварюватися, «схоплюватися» під впливом високого тиску, тобто виникають умови для дифузійного взаємопроникнення часток третьових металів.

Методика проведених експериментів полягала в наступному: вимірялося зношування пари матеріалів у пристрої, що являє собою нерухливий блок з випробуваного матеріалу, в отворі якого міститься і навантажується осьовим навантаженням циліндричний диск, виконаний як з аналогічного, так і з іншого контактуючого матеріалу, причому останній приводиться в обертання в умовах сухого тертя.

У табл. 3 наведені дані по зносостійкості фрикційної пари БрБ2 у контакті з БрБ2, піддані різним видам термообробки і деформаційного зміцнення.

Таблиця 3 – Зносостійкість БрБ2 у контакті з БрБ2

Метали в контакті		Граничне значення тиску притиску, МПа
Вид термообробки	Умовна границя текучості, МПа	
загартований і зістарений	900	650*
підданий холодній деформації після загартування і зістарений	970	650*
відпалений і зістарений під навантаженням 650...700 МПа	700	650*

* – без слідів зношування.

У табл. 4 наведені дані по зносостійкості БрБ2 у контакті з корозійностійкими сталями.

Таблиця 4 – Зносостійкість БрБ2 у контакті з корозійностійкими сталями

Марка сталі	Умовна границя текучості, МПа	Граничне значення тиску притиску, МПа
12X18H9	290	260*
08X18H10	355	195*
10X17H13M2T	285	195*
20X13	595	450*
95X18	510	325*
03X14H7B	510	390*
07X16H4Д4Б-Ш	960	580*
07X16H4Д4Б	940	580*

* – без слідів зношування.

Антифрикційні властивості бронзи БрБ2 можна проілюструвати наступною діаграмою (рис. 2)

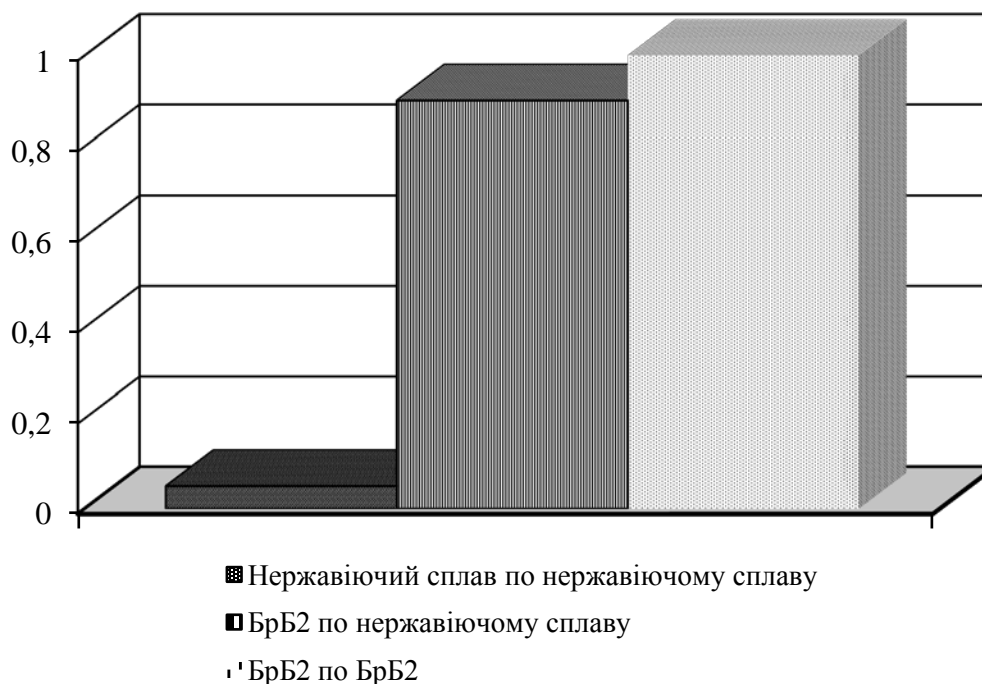


Рисунок 2 – Зносостійкість сплаву БрБ2

При терті в парах сплав БрБ2 по сплаву БрБ2, сплав БрБ2 по нержавіючій сталі зношування не спостерігається при навантаженнях складає 0.7...0.9 границі текучості сплаву або нержавіючої сталі (залежно від того, яка границя текучості у нержавіючої сталі). Зазначені навантаження в парах тертя суттєво перевищують граничні навантаження для більшості інших сплавів, у тому числі використовуваних у якості підшипників ковзання.

Ще один важливий показник, що характеризує надійність опор ковзання – корозійна стійкість. По опору корозії бінарні берилієві бронзи дуже близькі до олов'яних і алюмінієвих бронз. Берилієві бронзи показують гарну стійкість у холодній прісній і морській воді, у більшості кислотних і лужних розчинів.

Висновки. Аналіз даних випробувань на зносостійкість берилієвих бронз дозволяє зробити наступні висновки: пара БрБ2-БрБ2 має найбільш високі зносостійкі властивості в порівнянні з іншими антифрикційними парами; берилієва бронза БрБ2 демонструє гарні зносостійкі властивості в зістареному стані незалежно від історії термічної обробки і попередньої обробки тиском; при терті в парі БрБ2-корозійностійка сталь, зношування не спостерігається при навантаженні до 0,8 границі текучості для більшості з розглянутих матеріалів; берилієва бронза БрБ2 має суттєво більш високі зносостійкі властивості в порівнянні із кремнієвими бронзами при більш високих механічних властивостях у зістареному стані.

Список літератури

1. Берман С.И. Меднобериллиевые сплавы, их свойства, применение и обработка / С.И. Берман. -М. : Металлургия, 1966.- 343 с.
2. Чжоу Ши-чан. Исследование влияния некоторых переходных элементов на структуру и свойства сплавов медь-бериллий / Ши-чан Чжоу : автореф. на соискание науч. степени канд. техн. наук. - М. : Минцветзолото, 1958.
3. Богатов А.А. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением / А.А. Богатов, О.И. Мижирецкий, С.В. Смирнов. - М. : Металлургия, 1984. - 144с.
4. Совершенствование технологии производства и качество лент из бериллиевых бронз / В.Л. Зисельман , Н.Ш. Босхамджиев, Р.Л. Шаталов и др. // Цветные металлы. - 2005. - №12. - С. 86-89.
5. Зисельман В.Л. Разработка рациональных режимов термомеханической обработки для получения качественных лент из бериллиевых бронз / В.Л. Зисельман, Р.Л. Шаталов, А.В. Алдунин // Металлург. - 2006. - №2.- С. 72-75.

Аннотация

Перспективы использования бериллиевых бронз

Коломиец С.М.

В статье приведены исследования перспектив использования бериллиевых бронз на основе использования важных свойств, которые используются для опор скольжения – стойкость к нагреву, износостойкость, антифрикционность, коррозионная стойкость.

Abstract

Prospects of the use of beryllium bronzes

S. Kolomiyets

In the article researches of prospects of the use of beryllium bronzes are resulted on the basis of the use of important properties which are used for supports of sliding is firmness to heating, wearproofness, antifrikcionnost, inoxidizability.