

# THE OPTIMIZATION OF COATING MATERIAL FOR ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE (EMI) SHIELDING

Chernysh O.V., Zosimchuk O.M., Butenko O.O., Barsukov V.Z., Khomenko V.G.

*Kiev National University of Technologies and Design, Kyiv, str. Nemirovicha-Danchenko, 2, 01011*

The work is dedicated to improving the efficiency of coating materials for EMI shielding. Metals are good shielding materials, but electroconductive polymer materials become their competitors. Facilities of composites, that include graphite are investigated. The conducted experiments showed that surface electroconductivity increases in the composites with larger-sized particles and shielding efficiency increases as well. The try to add electroconductive materials (such as graphene or nanotubes) didn't show any result.

**Keywords:** graphite, soot, polimer composition, shield, electromagnetic interference.

## ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЕКРАНУЮЧИХ ПОКРИТТІВ

Черниш О.В., Зосімчук О.М., Бутенко О.О., Барсуков В.З., Хоменко В.Г.

*Київський національний університет технологій та дизайну,  
Київ, вулиця Немировича-Данченка, 2, 01011*

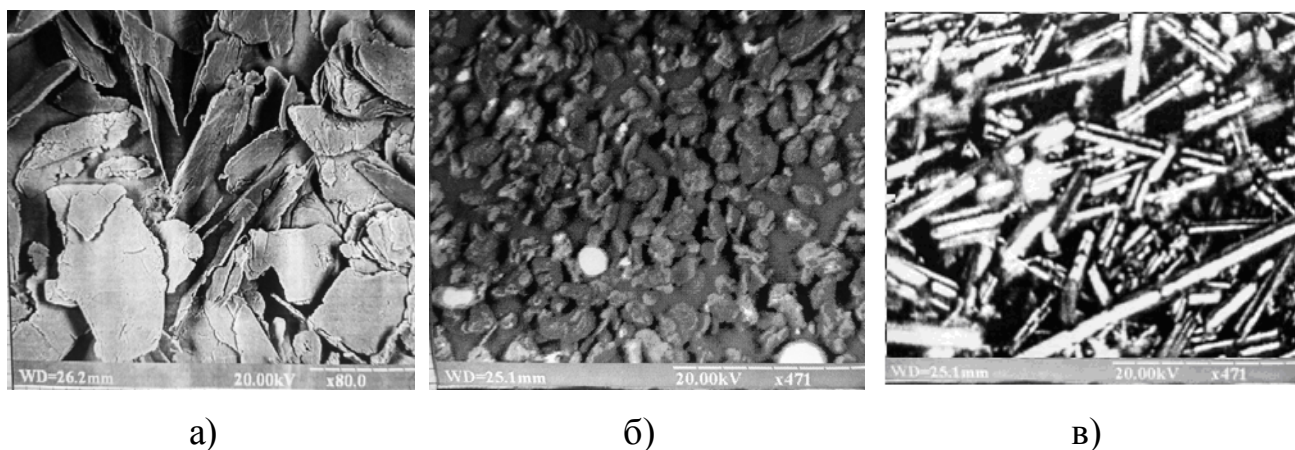
Динамічний розвиток електроніки збільшив рівень випромінювання у вигляді електромагнітних хвиль (EMX), які згубно впливають на навколишнє середовище. Не дивно, що останнім часом спостерігається інтенсивний розвиток захисних покриттів, що характеризуються екрануючими властивостями. В якості перших захисних екранів почали використовувати метали, що навіть при невеликій товщині здатні відбивати енергію електромагнітних хвиль.

Останнім часом на зміну металічним екранам з'являються зручніші й значно дешевші екрани на основі електропровідних полімерних композитів [1]. Найпростіший композит складається щонайменше з трьох компонентів: графіт, технічний вуглець (сажа) та полімерна матриця [2]. Теоретично графіт за

своїми електропровідними властивостями близький з металами. Враховуючи просторову анізотропію властивостей графітових частин, вони в композитах потребують використання електропровідних домішок, роль яких виконує сажа. Загальна електропровідність композиту залежить від природи всіх компонентів, але першочергово – від графіту. Оскільки технічний вуглець не володіє такою досконалою структурою як графіт, то його електропровідність відповідно менша і очевидно, що в композитах він не здатний замінити графіт.

На кафедрі електрохімічної енергетики та хімії розроблено і запатентовано електропровідний полімерний композит на основі графіту [3, 4], який успішно застосовується в якості екрануючого покриття електронної апаратури. Композит складається з дрібнодисперсного графіту (марки КГП-С-1, Заваллівського графітового комбінату), технічного вуглецю та полімерного зв'язуючого, в якості якого застосовується полівінілбутираль (ПВБ). Співвідношення вказаних компонентів 3:1:1.

Промислові марки природного графіту можуть суттєво відрізнитись розмірами і формою частинок (рис.1).



**Рис.1.** Форма часточок графіту (а– ГАК; б – КГП; в – DBX)

На відміну від природного графіту форма полідисперсних частинок штучного графіту DBX одновимірна. З серії промислових графітів для проведення експериментальних робіт було відібрано графіти різної морфології та виготовлено зразки полімерних композитів. На основі них для визначення

електропровідності графітів було виготовлено покриття у співвідношенні графіт – зв’язуюче 1:1.

Поверхнева електропровідність покриття на основі різних промислових марок графіту наведена в таблиці 1.

**Таблиця 1.** Електропровідність композитів на основі різних графітів

Графіт	КГП	АВГ	ЕУЗМ	ГАК
Електропровідність, См·см <sup>-1</sup>	4,50·10 <sup>-4</sup>	3,35·10 <sup>-3</sup>	1,25·10 <sup>-2</sup>	2,00·10 <sup>-2</sup>
Розмір частинок, мкм	8,5	9,8	28	132

Як видно з таблиці, зі збільшенням розмірів частин поверхнева електропровідність композитів підвищується. Такі зміни можна пояснити зменшенням контактного опору між частинками графіту і зростанням ступеню орієнтації крупних частинок в процесі нанесення покриття на тверду поверхню. В роботі виготовлена серія зразків покриття та визначена ефективність їх екранування (табл. 2)

**Таблиця 2.** Ефективність екранування ЕМВ композиту

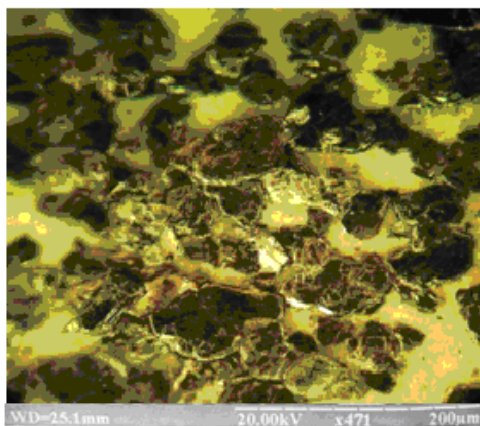
Екранування, дВ	Композит з маркою графіту*				
	КГП	АВГ	ЕУЗ-М	ГАК	ГЛ
	-22,4	-23,3	-25,6	-34	-27,5

\*Композиційний склад: 20% технічний вуглець; 60% графіт; 20% полімерне зв’язуюче.

Отримані експериментальні результати дають підставу вважати, що ефективність екранування має прямий зв’язок з поверхневою електропровідністю композиту, що вірогідно свідчить про відбиваючу здатність таких екранів. Композит на основі графіту ГАК має найбільший коефіцієнт екранування. Графіт ГАК відноситься до високочистих марок графіту (зольність близько 0,5%). При широкому використанні покриттів може виникнути питання зниження вартості покриття. Експериментальний зразок на

базі недорогого літєвого графіту ГЛ (зольність 13%) з середнім розміром частинок 123мкм ослабив енергію ЕМВ до -27,5 дБ.

Можна зазначити, що зі збільшенням розмірів частинок композиційних матеріалів поверхня покриття стає більш рельєфною. Вірогідно, що рельєф обумовлюється нещільною упаковкою часточок великих розмірів. Щоб оцінити характер такої упаковки, було виготовлено зразок з 60% графіту ГАК та 40% зв'язуючого без сажі (рис.2)



**Рис.2.** Структура покриття з графітом ГАК без застосування сажі

Відповідно до Рис. 2, не лише розмір частин, а й випаровування розчинника із зв'язуючого сприяє формуванню рельєфу поверхні. З метою збільшення електропровідності було зроблено спробу заповнити композит окрім сажі дрібнодисперсним графітом. Було виготовлено та досліджено зразки, у яких графіт ГАК був частково заміщений на графіт з меншим розміром часточок. Результати дослідження наведені в таблиці 3.

**Таблиця 3.** Властивості покриттів на основі графіту ГАК та його суміші з іншими зразками

Композит	60* ГАК	55 ГАК+ 5 АВГ	50 ГАК+ 10 АВГ	50 ГАК+ 10 DBX
Електропро- відність, См·см <sup>-1</sup>	0,33	0,31	0,28	0,22
Ефективність, дВ	34	31,9	26,2	25,8

\* - цифри відображають вміст графіту в масових відсотках, решта – сажа та полімерне зв'язуюче у співвідношенні 1:1.

Відповідно до наведених в таблиці результатів можна стверджувати, що поверхнева електропровідність та ефективність екранування покриттів знижуються при частковій заміні графіту ГАК в композиті. На наш погляд, додавання більш дрібних частинок у крупнодисперсний двомірний графіт погіршує орієнтацію його частинок. Частковим підтвердженням можуть бути результати проведеного додатково експерименту: часткова заміна графіту КГП на графіт DBX (20%) підвищила електропровідність запатентованого зразка на 26%, а ефективність зросла до 25,4 дБ.

З метою підвищення ефективності екранування були виготовлені покриття з різним вмістом графіту ГАК. Значення поверхневої електропровідності наведені в таблиці 4.

**Таблиця 4.** Зміна електропровідності композитів від вмісту графіту ГАК

Вміст ГАК, %	60	50	40	30
Електропровідність, См·см <sup>-1</sup>	0,33	0,50	0,14	0,06

Підвищення ефективності екранування спостерігається при диспергуванні графіту ГАК за допомогою ультразвуку. На наш погляд, це відбувається завдяки частковому розщепленню графіту по міжграфеновим шарам. Це призводить до збільшення загальної питомої поверхні графіту. Зразки з диспергованим графітом зменшували рівень електромагнітного випромінювання до -36 дБ.

#### **Висновок.**

В роботі встановлено, що заміна дрібнодисперсного графіту на зразки з більшими двомірними частинками дозволяє збільшити на 20-30 %-ефективність екрануючих покриттів.

## Література

[1] Е.С. Белоусова, Мохамед Абдулсалам Муфтах Абулкасем, Л.М. Лыньков, Т.В. Борботько Электромагнитные экраны на основе наноструктурированных углеродосодержащих материалов Минск, "Бестпринт" 2018, 317 с.

[2] Р.К. Абасов Применения углеродных материалов в экранировании электромагнитных полей//Политехнический молодежный журнал (МГТУ им Н.Э.Баумана) 2016, №5, с. 1-7

[3] Патент України на корисну модель "Композиційний матеріал для захисту від електромагнітного випромінювання", №114444, поданий 02.09.2016, опублікований 10.03.2017, Бюл. №5

[4] Патент на винахід "Композиція для формування композиційного матеріалу для захисту від електромагнітного випромінювання та спосіб одержання композиційного матеріалу на субстаті", №117949, поданий 02.09.2016, опублікований 25.10.2018, Бюл. №20