

УДК 621.002.3:621.89

**Т. А. Роїк** д-р техн. наук, проф.,

**П. О. Киричок** д-р техн. наук, проф.,

**А. П. Гавриш** д-р техн. наук, проф.,

**Ю. Ю. Віцюк** канд. техн. наук, **І. Є. Дорфман**, асп.

Національний Технічний Університет України «КПІ», Україна

Тел./Факс: +38 (066) 2004870; E-mail: [roik2011@gmail.com](mailto:roik2011@gmail.com)

## **ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ НА ОСНОВІ СИЛУМІНОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНИХ МАШИН**

*В роботі наведено результати структурних та триботехнічних досліджень порошкових антифрикційних матеріалів на основі шліфувальних силумінових відходів сплаву АК12ММгН з додаванням твердого мастила  $MoS_2$ , що призначені для роботи у контактних парах різальних машин. Структурні дослідження свідчать, що  $MoS_2$  рівномірно розподілений в матеріалі, що сприяє підвищенню триботехнічних властивостей. Триботехнічні випробування показали, що додавання  $MoS_2$  дозволяє збільшувати граничнодопустимі навантаження і робочі швидкості ковзання при стабільно високих антифрикційних властивостях тертьових пар різальних друкарських машин.*

**Ключові слова:** шліфувальні відходи, силумін, тверде мастило, структурні дослідження, триботехнічні випробування, антифрикційні матеріали, різальні друкарські машини.

### **Вступ**

Розвиток поліграфічного машинобудування, оснащення поліграфічної техніки різного роду складними механізмами і пристроями додає проблемі підвищення зносостійкості деталей у вузлах тертя машин величезне значення.

Інтенсивний знос сполучених деталей у вузлах тертя призводить до втрати кінематичної точності механізмів, порушення герметичності робочого простору машин, порушення нормального режиму змащення і т.д., в результаті чого знижується потужність двигунів, зменшується продуктивність устаткування, що призводить до зниження якості продукції [1-4].

Це у повній мірі стосується низки деталей тертя, які працюють з мастилом у важких умовах вузлів друкарських машин - при підвищених навантаженнях (2-4 МПа) та швидкостях (1-3 м/с) в умовах агресивного середовища (повітря), що є притаманним для роботи різних модифікацій друкарських різальних машин, зокрема, трьохножових машин Wohlenberg Trim-tec 560, Wohlenberg Trim-tec 607, фальцапарату Heidelberg-IF-50ST та ін.

Крім того в реальних умовах роботи тертьові деталі машин і устаткування поліграфічної галузі в окремі моменти часу або протягом всієї експлуатації також працюють в режимі, при якому відбуваються локальні порушення мастильної плівки, що призводить до підвищеного тертя, зношування і утворення задирів. У такому режимі знаходяться не тільки важконавантажені тихохідні вузли, але і всі механізми в моменти пуску, зупинки, реверсування руху і в процесі припрацьовування. Найбільш очевидним підтвердженням цього факту є знос, який супроводжує роботу деталей вузлів тертя всіх машин [4].

Це пов'язано передусім з незадовільними функціональними властивостями зазначених деталей тертя поліграфічних машин, що є наслідком недосконалості технологій їх виготовлення та фінішної обробки робочих поверхонь.

У той же час авторами [5] було проілюстровано реальну можливість та доцільність використання шламових відходів силуміну АК12ММгН як дешеvu і одночасно цінну сировину для виготовлення нового типу антифрикційних деталей з підвищеною зносостійкістю. Однак недоліками цього антифрикційного матеріалу є незадовільний рівень триботехнічних властивостей – високий коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування при підвищених швидкостях ковзання та гранично-допустимих навантаженнях при терті без змащування рідким мастилом на повітрі (позитивні властивості даний матеріал [6] демонстрував лише при роботі з рідким мастилом).

Тому, завдання підвищення зносостійкості і довговічності деталей тертя поліграфічних різальних машин шляхом створення нових технологій виготовлення та оброблення нових ефективних антифрикційних деталей на основі шліфувальних відходів силумінів, які б відповідали сучасним вимогам поліграфічного машинобудування та були б здатні працювати без мастила, а також були б недорогими, є вельми *актуальним* потребує подальших досліджень.

У зв'язку з цим *метою* роботи було підвищення працездатності деталей тертя різальних поліграфічних машин шляхом встановлення закономірностей формування функціональних властивостей деталей з нових матеріалів на основі відходів силуміну АК12ММгН з додаванням твердого мастила дисульфиду молібдену залежно від технологічних режимів виготовлення з можливістю керувати параметрами зносостійкості таких деталей технологічними засобами.

Для реалізації поставленої мети в роботі було сформульовано наступні *задачі*:

1. Розробити технологію виготовлення антифрикційних деталей на основі шламових відходів алюмінієвого сплаву силуміну АК12ММгН з додаванням порошку  $\text{MoS}_2$  у кількості 9,0-12,0 мас. %.
2. Провести структурні дослідження отриманого порошкового антифрикційного матеріалу для встановлення розподілу  $\text{MoS}_2$  в металевій матриці.
3. Визначити триботехнічні характеристики антифрикційного матеріалу АК12ММгН з додаванням  $\text{MoS}_2$ .
4. Узагальнити одержані результати, зробити висновки та рекомендації.

### **Основний зміст та результати роботи**

Основою антифрикційних матеріалів було обрано промислові шламові відходи алюмінієвого сплаву силуміну АК12ММгН [6]. Даний сплав має наступний хімічний склад, мас. %: Si – 11,0...13,0; Cu – 0,8...1,5; Mg – 0,85...1,35; Zn – 0,1...0,2; Sn – 0,005...0,01; Mn – 0,1...0,2; Cr – 0,1...0,2; Ni – 0,8...1,3; Na – 0,05...0,1; Fe – 0,5...0,7; Ti – 0,05...0,2; Pb – 0,03 ... 0,05.

Шліфувальні відходи сплаву АК12ММгН після операцій очищення [4, 5] від забруднень абразивною крихтою та висушення від вологи, змішували з порошками дисульфиду молібдену  $\text{MoS}_2$  у кількості 9,0-12,0 мас. %, пресували при тисках 450-500 МПа при кімнатній температурі. Утворені брикети піддавали гарячому пресуванню при 300 МПа та температурі зовнішнього нагріву 400 °С.

Застосування розроблених технологічних заходів з виготовлення заготовок з нового матеріалу забезпечило одержання складної гетерогенної структури. Структура отриманого матеріалу представляє собою металеву матрицю  $\alpha$ -твердого розчину на

основі алюмінію з рівномірно розподіленими у ній включеннями другої фази – твердого мастила – дисульфиду молібдену, яка наведена на рис. 1.

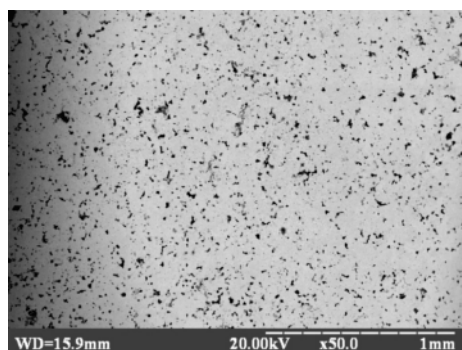


Рис. 1. Структура зразку матеріалу зі шламових відходів сплаву АК12ММгН + 9% MoS<sub>2</sub> (шліф не травлений)

Структурні дослідження (рис.1) вказують на те, що додані порошки дисульфиду молібдену не тільки рівномірно розподілені за перерізом зразка без сегрегаційних скупчень, але й являють собою дрібнодисперсну складову.

Тому такі феноменологічні особливості розподілу і дисперсності MoS<sub>2</sub> здатні забезпечити не тільки намащування його на поверхню антифрикційної деталі, але і реалізацію правила масоперенесення твердого мастила на поверхню сполученої деталі (контртіло).

Триботехнічні властивості визначали на повітрі при швидкості ковзання 1,0-3,0 м/с, навантаженнях на пару тертя 2,0-4,0 МПа в парі з контртілом із сталі 45 (45-48 HRC<sub>e</sub>) без змащування рідким мастилом (в умовах

самозмащування).

Параметри триботехнічних випробувань було обрано у відповідності до реальних умов функціонування вузлів різальних друкарських машин.

У табл. 1 наведено триботехнічні властивості нового антифрикційного матеріалу АК12ММгН з додаванням MoS<sub>2</sub> та антифрикційного матеріалу АК12М2МгН [6].

Таблиця 1. Триботехнічні характеристики композиційного антифрикційного матеріалу на основі відходів алюмінієвого сплаву АК12ММгН з домішками MoS<sub>2</sub>

Склад матеріалу, мас.%	Гранично-допустиме навантаження, МПа	Коефіцієнт тертя (f) та інтенсивність зношування (I), мкм/км, при навантаженнях МПа				Гранично-допустима швидкість ковзання, м/с
		2,5		4,0		
		f	I	f	I	
АК12М2МгН + 9 MoS <sub>2</sub>	4,0	0,097	12,41	0,12	12,68	3,0
АК12М2МгН + 10 MoS <sub>2</sub>	4,0	0,094	12,38	0,11	12,66	3,0
АК12М2МгН + 12 MoS <sub>2</sub>	4,0	0,091	12,42	0,13	12,69	3,0
АК12М2МгН [6]	2,5	0,27-0,31	39,82	0,39-0,42	48,43	1,0

Наведені у табл.1 дані показують, що присутність дисульфиду молібдену у складі досліджуваного нового зносостійкого матеріалу на основі алюмінієвого сплаву АК12ММгН забезпечує надання йому більш високих триботехнічних характеристик при підвищенні гранично-допустимих навантажень на пару тертя і швидкостей ковзання у порівнянні з матеріалом на основі АК12М2МгН, який задовільно працює лише за наявності рідкого мастила.

Крім того, наявність свинцю у металевій матриці матеріалу, який введено у силумін АК12ММгН ще на етапі виготовлення (при металургійному переплаві) покращує в'язкість матеріалу, що є значущим фактором для припрацьовування деталі у періоди пуску обладнання.

Окрім цього свинець, як м'який та легкоплавкий елемент, рівномірно розташовується по границям зерен всього об'єму металевій матриці матеріалу, завдяки чому реалізується його позитивна дія як додаткового твердого мастила при експлуатації деталі за підвищених швидкостей ковзання і навантажень.

Також, що є найбільш значущим фактором, завдяки присутності дисульфиду молібдену у процесі тертя на поверхні матеріалу формується антизадирна змащувальна розділювальна плівка, що складається з  $\text{MoS}_2$  та комплексних хімічних сполук елементів пари тертя – зразка і контртіла.

Вигляд поверхонь тертя зразка з матеріалу на основі відходів сплаву АК12ММгН з домішками  $\text{MoS}_2$  та контртіла зі сталі 45 зображено на рис.2.

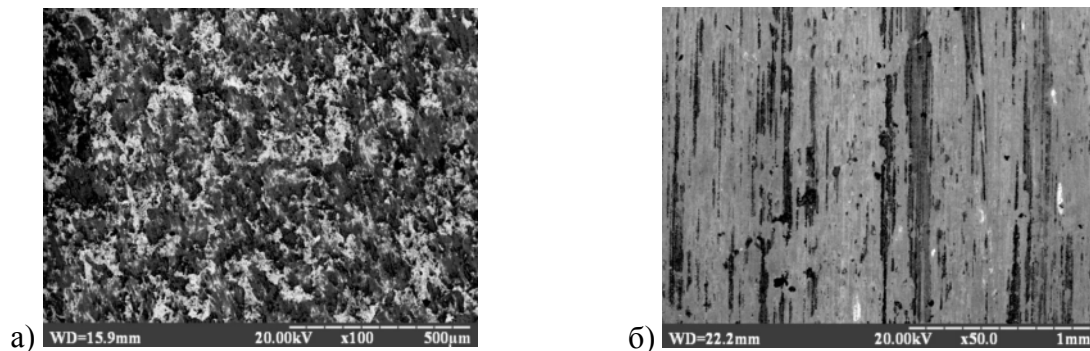


Рис. 2. Поверхні тертя зразка з матеріалу на основі відходів сплаву АК12ММгН з додаванням  $\text{MoS}_2$  (а) та контртіла із сталі 45 (б)

Сполучені поверхні ковзання пари тертя, що показані на рис.2, відрізняються доброю якістю без ділянок сколів та глибинних виривів. Топографія поверхонь матеріалів не має зон тужавлень, заїдань та схоплень, що забезпечує стабільну і тривалу роботу антифрикційної пари вузла різальної машини, що підтверджується даними табл.1.

### **Висновки**

В результаті виконаних досліджень можна зробити наступні узагальнення:

1. Показано, що наявність дисульфиду молібдену забезпечує добре припрацьовування зносостійкого матеріалу на основі відходів силуміну АК12ММгН і дозволяє форсувати режими навантаження на матеріал, збільшуючи гранично-допустимі навантаження і робочі швидкості ковзання при стабільно високих триботехнічних властивостях вузла тертя друкарської різальної машини.

2. Економічна ефективність виконаної роботи полягає також у можливості використання відходів алюмінієвого сплаву АК12ММгН для виготовлення якісних композиційних деталей, що працюють на тертя та знос у режимі самозмащування, у позбавленні необхідності застосування змащувальних мастил та спрощенні конструкцій вузлів завдяки усуненню складних мастилоподавальних систем.

3. Новий зносостійкий матеріал на основі алюмінієвого сплаву АК12ММгН з домішками твердого мастила – дисульфиду молібдену  $\text{MoS}_2$  може бути рекомендований для оснащення вузлів тертя, що працюють при підвищених швидкостях ковзання і

навантаженнях без змащування рідким мастилом в атмосфері повітря, насамперед, у вузлах різального обладнання поліграфічної галузі промисловості.

#### Список використаної літератури:

1. Жидецький Ю.Ц. Поліграфічні матеріали / Ю.Ц. Жидецький. – Львів: Афіша, 2001. – 327 с.
2. Гавенко С. Оздоблення друкованої продукції: технологія, устаткування, матеріали / С. Гавенко, Е. Лазаренко. — Київ-Львів, 2003. — 180 с.
3. Вирченко А.И. Брошюрочно-переплетное оборудование: учебное пособие [для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по специальности "Полиграфическое оборудование и системы обработки информации"] / А.И. Вирченко, А.А. Сивогорлый. – Минск: Изд-во БГТУ, 2003. – 216 с.
4. Роїк Т.А. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації / Т.А. Роїк, П.О. Киричок, А.П. Гавриш. - К.: НТУУ "КПІ", 2007. - 404 с.
5. Роїк Т.А. Розробка технологічних режимів виготовлення підшипникових антифрикційних деталей для поліграфічної техніки / Т.А. Роїк, І.Є. Дорфман //Международ. сб. науч. тр. «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». - 2012. - Вып. 44. - С. 219-225.
6. Композиційний підшипниковий матеріал на основі алюмінію: патент 34407 Україна, МКИ С 22С 21/02 / Роїк Т.А., Гавриш А.П., Гавриш О.Н., Холявко В.В., Прохоренко О.М. - № 200803173; Заявл. 12.03.2008; Опубл. 11.08.08, Бюл. № 15. – 3 с.

Надійшла до редакції 31.12.2012.

**Т. А. Роик, П. А. Киричок, А. П. Гавриш,  
Ю. Ю. Вицюк, И. Е. Дорфман  
ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
ДЕТАЛЕЙ ТРЕНИЯ НА ОСНОВЕ  
СИЛУМИНОВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ  
ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАШИН**

*В работе представлены результаты структурных и триботехнических исследований порошковых антифрикционных материалов на основе шлифовальных силуминовых отходов сплава АК12ММ2Н с добавлением твердой смазки MoS<sub>2</sub>, предназначенных для работы в контактных парах режущих печатных машин. Структурные исследования свидетельствуют, что MoS<sub>2</sub> равномерно распределен в материале, что способствует повышению триботехнических свойств. Триботехнические испытания показали, что добавление MoS<sub>2</sub> позволяет увеличивать предельно-допустимые нагрузки и рабочие скорости скольжения при стабильно высоких антифрикционных свойствах трущихся пар резальных печатных машин.*

**Ключевые слова:** *шлифовальные отходы, силумин, твердая смазка, структурные исследования, триботехнические испытания, антифрикционные материалы, резальные печатные машины.*

**T. A. Roik, P. O. Kyrychok, A. P. Gavrish,  
Yu. Yu. Vitsuk, I. E. Dorfman  
IMPROVING DURABILITY FRICTION PARTS  
FOR PRINTING MACHINES BASED ON  
SILUMIN WASTES**

*In the article the results of structural and tribotechnical researches of powder antifriction materials based on silumin alloy grinding waste AK12MM2H with solid lubricant MoS<sub>2</sub> additions, which are aimed for a work in contact pairs of cutting printing machines have been presented. Structural researches indicate that MoS<sub>2</sub> is uniformly distributed in the material, which increases the tribological properties. Tribotechnical tests have shown the MoS<sub>2</sub> addition allow to increase the loads and speeds of sliding at the stable high tribotechnical properties in contact pairs of cutting printing machines.*

**Key words** *grinding wastes, silumin, solid lubricant, structural researches, tribotechnical tests, antifriction materials, cutting printing machines.*