

УДК 538.69:331.45

В.А. ГЛИВА (д-р техн. наук, доц.)

Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ

О.Є. ЛАПШИН (д-р техн. наук, доц., проф.)

Криворізький національний університет, Україна, м. Кривий Ріг

В.В. КОВАЛЕНКО (канд. біол. наук, доц.)

Національний авіаційний університет, Україна, м. Київ

М.В. ХУДИК (старший викладач)

Криворізький національний університет, Україна, м. Кривий Ріг

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ НА ОСНОВІ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ЗАЛІЗА ТА ЙОГО СПОЛУК

Для виготовлення матеріалів, екрануючих електромагнітні поля використаний залізорудний пил різної дисперсності. Досліджено залежності коефіцієнтів екранування та відбиття від концентрацій та дисперсності металевої та металовмісної субстанції у полімерній матриці. Встановлено, що за незначного зниження загального коефіцієнта екранування матеріалу, зменшення розмірів металевих частинок знижується коефіцієнт відбиття. При цьому за однакового вагового вмісту дрібнодисперсні частинки більш ефективні поглиначі. Є можливість виготовлення матеріалів великих площ, які не відбивають електромагнітні хвилі у небажаних напрямках. Це сприяє не тільки підвищенню електромагнітної безпеки, а й може бути використано для вирішення задач електромагнітної сумісності технічних засобів.

Ключові слова: електромагнітний екран, коефіцієнт екранування, коефіцієнт поглинання, коефіцієнт відбиття, електрофізичні властивості

В останні роки в усьому світі багато уваги приділяється електромагнітній безпеці, що обумовлено як збільшенням кількості та насиченості виробничого середовища електричним та електронним обладнанням, так і підвищенням робочих частот, засобів бездротового зв'язку різного призначення. Дієвими засобами захисту від впливу електромагнітних полів, особливо ультрависоких і вищих частот є електромагнітні екрани, пристосовані до конкретної електромагнітної обстановки. Це потребує проведення досліджень щодо їх ефективності у залежності від конструктивних особливостей, співвідношення коефіцієнтів відбиття і поглинання тощо.

Стан питання. Досвід досліджень з електромагнітної безпеки свідчить, що найбільш перспективними матеріалами для вироблення електромагнітних екранів є гетерогенні матеріали – композити різного складу та конструкцій [1 – 3]. Але більшість досліджень у цьому напрямі мають прикладний характер, тобто присвячені розробці матеріалу для захисту від конкретного впливу, не надаючи графічного та іншого матеріалу для визначення ступенів захисту у тій чи іншій електромагнітній обстановці [4, 5]. Поодинокі роботи щодо універсалізації захисних конструкцій та надання залежностей коефіцієнтів екранування від їх складу та технологій виготовлення [6, 7] досліджують поверхні, які не можуть мати великі площі через технологічні проблеми і велику вартість.

Таким чином, постає задача розроблення та дослідження захисних властивостей поверхонь, виготовлених з доступних і дешевих матеріалів, таких, як дрібнодисперсне залізо та його сполуки.

Метою роботи є розроблення і дослідження захисних властивостей електромагнітних екранів, виготовлених з відходів залізорудного виробництва.

Відомо, що технологічні процеси гірничозбагачувальних комбінатів передбачають наявність аспіраційних систем для уловлення пилу, який утворюється під час подрібнення залізної руди. При цьому деякі з таких систем мають кілька волоконних завіс, на яких осідає пил різної дисперсності [8]. Частина цього пилу складається із заліза та його сполук, які можуть бути використані для виготовлення металополімерних електромагнітних екранів великих площ з керованими захисними властивостями, що показано нами у роботі [9]. Таким чином, головними задачами є визначення дисперсності металевої та металовмісної субстанції, їх необхідних концентрацій у діелектричному матеріалі (матриці) і дослідження захисних властивостей металополімерного матеріалу від цих параметрів.

При цьому обов'язковим є чітке визначення внеску у загальний коефіцієнт екранування екранування за рахунок відбиття електромагнітних хвиль. Це обумовлене тим, що захищаючи від випромінювань ультрависоких і вищих частот одну зону, можна значно погіршити електромагнітну обстановку у інших місцях перебування людей, тобто повинне бути забезпечене керування як загальним коефіцієнтом екранування, так і коефіцієнтом відбиття.

Попередні дослідження показали, що вміст заліза і його сполук та дисперсність частинок, що переміщуються трубопроводами аспіраційних систем Новокриворізького гірничозбагачувального комбінату, прийнятний для використання у якості наповнювача для виготовлення матеріалів для захисту від електромагнітних полів (табл. 1).

Таблиця 1. Кількість металовмісних сполук та дисперсність пилогазової суміші

Ділянка		Вміст заліза та його сполук	Дисперсність
1	Аспіраційна система від барабанів гасіння	Fe – 43,3 % FeO – 7,6 %	до 5 мкм 48 % 5 – 10 мкм 20 % 10 – 15 мкм 10 %
2	Перевантажувальний вузол	Fe – 57,5 % FeO – 14,8 %	до 5 мкм 52 % 5 – 10 мкм 14 % 10 – 15 мкм 8 %
3	Грохочення, дроблення і охолодження агломерату	Fe – 57,5 % FeO – 14,8 %	до 5 мкм 21 % 5 – 10 мкм 16 % 10 – 15 мкм 8 %

Для виготовлення дослідних зразків був відібраний пил, гранулометричного складу, наведеного у табл. 2.

Таблиця 2. Гранулометричний склад пилу для виготовлення екранів

Розмір частинок, мкм	< 2,5	2,5 – 6,3	6,3 – 10	10 – 16	16 – 25	25 – 50	50 – 63	Σ
Маса, г	98,97	107,32	124,08	147,57	152,67	129,59	49,73	809,94
%	12,22	13,25	15,32	18,22	18,85	16,00	6,14	100

Гістограму фракційного складу залізорудного полу наведено на рис. 1.

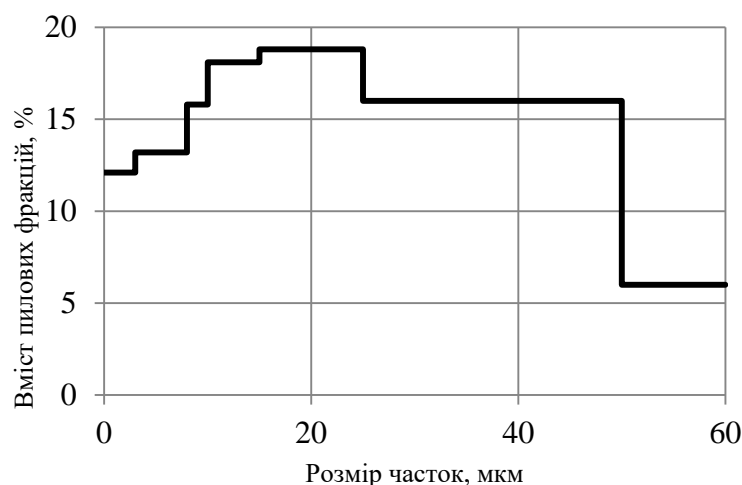


Рис. 1. Гістограма фракційного складу пилу для проведення досліджень

Аналіз пилу, що уловлюється волоконним фільтром з шести подвійних волоконних завіс показав, що внаслідок зниження швидкості потоку перед першою завісою на ній осідає, в основному пил розмірами 50 мкм і більше (95 %). На останній завісі осідає пил розміром 5 мкм і менше (до 35 %). Фракційна ефективність завіси наведена у табл. 3.

Таблиця 3. Фракційна ефективність шестирядного волоконного фільтру

Розмір частинок, мкм	< 2,5	2,5 – 6,3	6,3 – 10	10 – 16	16 – 25	25 – 50	50 – 63
Фракційна ефективність	48,40	89,38	98,90	99,50	99,80	99,90	99,95

Для виготовлення зразків було обрано залізорудний пил з 1 – 2 завіс, 3 – 4 та 5 – 6 завіс. У якості полімерної матриці з необхідним ваговим вмістом металевої субстанції використовувалася водна суспензія полівінілацетату.

Ефективність екранування визначалася за допомогою повіреного вимірювача щільності потоку енергії ПЗ – 31.

Було виготовлено зразки товщиною 0,9 – 1,2 мм з різним вмістом заліза та оксиду заліза.

Деякі джерела, наприклад [5], свідчать, що збільшення розмірів частинок металу (сполук металу) знижує коефіцієнт передачі, тобто підвищує коефіцієнт екранування. При цьому спостерігається підвищення коефіцієнта відбиття. Останнє цілком справедливо і впливає навіть з теоретичних міркувань. Але перше твердження коректне у разі однакової концентрації за кількістю частинок різної дисперсності. Випадок, коли частинки різної дисперсності складають однаковий вміст у полімерну матрицю за вагою (% ваг.) не досліджувався. На рис. 2, 3 наведено результати випробувань електромагнітних екранів на частоті 5 ГГц.

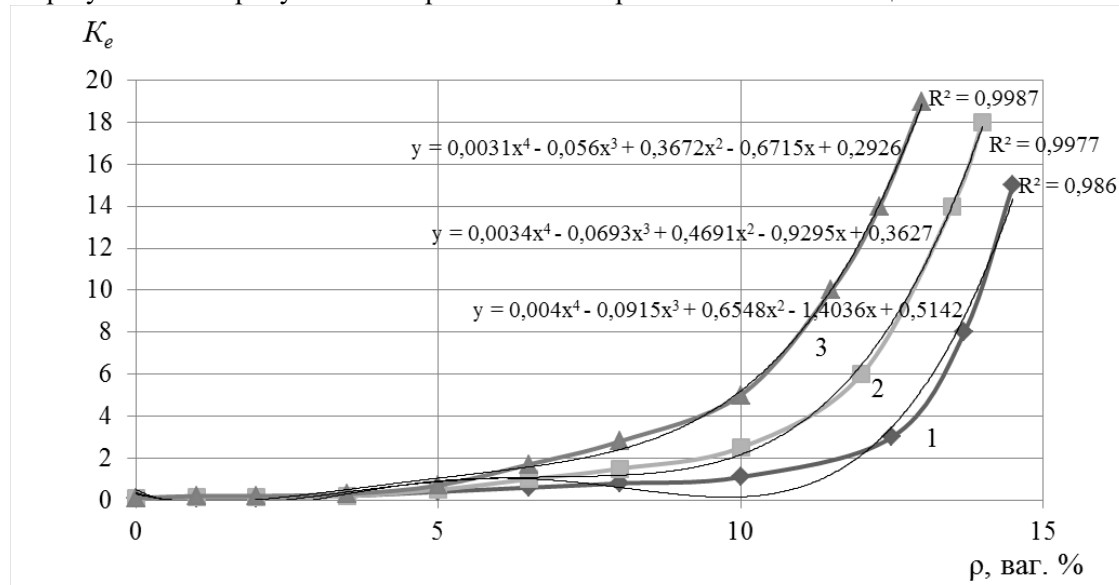


Рис. 2. Залежність коефіцієнта екранування металополімерного матеріалу від концентрації металевої субстанції та її дисперсності: 1 – 50 мкм і більше, 2 – 10 – 30 мкм, 3 – до 5 мкм

Аналіз наведеного графічного матеріалу свідчить, що підвищення дискретності металевої та металовмісної субстанції за однакової вагової концентрації значно підвищує функціональні можливості екранів. Головною з них є малі коефіцієнти відбиття за прийнятних коефіцієнтів загального екранування. При цьому для виготовлення екрануючого матеріалу використовується залізорудний пил, який потребує утилізації.

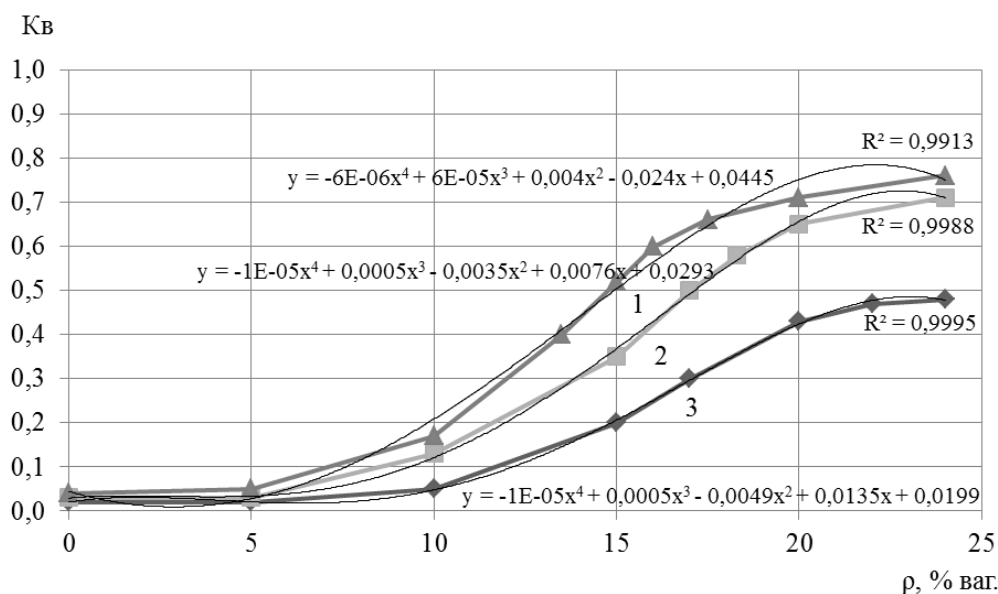


Рис. 3. Залежність коефіцієнта відбиття металополімерного матеріалу від концентрації металевої субстанції та її дисперсності: 1 – 50 мкм і більше, 2 – 10 – 30 мкм, 3 – до 5 мкм.

Перспективним є напрям досліджень щодо використання у якості діелектричної матриці відходів виробництва полімерних виробів, наприклад, полістиролу, що потребує розроблення методів та методик отримання ізотропної металополімерної суміші.

Висновки

Перспективним напрямом робіт з захисту працюючих та населення від впливу електромагнітних полів та випромінювань є виготовлення електромагнітних екранів з використанням залізородного пилу, що накопичується на волоконних фільтрах аспіраційних систем гірничих підприємств.

Використання залізородного пилу різної дисперсності та вагової концентрації дозволяє регулювати захисні властивості композитних матеріалів у широких межах як за частотою, так і за амплітудою екранованих електромагнітних полів.

Отримані матеріали мають високу технологічність щодо виготовлення та можливості облицювання поверхонь будь-якої конфігурації.

Виконані дослідження свідчать, що запропонований підхід до створення електромагнітних екранів може бути застосований для утилізації відходів полімерних матеріалів хімічної промисловості.

Библиографический список

1. Kasar V. A Novel Approach to Electromagnetic Interference Shielding for Cell Phones / V. Kasar, A. Pawar // International Journal of Science and Research. – 2014. – Vol. 3. – P. 1869 – 1872.
2. Экраны электромагнитного излучения на основе магнитных материалов. Технологии. Конструкции. Применение / В.А. Богуш, Т.В. Борботько, Н.В. Насонов и др. – Минск: Бестпринт, 2016. – 222 с.
3. Коваленко В.В. Розрахункові методи визначення захисних властивостей електромагнітних екранів у дальній зоні електромагнітного поля / В. В. Коваленко, В. А. Глива, О. М. Тихенко, С. О. Лук'яненко // Системи обробки інформації. – 2016. – № 7. – С. 55 – 57.
4. Ахмед А.А. Экраны электромагнитного излучения на основе модифицированных хлопкополиэфирных тканых полотен с наноструктурированным микропроводом: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.19 Методы и системы защиты информации, информационная безопасность / А.А. Ахмед. – Минск, 2016. – 22 с.
5. Многослойные экраны электромагнитного излучения на основе мелкодисперсных материалов для защиты серверных комнат / О.В. Бойправ, М.Р. Неамах, Л.М. Лыньков и др. // Безопасность информационных технологий. – 2012. – № 1. – С. 48 – 50.
6. 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.

- 7.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.
- 8.Худик М.В. Підвищення ефективності уловлення залізорудного пилу в аспіраційних укриттях з використанням волоконного фільтру: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.26.01 – Охорона праці / М.В. Худик. – Київ, 2015. – 20 с.
- 9.Патент 06346 Україна, МПК G12B 17/00. Матеріал для екранування електромагнітних випромінювань / Глива В. А., Здановський В.Г., Коваленко В.В., Левченко Л.О., Тихенко О.М.; заявники і патентотримувачі; заявл. 10.06.2016; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23.

Надійшла до редакції 19.05.2017

В. Глыва

Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев

А. Лапшин

Криворожский национальный университет, Украина, г. Кривой Рог

В. Коваленко

Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев

М. Худик

Криворожский национальный университет, Украина, г. Кривой Рог

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ОСНОВЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ЖЕЛЕЗА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ

Для изготовления материалов, экранирующих электромагнитные поля, использована железорудная пыль различной дисперсности. Исследованы зависимости коэффициентов экранирования и отражения от концентраций и дисперсности металлического и металлосодержащего вещества в полимерной матрице. Установлено, что при незначительном снижении общего коэффициента экранирования материала, уменьшении размеров металлических частиц снижается коэффициент отражения. Мелкодисперсные частицы более эффективные поглотители, при одинаковом весовом содержании. Благодаря этому возможно изготовление материалов больших площадей, которые не отражают электромагнитные волны в нежелательных направлениях. Это способствует не только повышению электромагнитной безопасности, но и может быть использовано для решения задач электромагнитной совместимости технических средств.

Ключевые слова: электромагнитный экран, коэффициент экранирования, коэффициент поглощения, коэффициент отражения, электрофизические свойства

V. Glyva

National aviation university, Ukraine, Kyiv

A. LAPSHIN

Kryvyi rih national university, Ukraine, Kryvyi Rih

V. KOVALENKO

National aviation university, Ukraine, Kyiv

M. HUDIK

Kryvyi rih national university, Ukraine, Kryvyi Rih

INVESTIGATION OF PROTECTIVE PROPERTIES OF ELECTROMAGNETIC SHIELDS BASED ON MICROFINE IRON AND ITS COMPOUNDS

For the production of materials that shield electromagnetic fields of different iron ore dust dispersion was used. The dependence of the screening and reflection coefficients on the concentrations and dispersity of the metallic and metal-containing substance in the polymer matrix, were investigated. It was found that with a slight decrease in the total shielding factor of the material, and reducing the size of metal particles decreases reflectance. Finely dispersed particles are more effective absorbers, with the same weight content. This enables the production of large area materials, which do not reflect electromagnetic waves in undesired directions. This contributes not only to an increase in electromagnetic safety, but can also be used to solve problems of electromagnetic compatibility of technical means

Key words: electromagnetic shield, the shielding factor, reflection coefficients, reflectivity, electrical properties.