

УДК 621.002.3:621.89

Т.А. Роїк, І.Є. Дорфман

ВИБІР РЕЖИМІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗНОСОСТІЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПЛІВОК ТЕРТЯ

The bushing bearings based on wastes of AK12MMgH alloy are produced by powder metallurgy method. We analyze friction films formed on the surface of investigated bushing bearings samples based on wastes of AK12MMgH alloy in the pair with counterface of steel 45 (45–48 HRC_c) obtained as a result of tests on friction and wear. We utilize AVMT-1 friction machine to analyze tribotechnical properties of wear-resistant parts based on wastes of AK12MMgH alloy. We demonstrate that this brand new material based on wastes of AK12MMgH alloy has better antifriction properties than the cast material. By using scanning microscopy, we obtain the chemical composition of spectra with arbitrary areas of surface friction. Noteworthy is the fact that results of scanning microscopy correlate with investigated tribotechnical characteristics of wear-resistant parts. We reveal the most efficient operation modes of AK12MMgH material, namely the sliding speed – 1 m/sec; specific load on the friction pair – 5,3 MPa in the air at temperatures up to 120 °C, at which high and stable levels of functional properties of new wear-resistant parts of printing machinery can be achieved.

Вступ

Об'єктивною вимогою подальшого розвитку як поліграфії, так і поліграфічного машинобудування є постійне підвищення якості поліграфічного обладнання. Тому в умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку поряд з високими вимогами до функціонального призначення та точності продукції поліграфічного машинобудування велике значення надають надійності та довговічності як виробів в цілому, так і окремих вузлів та деталей. Вдосконалення роботи вузлів тертя є важливим завданням, оскільки саме від їх роботи залежить надійність, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність поліграфічного обладнання загалом. Для задоволення експлуатаційних вимог розроблено та використовується ряд підшипникових литих матеріалів на основі чорних і кольорових металів (бронзи, бабіту та ін.) і композиційних матеріалів, виготовлених методами порошкової металургії [1, 2]. Проте підшипникові литі матеріали мають недостатні показники триботехнічних властивостей, а в композиційних матеріалів хоч і є переваги перед литими, але вони з надто високою вартістю. Водночас в Україні є великі потенційні джерела дешевої цінної сировини – шліфувальні відходи кольорових і чорних металів та сплавів машинобудівного, металургійного, приладобудівного виробництв, які вивозяться у відвали внаслідок їх забруднення абразивом і не використовуються в повторному циклі виробництва. Втім зазначені відходи, що містять у своєму складі велику кількість цінних легувальних елементів (W, Mo, V, Co, Al, Ti, Cr, Nb тощо), після відповідної переробки можна використовувати в подальшому виробничому циклі,

зокрема, для виготовлення ефективних підшипників ковзання на основі відходів алюмінієвих сплавів для поліграфічних машин, як це було започатковано в працях [2–4]. Проте на формування триботехнічних характеристик при роботі деталей на тертя і зношення вирішальний вплив чинять плівки тертя, що утворились у процесі експлуатації. Ці плівки (вторинні структури), як відомо [1], можуть забезпечувати як високі характеристики матеріалу, так і призводити до схоплень та задирок залежно від умов роботи деталі. Тому вибір оптимальних режимів експлуатації зносостійких деталей тертя друкарської техніки, при яких забезпечуються максимальні функціональні властивості, на основі аналізу плівок тертя є актуальним завданням і потребує комплексу досліджень.

Постановка задачі

Метою дослідження є встановлення оптимальних режимів роботи зносостійких деталей поліграфічних машин з відходів алюмінієвого сплаву АК12MMgH на основі аналізу плівок тертя, що утворились при роботі контактної пари.

Результати досліджень і їх аналіз

Як основу підшипникових матеріалів для неважких умов експлуатації було вибрано шламові відходи алюмінієвого сплаву АК12MMgH (відходи виробництва заводу “Київтрактородеталь”, м. Київ) – легованого силуміну.

Складнолегований силумін АК12MMgH має у своєму складі велику кількість легувальних елементів [5], масова частка яких стано-

виль, %: Si – 11,0–13,0, Cu – 1,2–1,6, Mg – 0,9–1,2, Zn – 0,3–0,5, Sn – 0,01–0,02, Mn – 0,3–0,6, Cr – 0,05–0,2, Ni – 0,8–1,3, Na – 0,05–0,1, Fe – 0,5–0,8, Ti – 0,05–0,2.

Триботехнічні характеристики втулок підшипників ковзання на основі відходів сплаву АК12ММгН визначали за методикою трибометрії на установці ВМТ-1.

Випробування на тертя та зношення проводили на повітрі при швидкості ковзання 1 м/с, навантаженнях 5–7 МПа в парі з контртілом зі сталі 45 (45–48 HRC_c) та змащуванні мастилом "І-20" і температурах зовнішнього нагріву 100–120 °С.

У результаті проведення випробувань одержано триботехнічні характеристики, значення яких наведено у табл. 1.

Після випробувань на тертя і зношення на поверхнях досліджуваних зразків утворились плівки тертя. Аналіз даних табл. 1 засвідчує, що новий матеріал на основі відходів сплаву АК12ММгН за антифрикційними властивостями переважає литий матеріал. Така поведінка нового матеріалу полягає в суттєвих відмінностях структуроутворення композиційного та литого сплаву АК12ММгН, які виникають внаслідок різних принципів синтезу матеріалів.

За допомогою методу растрової мікроскопії одержано хімічний склад спектрів з довільних областей поверхні тертя, що видно з рис. 1, 2 і табл. 2.

Наявність таких елементів як хлор, кальцій, кисень, сірка свідчить про наявність залишків мастила, оскільки до складу мастила входять перелічені елементи (спектри 1, 3 – темні ділянки поверхні рис. 1).

Мастило, імовірно, знаходиться в порах матеріалу і в процесі експлуатації під дією навантажень здатне видавлюватись на поверхню матеріалу, забезпечуючи постійне змащення поверхонь тертя, при цьому покращуючи експлуатаційні характеристики вузлів тертя.

На світлих ділянках поверхні (рис. 1, спектри 2, 3) зафіксовано переважну наявність елементів, що входять до складу сплаву АК12ММгН. Це свідчить про утворення плівок тертя, до скла-

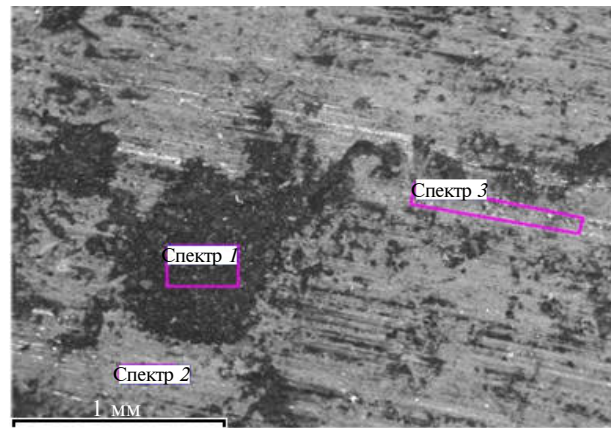


Рис. 1. Зображення поверхні зразка після випробувань при 5–6 МПа, отримане в режимі реєстрації відбитих електронів; $\times 100$

Таблиця 1. Триботехнічні характеристики композиційних втулок підшипників ковзання на основі відходів алюмінієвого сплаву АК12ММгН

Склад матеріалу	Коефіцієнт тертя		Інтенсивність зношування зразка, мкм/км		Інтенсивність зношування контртіла, мкм/км		Гранично допустима температура, °С	Гранично допустиме навантаження, МПа
	при 5 МПа	при 7 МПа	при 5 МПа	при 7 МПа	при 5 МПа	при 7 МПа		
1 ¹	0,0075–0,0080 ³	0,03–0,032	3,9 ³	14,8	сліди	6,4	120	7
2 ²	0,0250 ³	0,08–0,087	6,0 ³	28,6	2,5*	18,6	120	3,5

¹ композиційний матеріал АК12ММгН; ² литий сплав АК12ММгН; ³ випробування при 100 °С.

Таблиця 2. Атомарний хімічний склад (%) композиційного підшипникового матеріалу на основі відходів алюмінієвого сплаву АК12ММгН у зонах "Спектр 1", "Спектр 2", "Спектр 3"

Спектр 1																
Хімічний елемент	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Cr	Fe	Ni	Cu	Ti
Ат. %	65,53	25,31	–	–	3,77	4,44	–	0,07	–	0,12	0,31	–	0,10	–	–	0,05
Спектр 2																
Ат. %	42,81	15,18	0,65	0,53	28,76	10,6	–	–	0,18	0,09	0,1	–	0,15	0,41	0,55	–
Спектр 3																
Ат. %	54,96	16,63	0,36	0,53	16,93	7,23	0,12	0,16	0,14	0,08	0,20	0,06	1,75	0,33	0,53	–

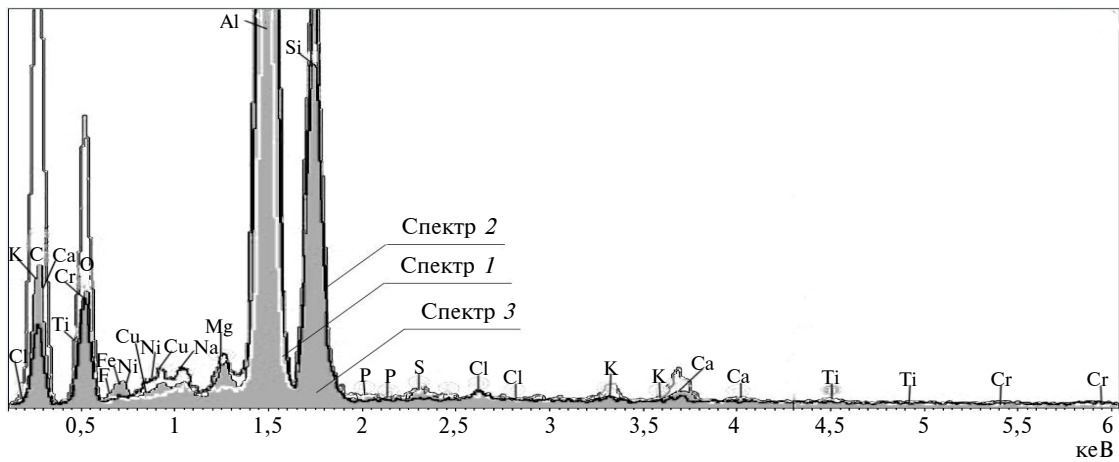
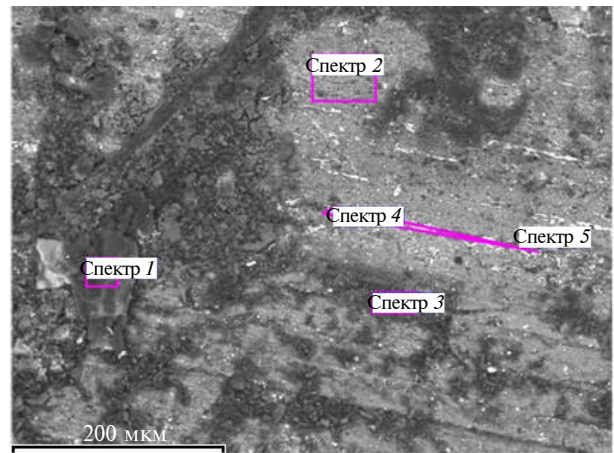


Рис. 2. Спектри поверхонь тертя після випробувань при навантаженні 5 МПа

ду яких входять хімічні елементи досліджуваного матеріалу, контртіла та залишки мастила. Присутність таких зон забезпечує високі антифрикційні властивості (див. табл. 1), що позитивно впливає на процеси припрацьовування у вузлах тертя. На рис. 2 показано спектри поверхонь тертя після випробувань при навантаженнях 5–6 МПа, які відповідають світлим та темним ділянкам поверхні тертя.

Після проведення випробувань при навантаженні 7 МПа спостерігається інший розподіл структурних складових частин і хімічних елементів (рис. 3, 4, табл. 3).

Як видно з рис. 3 та табл. 3, низка зон поверхонь тертя перенасичені не тільки киснем, але й залізом. Це пов'язано з високими навантаженнями на пару тертя (7 МПа), що призводить до “намазування” компонентів контртіла на поверхню матеріалу, а це, у свою чергу, викликає підвищення коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування матеріалу. Крім цього, на поверхнях тертя спостерігається велика кількість елементів, які входять до складу мастила.

Рис. 3. Зображення поверхні зразка після випробувань при навантаженні 7 МПа, отримане в режимі реєстрації відбитих електронів; $\times 500$

Вказане корелює зі значеннями триботехнічних характеристик матеріалу, одержаними в результаті триботехнічних випробувань при 7 МПа (див. табл. 1). Таким чином, можна стверджувати, що діапазон навантажень, в яких матеріал працює

Таблиця 3. Атомарний хімічний склад (%) композиційного підшипникового матеріалу на основі відходів алюмінієвого сплаву АК12ММгН у зонах “Спектр 1”, “Спектр 2”, “Спектр 3”, “Спектр 4”, “Спектр 5”

		Спектр 1															
Хімічний елемент	C	O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	
Ат. %	54,49	41,47	0,31	—	0,50	0,53	0,12	0,29	0,13	0,15	0,10	—	0,03	—	—	—	
		Спектр 2															
Ат. %	37,42	28,63	0,56	0,37	18,22	8,04	3,08	0,50	0,12	0,20	0,25	0,10	1,23	0,23	0,69	0,25	
		Спектр 3															
Ат. %	60,28	22,64	0,20	0,17	8,99	6,87	0,17	0,08	0,11	0,10	—	—	0,12	0,11	0,16	—	
		Спектр 4															
Ат. %	49,52	21,35	0,59	0,23	13,42	7,03	1,94	0,39	0,11	0,15	0,18	—	4,36	0,23	0,50	—	
		Спектр 5															
Ат. %	51,03	21,17	0,87	0,27	3,23	2,48	2,32	0,77	0,17	0,18	0,21	—	16,26	0,29	0,74	—	

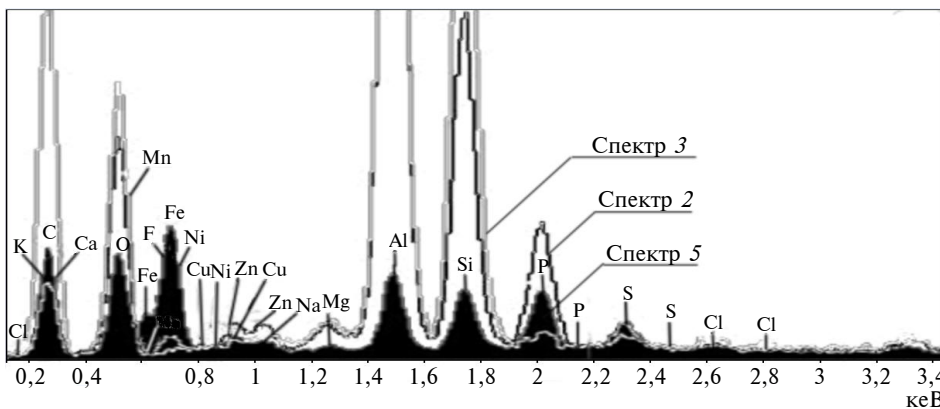


Рис. 4. Спектри поверхонь тертя після випробувань при навантаженні 7 МПа

ефективно, становить 3–5,5 МПа, а підвищення навантаження до 7 МПа призводить до значного збільшення коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування як матеріалу, так і контртіла. Ці результати підтверджуються мікрорентгеноскопічним аналізом поверхонь тертя (рис. 4).

На рис. 4 показано спектри поверхонь тертя після випробувань при навантаженнях 5–6 МПа, що відповідають світлим і темним ділянкам поверхні тертя.

Висновки

Наведені результати свідчать про доцільність застосованої технології виготовлення композиційних підшипникових матеріалів, де у ролі вихідної сировини використано високолеговані цінні

й одночасно дешеві шламкові відходи силуміну АК12М2МгН. Велика та різноманітна кількість легуючих елементів, наявних у ньому, та ретельне дотримання технологічних режимів виготовлення здатні забезпечити формування структури матеріалу, вигідної з точки зору тертя і зношування.

Проведене дослідження дає змогу встановити раціональні режими експлуатації матеріалу АК12ММгН, а саме: швидкість ковзання – 1 м/с, навантаження на пару тертя – 3–5 МПа на повітрі при температурі до 120 °С, при яких досягається утворення такого складу плівок тертя, який забезпечує високий і стабільний рівень функціональних властивостей нових зносостійких деталей поліграфічної техніки.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення фазового складу плівок тертя зносостійких деталей на основі відходів силумінів, що дасть змогу технологічними заходами впливати на характер антизадирних плівок, а відтак, і керувати експлуатаційними властивостями деталей поліграфічних машин.

1. Федорченко И.М., Пугина Л.И. Композиционные спеченные антифрикционные материалы. – К.: Наук. думка, 1980. – 404 с.
2. Костецкий Б.И., Носовский И.Г. Износостойкость и антифрикционность деталей машин. – К.: Техніка, 1965. – 206 с.
3. Агеева В.С., Пугина Л.И., Федорченко И.М. и др. Изучение процесса спекания и формирования структуры малопористых материалов на основе железа // Порошковая металлургия. – 1977. – № 6. – С. 85–91.
4. Кравец И.А. Реперативная регенерация трибосистем. – Тернопіль: Вид-во Бережан. агротехн. ін-ту, 2003. – 284 с.
5. Роїк Т.А. Влияние легующих элементов на структурообразование та властивості антифрикційних матеріалів з силумінових відходів // Междунар. сб. науч. тр. “Прогрессивные технологии и системы машиностроения”. – Донецк: ДонГТУ. – 2003. – Вып. 26. – С. 44–51.
6. Пат. 34407 Україна, МКИ С 22С 21/02. Композиційний підшипниковий матеріал на основі алюмінію / Т.А. Роїк, А.П. Гавриш, О.Н. Гавриш, В.В. Холявко, О.М. Прохоренко. – № 200803173; Заявл. 12.03.2008; Опубл. 11.08.08, Бюл. № 15. – 4 с.
7. Гонтарь А.Г., Ткач В.Н., Кузьменко Е.С. и др. Компьютеризация растровых электронных микроскопов – новый уровень изучения и контроля поверхностей // Инструментальный світ. – 2001. – № 12. – С. 16–18.

Рекомендована Радою
Видавничо-поліграфічного інституту
НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції
12 березня 2012 року