

ВПЛИВ ПЕРІОДИЧНОСТІ СТРУКТУРИ НА ВЛАСТИВОСТІ АНТИФРИКЦІЙНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ СИЛУМІНУ АК12ММГН

Т.А. Роїк, В.В. Холявко, О.М. Прохоренко

*Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Інтерес до антифрикційних сплавів на основі алюмінію, що виготовлені методом порошкової металургії, постійно зростає у зв'язку з їх істотними перевагами, такими, як мала густина, висока корозійна стійкість, висока теплопровідність, питома міцність тощо та можливістю введення до складу матеріалів широкого асортименту домішок, здатних надати матеріалу тих чи інших наперед заданих властивостей. Поряд з цим існуючі сьогодні матеріали на основі алюмінію для різних умов роботи не задовольняють зростаючі потреби сучасної техніки або за рівнем триботехнічних властивостей (литі), або мають високу вартість (порошкові). Водночас в Україні існують великі джерела дешевої цінної сировини – це металеві відходи машинобудівного, металургійного, приладобудівного виробництв, які після переробки можна використовувати у подальшому виробничому циклі. Тому питання створення нових антифрикційних композиційних матеріалів, які є недорогими, є вельми актуальним і потребує подальших досліджень.

У поданій роботі наведено результати дослідження впливу періодичності структури на властивості антифрикційних композиційних матеріалів на основі шліфувальних відходів силуміну АК12ММГН.

Шламкові шліфувальні відходи силуміну АК12ММГН є відходами виробництва, що утворились під час операцій шліфування та забруднені частками абразиву й компонентами мастильно-охолоджувальної рідини (МОР). Після висушування від вологи та відпалення компонентів МОР здійснювали сепарацію силумінових відходів від частинок абразивної крихти методом електродинамічної сепарації.

Далі, згідно з відпрацьованою технологічною схемою, спочатку пресували заготовки за навантаження 500 МПа та кімнатної температури. Після цього виконували операцію гарячого пресування зразків за температури зовнішнього нагріву 400 °С та навантаження 300 МПа.

В результаті комплексу технологічних операцій одержаний матеріал мав структуру, що складалася з α -легованого твердого розчину на основі алюмінію, евтектики Al-Si та включень подвійних і потрійних сполук інтерметалідів, які виконують роль зміцнюючої фази.

Досліджувався комплекс фізико-механічних та триботехнічних властивостей матеріалів, значення яких наведено в табл. 1. За рівнем фізико-механічних властивостей композиційний матеріал з відходів сплаву АК12ММГН не поступається литому сплаву, а за триботехнічними – майже втричі його перевершує.

Таблиця 1

Властивості композиційного матеріалу АК12ММГН

№	Матеріал	Межа міцності на розтяг, МПа	Твердість, НВ	Ударна в'язкість, кДж/м ²	Коефіцієнт тертя	Інтенсивність зношування зразка, мкм/км	Інтенсивність зношування контртіла, мкм/км
1	Композиційний матеріал АК12ММГН	180–185	85–100	0,18–0,30	0,0080	3,9	сліди
2	Литий сплав АК12ММГН	186	90	0,30–0,40	0,0250	6,0	2,5

Для підтвердження ефективності розробленої технології виготовлення матеріалів на основі порошків-відходів алюмінієвих сплавів було виконано Фур'є-аналіз періодичності структури за допомогою програмних пакетів аналізу зображень SIA 1.00.

При дослідженнях періодичності структури також кількісно було оцінено рівень анізотропії (геометричної) та орієнтацію елементів структури матеріалу щодо головних діючих напружень за допомогою аналізу фрактограм поверхні зразка, тобто у відбитих електронах, з глибини ~ 50 нм та у вторинних електронах – з рельєфу поверхні.

У результаті аналізу структурного стану і реологічних особливостей вихідної поверхні матеріалу на основі відходів сплаву АК12ММгН, які виконували за двовимірним спектром, було визначено кількість (у відсотках) найдрібніших елементів структури та блоків структурних складових для кожного кутового діапазону. Це дало змогу оцінити анізотропію структури матеріалу загалом. Результати розподілу структурних елементів матеріалу наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Розподіл структурних елементів у матеріалі на основі сплаву АК12ММгН

Режим аналізу	фур'є-аналіз		орієнтація	
	$A_{стр.} \%$	дрібні об'єкти, %	кут нахилу, град.	$A_{ср.} \%$
SE-рельєф 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, 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 ~ 50 нм. Структурна анізотропія безпосередньо з поверхні зразка становить 74 %, що, вірогідно, пов'язано з її зменшенням при виготовленні шліфа. Про це також свідчить зміна кута нахилу головного вектора орієнтації структурних елементів матеріалу. Незалежно від режиму аналізу (у фазовому контрасті – BE – у відбитих електронах, так і у вторинних електронах – SE) середня геометрична (орієнтаційна, $A_{ср.}$) анізотропія виявилась доволі низькою – 4,6÷4,9 %. Це свідчить про достатньо високу однорідність одержаної структури матеріалу, що також підтверджується результатами досліджень властивостей матеріалу (табл. 1).

Зношування матеріалу відбувається рівномірно по всій поверхні тертя. Розподіл залишкових частинок абразиву (3–5 мас. %) у структурі металевої матриці матеріалу на основі відходів сплаву АК12ММгН відрізняється рівномірністю, що сприяє реалізації принципу Шарпі та мінімізує зношення і стабілізує роботу пари тертя.

Одночасно з аналізом анізотропії структури матеріалу в роботі виконано якісний аналіз її текстури за фоновими ознаками. Після виготовлення композиційного матеріалу за розробленими технологічними режимами одержується дрібнозерниста структура зі 100 % кількістю дрібних об'єктів. Така структура забезпечує високий рівень комплексу властивостей матеріалу (табл. 1).

Отже, виконаний комплексний Фур'є-аналіз періодичності структури дав можливість підтвердити ефективність розробленої технології виготовлення композиційних антифрикційних матеріалів на основі шліфувальних відходів сплаву АК12ММгН, яка здатна забезпечити високий і стабільний рівень властивостей.