

УДК678.011:53

СЕНИК І. В., КОРОТАШ І. В., БАРСУКОВ В. З.
Київський національний університет технологій та дизайну

ВУГЛЕГРАФІТОВІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Мета. Дослідити вплив морфології вуглецевих та графітових матеріалів на рівень та характер електромагнітних втрат композитів, сформованих на їх основі в діапазоні надвисоких частот.

Методика. Дослідження електромагнітних втрат проводили за допомогою неруйнівного хвильового методу з використанням рупорних антен з подальшим обчисленням отриманих даних.

Результати. В результаті досліджень встановлено вплив складу і морфології вуглеграфітових композитних матеріалів на їх захисні властивості від електромагнітного випромінювання.

Наукова новизна. Досліджено та порівняно вплив вуглецевих та графітових матеріалів різного походження на коефіцієнти пропускання, відбивання та поглинання електромагнітного випромінювання (ЕМВ) у надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні.

Практична значимість. Отримані результати відображують можливість застосування кращих композитних матеріалів при формуванні захисних покриттів та екранів від електромагнітного випромінювання у НВЧ-діапазоні.

Ключові слова: вугле-графітові матеріали, полімерна матриця, електромагнітні втрати, питомий опір, коефіцієнти поглинання, відбивання, пропускання, НВЧ-діапазон.

Вступ. Забезпечення вимог зменшення «помітності» та «електромагнітної сумісності» об'єкта, яка включає в себе і протидію несанкціонованому доступу до інформації з використанням спеціальних технічних засобів, зводиться до екранування електромагнітних хвиль [1].

Для цього застосовують екрани, які можуть вирішувати багато завдань, серед яких захист інформації в приміщеннях і технічних каналах, забезпечення електромагнітної сумісності обладнання та приладів при їх спільному використанні, питання захисту персоналу від підвищеного рівня електромагнітних полів і забезпечення сприятливої екологічної обстановки навколо діючих електроустановок та НВЧ-приладів.

Під екрануванням в загальному випадку розуміється як захист приладів від впливу зовнішніх полів, так і локалізація випромінювання будь-яких засобів, що перешкоджає прояву цих випромінювань у навколишньому середовищі. У будь-якому випадку ефективність екранування – це ступінь ослаблення складових поля (електричної, магнітної), що визначається як відношення діючих значень напруженості полів в даній точці простору при відсутності та наявності екрану.

Найбільш поширеними матеріалами для захисту від електромагнітного випромінювання є метали у вигляді сіток чи суцільних пластин, які в цілому успішно справляються з поставленою задачею. Основний їхній недолік – це підвищення собівартості та складності конструкції, адже при розробці обладнання з їх застосуванням необхідно враховувати суттєві масо-габаритні зміни, забезпечити «суцільність» екрану (зварювання швів), підлаштуватися під конструкційні особливості будови приладів, забезпечити додатковий захист конструкції (корозія, заземлення), тощо.

Не зважаючи на різноманітність умов, які необхідно виконати для якісного екранування, головним фактором залишаються радіофізичні властивості матеріалів та конструкційні особливості.

У зв'язку з цим дуже актуальним є пошук альтернативних матеріалів, серед яких особливої уваги заслуговують вуглецеві та графітові матеріали. Вони володіють рядом переваг, таких як електропровідність, низька насипна густина, варіативність розмірів та форм часточок, легкість переробки та ін.

Методика. Експериментальні зразки містили вуглецеві та графітові добавки різних форм та походження. Під час проведення роботи порівнювали наступні вуглеграфітові матеріали: терморозширений графіт ABG 1010 (виробник – Superior Graphite Co. Чикаго, Іллінойс, США), графітизована сажа «PUREBLACK®» того ж виробника; технічна сажа PowCarbon 3200 F (Yong Feng Chemicals Co, Ltd); експериментальний зразок дрібнодисперсного графіту «Drill – 200 mesh» (виробник – Focus Graphite Inc., Оттава, Канада), вітчизняний колоїдний графітовий препарат марки С1 (виробник - Заваллівський графіт, Україна) та стрижневидний американський графіт марки DBX-010.

Композитні суміші готували шляхом завантаження інгредієнтів (вуглецеві та графітові матеріали, розчин полімеру) в механічну мішалку та піддавали довготривалому перемішуванню. Вміст струмопровідного наповнювача складав 40-60 %. Процес перемішування є одним з найбільш відповідальних етапів, адже його результат відіграє важливу роль в подальшій переробці композиту та якості готового виробу. Основна його задача – розбити всі агломерати порошкових матеріалів (полімеру та наповнювача) для рівномірного їх поширення в системі та запобігання їх негативного впливу на фізико-механічні, електродинамічні властивості плівок та зовнішній вигляд. Готову суміш наносили контактним методом на основу та висушували за температури 50-60 °С.

Плівки та пластинки, сформовані такими способами, відзначалися рівномірною товщиною, пористістю та гладкою поверхнею.

Результати та обговорення. Оцінка електромагнітних втрат при проходженні електромагнітної хвилі через зразок композитного матеріалу, який був вкладений в хвилевод, здійснюється шляхом порівняння вимірних значень модулів коефіцієнта відображення і коефіцієнта передачі. Дослідження на здатність ослаблення електромагнітного випромінювання виконувалися в діапазоні частот від 17 до 27 ГГц.

Електромагнітні властивості композитних систем з дисперсними струмопровідними наповнювачами залежить не тільки від концентраційних параметрів, а також і від морфології та природи компонентів системи, товщини шару, пористості, шорохуватості поверхні, та ін. Важливо відмітити, що для діамагнітних матеріалів, до яких відносять і вуглець - вмісні структури, поглинання викликається тільки діелектричними втратами.

Виготовлені зразки мали плоску форму і товщину 150-300 мкм.

На рисунку 1 представлені результати електромагнітного ослаблення які вносять зразки на основі сажі.

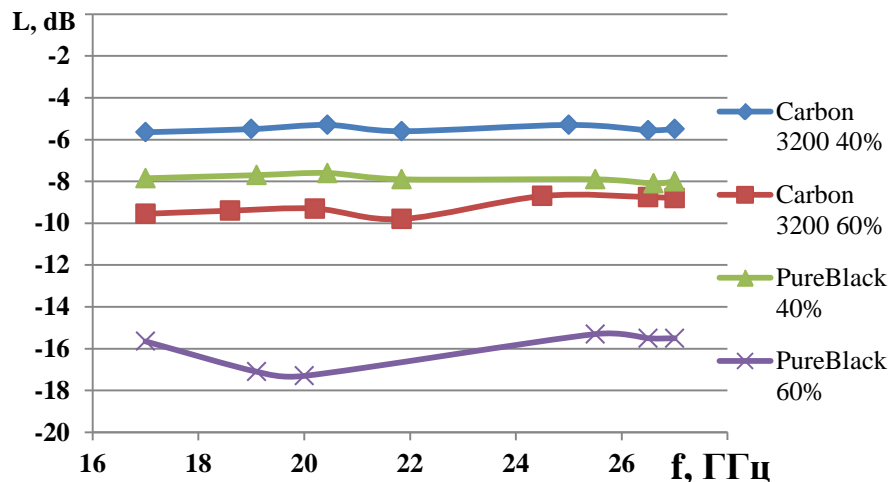


Рис. 1. Рівень ослаблення сигналу які вносять зразки технічної (Carbon 3200F) та графітізованої (PUREBLACK®) сажі різної концентрації

Очевидною є перевага графітізованої сажі перед технічною при однаковому вмісті, що пояснюється її кращою електропровідністю.

Особливістю графітізованої сажі є її будова [2], де навколо «вуглецевого ядра» «нарощено» графітізовані площини, які підвищують рівень електропровідності і створюють багатогранну структуру, яка сприяє багатократному перевідбиванню електромагнітної хвилі в середині матеріалу. Ці особливості роблять графітізовану сажу безперечним лідером серед цього класу матеріалів.

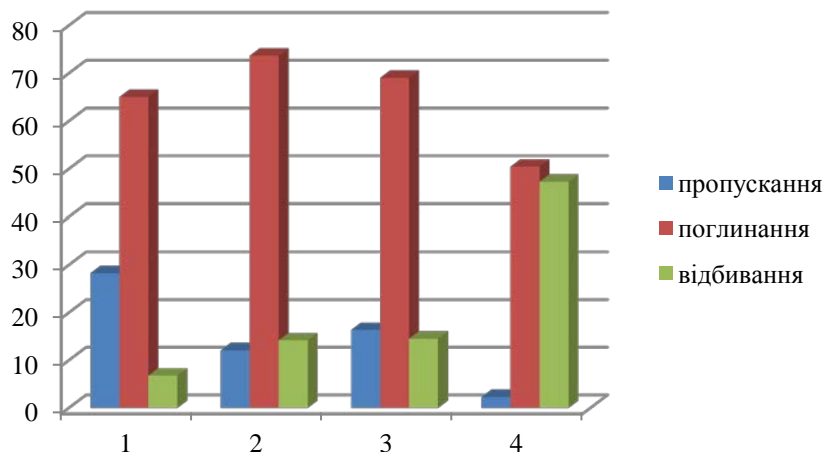


Рис. 2 Діаграма розподілу електромагнітних втрат в сажовому композитному матеріалі, де 1 та 2 – композити з вмістом Carbon 3200 40% та 60% відповідно, 3, 4 – композити з вмістом CarbonBlack 40% та 60% відповідно

При проектуванні захисних матеріалів, а особливо при захисті інформації, однією з основних умов є забезпечення мінімального витоку електромагнітної хвилі[3]. Рисунок 2 яскраво демонструє розподіл електромагнітних втрат в композитних вуглецевих матеріалах. Хоча технічна сажа і зберігає, при збільшенні концентрації, максимальний показник поглинання (розсіювання) ЕМХ в товщі зразка, її здатність «пропускати» випромінювання

надто велика (12-28%) для якісного захисту. Графітізована сажа при вмісті 60% пропускає всього 2%, а ослаблення сигналу здійснюється за рахунок практично рівнозначних механізмів поглинання (розсіювання) та відбивання з невеликою перевагою першого.

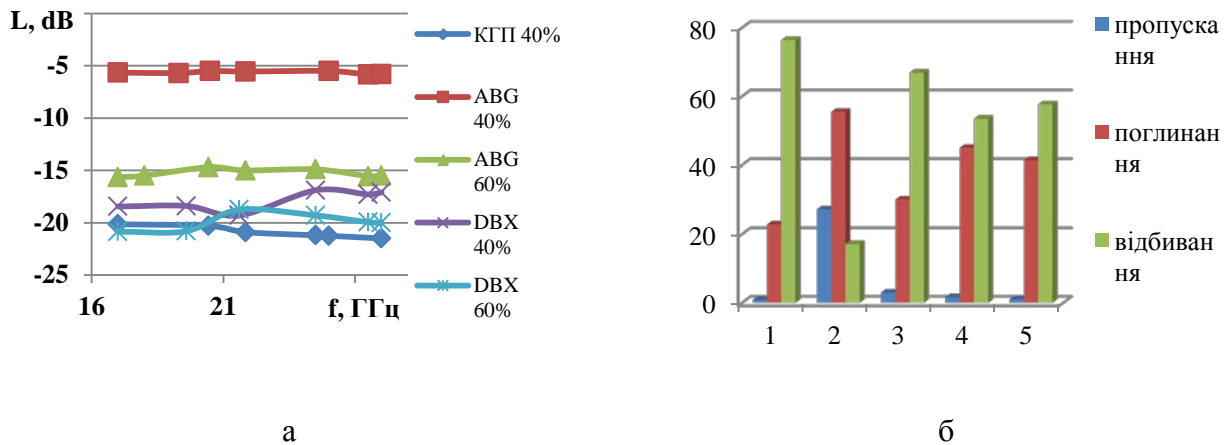


Рис. 3. Порівняння електромагнітних втрат, які вносять графітові матеріали (а), та їх розподіл (б); матеріали та їх вміст: 1 – КГП 40%, 2 – АВГ 1010 40%, 3 – АВГ 1010 60%, 4 – DBX-010 40%, DBX-010 60%

На рисунках 3 (а), (б) відображено результати ослаблення сигналу та розподіл втрат, які вносять графітові матеріали. Терморозширений графіт АВГ 1010 показав найгірші результати, досягнувши рівня -15 dB при концентраційному вмісті 60%. Механізм, за яким досягалися втрати, змінився з переважаючого поглинання / розсіювання (рис. 3б зразок №2) на відбивання (рис. 3б зразок №3). Підвищення концентрації стрижневидного графіту марки DBX-010 не привів до кардинальних змін в ослабленні сигналу і розподілу електромагнітних втрат, що дуже добре підтверджується на представлених графіках (рис. 3а, 3б). Найефективніше екранування -20 ÷ -22 dB, в основному за рахунок відбиття, продемонстрував колоїдний графітовий препарат, при цьому коефіцієнт пропускання складає 0,8%.

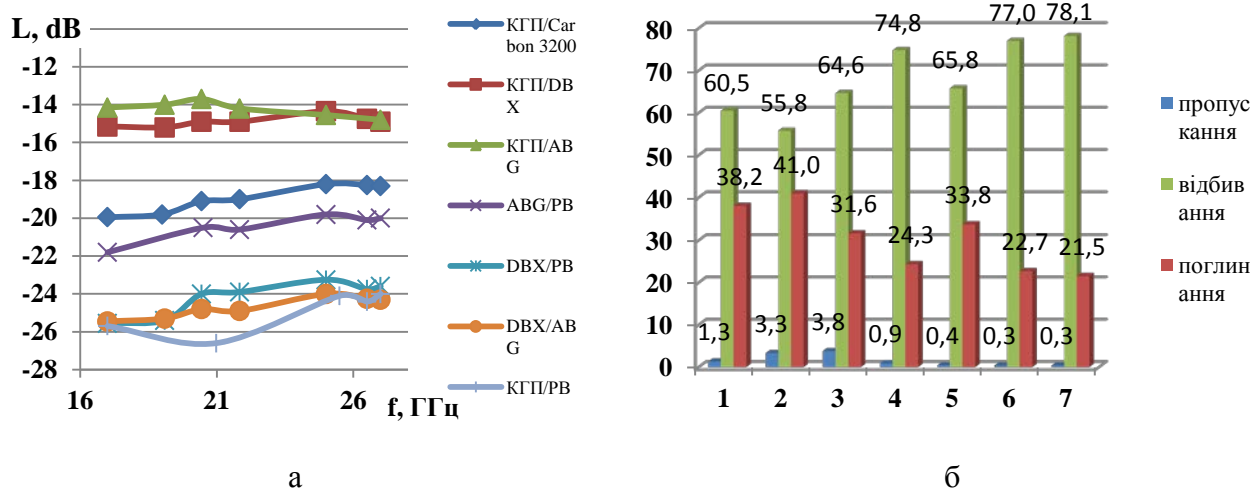


Рис. 4. Рівень ослаблення сигналу (а) які вносять композитні зразки та діаграма розподілу електромагнітних втрат (б) з вмістом вуглецевих та графітових матеріалів, де 1 – КГП/РowCarbon 3200, 2 – КГП/DBX, 3 – КГП/ABG, 4 – АВГ/PB, 5 – DBX/PB, 6 – DBX/ABG, 7 – КГП/PB

Цікавим завданням було перевірити існування синергетичного ефекту [4] при поєднанні між собою вуглецевих та графітових матеріалів на прикладі здатності до екранування електромагнітного випромінювання. Беручи до уваги отримані результати досліджень окремих компонентів (рис. 1, 3), було вирішено підготувати серію зразків з вмістом графітізованої сажі, оскільки саме вона проявила кращі властивості (рис. 1) та різних графітових матеріалів.

Відповідно до наведених на рисунку 4 даних видно, що у всіх композитах синергетичний ефект позитивний, так, наприклад, композит з вмістом 40% графітізованої сажі вносить втрати на рівні -8 dB, а зразок з вмістом 40% колоїдного графітового препарату -20 dB. Проте композит, який містить колоїдний графітовий препарат та графітізовану сажу у співвідношенні 3:1, демонструє найкращі екранувальні властивості з максимальним піком втрат -27 dB на частоті 20,9 ГГц, що відповідає зменшенню сигналу майже в 1000 разів. Також варто відмітити і композити DBX/PB та DBX/ABG, які з невеликим відставанням від композиту КГП/PB, вносять втрати від -23 до -26 dB.

Отже, вуглецеві матеріали проявляють себе достатньо перспективними матеріалами в області екранування ЕМВ. Змінюючи склад, концентрацію, типи матеріалів можна їх успішно використовувати в якості екранів та поглинаючих матеріалів.

Висновки:

- В роботі досліджено та порівняно електромагнітні властивості ряду вуглецевих та графітових матеріалів.
- Встановлено коефіцієнти пропускання, відбивання та поглинання виготовлених композитних зразків, товщина яких не перевищувала 300 мкм, в діапазоні частот 17-27 ГГц.
- Доведено та продемонстровано позитивний синергетичний ефект при поєднанні вуглецевих та графітових матеріалів.
- Змінюючи склад, концентрацію, типи вуглеграфітових матеріалів їх можна успішно використовувати в якості екранів та поглинаючих покриттів.

Список використаної літератури

1. Торокин А. А. Основы инженерно-технической защиты информации / А.А. Торокин. – М.: «Ось-89». – 1998 – С. 336.
2. Barsukov I. V. Novel materials for electrochemical power sources –introduction of PUREBLACK[®] Carbons / Barsukov I. V., Gallego M. A., Doninger J. E. // J. Power Sources. – 2006. –№ 2 – P. 288-299.
3. Шапиро Д. Н. Основы теории электромагнитного экранирования / Д. Н. Шапиро // Л.: Энергия. – 1975. – С. 190.
4. Ивановский С. К. Использование дисперсных наполнителей для создания композиционных материалов на основе полимерной матрицы / Ивановский С. К., Мельниченко М. А. // Молодой ученый. – 2015. – №15. – С. 91-93.

УГЛЕГРАФИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

СЕНИК И. В., КОРОТАШ И. В., БАРСУКОВ В. З.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

Цель. Исследовать влияние морфологии углеродных и графитовых материалов на уровень и характер электромагнитных потерь композитов, сформированных на их основе в диапазоне сверхвысоких частот.

Методика. Исследование электромагнитных потерь проводили с помощью неразрушающего метода с использованием рупорных антенн с последующими расчетами данных.

Результаты. В результате исследований установлено влияние состава и морфологи углеграфитовых композиционных материалов на их защитные свойства от электромагнитного излучения.

Научная новизна. Исследовано и сравнено влияние углеродных и графитовых материалов разного происхождения на коэффициенты пропускания, отражения и поглощения электромагнитного излучения (ЭМИ) в сверхвысокочастотном (СВЧ) диапазоне.

Практическая значимость. Получены результаты отображают возможность использования лучших композитных материалов при формировании защитных покрытий и экранов от электромагнитного излучения в СВЧ-диапазоне.

Ключевые слова: *угле-графитовые добавки, полимерная матрица, электромагнитные потери, коэффициенты поглощения, отражения, пропускания, СВЧ-диапазон.*

ANNOTATION CARBON-GRAPHITE MATERIALS FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION

SENYK I.V., KOROTASH I. V., BARSUKOV V. Z.

Kyiv national university of technologies and design

Purpose. To investigate the influence of carbon-graphite's morphology on value and behavior of electromagnetic losses of composites, which are based on various carbon-graphite additives, in microwave frequencies.

Methodology. The study of electromagnetic losses was carried out by wave-method using horn antennas.

Findings. It was researched the influence of carbon and graphite materials different origin on the shielding properties of electromagnetic radiation.

Originality. It was investigated and compared the effect of carbon and graphite materials of different origin on transmission, reflection and absorption of electromagnetic radiation (EMR) in the microwave range.

Practical value. The results show the possibility of using the best composite materials in the formation of protective coatings and shields against from electromagnetic radiation in the microwave range.

Keywords: *carbon-graphite additives, polymer matrix, electromagnetic losses, coefficients of absorption, reflection, transmission, microwave range.*