

УДК 621.002.3:621.89

Т. А. Роїк, д.т.н., проф., І. Є. Дорфман, асп.
Національний Технічний Університет України «КПІ», Україна
Тел./Факс: +38 (066) 2004870; E-mail: roik2011@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЧНІ ФАКТОРИ ВИГОТОВЛЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ З ВІДХОДІВ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ДЛЯ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ТЕХНІКИ

Наведено результати досліджень впливу технологічних факторів виготовлення на властивості антифрикційних деталей тертя для поліграфічних машин на основі відходів сплаву АК12ММgН. Проведено структурні дослідження, які показали наявність у деталях зміцнюючих фаз, що мають високу густину та рівномірність розподілу за перерізом деталі. Показано, що нові деталі на основі відходів сплаву АК12ММgН за антифрикційними властивостями перевищують литі деталі. Проаналізовано поверхні тертя досліджуваних деталей на основі відходів сплаву АК12ММgН після випробувань на тертя та знос.

Ключові слова: поліграфічні машини, технологія виготовлення, антифрикційні деталі, структурні дослідження, триботехнічні характеристики

1. Вступ

Різальні машини застосовуються в брошурно-палітурному виробництві для розрізки та обрізки листів паперу в стопі, книжних блоків, брошур та журналів для зміни лінійних розмірів напівфабрикатів з метою отримання продукції потрібного формату [1]. Незважаючи на уявну простоту процесу різання паперу, машини, що виконують цю функцію, є дуже відповідальною і важливою складовою поліграфічного комплексу. Від точності попереднього підрізування паперу в значній мірі залежить якість одержуваної друкованої продукції.

Одним з головних чинників, що визначають довговічність і продуктивність як поліграфічного обладнання, так і обладнання в цілому, є деталі тертьових сполучень, насамперед, деталі з антифрикційних алюмінієвих сплавів, які працюють з мастилом у важких умовах вузлів друкарських машин - при підвищених навантаженнях (2-4 МПа) та швидкостях (до 1 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, та ін.[2].

Такі деталі на основі алюмінію мають високий коефіцієнт теплопровідності, завдяки чому робоча температура на поверхні тертя при інших рівних умовах може бути нижча, а довговічність і допустимі значення несучої здатності, яка є добутком навантаження на пару тертя на швидкість ковзання ($P \times V$), при цьому вищі [3].

Поряд з цим існуючі на сьогодні матеріали на основі алюмінію для різних умов роботи не задовольняють зростаючим потребам сучасної техніки, а саме: литі матеріали у ряді випадків мають недостатні показники триботехнічних властивостей, а порошкові, хоча й мають переваги перед литими, мають високу вартість.

Водночас, в Україні існують великі джерела дешевої цінної сировини, що вивозиться у відвали та не використовується у подальшому виробництві – це відходи, зокрема, кольорових металів та сплавів машинобудівного виробництва. Такі відходи, як сплав на основі алюмінію АК12ММgН, містять у своєму складі значну кількість цінних елементів — Cu, Mg, Si, Kd, Ni, Co, Mn та інших. Даний факт зробив

їх привабливою сировиною для подальшого використання з метою одержання з них якісних високолегованих антифрикційних матеріалів. Тому питання створення нових ефективних технологій виготовлення композиційних деталей для поліграфічної техніки, що при цьому будуть виготовлені з доступної сировини та мають низьку вартість, є вельми актуальним і потребує подальших досліджень.

У зв'язку з цим метою роботи було дослідження впливу технологічних факторів виготовлення антифрикційних композиційних деталей з відходів силуміну АК12ММгН для поліграфічної техніки на зносостійкість та довговічність деталей тертя, а відтак і машини в цілому.

Для реалізації поставленої мети в роботі було сформульовано наступні задачі:

1. Розробити технологію регенерації шламових порошків силумінового сплаву АК12ММгН та виготовлення з отриманного матеріалу антифрикційних деталей.
2. Провести структурні дослідження отриманих антифрикційних деталей.
3. Визначити триботехнічні характеристики антифрикційних деталей виготовлених зі шламових відходів сплаву АК12ММгН.
4. Виконати мікрорентгеноспектральний аналіз для дослідження поверхні тертя деталі з нового матеріалу та контртіла.
5. Узагальнити одержані результати, зробити висновки та рекомендації.

2. Результати досліджень та їх аналіз

Шламові шліфувальні відходи силуміну АК12ММгН є відходами виробництва заводу «Київтрактородеталь» (м. Київ), що утворились під час операцій шліфування поршнів двигунів тракторів, забруднені частками абразиву та компонентами мастильно-охолоджувальної рідини (МОР).

Саме через забрудненість абразивом та його компонентами МОР зазначені шліфувальні відходи АК12ММгН вивозяться у відходи і не використовуються в подальшому виробництві.

Тому один з найважливіших етапів для ефективного використання такої цінної сировини для виготовлення конструкційних деталей тертя було розроблення технічної регенерації відходів.

Після висушування від вологи та відпалення компонентів МОР проводили сепарацію силумінових відходів від абразиву методом електродинамічної сепарації, коли використовується така фізична властивість алюмінієвого сплаву, як його висока електропровідність (порівняно з абразивом). Це дозволяє з високою ефективністю вилучати кольорові метали навіть при їх невеликому вмісті у малоелектропровідних відходах. В даній роботі очищення від абразиву проводили за допомогою однороторного сепаратора [4].

Умови роботи вузлів тертя друкарських машин, як вказано вище, пов'язані з високими навантаженнями та швидкостями, а це в свою чергу вимагає високої конструктивної міцності деталей, що працюють у цих вузлах. Це може бути досягнуто мінімізацією пористості. Саме для цього навантаження попереднього холодного пресування становить 450-500 МПа. Внаслідок того, що при навантаженнях нище 400 МПа одержують брикети з пористістю більше 20% і вони швидко руйнуються, а вище 500 МПа подальше ущільнення не відбувається внаслідок природи частинок алюмінію. Пористість після холодного пресування 10-13%. Для мінімізації пористості і наближення деталі до компактного стану проводили операцію гарячого пресування при температурі 400 °С та навантаженні 300 МПа [5]. Температуру гарячого пресування обирали відповідно до діаграми стану сплаву так, щоб вона була вищою від

температури повного розчинення легувальних елементів у Al, але нижча за температуру плавлення (564°C) незрівноважної евтектики у сплаві. Так, після гарячого пресування заготовки з матеріалу на основі відходів силуміну АК12ММгН майже не мали залишкової поруватості – відносна щільність становила 0,98 – 0,99.

Таким чином до розробленої технології виготовлення входили наступні операції: 1) регенерація силумінового шламу, яка включає очищення шламу від компонентів мастильно-охолоджуючої рідини та сепаративне очищення; 2) пресування одержаного порошку у прес-формах (холодне пресування); 3) гаряче пресування; 4) додаткова обробка (при необхідності).

В результаті вищевказаних технологічних операцій одержали антифрикційний матеріал для деталей тертя, з якого були виготовлені зразки для різних видів досліджень, зокрема, для структурних випробувань (рис. 1), досліджень поверхонь тертя (рис. 2, 3).

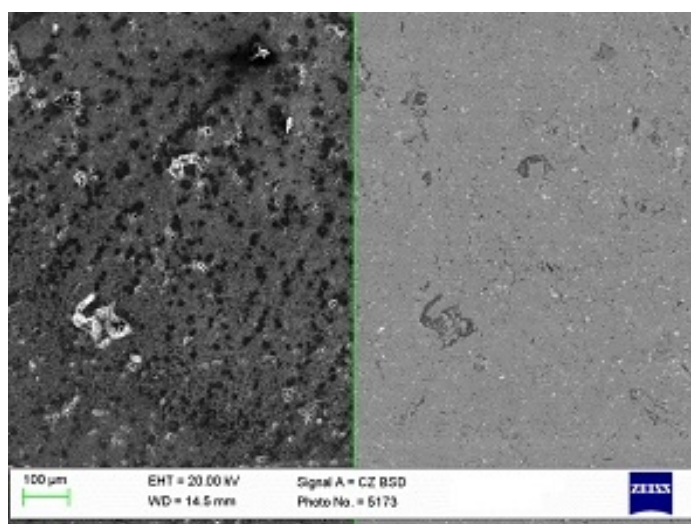


Рис. 1. Структура зразку матеріалу зі шламових відходів сплаву АК12ММгН

Структурні дослідження (рис.1) свідчать, що наявні у матеріалі зміцнюючі фази (інтерметаліди) мають високу густину та рівномірність розподілу за перерізом зразку, що сприяє зменшенню розміру зерна та, відповідно, підвищенню фізико-механічних та антифрикційних властивостей.

Таблиця 1. Властивості композиційного матеріалу АК12ММгН

Матеріал	Межа міцності на розтяг, МПа	Твердість, НВ, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²	Коеф. тертя	Інтенсивність зношування зразка, мкм/км	Інтенсивність зношування контртіла, мкм/км
Композит на основі відходів АК12ММгН	180-185	550-570	0,18-0,30	0,0075-0,0080	3,9	сліди
Литий сплав АК12ММгН [6]	186	670	0,30-0,40	0,0250	6,0	2,5

Наступним кроком було дослідження комплексу фізико-механічних та триботехнічних випробувань. Випробування на тертя та знос проводили на повітрі при швидкості ковзання 1 м/с при навантаженні до 5 МПа в парі з контртілом із сталі 45 (45-48 HRC_e) для наближення до реальних умов експлуатації, коли під дією навантажень контактні поверхні розігріваються до 100 - 120 °С. Змащування виконували мастилом “І-20” (табл. 1).

Як видно з табл. 1, за рівнем фізико-механічних властивостей композиційний деталі з відходів сплаву АК12ММgН не поступається литим, а за триботехнічними - майже втричі перевершує литі, що пов'язане з різними технологічними принципами їх виготовлення.

В роботі приділяли увагу дослідженню поверхні тертя, як деталі з нового матеріалу так і контртіла, для чого виконувався мікрорентгеноспектральний аналіз (рис. 2, 3).

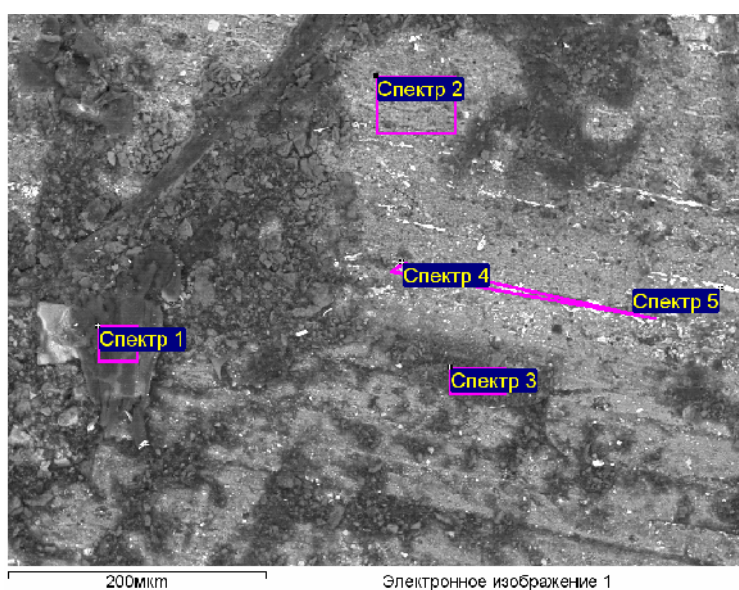


Рис. 2. Зображення зони тертя деталі після випробувань при навантаженні 5 МПа, отримане в режимі реєстрації відбитих електронів, $\times 500$

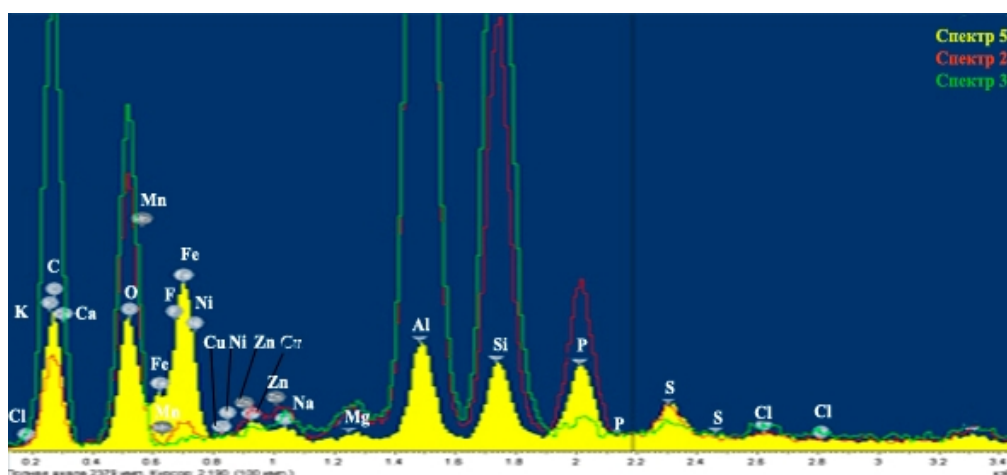


Рис. 3. Спектри поверхонь тертя після випробувань при навантаженнях 5 МПа

Після проведення випробувань при навантаженні 5 МПа, спостерігається такий розподіл структурних складових і хімічних елементів (рис. 2, 3).

Хімічний склад (ат. %) матеріалу в зоні «Спектр 1: С – 54.49, О – 41.47, Na – 0.31, Al – 0.50, Si – 0.53, P – 0.12, S – 0.29, Cl – 0.13, K – 0.15, Ca – 0.10, Fe – 0.03.

Хімічний склад (ат. %) матеріалу в зоні «Спектр 2: С – 37.42, О – 28.63, Na – 0.56, Mg – 0.37, Al – 18.22, Si – 8.04, P – 3.08, S – 0.50, Cl – 0.12, K – 0.20, Ca – 0.25, Mn – 0.10, Fe – 1.23, Ni – 0.23, Cu – 0.69. Zn – 0.25.

Хімічний склад (ат. %) матеріалу в зоні «Спектр 3: С – 60.28, О – 22.64, Na – 0.20, Mg – 0.17, Al – 8.99, Si – 6.87, P – 0.17, S – 0.08, Cl – 0.11, K – 0.10, Fe – 0.12, Ni – 0.11, Cu – 0.16.

Хімічний склад (ат. %) матеріалу в зоні «Спектр 4: С – 49.52, О – 21.35, F – 0.00, Na – 0.59, Mg – 0.23, Al – 13.42, Si – 7.03, P – 1.94, S – 0.39, Cl – 0.11, K – 0.15, Ca – 0.18, Fe – 4.36, Ni – 0.23, Cu – 0.50.

Хімічний склад (ат. %) матеріалу в зоні «Спектр 5: С – 51.03, О – 21.17, F – 0.00, Na – 0.87, Mg – 0.27, Al – 3.23, Si – 2.48, P – 2.32, S – 0.77, Cl – 0.17, K – 0.18, Ca – 0.21, Fe – 16.29, Ni – 0.29, Cu – 0.74.

Як видно з рис. 2, 3 зони тертя крім основних елементів силумінового зразка насичені залізом, що пов'язано з високими навантаженнями на пару тертя та участю у терті деталі контртіла, також присутні вуглець та залишки мастила.

Оскільки деталі мають залишкову пористість, то у пори проникає мастило і вони служать мікрорезервуарами для мастила у випадку аварійного припинення змащення.

Таким чином, як показали виконанні дослідження, технологія виготовлення антифрикційних деталей забезпечила високий рівень триботехнічних властивостей, що набагато більший, ніж у литих деталей. Деталі виготовлені з відходів силуміну мають невисоку вартість, оскільки виготовлені з дешевої та доступної сировини та можуть ефективно використовуватись у вузлах тертя поліграфічних машин.

3. Висновки

1. Дослідження показали, що існуючі в Україні великі потенційні сировинні джерела – відходи, зокрема, кольорових металів і сплавів машинобудівного, виробництва, після певної переробки можна успішно використовувати у подальшому виробничому циклі для виготовлення нових якісних антифрикційних деталей для поліграфічної техніки.

2. При визначенні триботехнічних характеристик встановлено, що деталі антифрикційних композитів для вузлів тертя поліграфічних машин на основі відходів сплаву АК12ММgН за триботехнічними характеристиками перевищують властивості литого сплаву. Велика та різноманітна кількість легуючих елементів, що наявні шламових відходах силуміну, та ретельне дотримання технологічних режимів виготовлення здатні забезпечити формування структури матеріалу, вигідної з точки зору тертя та зношування.

3. Подальші дослідження будуть спрямовані на створення композиційних антифрикційних деталей на основі силумінових відходів, що здатні працювати без змащування рідким мастилом у більш жорстких умовах друкарського обладнання.

Список літератури:

1. 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. ISBN 985-434-221-2

2. Підвищення працездатності деталей тертя на сонові силумінових відходів для поліграфічних відходів/ Т. А. Роїк, П. О. Киричок, А. П. Гавриш, Ю. Ю. Віцюк, І. Є. Дорфман//Международ. сб. науч. тр. «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». - Донецк: ДонГТУ. - 2013. - Вып. 1,2. - С. 137-143.

3. Роїк Т.А., Киричок П.О., Гавриш А.П. Композиційні підшипникові матеріали для підвищених умов експлуатації. — К.: НТУУ “КПІ”, 2007. — 404 с. ISBN 978-434-221-2.

4. Аналіз ефективності технології виготовлення антифрикційних деталей на основі відходів силуміну для різальних машин/ Т. А. Роїк, А. П. Гавриш, П. О., Киричок Ю. Ю. Віцюк, І. Є. Дорфман//Технологічні комплекси. – 2013- №1(7) . – С. 165-170.

5. Роїк Т. А. Розробка технологічних режимів виготовлення підшипникових антифрикційних деталей для поліграфічної техніки/ Роїк Т. А., Дорфман І. Є.// Международный. сб. науч. тр. «Прогрессивные технологии и системы машиностроения». - Донецк: ДонГТУ. - 2012. - Вып. 44. - С. 219-225.

6. Белецкий В.М. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение)/ В.М. Белецкий, Г.А Кривов. - Киев: Коминтех, 2005. ISBN 966-8550-25-0

Т. А. Роик, И. Е. Дорфман
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ
ДЕТАЛЕЙ ИЗ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ
СПЛАВОВ ДЛЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ

Приведены результаты исследований влияния технологических факторов изготовления антифрикционных деталей трения для полиграфических машин на основе отходов сплава АК12ММgN. Проведены структурные исследования, которые показали наличие в деталях упрочняющих фаз имеющих высокую плотность и равномерность распределения по сечению детали. Показано, что новые детали на основе отходов сплава АК12ММgN по антифрикционным свойствам превышают литые детали. Проанализированы поверхности трения исследуемых деталей на основе отходов сплава АК12ММgN после испытаний на трение и износ.

Ключевые слова: полиграфические машины, технология изготовления, антифрикционные детали, структурные исследования, триботехнические характеристики.

T. Roik, I. Dorfman
TECHNOLOGICAL MANUFACTURE
FACTORS ANTIFRICTION DETAILS FOR
PRINTING EQUIPMENT BASED ON WASTE
ALUMINIUM ALLOY

The research results of influence technological manufacture factors of antifriction details based on waste of AK12MMgN alloy for printing equipment machines have been presented. It was carried out the analysis of structure. It was shown the presence of hardening phases in the details with high density and uniform distribution in the volume of details. It was shown that the new material based on wastes alloy AK12MMgN has better antifriction properties than cast material. Friction surface details based on waste alloy AK12MMgN after result of the tests on the friction and wear has been analyzed.

Keywords: printing machines, technology manufacture, antifriction details, analysis of structure, tribotechnical properties.

Надійшла до редколегії 07.05.2013 р.