

УДК 621.002.3: 621.89

## *Періодичність структури та властивості антифрикційних композиційних матеріалів на основі відходів силуміну АК12ММгН*

Т.А. Роїк, доктор технічних наук, професор  
А.П. Гавриш, доктор технічних наук, професор  
Ю.Ю. Віцюк

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

*Наведено результати дослідження впливу періодичності структури нових антифрикційних композиційних матеріалів на основі шліфувальних відходів сплаву АК12ММгН на комплекс їх властивостей. Показано ефективність розробленої технології виготовлення досліджуваних матеріалів, що підтверджено результатами комплексного Фур'є-аналізу.*

Інтерес до антифрикційних матеріалів на основі алюмінію, що виготовлені методом порошкової металургії, неухильно зростає у зв'язку з їх суттєвими перевагами, пов'язаними з можливістю введення до складу матеріалів широкого асортименту домішок, здатних надати матеріалу тих чи інших наперед заданих властивостей, що у багатьох випадках неможливо досягти традиційними методами металургійного переплаву [1, 2]. Проте існуючі технологічні складнощі у виготовленні зазначеного класу матеріалів, висока ціна вихідної сировини (порошків) та обладнання для її виготовлення є факторами, що обмежують використання композитів на основі алюмінію. В Україні існують великі джерела дешевої цінної сировини, що вивозиться у відвали та не використовується у подальшому виробництві – це відходи кольорових та чорних металів та сплавів машинобудівного, металургійного, приладобудівного виробництв, які після переробки можна використовувати у подальшому виробничому циклі. Тому питання створення нових ефективних антифрикційних композиційних матеріалів, які були б виготовлені з доступної сировини та мають низьку вартість, є вельми актуальним і потребує подальших досліджень.

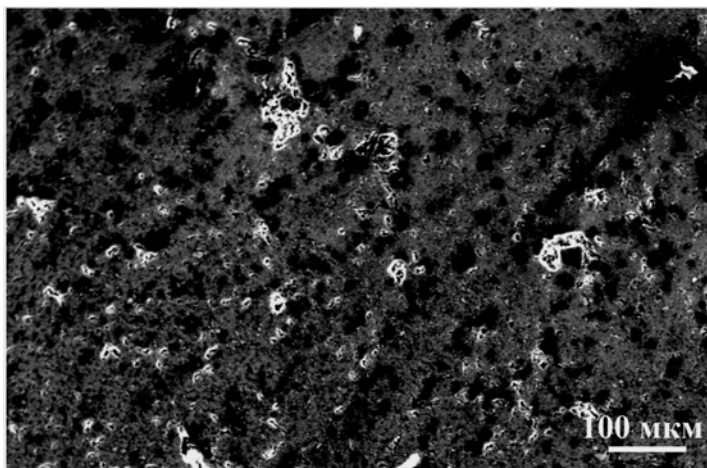
У роботі наведено результати дослідження впливу періодичності структури на властивості антифрикційних композиційних матеріалів на основі шліфувальних відходів силуміну АК12ММгН.

Шламові шліфувальні відходи силуміну АК12ММгН заводу «Київтрактородеталь», які утворились під час операцій шліфування поршнів двигунів тракторів, забруднені частками абразиву та компонентами мастильно-охолоджувальної рідини.

Після просушування та відпалення компонентів мастильно-охолоджуючої рідини проводили сепарацію силумінових відходів від абразиву методом електродинамічної сепарації.

Згідно з відпрацьованою технологічною схемою спочатку пресували заготовки при навантаженні 500 МПа за кімнатної температури. Після цього проводили операцію гарячого пресування спресованих зразків при температурі 400 °С та навантаженні 300 МПа.

В результаті комплексу технологічних операцій одержали матеріал зі структурою, що складається з  $\alpha$ -легованого твердого розчину на основі алюмінію, евтектики Al – Si та включень подвійних і потрійних сполук інтерметалідів, які виступають в ролі зміцнюючої фази (рисунок).



Мікроструктура композиційного антифрикційного матеріалу АК12ММгН.

Отримана гетерогенна структура (рисунок) забезпечує високий комплекс фізико-механічних та триботехнічних властивостей матеріалів (табл. 1).

Таблиця 1  
Властивості композиційного матеріалу АК12ММгН

Матеріал	Поріг міцності на розтяг, МПа	Твердість, НВ	Ударна в'язкість, кДж/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт тертя	Інтенсивність зношування зразка, мкм/км	Інтенсивність зношування контртіла, мкм/км
Композиційний матеріал АК12ММгН	180 - 185	85 - 100	0,18 – 0,30	0,008	3,9	сліди
Литий сплав АК12ММгН	186	90	0,30 – 0,40	0,025	6	2,5

Випробування на тертя та зношування проводили на повітрі при швидкості ковзання 1 м/с при навантаженні до 5 МПа в парі з контртілом зі сталі 45 (45 – 48 НРС<sub>e</sub>) при змащуванні мастилом “І-20” та температурах зовнішнього нагріву до 100 °С.

За рівнем фізико-механічних властивостей (табл. 1) композиційний матеріал з відходів сплаву АК12ММгН не поступається литому сплаву, а за триботехнічними – майже втричі його перевершує.

Для підтвердження ефективності розробленої технології виготовлення матеріалів на основі порошків з відходів алюмінієвих сплавів було виконано Фур'є-аналіз періодичності структури на основі мікрофотографій шліфів досліджуваних зразків за допомогою програмних пакетів аналізу зображень.

В результаті аналізу структурного стану і реологічних особливостей вихідної поверхні матеріалу на основі відходів сплаву АК12ММгН, що проводили за двовимірним спектром, було визначено кількість (у %) найдрібніших елементів структури та блоків структурних складових. Це дозволило оцінити анізотропію структури матеріалу в цілому.

Результати розподілу структурних елементів матеріалу на основі сплаву АК12ММгН наведено у табл. 2.

**Таблиця 2**  
Розподіл структурних елементів в матеріалі на основі сплаву АК12ММгН

Режим аналізу	Фур'є-аналіз		Орієнтація	
	А <sub>стр.</sub> , %	Дрібні об'єкти, %	Кут нахилу, градус	А <sub>сеп.</sub> , %
SE – рельсф поверхні (у вторинних електронах)	74	2	68	4,6
BE – у фазовому контрасті (глибина 50 нм)	100	100	106	4,9

Як показують результати досліджень, що представлені в табл. 2, технологія виготовлення матеріалу на основі відходів сплаву АК12ММгН забезпечила одержання щільного ( $\Pi \approx 1 - 2 \%$ ) сильно деформованого матеріалу, про що свідчить 100 % структурна (реальна фізична) анізотропія  $A_{стр.}$  вже з глибини  $\sim 50$  нм. Структурна анізотропія безпосередньо з поверхні зразка складає 74 %, що, вірогідно, пов'язано з її зменшенням при виготовленні шліфа. Про це також свідчить зміна кута нахилу головного вектора орієнтації структурних елементів матеріалу (табл. 2).

При цьому незалежно від режиму аналізу (SE або BE) середня геометрична (орієнтаційна,  $A_{сеп.}$ ) анізотропія виявилась досить низькою – 4,6 – 4,9 %. Це свідчить про достатньо високу однорідність одержаної структури матеріалу. Наявність малої неоднорідності (анізотропії) підтверджується проведеними дослідженнями фізико-механічних та триботехнічних властивостей (табл. 1). Зношування матеріалу відбувається рівномірно по всій поверхні тертя.

Розподіл залишкових частинок абразиву (3 – 5 %) в структурі металевої матриці матеріалу на основі відходів сплаву АК12ММгН відрізняється рівномірністю (рис. 1, табл. 2), що сприяє реалізації принципу Шарпі (рівномірний розподіл твердих включень у м'якій матриці). Це, у свою чергу, мінімізує знос і стабілізує роботу пар тертя.

Одночасно з аналізом анізотропії структури матеріалу в роботі проводився якісний аналіз її текстури за фоновими ознаками: яскравість, розмір складових, форма, просторова орієнтація [2 – 4].

Текстура матеріалу з відходів силуміну АК12ММгН сформувалась під впливом зовнішніх технологічних факторів – температури і навантаження при виготовленні матеріалу. Тобто після виготовлення композиційного матеріалу за розробленими технологічними режимами одержується дрібнозерниста структура, про що свідчать рис. 1 і табл. 2, зі 100 % кількістю дрібних об'єктів. Така структура забезпечує високий рівень комплексу властивостей матеріалу (табл. 1).

**Висновки** Показано перспективність застосування шліфувальних відходів алюмінієвих сплавів у повторному циклі виробництва для одержання якісних деталей з високим рівнем службових характеристик.

Розроблено комплексну технологію одержання композиційних антифрикційних матеріалів на основі відходів сплаву АК12ММгН, що включає очищення від абразиву вихідної сировини, пресування за кімнатної температури та операцію гарячого пресування брикетів, яка забезпечила формування гетерогенної структури матеріалу з високими функціональними характеристиками.

Фур'є-аналіз періодичності структури підтвердив ефективність розробленої технології виготовлення композиційних антифрикційних матеріалів.

Результати проведених досліджень відкривають можливість використання цінної вторинної шламової сировини кольорових сплавів для виготовлення конструкційних деталей, що частково вирішує проблему пошуку нових видів сировини та захисту довкілля від забруднень.

### Література

1. Гонтарь А.Г., Ткач В.Н., Кузьменко Е.С. Компьютеризация растровых электронных микроскопов – новый уровень изучения и контроля поверхностей. – Инструментальный світ. – 2001. – № 12. – С.16 – 18.
2. Вудраф Д. Современные методы исследования поверхности. – М.: Мир, 1989. – 568 с.
3. Васильков Д.В. Эффективность использования международных стандартов при контроле микрогеометрии поверхности деталей // Инструмент. – 1998. – № 12. – С. 6 – 7.
4. Шепелев А.А., Лавриненко В.И., Ткач В.Н. Диагностика качества режущей поверхности кругов из СТМ методом растровой электронной микроскопии // Труды VII Межд. науч.-тех. семинара «Високі технології в машинобудуванні: діагностика процесів і забезпечення якості». – Харків: ХГПУ, 1996. – С. 234 – 236.

Одержано 14.01.10

**Т.А. Ройк, А.П. Гавриш, Ю.Ю. Вицюк**

### **Периодичность структуры и свойства антифрикционных композиционных материалов на основе отходов силумина АК12ММгН**

#### **Резюме**

Приведены результаты исследования влияния периодичности структуры новых антифрикционных композиционных материалов на основе шлифовальных отходов сплава АК12ММгН на комплекс их свойств. Показана эффективность разработанной технологии изготовления исследуемых материалов, что подтверждено результатами комплексного Фурье-анализа.

**T.A. Roik, A.P. Gavrish, Yu.Yu. Vitsuk**

### **The structure periodicity and properties of antifriction composite materials of АК12ММгН alloy wastes**

#### **Summary**

The results of structure periodicity influence of new antifriction composite materials on the basis of polishing wastes of АК12ММгН alloy for the complex of their properties are presented. It is shown the efficiency of the developed technology for the materials that is confirmed by the results of complex Fourier-analysis.