

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи №4
«Дослідження структури і властивостей бабітів»
з дисципліни «Зносостійкі, фрикційні та антифрикційні
матеріали» для студентів освітньої програми «Відновлення та
підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання

2017

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи №4 «Дослідження структури і властивостей бабітів» з дисципліни «Зносостійкі, фрикційні та антифрикційні матеріали» для студентів освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій» усіх форм навчання / Укл.: М.І. Андрущенко, О.Є. Капустян – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. - 10 с.

Укладачі: М.І. Андрущенко, канд. техн. наук, доцент

О.Є. Капустян, старш. викл.

Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент

Редактор: І.П. Аверченко

Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено

на засіданні кафедри ОТЗВ

Протокол № 1 від 22.08.2017

Рекомендовано до видання

НМК ІФФ

Протокол № 1 від 19.09.2017

1 МЕТА РОБОТИ

Дослідити структуру і властивості бабітів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

В 1897 р. Шарпі сформулював правило, згідно з яким структура антифрикційних сплавів для виготовлення підшипників ковзання повинна бути гетерогенною, що складається з м'якої та пластичної основи з включенням більш твердих частинок. В такому випадку при обертанні вал спирається на тверді частинки, що забезпечують зносостійкість, а основа, яка стирається більш швидко, притирається до валу і утворює мережу мікроскопічних каналів, по яких циркулює мастильний матеріал і несуться продукти зносу.

Це правило справедливо для бабітів, розроблених у 40-х роках 19 століття Бабітом.

У 1839 р. Ісак Бабіт отримав патент на конструкцію підшипника, в якому він запропонував його внутрішню частину покривати сплавом на олов'яній основі. Британський метал, що застосовувався у той час для відливання столового посуду містив 89% Sn; 9 % Sb; 2 % Cu.

На ім'я автора, який першим запропонував конструкцію підшипника з заливкою м'яким металом, всі сплави на основі олова або свинцю почали називатися бабітами.

2.1 Сплави на основі олова

Сплави на олов'яній основі мають найбільш високі антифрикційні властивості в порівнянні з іншими сплавами для заливки підшипників.

Найбільше поширення з них отримав сплав олова з сурмою. Ці сплави утворюють 3 твердих розчини:

— твердий розчин γ на основі олова, що містить до 10 %

сурми;

— твердий розчин β , що містить 42-58 % олова;

— твердий розчин α на основі сурми, що містить до 4 % олова.

Сплави Sn-Sb із вмістом до 7 % сурми у своїй структурі мають тільки одну складову - твердий розчин γ .

При збільшенні вмісту сурми понад 7 % з'являється друга складова - кубічні кристали твердого розчину β (хімічне з'єднання SbSn), рівномірно розташованого на границі твердого розчину γ . При цьому необхідно, щоб кубічні кристали хімічного з'єднання SbSn не стикалися один з одним, а були б оточені основним (пластичної масою - твердим розчином γ). Якщо кубічні кристали будуть стикатися один з одним, що може трапитися при утриманні олова понад 20 %, сплав набуває небажану крихкість.

Присадка сурми викликає значне підвищення твердості сплаву.

Не дивлячись на високі антифрикційні властивості, сплави олова з 10-20 % сурми не знайшли широкого застосування, оскільки важко отримати однорідну будову цих сплавів із-за ліквідації кубічних кристалів SbSn, що мають меншу питому вагу, ніж рідкий розплав, з якого вони викристалізуються.

Для усунення ліквідації і підвищення механічних властивостей сплаву необхідна добавка третього компоненту - Cu або Ni.

Мідь у невеликих кількостях переходить у твердий γ -розчин, що містить 7 % Sb, завдяки чому твердість його підвищується.

При надлишку Cu в структурі сплаву з'являються дуже тверді кристали Cu_3Sn або Cu_6Sn_5 , які мають форму голок або зірок. Наявність цих кристалів також збільшує загальну твердість сплаву.

При роботі в підшипниках тендітні голки Cu_3Sn дають масу дрібних осколків, які є полірувальним матеріалом, як для кристалів SbSn в бабіті, так і для шийки валу.

Можливість утворення рисок при цьому виключена завдяки мікроскопічним розмірам Cu_3Sn .

Основна роль кристалів Cu_3Sn полягає в тому, що вони виділяючись з рідкого розплаву першими, утворюють як би скелет, що механічно затруднює ліквідацію кубічних кристалів SbSn, в наслідок чого кристалізація останніх відбувається більш рівномірно і розміри їх більш дрібні, крім того, кристали Cu_3Sn підвищують зносостійкість

сплаву.

Сприятливий вплив міді позначається при її вмісті в межах 2-10 %, при більшій її кількості сплав стає занадто ламким внаслідок великого скупчення крихких кристалів, які самі починають ліквідувати.

Найбільше застосування з Sn-Sb сплавів для заливки підшипників знайшли дві марки - Б88 і Б83.

Б88 містить 88 % Sn; 8 % Sb; 3 % Cu і 1 % Cd.

Б83 – 83 % Sn; 11 % Sb; 6 % Cu.

Ці сплави використовуються в підшипниках важконавантажених машин, турбін великих судових дизелів, турбонасосу, турбокомпресорів, важконавантажених електричних машин.

Недоліками Б83 є не високий опір втоми. Тому він не може бути застосований в підшипниках, що заливаються тонким шаром і піддаються вібраційним навантаженням. Товщина заливки $\delta > 3\text{ мм}$ (підшипники ковзання валів, вкладиші тихохідних потужних судових двигунів, компресорів).

$B_{88} < 3\text{ мм}$. Чим менше δ , тим вище втомна міцність.

Б88 застосовується при ударних навантаженнях на підшипник (гідротурбіни, шатуни автодвигунів і компресорів) та співвідношення $P \cdot V$ (універсальний критерій) $> 100\text{ кг} \cdot \text{м} / (\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

При спокійному навантаженні (електродвигуни, парові турбіни) $P \cdot V$ може бути > 150 .

2.2 Сплави Pb-Sb-Sn-свинцево-оловяністі бабіти

Чистий Pb має дуже малу твердість і міцність, тому під навантаженням від шийки валу він може бути видавлений з підшипника. Для підвищення твердості і міцності Pb необхідно вводити в нього легуючі компоненти.

Найкращу дію на Pb надають добавки Sn і Sb. Вміст Sn в свинцовосурмяних бабітах зазвичай не перевищує 16 %, і тому їх називають малооловянистими.

Sb со Pb утворює обмежений твердий розчин з максимальною розчинністю 2,5 % і евтектику з вмістом сурми близько 13 %.

Сплави, які містять менше 13 % Sb, складаються з кристалів твердого розчину Sb в Pb і евтектики. Сплав з близько 13 % Sb, містить тільки одну евтектику. Якщо кількість сурми в сплаві понад 13% у структурі сплаву з'явиться нова складова - надлишкові кристали Sb кубічної форми.

У сплавах Pb-Sb, що містять до 13 % Sb, основна складова настільки пластична, що при невеликих навантаженнях видавлюється, і вкладиш деформується.

Сплави, що містять понад 14 % Sb, мають більш високу твердість, але меншу ударну в'язкість, що ускладнює можливість застосування їх. Поліпшення механічних властивостей Pb-Sb сплавів може бути досягнуто за рахунок добавок Sn, який підвищує твердість, стійкість проти корозії і зчеплення зі сталеву поверхню.

Серед Pb-Sb сплавів найбільше поширення для заливки підшипників отримали сплави марок Б16 (табл. 2.1), БС6 і БН, які використовуються для машин середньої навантаженості, наприклад автомобільні мотори.

Б16: містить 16 % Sn, 16 % Sb, 2 % Cu; інш. Pb

БС6 - 6% Sn; 6% Sb, інш. Pb

БН - 10% Sn, 12% Sb, 2% Cu, 1% Ni, інш. Pb.

Ці бабіти мають структуру, яка складається з α твердого розчину Sn, Sb у Cu в Pb (дрібна складова) і твердих частинок β -фази (SnSb), Cu_3Sn у Cu_2Pb .

Таблиця 2.1 - Основні властивості Б16 та БКА (Pb-Ca-бабіт)

Показник	Значення	
	Б16	БКА
$T_{пл}, ^\circ\text{C}$	410	315
Ударна в'язкість	100	
Робоча температура, $^\circ\text{C}$	30	32
Твердість, HB	0,14	1,6
Теплопровідність, $\text{кал}/\text{см}\cdot\text{с}\cdot^\circ\text{C}$	0,06	0,05
Коефіцієнт лінійного розширення, $\alpha\cdot 10^6$	24	36
Коефіцієнт ковзання з мастилом без змащення	0,006	0,0004
	0,25	0,44
Знос з мастилом, $\text{мг}/\text{см}^2\cdot\text{кг}$	0,22	0,16
Знос без змащення	15	36
Межа міцності, $\text{кг}/\text{мм}^2$	6,9	10

Сплав БС6 має високу міцність і призначається для заливання тонкостінних автомобільних вкладишів.

Термін служби вкладишів, залитих БС6 в 2 рази більше, ніж з Б88.

Бабіт Б16 при кімнатній температурі - крихкий, при ударних навантаженнях в підшипниках можуть утворюватися тріщини, при спокійних навантаженнях працює добре.

Бабіт БН застосовують як замітник Б83 при спокійному і ударному навантаженні. При роботі він не дає тріщини, не викрашується і добре притирається до шийок валів. Тому він може бути застосований для заливки підшипників ДВЗ, важко навантажених редукторів, шестеренних клітей прокатних станів.
 $P = 140 \text{ кг / см}^2$, $V = 3.5 \text{ м / с}$; $P = 220 \text{ кг / см}^2$; $V = 0.5 \text{ м / с}$

Б16 і БН використовують для виготовлення вкладишів $S = 3\text{мм}$.

2.3 Свинцево-кальцієві бабіти

Ці бабіти належать до системи Pb-Ca-Na.

М'якої складової бабіту є α -фаза (твердий розчин Na і Ca в Pb), а твердою складовою - кристали Pb_3Ca , Na і інші елементи, що вводяться до сплаву і підвищують твердість α розчину.

Найбільше поширення серед Pb-Ca бабітів отримали сплави марок БКА (табл. 2.1), БК2 і БК2Ш (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Хімічний склад БКА, БК2 і БК2Ш

Марка сплаву	Ca, %	Na, %	Інші елементи, %	Pb, %
БКА	1	0,8	Al - 0,4	інше
БК2	0,5	0,3	Su 2	інше
БК2Ш	0,8	0,8	Su 2	інше

Кальцієві бабіти використовуються на залізничному транспорті - підшипники валів, коліс, колінчастих валів тепловозів.

БК2 застосовують для заливки по сталі чи бронзі, причому робочий шар заливки не повинен перевищувати 1мм, (підшипники деталей тепловозів).

БКА застосовують для заливання вкладишів пасажирських і товарних вагонів.

БКА не схоплюється з тілом вкладиша, а утримується в ньому механічно за допомогою пазів типу "ластівчин хвіст" або іншої форми.

$P = 80-150 \text{ кг/см}^2$; $V = 15 \text{ м / с}$; $d = 0,1-0,3 \text{ мм}$

Бабіти застосовуються тільки в підшипниках, що мають міцний сталевий, чавунний або бронзовий корпус. Сплав наноситься у вигляді шару завтовшки 1-3 мм на робочу поверхню вкладиша підшипника ковзання.

Тонкостінні підшипникові вкладиші автомобільних двигунів виготовляють штампуванням з біметалічною стрічки, отриманої на лінії неперервного заливання. Підшипники великого діаметра заливають індивідуально стаціонарним або відцентровим способом, а також литтям під тиском.

Підвищені антифрикційні властивості і високий опір втомним руйнуванням забезпечують нові триметалеві підшипники.

Найбільш поширені вітчизняні композиції тришарових вкладишів складаються зі сталеві основи, проміжного пористого Cu-Ni або металокерамічного шару і свинцевого сплаву, що заповнює пори проміжного шару і утворює проміжний поверхневий шар товщиною не більше 0,1 мм. Триметали знайшли широке застосування в автомобілебудуванні.

З КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНОСТІ СТУДЕНТІВ ДО РОБОТИ

1. Антифрикційні матеріали. Характеристики й загальні вимоги. Принцип Шарпі. Загальна класифікація.
2. Фази в олов'яних і свинцевих сплавах.
3. Фазові перетворення при нагріванні й охолодженні.
4. Принципи легування.
5. Класифікація сплавів.
6. Промислові марки.
7. Переваги й недоліки.
8. Області застосування.
9. Способи виготовлення підшипників.

4 МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

- 4.1 Заготовка (відливка) бабіту Б83 в стані поставки.
- 4.2 Ручна пила по металу.
- 4.3 Верстат для полірування зразків.
- 4.4 Абразивна шкурка, алмазна паста.
- 4.5 Прилад для визначення мікротвердості матеріалів ПМТ-3.
- 4.6 Мікроскоп NU-2
- 4.7 Цифровий фотоапарат.
- 4.8 Комп'ютер, принтер.
- 4.9 Лабораторний стенд для випробування матеріалів на зносостійкість.

5 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

При виконанні роботи не допускати можливості нанесення травм при випадковому падінні зразків чи нанесенні подряпин їх гострими кромками.

6 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

- 6.1 Підготувати на 2 - 3 зразках шліфи для металографічного аналізу та визначення мікротвердості поверхні.
- 6.2 Визначити твердість та мікротвердість зразків усереднено та окремих складових структури.
- 6.3 З використанням мікроскопу та цифрового фотоапарату отримати зображення мікроструктур
- 6.4 Зробити опис структури. Визначити розміри і, орієнтовно, кількість фаз, які знаходяться в твердому розчині. Вказати фази стрілками на фотোগрафіях.

6.5 Знайти середньоарифметичні дані. Результати занести в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 - Властивості дослідженого сплаву Б 83

Мікротвердість, Н _{0,5} , ГПа			Кількість
загальна	твердого речину	надлишкової фази	надлишкової фази, %

7 ЗМІСТ ЗВІТУ

7.1 Найменування і мета роботи.

7.2 Короткі теоретичні відомості про антифрикційні матеріали, переваги і недоліки бабітів.

7.3 Хімічний склад дослідженого бабіту.

7.4 Методика випробувань.

7.5 Таблиця результатів досліджень та фото мікроструктури.

7.6 Аналіз результатів металографічних та дюрOMETричних досліджень бабіту.

7.7 Висновки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин. – Запорожье: Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2000. – 394 с.
2. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. – М.: Металлургия, 1981. – 648 с.
3. Словарь – справочник по трению, износу и смазке деталей машин // Зозуля В.Д., Шведков Е.Л., Ровинский Д.Я., Браун Э.Д. – К.: Наукова думка, 1990. - 264 с.