

THE ROLE OF IRON IN COATING MATERIAL FOR ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE (EMI) SHIELDING

Butenko O.O., Godunko A.A., Chernysh O.V., Khomenko V.G., Barsukov V.Z.,
Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, str. Nemirovicha-Danchenko, 2, 01011

Currently, the problem of protection against EMI remains relevant. Attenuation EMI mainly carries out through reflection or absorption. For this are used polymeric materials with different fillers. In the work, it is shown that the simultaneous use of reflecting and absorbing materials is inexpedient. The conducted experiment showed, that to increase the efficiency of shielding coatings, the last one should contain not less than two layers that separate reflective and absorbing facilities. Enhancement of polymer shielding coatings was achieved by the effective use of different components and constructions.

РОЛЬ ЗАЛІЗА В ЗАХИСНИХ ПОКРИТТЯХ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Бутенко О.О., Годунко А.А., Черниш О.В., Хоменко В.Г., Барсуков В.З.,
Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, вулиця Немировича-Данченка, 2, 01011

Проблема захисту людей і обладнання від шкідливого впливу ЕМВ, що збільшується із року в рік, залишається актуальною [1]. На зміну металічним екранам, успішно відбиваючих хвилі електромагнітної енергії, з'являються екрани на основі електропровідних композитних матеріалів, які будуть не лише відбивати, але й поглинати хвилі ЕМВ [2,3]. Метою збільшення поглинаючої дії електропровідного композиту, до нього іноді вводять додаткові поглинаючі компоненти [3-5]. Поглинання ЕМВ обчислюється за формулою:

$$K=8,7d\sqrt{\pi f\mu\sigma},$$

де d - товщина шару;

f – частота ЕМВ;

σ – електропровідність;

μ – магнітна проникність.

До поглинаючих матеріалів також відносять матеріали, до складу яких входить залізо (карбонільне залізо, магнетит, ферити).

Карбонільне залізо має у складі 97% металічного заліза, 1,2% домішок вуглецю, до 0,9% домішок азоту та до 0,7% кисню. З карбонільного заліза виготовляють магнітодіелектрики, що в макрооб'ємах володіють високим електричним опором [6], а з тонких порошків карбонільного заліза - магнітом'які матеріали [7]. Вони намагнічуються до насичення і перемагнічуються навіть у відносно слабких магнітних полях. Властивість намагнічення обумовлена низькими значеннями магнітострикції. Це пов'язано з тим, що намагніченість відбувається в результаті зсуву доменів відносно одного і обертання вектора їх намагніченості. Ефективна магнітна проникність карбонільного заліза $\mu=2,90$.

До феритів відносяться магнітні матеріали, що є сумішшю оксидів металів та володіють феромагнетизмом. Загальна їх формула $MeFe_2O_4$, де Me – Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Mg та ін. Ферити мають високі значення питомого електричного опору в поєднанні з досить високим значенням магнітної проникності [7,8]. Ефективність поглинання НВЧ випромінювання залежить не лише від складу фериту, а й від дисперсності його частинок [9]. Так, на частотах 0,5-1,5 Гц перевага віддається частинкам розмірами від 1,65 до 0,7 мм, а в діапазоні 2,5-12 Гц більш ефективно працюють частинки менших розмірів (близько 0,1 мм).

Магнетит являє собою суміш оксидів заліза FeO - 31% та Fe₂O₃ - 69% з загальною хімічною формулою Fe₃O₄. Володіє магнітними властивостями. Його магнітна проникність $\mu=70$. Макроскопічна феромагнітна частинка має доменну структуру. Процес перемагнічування відбувається так само шляхом зсуву доменів [7,8]. Для кожного феро- та феримагнетика існує критичний розмір, нижче якого його частини стають однодоменими. Критичний розмір

однодоменності магнетиту становить ≥ 50 нм. Зі зменшенням розмірів частинок магнетит може втрачати свої феромагнітні властивості.

Не існує універсального поглинаючого матеріалу, що поглинав би ЕМВ усього частотного діапазону. Були досліджені магнетит та ферит в частотному діапазоні до 4000 МГц (рис.1). Послаблення сигналу фіксувалось приладом SPECTRAN.

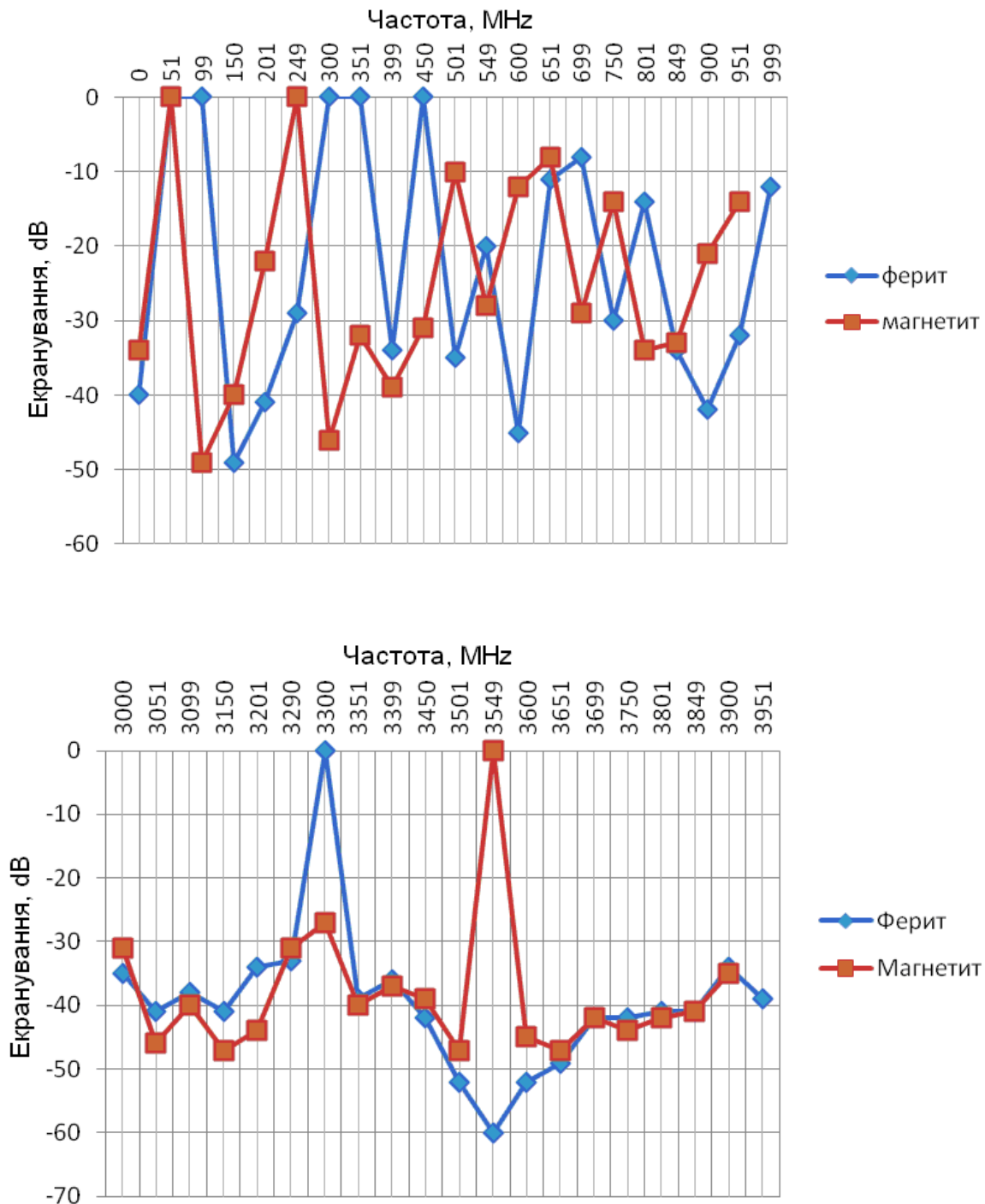


Рис.1. Спектр поглинання ЕМВ у різних частотних діапазонах

Результат показує, що хвилі різної довжини поглинаються матеріалом у різній мірі. Очевидно, що при виготовленні екранів слід використовувати суміш поглинаючих матеріалів.

У якості екрануючого покриття в електроніці успішно застосовується полімерний композит на основі графіту КГП [10,11]. Таке покриття послаблює енергію ЕМВ до -22 дВ. В роботі запропоновано підвищити ефективність екранування за рахунок введення в композит поглинаючих домішок. Однак, часткова заміна електропровідного графіту КГП на невелику кількість (від 5 до 20%) магнетиту чи наночастинок оксиду заліза збільшила ефективність покриття в проведеному експерименті від 10 до 30% за рахунок відбиття ЕМВ. При цьому, в усіх експериментах було зазначено, що введення таких домішок суттєво впливало на зменшення величини поверхневого опору покриття.

Таким чином, на наш погляд, можна припустити, що введення в композит домішок, що поглинають електромагнітну енергію, виявляється менш ефективним у порівнянні з послабленням сигналу шляхом його відбивання від електропровідної поверхні. Відомо, що відбиття ЕМВ відбувається від тонкого поверхневого шару електропровідного матеріалу. Тому нанесення другого шару того самого матеріалу не є досить ефективним, він лише сприяє перекирванню найменш ефективних ділянок першого шару.

На наш погляд, для того, щоб ефективно використовувати поглинаючі електромагнітну енергію домішки, їх слід вводити у другий шар покриття, що дозволить, не знижуючи відбиваючу властивість першого шару, підвищити ефективність екранування за рахунок поглинаючої здатності другого шару.

Висновки

Проведений експеримент показав, що для підвищення ефективності екрануючих покриттів, вони повинні мати як мінімум два шари, в яких функції відбиття і поглинання ЕМВ розділені.

Література

- [1] Ю. Г. Григорьев, В.С. Степанев, О.А. Григорьев, А.В. Меркулов, Электромагнитная безопасность человека. Справочно-информационное издание Москва Российский национальный комитет по защите от неионизирующего излучения, 1992.- 153 с.
- [2] Ю.А. Михайлин, Специальные полимерные композитные материалы. – СПб.: 2008.- 660 с.
- [3] Р.К. Абасов, Применение углеродных материалов в экранировании ЭМ полей// Политехнический молодежный журнал. 2016, №5.- С. 1-9
- [4] Ю.К. Конверистый, И.Ю. Лазарева, А.А. Ранаев, Материалы, поглощающие СВЧ-излучения.- М.: Наука, 1982.-164 с.
- [5] Е.С. Белоусова, Мохамед Абдуласам Муфтах Абулкасем, Л.М. Лыньков, Т.В. Борботько, Электромагнитные экраны на основе наноструктурированных углеродосодержащих материалов Минск, "Бестпринт" 2018, 317 с.
- [6] Физика диэлектриков (Диэлектрики-2017): Материалы XIV Международной конференции, Санкт-Петербург, 29 мая – 2 июня 2017г. Т.2.- СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2017 – 393 с.
- [7] Ю.К. Егоров – Тисменко Кристаллография и кристаллохимия, г.7 Физические свойства минералов. 489-493, 460с.
- [8] С.Л. Курилин, Электротехнические материалы и технология электромагнитных работ. Учебно-методическое пособие, ч.2 Диэлектрические и магнитные материалы Гомель, "БелГУТ", 2009
- [9] Гареев Камиль Газинурович, Магнитные композиты на основе наноразмерных частиц $MeO_n \cdot Fe_2O_3$, интегрированных в диэлектрическую матрицу диоксида кремния, Санкт-Петербург, государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2014г. 66-99с.
- [10] Патент України на корисну модель "Композиційний матеріал для захисту від електромагнітного випромінювання", №114444, поданий 02.09.2016, опублікований 10.03.2017, Бюл. №5
- [11] 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