

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ

Коваленко В.В., к.б.н.;

Тихенко О.М., к.т.н.(Національний авіаційний університет)

На сьогоднішній день достатньо багато уваги приділяється електромагнітній безпеці, що обумовлено збільшенням кількості і насиченості виробничого середовища електричним та електронним обладнанням, а також підвищенням робочих частот засобів бездротового зв'язку різного призначення.

Найбільш ефективним заходом зі зниження рівнів електромагнітних полів є їх екранування захисними поверхнями різного складу та конструкцій. Це потребує досліджень та розробок матеріалів із задовільними коефіцієнтами екранування електромагнітних полів з різними частотно-амплітудними характеристиками. Розроблення таких електромагнітних екранів та дослідження їх властивостей є актуальною проблематикою як в Україні, так і в усьому світі [1 – 3].

У більшості випадків створення захисних матеріалів для екранів пов'язане з одним впливом, тобто екранується електромагнітне поле одного або групи однотипних джерел, що у сучасних умовах не можна вважати задовільним, через різноманітність джерел електромагнітних полів як у виробничих, так і в побутових умовах, їх різні амплітуди та широкий частотний спектр.

Досвід практичної роботи з електромагнітної безпеки свідчить, що традиційні матеріали для екранування електромагнітних полів та випромінювань, регламентовані чинними нормативними документами (мідні та алюмінієві сплави, електротехнічні сталі, пермалої та металеві сітки), не задовольняють сучасні потреби. Це обумовлено розширенням частотного спектра електромагнітних полів, ущільненням розміщення електричного та електронного обладнання на виробничих площах та зростанням вимог до захисту працюючих та електромагнітної сумісності.

В останні роки набули поширення електромагнітні екрани, виготовлені з аморфних магнітом'яких металевих сплавів. Головним недоліком є їх надзвичайно висока вартість через складність технології виготовлення. Тому вони використовуються тільки для виготовлення засобів індивідуального захисту або для цілей електромагнітної сумісності технічних засобів.

У роботах [4, 5] запропоновано і досліджено властивості еластичних металовмісних матеріалів. Вони мають значно кращі діапазони керованості коефіцієнтом екранування, але не завжди прийнятні співвідношення коефіцієнтів відбиття та пропускання. Крім того недоліком таких матеріалів є використання макрочастинок металу у якості наповнювача.

У дослідженнях [6, 7] показано, що додавання металовмісних наноструктур у непровідні матеріали дозволяє змінювати електрофізичні характеристики таких композитних матеріалів, які є визначними для захисних властивостей та керування ними. Таким чином, розроблення та дослідження композитних

металополімерних матеріалів з використанням металовмісних наповнювачів є перспективним напрямом удосконалення електромагнітних екранів.

Мета роботи – розроблення і дослідження захисних композитних матеріалів для створення електромагнітних екранів на основі металовмісних наноструктур з широким діапазоном керованості коефіцієнтами поглинання та відбиття.

Визначення захисних властивостей екрануючого матеріалу здійснювалося методами прямого вимірювання щільностей потоків енергії (мкВт/см^2), що передбачено чинними нормативами з електромагнітної безпеки для електромагнітних полів частотами вище 300 МГц. Вимірювання виконувалося з допомогою повіреного вимірювача щільності потоку енергії ПЗ – 31. Відносна похибка вимірювань не перевищувала 1 дБ. Довжина електромагнітної хвилі на частоті 5 ГГц складає 0,06 м, тому розміри зразків для проведення випробувань обиралися таким чином, щоб у будь-якому разі виключити вплив дифракційних явищ на краях екрана (виникнення «напівтіні» спотворює результати вимірювань).

Джерело випромінювання розташовувалося на відстані 1 м від екрана, що відповідало двом обов'язковим умовам:

- зразок перебував у хвильовій зоні електромагнітного поля;
- розміри екрана набагато більші за довжину електромагнітної хвилі.

Вимірювання здійснювалися у три етапи. На першому виконувалося вимірювання щільності потоку енергії без застосування екрана, на другому – вимірювався цей же параметр за умови розташування екрана між джерелом електромагнітного випромінювання та вимірювальною антеною. Це надає змогу визначити загальний коефіцієнт екранування випробуваного зразка. На третьому етапі вимірювальна антена розташовувалася між джерелами випромінювання та екраном. Це надає змогу визначити внесок відбиття електромагнітних хвиль у загальний коефіцієнт екранування.

Під час вимірювань фон зовнішнього електромагнітного вимірювання ультрависоких і вищих частот не перевищував $0,08 - 1,00 \text{ мкВт/см}^2$. Інтенсивність випромінювання тестового джерела електромагнітного поля була принаймні на два порядки вищою, що мінімізувало похибку вимірювань за рахунок зовнішніх електромагнітних впливів.

Великий розмір екрана, навіть на стадії експериментального визначення його властивостей, критичний з точки зору коректності вимірювань (мінімізація впливу дифракційних явищ на кромках виробу). Рівномірність розподілу наповнювача критична для однорідності захисних властивостей і зменшує обсяги експериментальних робіт.

Отримання композитного матеріалу з потрібною концентрацією наночастинок можливе за допомогою двох способів: синтез таких частинок безпосередньо у полімерному матеріалі з відповідних домішок (*in situ*) та додавання до розчину або розплаву готових металовмісних дрібнодисперсних частинок. Перший спосіб розроблений достатньо, але отримання зразків великих площ для випробувань виявилось досить проблематичним. Для

отримання дослідних зразків використовувалися дрібнодисперсні оксиди заліза Fe_2O_3 та Fe_3O_4 з середніми розмірами 50 – 300 нм, що є достатнім для мінімізації ефектів відбиття, які проявлялися при застосуванні алюмінієвої пудри (пелюстки товщиною 0,25 – 0,50 мкм з середніми мінімальними розмірами 20 – 50 мкм).

У якості матриці (модельного матеріалу) було обрано епоксидну смолу з наступною полімеризацією з використанням поліамідного затверджувача. Кількість металевої компоненти визначалася за вагою.

Вимірювання загального коефіцієнта екранування та внеску у нього екранування за рахунок відбиття здійснювалося на зразках розмірами 0,75×0,75 м крізь вікно, яке виключало проникнення випромінювання поза екраном. У якості джерела випромінювання був використаний високочастотний генератор зі штирковою антеною.

Випробування проводилися для зразків з дисперсністю металовмісної компоненти 50 – 100 нм та 200 – 300 нм і товщиною 5 мм. Результати вимірювання наведені на рис. 1 і 2. Частота екранованого випромінювання – 5 ГГц.

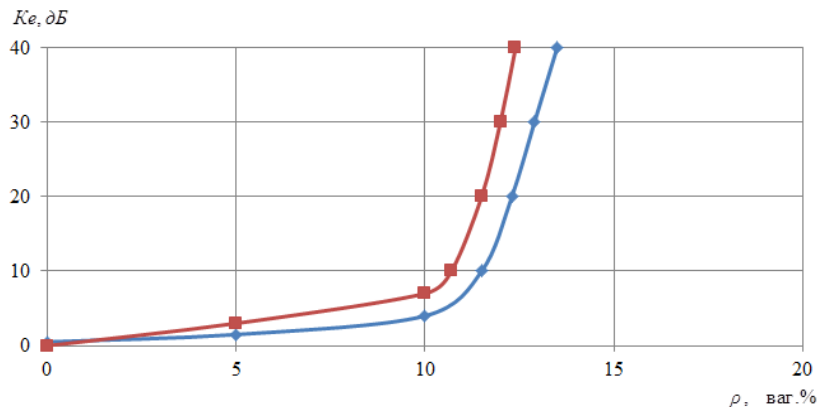


Рис. 1. Залежність коефіцієнта екранування композитного матеріалу від металовмісного матеріалу: ♦ – (50 – 100) нм, ■ – (200 – 300) нм

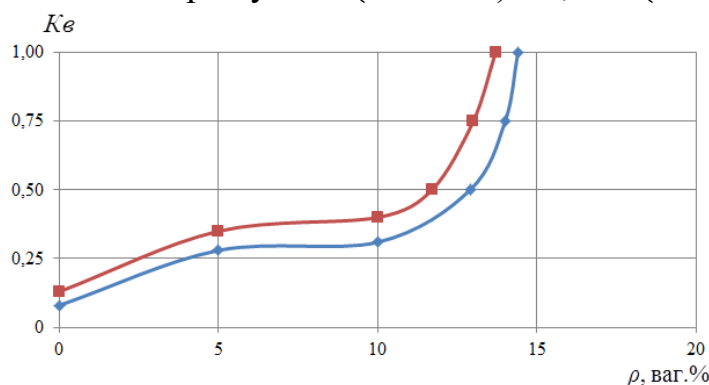


Рис. 2. Залежність коефіцієнта відбиття композитного матеріалу від концентрації металовмісного матеріалу ♦ – (50 – 100) нм, ■ – (200 – 300) нм

Попередні дослідження свідчать, що захисні властивості матеріалів залежать від їх електрофізичних властивостей.

Результати показують, що зростання захисних властивостей відбувається на межі протікання електричного струму. При цьому підвищується і коефіцієнт відбиття, але наявність таких даних дає можливість оптимізувати співвідношення коефіцієнтів поглинання та відбиття у залежності від потрібних рівнів захисту у реальних умовах.

Висновки

1. Найбільш перспективними матеріалами для захисту від впливу електромагнітних полів людей та забезпечення електромагнітної сумісності технічних засобів є металополімерні композити з наповнювачем із частинок нанорозмірів.

2. Захисні властивості нанокompозитних електромагнітних екранів залежать не тільки від концентрації металовмісних частинок, а й від їх розмірів. Це надає можливість керувати властивостями матеріалів у залежності від частотно-амплітудних характеристик екранованого поля та конкретних виробничих потреб.

Література

1. Ceken F. Electromagnetic Shielding Properties of Plain Knitted Fabrics Containing Conductive Yarns / F. Ceken, G. Pamuk, A. Ozkurt, S. Ugurlu // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2012. – Vol. 7. – P. 81-87.

2. Коваленко В. В. Екранування електромагнітних полів локальних джерел / В. В. Коваленко, О. М. Тихенко, Л. О. Левченко // *Системи озброєння і військова техніка*. – 2016. – № 3. – С. 64 – 68.

3. Глива В.А. Просторові критерії екранування низькочастотних магнітних полів / В.А. Глива, Л.О. Левченко, Т.М. Перельот // *Управління розвитком складних систем*. – 2015. – Вип. 22. – С. 128 – 133.

4. Клапченко В.И. Управление защитными свойствами электромагнитных экранов на основе металосиликатных материалов / В.И. Клапченко, Г.Е. Краснянский, В.А. Глыва, И.А. Азнаурян // *Гігієна населених місць*. – 2009. – Вип. 53 – С. 200 – 207.

5. Глива В.А. Розроблення і дослідження композитних електромагнітних екранів з керованими захисними властивостями / В.А. Глива, І. М. Подобєд, О. Л. Матвєєва // *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*. – 2011. – Вип. 21. – С. 176 – 181.

6. Fionov A. S. Polymer nanocomposites: synthesis and physical properties / A. S. Fionov, G. Y. Yurkov, O. V. Popkov, I. D. Kosobudskii, N. A. Taratanov, O. V. Potemkina // *Advances in Composite Materials or Medicine and Nanotechnology*. Rijeka, Croatia: IN-TECH Education and Publishing. – 2011. – P. 343 – 364.

7. Зотов И.С. Исследование электродинамических характеристик композитных материалов с регулярными структурами: автореф. дис. канд. ф.-м. наук: 01.04.07. Физика конденсированного состояния / Зотов Илья Станиславович. – Челябинск, 2011. – 18 с.