

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

Кривобок Руслан Вікторович

УДК 666.646:537.874.7

КЕРАМІКА ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Спеціальність 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2007

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей
Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” Міністерства
освіти і науки України, м. Харків.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Лісачук Георгій Вікторович,
Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”,
завідувач науково-дослідною частиною.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Свідерський Валентин Анатолійович,
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”,
завідувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів;

кандидат технічних наук, доцент
Литовченко Сергій Володимирович,
Харківський національний університет
ім. В.Н. Каразіна, доцент кафедри
матеріалів реакторобудування.

Провідна установа: Український державний хіміко-технологічний
університет, кафедра хімічної технології кераміки та скла, Міністерство
освіти і науки України, м. Дніпропетровськ.

Захист відбудеться “ 7 ” червня 2007 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 64.050.03 у Національному технічному університеті “Харківський
політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі Національного технічного університету
“Харківський політехнічний інститут” за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий “ 5 ” травня 2007 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Шабанова Г.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Тенденція широкого використання електроенергії для сучасних потреб суспільства приводить до підвищення електромагнітного фону, який негативно впливає як на біологічні, так і на технічні об'єкти.

Традиційно для захисту електронних систем та біологічних об'єктів використовуються метали, їхні сплави, ферити та інше. Вищеприведені матеріали мають деякі недоліки: масивні, дефіцитні, дорогі та піддаються атмосферним коливанням.

Перспективним напрямком дослідження є створення ефективних композиційних матеріалів на основі діелектричної матриці та електропровідної (провідники, напівпровідники) або магнітної (ферити) домішки. В теперішній час функцію діелектричних матриць для виготовлення захисних матеріалів, в основному, виконують лаки, фарби, клеї та інші органічні середовища, які є невогнестійкими, недовговічними і негігієнічними, що обмежує області їх застосування. Згідно діючим вимогам до захисних матеріалів, визначено, що доцільним є створення нових композицій з використанням діелектричної матриці у вигляді керамічної маси та глазурного покриття. Такі композиційні матеріали мають високі фізико-механічні, експлуатаційні, естетичні, гігієнічні властивості, є екологічно чистими і довговічними матеріалами.

Враховуючи вищенаведене, розробка нових керамічних композиційних матеріалів, що забезпечують ефективний захист біологічних і технічних об'єктів від впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ), є актуальною проблемою сучасного матеріалознавства.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася в рамках науково-дослідної тематики кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут", спрямованої на створення композиційної кераміки з високими експлуатаційними характеристиками, у тому числі захисними від дії електромагнітного випромінювання. Здобувач був виконавцем окремих розділів держбюджетної теми МОН України „Теоретичні основи низькотемпературного синтезу нового класу високостійких склокристалічних матеріалів і покриттів” (Д.Р. № 0103U001530).

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є розробка наукових основ технології електропровідної та магнітної композиційної кераміки, яка виготовляється за швидкісним режимом випалу, з ефективною захисною дією від впливу електромагнітного випромінювання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачі:

- здійснити обґрунтований вибір діелектричної матриці та електромагнітних домішок для одержання кераміки із захисними властивостями від дії електромагнітного випромінювання;

- визначити фізико-механічні та електромагнітні властивості діелектричних матриць і домішок, а також композицій на їхній основі з метою визначення найбільш перспективних складів для одержання керамічних матеріалів із захисними властивостями;

- встановити закономірності зміни фізико-механічних, експлуатаційних і електромагнітних властивостей керамічних композиційних матеріалів залежно від концентрації електропровідної, магнітної домішки та технологічних параметрів їхнього виготовлення;

- розробити технологію і склади композиційної кераміки з ефективною захисною дією від впливу електромагнітного випромінювання та вивчити її мікроструктуру;

- відпрацювати технологічні параметри виготовлення композиційної кераміки в умовах ЗАТ “Харківський плитковий завод” (м. Харків) для можливого подальшого впровадження у виробництво та провести її натурні випробування в приміщеннях, де працює генеруюче ЕМВ устаткування.

Об'єкт дослідження – перспективний керамічний матеріал, розроблений на основі традиційних компонентів та електромагнітних домішок, який має здатність послаблення електромагнітного випромінювання.

Предмет дослідження – залежність властивостей, а саме: питомого об'ємного опору, магнітної проникності, коефіцієнта екранного загасання керамічного матеріалу від кількості та характеру електропровідної або магнітної домішки та способу її розподілу в діелектричній матриці.

Методи дослідження: питомий об'ємний опір, магнітну проникність, фізико-механічні, експлуатаційні та захисні властивості керамічних матеріалів визначали згідно з діючими ДСТУ. Для прогнозування імовірності утворення сполук в матеріалах в процесі їх термообробки використовували термодинамічний метод досліджень з використанням ЕОМ. Структура та фазовий склад матеріалів визначалися за допомогою рентгенофазового, петрографічного, електронно-мікроскопічного аналізів. Для оптимізації складів і режимів термообробки матеріалів використовувалися статистичні методи планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів. Теоретично обґрунтовано та експериментально доведена можливість отримання за технологією швидкісного режиму випалу композиційної кераміки з захисними властивостями від дії ЕМВ. При цьому вперше:

- встановлено, що за напрямом створення електропровідних керамічних композиційних матеріалів функцію діелектричної матриці буде виконувати керамічна маса, а за напрямом створення магнітних керамічних композиційних покриттів – скловидна або склокристалічна глазур;

- проведена триангуляція системи $\text{CoO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, в якій визначена область кристалізації та температура утворення ($1575\text{ }^\circ\text{C}$) фериту кобальту. Встановлено, що в умовах

швидкісного режиму випалу перспективним напрямком досліджень є синтез магнітних покриттів за композиційним типом;

- визначено, що в умовах швидкісного режиму випалу для отримання електропровідної композиційної кераміки необхідно використовувати електропровідну домішку – карбід кремнію, а для отримання магнітних композиційних покриттів необхідно використовувати магнітну домішку – ферит кобальту.

- доведено, що використання електропровідної (карбід кремнію) та магнітної (ферит кобальту) домішок дозволяє одержати електропровідні керамічні композиційні матеріали, які за значенням питомого об'ємного опору ($\epsilon_v = 8,84 \cdot 10^5$ Ом·м) відносяться до класу напівпровідників та магнітні керамічні композиційні покриття, які за значенням магнітної проникності ($\mu = 5,1-5,18$) відносяться до класу магнітних матеріалів із збереженням фізико-механічних та експлуатаційних властивостей на рівні стандарту (ГОСТ 6141-91).

- встановлено, що зниження питомого об'ємного опору композиційної кераміки проходить за рахунок створення ланцюгової структури карбиду кремнію та наявності магнітних властивостей склокристалічних покриттів за рахунок формування дисперсно-ізолюваного розміщення фериту кобальту в об'ємі кераміки.

Практичне значення одержаних результатів. За результатами розроблених наукових положень та одержаних експериментальних даних запропоновано:

- раціональний склад і технологію виробництва глазурованого (традиційна глазур) електропровідного керамічного композиційного матеріалу з захисними властивостями на основі традиційно застосовуваних сировинних матеріалів і домішки карбиду кремнію у кількості 23 мас. % (температура першого та другого випалу – 1060 °С, тривалість першого та другого випалу – 30 хв.). Для одержаних матеріалів виявлено зниження питомого об'ємного опору кераміки від $3,80 \cdot 10^8$ (для кераміки без електропровідних домішок) до $8,84 \cdot 10^5$ Ом·м зі збереженням фізико-механічних властивостей на рівні ГОСТ 6141-91: границя міцності при згині – 25 МПа, водопоглинання – 11 %, термічна стійкість – 250 °С, твердість за Моосом – 6;

- технологію отримання і раціональні склади магнітних композиційних покриттів, які наносяться на традиційно виробляему керамічну підложку, з захисними властивостями, в склад яких входить ферит кобальту у кількості 30 мас. % (температура – 960-980 °С та тривалість – 30 хв. другого випалу). Для одержаних покриттів виявлено підвищення магнітної проникності від 1 (для покриттів без магнітної домішки) до 5,1-5,18 та зниження питомого об'ємного опору від $4,15-9,2 \cdot 10^8$ (для покриттів без магнітної домішки) до $1,62-2,04 \cdot 10^6$ Ом·м зі збереженням експлуатаційних властивостей (термостійкість – 225-250 °С, мікротвердість – 6849-9535 МПа) на рівні стандарту.

Встановлено, що для запропонованих композиційних матеріалів зниження дії

електромагнітного випромінювання у діапазоні частот 50 Гц – 1200 МГц становить у середньому 20 дБ порівняно з 2,2 дБ для керамічного матеріалу без домішки карбиду кремнію. За розробленою технологією була виготовлена дослідно-промислова партія композиційної кераміки в умовах ЗАТ “Харківський плитковий завод”, яка по своїм фізико-механічним та експлуатаційним властивостям відповідає ГОСТ 6141-91 і яка пройшла натурні випробування в лабораторії НДПКІ “Молнія” НТУ “ХП” для захисту персоналу від дії електромагнітного випромінювання у частотному діапазоні 50 Гц – 1200 МГц.

Результати досліджень, приведених в дисертаційній роботі, впроваджені в навчальний процес при підготовці бакалаврів, спеціалістів і магістрів за спеціальністю 091606 “Хімічна технологія тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів”.

Особистий внесок здобувача. Всі наукові результати, що викладені в дисертації та винесені на захист, одержано здобувачем особисто. Серед них: постановка проблеми, формулювання задач досліджень, їх реалізація з наступним осмисленням, математичною обробкою й інтерпретацією одержаних результатів у вигляді закономірностей і висновків, безпосередній участі в відпрацюванні технології виробництва в умовах ЗАТ “Харківський плитковий завод” та у випробуванні в лабораторіях НДПКІ “Молнія” НТУ “ХП”.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на: Міжнародних науково-технічних конференціях “Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности” (м. Харків, 2004, 2005 рр.); III Міжнародній науково-технічній конференції “Композиционные материалы” (м. Київ, 2004 р.); Міжнародній науково-практичній конференції “Энергосберегающие технологии. Использование отходов производства в строительных материалах и строительстве” (м. Київ, 2004 р.); Других наукових читаннях імені академіка НАН України А.С. Бережного “Физико-химические проблемы в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов” (м. Харків, 2004 р.); Міжнародних науково-практичних конференціях “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я” (м. Харків, 2005, 2006 рр.); XIII Міжнародній науково-технічній конференції “Теорія та практика процесів подрібнення, розподілу, змішування та ущільнення матеріалів” (м. Одеса, 2005 р.); Українській науково-технічній конференції “Фізико-хімічні проблеми в технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів” (м. Дніпропетровськ, 2006 р.).

Публікації. Основні положення і наукові результати дисертаційної роботи опубліковано в 13 наукових працях, серед них 5 статей у фахових виданнях ВАК України, 5 тез доповідей і 3 деклараційних патентах України на винахід.

Структура дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновків, 5 додатків. Повний обсяг дисертації складає 205 сторінок; 63 ілюстрації по тексту,

17 ілюстрацій на 14 сторінках; 69 таблиць по тексту, 18 таблиць на 14 сторінках; 5 додатків на 18 сторінках; 182 найменування використаних літературних джерел на 17 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета та задачі роботи, визначено наукову новизну і практичну цінність результатів досліджень, приведено загальну характеристику роботи.

У **першому розділі** наведено літературний огляд науково-технічної та патентної інформації з питання одержання матеріалів, здатних захищати від негативної дії електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону. Приведені дані щодо основних джерел електромагнітного випромінювання та їх дії як на організм людини, так і на електронні системи, наведені діючі стандарти стосовно електромагнітної безпеки людини. Зроблено висновок, що з кожним роком кількість джерел ЕМВ збільшується, що, в свою чергу, призводить до збільшення попиту на матеріали, які здатні захищати від дії ЕМВ.

Проведено аналіз складів існуючих матеріалів і покриттів, здатних захищати від дії ЕМВ, який показав, що одним з найбільш ефективних напрямків їх створення є розробка композицій, що включають діелектричну матрицю та домішки, які мають електропровідні або магнітні властивості. Показано, що діелектричні матриці в основному є органічного походження – фарби, лаки, гуми й інш., що обмежує області їхнього застосування за причин горючості, токсичності, низької термостійкості та інш. Обґрунтовано доцільність використання керамічних матеріалів в якості діелектричної матриці. Приведені механізми послаблення ЕМВ різними за фізичними параметрами матеріалами (провідники, напівпровідники, діелектрики, магнітні).

На підставі проведеного літературного огляду сформульована мета і визначені задачі дисертаційної роботи.

У **другому розділі** приведена характеристика сировинних матеріалів, технічних продуктів і хімічних реактивів, описані технологічні схеми отримання досліджуваних керамічних матеріалів, а також методи та засоби досліджень.

Третій розділ присвячений вибору діелектричної матриці та обґрунтуванню ефективної домішки для одержання електропровідних або магнітних керамічних композиційних матеріалів, які здатні захищати від дії ЕМВ радіочастотного діапазону.

Розглянуто наступні діелектричні матриці для створення на їх основі електропровідних і магнітних керамічних композиційних матеріалів захисної дії з необхідним рівнем властивостей (питомий об'ємний опір – $\epsilon_v < 10^7$ Ом·м; магнітна проникність – $\mu > 1$): керамічна маса для виробництва личкувальної кераміки; склоподібна і склокристалічна глазур.

Враховуючи відомі механізми послаблення ЕМВ за рахунок втрат енергії випромінювання на вихрові струми та перемагнічування, було розглянуто дві групи домішок:

електропровідні (провідники і напівпровідники) та магнітні (ферити).

Перший етап досліджень було присвячено вибору електропровідної домішки, яка максимально знижує питомий об'ємний опір керамічних композицій, одержаних за технологією виробництва личкувальної кераміки; встановленню впливу концентрації електропровідної домішки на питомий об'ємний опір і фізико-механічні властивості композиції; вивченню електромагнітних властивостей синтезованих феритів кобальту, цинку та міді.

Дослідження показали, що найкращою електропровідною домішкою, яка знижує питомий об'ємний опір до рівня $\epsilon_v = 1,2 \cdot 10^6$ Ом·м і одночасно зберігає необхідні фізико-механічні властивості композиційної кераміки ($W = 16$ %, $R_{згин} = 16,2$ МПа) є карбід кремнію чорний (серія ККЧ), взятий у кількості 30 мас. %. Інші домішки (алюміній – серія А, залізо карбонільне – серія ЗК, графіт – серія Г1 і Г2, карбід кремнію зелений – серія ККЗ, оксид заліза (III) – серія ОЗ) хоча і знижують питомий об'ємний опір, але не задовольняють вимогам (ГОСТ 6141-91), які висуваються щодо фізико-механічних властивостей кераміки (рис.1, 2).

Рис. 1. Залежність питомого об'ємного опору ($\lg \epsilon_v$, Ом·м) композиційної кераміки від кількості електропровідної домішки

Рис. 2. Залежність границі міцності при згині ($R_{згин}$, МПа) та водопоглинання (W , %) композиційної кераміки від кількості електропровідної домішки

За напрямом створення магнітних керамічних покриттів розглянуто два способи отримання: композиційний і метод спрямованої кристалізації. Для встановлення можливості синтезу магнітної фази (фериту кобальту – $CoFe_2O_4$) в керамічних покриттях була розглянута

система $\text{CoO-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, в якій виділена область кристалізації фериту кобальту. Експериментально встановлено, що в умовах швидкісного режиму випалу неможливо одержати методом спрямованої кристалізації фериту кобальту в керамічному покритті.

За напрямом створення магнітних керамічних композиційних покриттів були проведені дослідження, які спрямовані на вибір виду ефективної магнітної домішки; встановлено, що з усіх синтезованих феритів ($\text{CoO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{CuO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$) тільки ферит кобальту має максимальну величину магнітної проникності $\mu = 252$ в залежності від напруженості магнітного поля ($H = 25\text{-}177$ А/м), що дозволяє віднести його до магнітних матеріалів. Експериментально встановлено, що синтезований ферит кобальту відноситься до класу напівпровідників (питомий об'ємний опір – $2,1\cdot 10^5$ Ом·м) та має ТКЛР – $7,5\cdot 10^{-6}$, K^{-1} .

Отримані дані дозволили визначити напрям створення магнітних покриттів (композиційний тип) і обрати електропровідну – карбід кремнію та магнітну – ферит кобальту домішки для створення електропровідної кераміки й магнітного покриття.

У четвертому розділі проведено повний факторний експеримент другого порядку з метою встановлення характеру залежностей питомого об'ємного опору, магнітної проникності, фізико-механічних та експлуатаційних властивостей досліджуваних матеріалів від температури їх термообробки ($940\text{-}1110$ °С), а також концентрації електропровідної домішки (карбід кремнію – $10\text{-}30$ мас. %) у керамічній масі та магнітної домішки (ферит кобальту – $20\text{-}30$ мас. %) у скловидній (СВ) і склокристалічній (СК) глазурі, на підставі якого отримані наступні математичні моделі:

для серії ККЧ:

- питомий об'ємний опір ($\lg c_v$, Ом·м): $Y_{\rho_v} = 7,45 - 0,97x_1 + 0,32x_2 + 0,1x_1x_2 - 0,37x_1^2 + 0,07x_2^2$;

- водопоглинання (W , %): $Y_W = 15,03 + 0,25x_1 - 0,58x_2 + 0,04x_1x_2 + 0,04x_2^2$;

- границя міцності при згині ($R_{згин}$, МПа): $Y_{R_{згин}} = 17,14 - 1,04x_1 + 0,37x_2 - 0,08x_1x_2 + 0,04x_1^2 + 0,06x_2^2$;

для серії СВ:

- магнітна проникність (μ): $Y_{\mu} = 3,73 + 1,1x_1 - 0,06x_2 - 0,02x_1x_2 + 0,26x_1^2 + 0,01x_2^2$;

- питомий об'ємний опір ($\lg c_v$, Ом·м): $Y_{\rho_v} = 7,6 - 0,81x_1 + 0,07x_2 + 0,03x_1x_2 - 0,6x_1^2 - 0,02x_2^2$;

- мікротвердість (H_B , МПа): $Y_{H_B} = 6744,17 + 102,08x_1 + 35,92x_2$;

для серії СК:

- магнітна проникність (μ): $Y_{\mu} = 4,11 + 1,05x_1 - 0,04x_2 + 0,01x_1x_2 + 0,05x_1^2$;

- питомий об'ємний опір ($\lg c_v$, Ом·м): $Y_{\rho_v} = 7,7 - 0,81x_1 + 0,05x_2 + 0,02x_1x_2 - 0,6x_1^2 - 0,01x_2^2$;

- мікротвердість (H_B , МПа): $Y_{H_B} = 9448,17 + 124,08x_1 + 35,25x_2 - 13,88x_1x_2 - 57,58x_1^2$,

що адекватно співвідносяться з експериментальними даними. Де x_1 і x_2 – кодовані фактори.

Аналіз цих даних дозволив встановити:

- максимальне зниження питомого об'ємного опору ($c_v = 1,2\cdot 10^6$ Ом·м) зі збереженням значень фізико-механічних властивостей ($W = 16$ %, $R_{згин} = 16,2$ МПа) на рівні ГОСТ 6141-91 для

композиційної кераміки досягається за концентрації карбїду кремнію 30 мас. % та температурі 1060 °С і тривалості 30 хв. випалу матеріалу. З огляду на основну вимогу до захисних матеріалів – мінімальне значення питомого об'ємного опору, – необхідно провести додаткові дослідження, спрямовані на зниження питомого об'ємного опору керамічного композиційного матеріалу, а отже й збільшення захисних властивостей від дії ЕМВ;

- для отримання композиційних глазурних покриттів по кераміці з максимальним значенням магнітної проникності ($m = 5,1$ для серії СВ і $m = 5,18$ для серії СК) і мінімальним значенням питомого об'ємного опору ($c_v = 1,62 \cdot 10^6$ Ом·м для серії СВ, $c_v = 2,04 \cdot 10^6$ Ом·м для серії СК) необхідно використовувати ферит кобальту в кількості 30 мас. %. При цьому для досягнення фізико-механічних та експлуатаційних значень на рівні ГОСТ 6141-91 і забезпечення декоративних характеристик покриттів (рівномірний чорний колір, гарний розлив, відсутність дефектів) температура випалу композицій для серії СВ повинна становити – 960 °С, а для серії СК – 980 °С.

Однією з умов одержання ефективних керамічних композиційних матеріалів, що ефективно захищають від дії ЕМВ, є збереження в складі продуктів випалу домішки у вихідному вигляді. З метою дослідження процесу формування матеріалів були проведені рентгенофазові дослідження композиційної кераміки оптимального складу серії ККЧ до випалу й після випалу (температура випалу 1060 °С, тривалість – 30 хв.), штрих-рентгенограми яких приведені на рис. 3.

Рис. 3. Фазовий склад композиційної кераміки серії ККЧ до випалу (1) і після випалу (2)

Аналізуючи рентгенограму композиційної кераміки після випалу, слід зазначити, що карбїд кремнію не зазнає ніяких перетворень, про що свідчить практично однакова інтенсивність піків зразків до випалу та після випалу (рис. 3).

За допомогою РФА та електронної мікроскопії було встановлено якісний фазовий склад та досліджено структуру композиційних покриттів серії СВ і СК, які підлягали термообробці при температурах 960 °С та 980 °С відповідно. Штрих-рентгенограма та структура композиційних покриттів приведена на рис. 4, 5.

Отримані результати показують наявність фериту кобальту в покриттях обох серій. Чіткі рефлекси цієї кристалічної фази обумовлені досконалістю кристалічної решітки фериту.

Рис. 4. Штрих-рентгенограма покриттів серії СВ (1) і СК (2)

Рис. 5. Електронно-мікроскопічна структура покриттів серії СВ (а) і СК (б)

В той же час і РФА покриттів, і їх електронно-мікроскопічні знімки показують, що у покритті серії СВ кількість домішки дещо зменшилася, що також підтверджується даними з вивчення властивостей. Так, зменшення магнітної проникності і збільшення питомого об'ємного опору покриття серії СВ у порівнянні зі склокристалічним покриттям серії СК пояснюється зменшенням кількості фериту кобальту у скловидному покритті.

Слід відзначити, що введення фериту кобальту до складу покриття на основі склокристалічної матриці стримує масову кристалізацію діопсиду, яка відбувається при термообробці покриття серії СК без домішок фериту кобальту за тих же технологічних умов (температура випалу 960-980 °С, тривалість випалу 30 хв.). Це призводить до насичення розплаву оксидами кальцію, магнію та силіцію, що позитивно впливає на експлуатаційні властивості покриття в цілому.

З метою встановлення оптимального складу керамічної маси для одержання кераміки з найменшими показниками питомого об'ємного опору, водопоглинання, лінійної вогневої усадки й максимальним значенням границі міцності при згині проводилися дослідження з використанням симплекс-графчастого планування (плани Шеффе).

Для дослідження обрана область технологічних складів у трикомпонентній псевдосистемі крейда - пісок - гранітні відсівы (кількість глини та SiC складала 43 і 23 мас. % відповідно). Температура випалу композиційної кераміки становила 1060 °С, тривалість 30 хв.

Ізолії питомого об'ємного опору, фізико-механічних та технологічних властивостей матеріалів, які отримані в псевдосистемі крейда-пісок-гранітні відсівы, приведені на рис. 6.

Рис. 6. Ізолінії властивостей досліджуваних керамічних матеріалів

За результатами проведеного експерименту і виходячи з вимог щодо провідних властивостей керамічного матеріалу, за оптимальний склад був обраний наступний речовинний склад: глина – 43; пісок – 16; гранітні відсівки – 16,3; крейда – 1,7; карбід кремнію – 23 мас. % відповідно. На його основі можна одержати матеріали з такими властивостями: питомий об'ємний опір – $5,77 \cdot 10^5$ Ом·м, границя міцності при згині – 25 МПа, водопоглинання – 11 %, лінійна вогнева усадка – 2,3 %.

Проведений комплекс досліджень (встановлення способу приготування сировинних матеріалів, часу усереднення компонентів, тиску пресування, температури й часу випалу) дозволив вибрати оптимальні технологічні параметри для одержання композиційної кераміки: спосіб приготування сировинних матеріалів – шлікерний, тривалість перемішування – 60 хв., вологість преспорошку – 6,2 %, тиск пресування – 25 МПа, температура – 1060 °С та тривалість – 30 хв. першого та другого випалу з мінімальним значенням питомого об'ємного опору. Властивості та фазовий склад розробленої композиційної кераміки після першого і другого випалу приведені в табл. 1 та на рис. 7.

Таблиця 1

Властивості керамічних матеріалів оптимального складу

Властивості	I випал	II випал
Питомий об'ємний опір, Ом·м	$5,77 \cdot 10^5$	$8,84 \cdot 10^5$
Водопоглинання, %	11	11
Границя міцності при згині, МПа	25	25

Рис. 7. Штрих-рентгенограма композиційної кераміки після другого випалу

Як видно з табл. 1 досліджувана кераміка за фізико-механічними властивостями після першого й другого випалів мають однакові значення, а за питомим об'ємним опором – трохи більше значення після другого випалу в порівнянні з першим.

Це пояснюється тим, що після другого випалу електропровідної композиційної кераміки відбувається окислювання частини карбіду кремнію, що підтверджується різною інтенсивністю піків карбіду кремнію (рис. 3, 7). Незважаючи на невелике збільшення значення питомого об'ємного опору композиційна кераміка після другого випалу дозволяє прогнозувати ефективну захисну дію керамічного матеріалу.

За композиційним способом створення електропровідного матеріалу ми домагаємося утворення в об'ємі матеріалу структури із ланцюговим розподілом домішки. З метою встановлення ланцюгового розподілу карбіду кремнію в об'ємі матеріалу було проведено дослідження мікроструктури кераміки оптимального складу після другого випалу. Результати дослідження наведені на рис. 8.

Рис. 8. Мікроструктура композиційної кераміки оптимального складу (збільшення 40х)

За результатами вивчення мікроструктури встановлено, що електропровідна домішка (карбід кремнію – а) має максимальний розмір зерен 60 мкм та рівномірно розподіляється в діелектричній матриці. Електронно-мікроскопічні дослідження (рис. 8) показують, що частки

карбіду кремнію контактують між собою, утворюючи в діелектричній матриці безперервні електропровідні ланцюжки, за рахунок яких проходить зниження значення питомого об'ємного опору композиції.

Для придання естетичних властивостей розробленому електропровідному керамічному композиційному матеріалу застосована технологія глазурування фритованими та напівфритованими покриттями. Встановлено, що напівфритовані покриття (глинисті – 30 мас. %, опіснюючі – 35 мас. %, склоутворюючі – 35 мас. %) характеризуються підвищеною в'язкістю при формуванні в умовах випалу 1040 °С і тривалості 30 хв. і дозволяють одержати бездефектні покриття із властивостями, наведеними в табл. 2, які переважають ГОСТ 6141-91.

Таблиця 2

Властивості глазурованої кераміки

Властивість	Показник	
	77-2	77-4
Границя міцності при згині, МПа	25	25
Термостійкість покриття, °С	300	250
Твердість покриття по Моосу	7	6
Колір покриття	коричневий	
Тип покриття	кристалічне	склоподібне

У п'ятому розділі наведені результати захисних властивостей глазурованої композиційної кераміки з домішкою карбіду кремнію. Ця кераміка є найбільш технологічною та найбільш дешевою у порівнянні з іншими розробленими матеріалами. Захисні властивості від дії ЕМВ в діапазоні частот 50 Гц-1200 МГц для композиційної кераміки з домішкою карбіду кремнію наведені на рис. 9.

Рис. 9. Захисні властивості композиційної кераміки

Як видно з рис. 9 у діапазоні частот 50 Гц-1200 МГц, керамічний матеріал без електропровідної домішки (плитка для внутрішнього личкування стін) знижує рівень ЕМВ в середньому на 2,2 дБ, а композиційна кераміка з домішкою карбіду кремнію дозволяє знизити

дію електромагнітного випромінювання в середньому на 20 дБ. Тому домішка карбїду кремнію є ефективною при створенні композиційної кераміки з високим ступенем захисту від дії електромагнітного випромінювання.

На приведених кривих (рис. 9) видно, що величина коефіцієнту екранного загасання носить резонансний характер. Резонансні коливання коефіцієнту екранного загасання, що обумовлені наявністю границі розділу двох середовищ, спостерігаються відносно визначеного середнього рівня, який визначається величиною загасання хвилі при її поширенні в матеріалі.

В шостому розділі наведені результати дослідно-промислових випробувань на ЗАТ “Харківський плитковий завод” розробленої електропровідної композиційної кераміки, яка за своїми фізико-механічними та експлуатаційними властивостями відповідає ГОСТ 6141-91.

Проведені натурні випробування композиційної кераміки в високовольтному залі НДПКІ “Молнія” НТУ “ХП” для захисту персоналу від дії електромагнітного випромінювання. Встановлено, що розроблена електропровідна кераміка дозволила знизити дію ЕМВ в діапазоні частот 50 Гц – 1200 МГц у середньому на 20 дБ. Внаслідок чого збільшилась надійність зниження рівня електромагнітного поля в приміщенні у відповідності з вимогами ГОСТ 12.1.006-84 “Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля”.

Розроблену електропровідну композиційну кераміку рекомендовано для виробництва нового керамічного матеріалу з високими фізико-механічними, експлуатаційними властивостями та високим ступенем захисту від дії ЕМВ, що дозволить поліпшити екологічну безпеку біологічних та технічних об’єктів.

Економічний ефект від заміни 1 м² фарби Тіколак-ЕМВ на розроблену електропровідну композиційну кераміку складає 9,02 грн.

У додатках наведено протокол випробування захисних властивостей композиційної кераміки, акт випуску дослідно-промислової партії, акт використання розробленої кераміки та розрахунку економічного ефекту від впровадження результатів дисертаційної роботи й довідку про впровадження матеріалів дисертаційної роботи в практику навчального процесу.

ВИСНОВКИ

Виконана дисертаційна робота дозволила вирішити науково-практичну задачу з розробки наукових основ технології нового класу керамічного матеріалу, здатного захищати від дії електромагнітного випромінювання, що виготовляється в умовах швидкісного режиму випалу. На підставі проведених систематичних досліджень питомого об’ємного опору, магнітної проникності, фізико-механічних, експлуатаційних властивостей та процесів фазоутворення сформульовані закономірності формування електропровідної та магнітної кераміки отриманої за

композиційною технологією.

1. За рахунок інертності діелектричної матриці по відношенню до електропровідних та магнітних домішок експериментально встановлено, що за напрямом створення електропровідних матеріалів функцію діелектричної матриці буде виконувати керамічна маса, а за напрямом створення магнітних покриттів – склоподібна та склокристалічна глазурі.

2. Вивчено вплив електропровідних домішок (алюміній, карбонільне залізо, графіт, карбід кремнію (чорний, зелений), оксид заліза (III)) на питомий об'ємний опір і фізико-механічні властивості композиційної кераміки. Встановлено, що оптимальною домішкою, яка знижує питомий об'ємний опір діелектричної матриці ($\epsilon_v = 1,2 \cdot 10^6$ Ом·м) і одночасно не знижує її фізико-механічних властивостей ($W = 16$ %, $R_{згин} = 16,2$ МПа) – є карбід кремнію (чорний).

3. З метою визначення напрямку створення магнітних покриттів проведена триангуляція системи $CoO-Al_2O_3-Fe_2O_3$, яка дозволила визначити область кристалізації фериту кобальту. Експериментально встановлено, що в умовах швидкісного режиму випалу (температура випалу – 960-1080 °С, тривалість випалу – 30-45 хв.) неможливо одержати методом спрямованої кристалізації фериту кобальту в керамічному матеріалі, внаслідок високої температури утворення фериту кобальту (1575 °С). Встановлено, що перспективним напрямком створення магнітних керамічних покриттів є композиційний тип.

4. Встановлена імовірність протікання реакцій феритоутворення в модельних сумішах, які обрані для синтезу феритів міді, кобальту і цинку в температурному інтервалі 1173-1473 К. Експериментально доведено, що з усіх синтезованих феритів ($CoO \cdot Fe_2O_3$, $ZnO \cdot Fe_2O_3$, $CuO \cdot Fe_2O_3$) тільки ферит кобальту має магнітну проникність $\mu = 252$ в залежності від напруженості магнітного поля ($H = 25-177$ А/м), що дозволяє віднести його до магнітних матеріалів. Інші ферити ($ZnFe_2O_4$, $CuFe_2O_4$), що синтезовані в аналогічних умовах (температура синтезу 1150 °С, тривалість 8 годин), не виявили необхідних магнітних властивостей. Експериментально встановлено, що синтезований ферит кобальту відноситься до класу напівпровідників (питомий об'ємний опір – $2,1 \cdot 10^5$ Ом·м) та має ТКЛР – $7,5 \cdot 10^{-6}$, К⁻¹.

5. З використанням метода математичного планування експерименту вивчено вплив концентрації карбіду кремнію (10-30 мас. %) у керамічній масі та фериту кобальту (20-30 мас. %) у скловидному та склокристалічному покритті й температури їх термообробки на питомий об'ємний опір, магнітну проникність, фізико-механічні та експлуатаційні властивості. На основі проведених досліджень встановлено:

- максимальне зниження питомого об'ємного опору ($\epsilon_v = 1,2 \cdot 10^6$ Ом·м) зі збереженням значень фізико-механічних властивостей ($W = 16$ %, $R_{згин} = 16,2$ МПа) на рівні ГОСТ 6141-91 для композиційної кераміки досягається за концентрації карбіду кремнію 30 мас. % та температури

випалу 1060 °С.

- для отримання глазурних покриттів по кераміці з максимальним значенням магнітної проникності ($m = 5,1$ для серії СВ і $m = 5,18$ для серії СК) та мінімальним значенням питомого об'ємного опору ($c_v = 1,62 \cdot 10^6$ Ом·м для серії СВ, $c_v = 2,04 \cdot 10^6$ Ом·м для серії СК) необхідно використовувати ферит кобальту в кількості 30 мас. %. При цьому для досягнення значень фізико-механічних і експлуатаційних властивостей відповідно ГОСТ 6141-91 та забезпечення декоративних характеристик покриттів (рівномірний чорний колір, хороший розлив, відсутність дефектів) температура випалу покриттів повинна становити 960 °С та 980 °С для скловидної і склокристалічної діелектричної матриці.

6. За допомогою симплекс-графчастого планування визначено раціональний склад (глина – 43; карбід кремнію – 23; пісок – 16; гранітні відсівки – 16,3; крейда – 1,7 мас. %) для виготовлення електропровідного керамічного композиційного матеріалу, з низьким значенням питомого об'ємного опору ($c_v = 8,84 \cdot 10^5$ Ом·м) та високими фізико-механічними властивостями ($W = 11$ %, $R_{згин} = 25$ МПа).

7. Розроблено склади і технологію електропровідних і магнітних керамічних композиційних матеріалів, які за фізико-механічними, експлуатаційними властивостями відповідають ГОСТ 6141-91 та характеризуються ефективною захисною дією від впливу електромагнітного випромінювання в діапазоні частот 50 Гц-1200 МГц – коефіцієнт екранного загасання дорівнює ~ 20 дБ.

8. Результати роботи запроваджені на ЗАТ “Харківський плитковий завод”, де випущена дослідно-промислова партія композиційної кераміки, яка пройшла натурні випробування в високовольтному залі НДПКІ “Молнія” НТУ “ХПІ” для захисту персоналу від дії електромагнітного випромінювання.

9. Результати досліджень, приведених в дисертаційній роботі, впроваджені в навчальний процес при підготовці бакалаврів, спеціалістів і магістрів за спеціальністю 091606 “Хімічна технологія тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів”.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Лисачук Г.В., Щукина Л.П., Кривобок Р.В., Емаева О.А. Влияние токопроводящих добавок на электрофизические свойства облицовочной керамики // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2005. – № 25. – С. 163 – 166.

Здобувачем запропоновані струмопровідні домішки для одержання електропровідної кераміки та проведені дослідження питомого об'ємного опору композиційної кераміки.

2. Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Лисачук Л.Н., Щукина Л.П., Федоренко Е.Ю.,

Емаева О.А. Влияние магнитных и немагнитных добавок на свойства облицовочной керамики // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2005. – № 51. – С. 168 – 173.

Здобувачеві належить обґрунтування використання в якості діелектричної матриці личкувальної кераміки та вибір електропровідних і магнітних домішок.

3. *Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Федоренко Е.Ю., Щукина Л.П., Лисачук Л.Н., Тимофеева Ю.А., Белостоцкая Л.А., Трусова Ю.Д.* Разработка композиционных покрытий по керамике, экранирующих электромагнитные излучения // Вестник науки и техники – Харьков: ООО “ХДНТ”, 2005. – № 4 (23). – С. 55 – 60.

Здобувачем проведено узагальнення результатів створення керамічних захисних матеріалів.

4. *Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Князев В.В., Лесной И.П.* Композиционные керамические материалы, экранирующие электромагнитные излучения // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2006. – № 17. – С. 82 – 85.

Здобувачем запропоновані склади керамічних матеріалів для захисту від електромагнітного випромінювання.

5. *Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Трусова Ю.Д., Белостоцкая Л.А., Павлова Л.В., Иванищева Ж.А.* Исследование электрофизических свойств облицовочной керамики // Збірник наукових праць ВАТ “УкрНДІВогнетривів імені А.С. Бережного”. – Харків: Каравела, 2006. – № 106. – С. 164 – 169.

Здобувачем досліджено вплив домішки графіту на питомий об’ємний опір та фізико-механічні властивості композиційної кераміки.

6. Пат. 20317 Україна, МПК С 04 В 33/00. Керамічна маса, що екранує ЕМВ: Пат. 20317 Україна, МПК С 04 В 33/00 Г.В. Лисачук, Р.В. Кривобок, В.В. Князев, Ю.Д. Трусова, Л.О. Білостоцька, Л.В. Павлова; НТУ “ХПІ”. – № 200608439; Заявл. 27.07.06; Опубл. 15.01.07, Бюл. № 1. – 4 с.

Здобувачем проведені дослідження захисних властивостей композиційної кераміки.

7. *Лисачук Г.В., Трусова Ю.Д., Кривобок Р.В., Федоренко Е.Ю., Щукина Л.П.* Стеклокристаллические композиции, экранирующие электромагнитные излучения // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции “Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности”. – Харьков: Каравелла, 2004. – С. 61 – 63.

Здобувачем запропоновано нові склади склокристалічних композицій, здатних захищати від дії електромагнітного випромінювання та досліджено їх властивості.

8. *Лисачук Г.В., Трусова Ю.Д., Щукина Л.П., Федоренко Е.Ю., Кривобок Р.В.*

Использование техногенного отхода при создании радиопоглощающего покрытия // Тези доповідей III Міжнародної науково-технічної конференції “Композиційні матеріали”. – К.: ІВЦ “Видавництво “Політехніка””, 2004. – С. 44.

Здобувачем запропонована можливість заміни електропровідних домішок відходами виробництва для одержання електропровідних покриттів.

9. Лисачук Г.В., Трусова Ю.Д., Кривобок Р.В., Щукина Л.П., Федоренко Е.Ю., Белостоцкая Л.А. Использование железосодержащих промышленных отходов для керамических материалов, экранирующих ЭМИ // Тези доповідей Другої міжнародної науково-практичної конференції “Енергозберігаючі технології. Застосування відходів промисловості в будівельних матеріалах та будівництві”. – К.: Пульсари, 2004. – С.77.

Здобувачем досліджено динаміку змінювання діелектричних властивостей керамічних матеріалів.

10. Лисачук Г.В., Федоренко Е.Ю., Кривобок Р.В., Тимофеева Ю.А., Добрынина Е.В. К вопросу о создании ферритсодержащих покрытий по керамике для защиты от электромагнитного излучения // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции “Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности”. – Харьков: Каравелла, 2005. – С. 45 – 46.

Здобувачем запропоновано можливість застосування магнітних домішок для одержання покриттів по кераміці для захисту від електромагнітного випромінювання.

11. Лисачук Г.В., Кривобок Р.В., Трусова Ю.Д., Белостоцкая Л.А. Керамический облицовочный материал, экранирующий электромагнитные излучения // Тези доповідей Української науково-технічної конференції “Фізико-хімічні проблеми в технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів”. – Дніпропетровськ: УДХТУ, 2006. – С. 104.

Здобувачем визначена ефективна концентрація електропровідної домішки для одержання личкувальної кераміки з мінімальним значенням питомого об’ємного опору.

12. Пат. 17254 Україна, МПК С 04 В 41/86. Электропроводна полива: Пат. 17254 Україна, МПК С 04 В 41/86 Г.В. Лисачук, Р.В. Кривобок, Ю.Д. Трусова, Л.О. Белостоцкая, О.Ю. Федоренко; НТУ “ХП”. – № 200603367; Заявл. 28.03.06; Опубл. 15.09.06, Бюл. № 9. – 4 с.

Здобувачем запропоновані склади електропровідних покриттів. Досліджено їх властивості.

13. Пат. 18322 Україна, МПК С 04 В 33/00. Напівпровідна керамічна маса: Пат. 18322 Україна, МПК С 04 В 33/00 Г.В. Лисачук, Р.В. Кривобок, Ю.Д. Трусова, Л.О. Белостоцкая, Л.В. Павлова, Л.П. Щукина; НТУ “ХП”. – № 200603365; Заявл. 28.03.06; Опубл. 15.11.06, Бюл. № 11. – 4 с.

Здобувачем запропоновані склади електропровідної керамічної маси, досліджено їх

питомий об'ємний опір.

АНОТАЦІЇ

Кривобок Р.В. Кераміка для захисту від електромагнітного випромінювання. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.11 – технологія тугоплавких неметалічних матеріалів. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, Харків, 2007.

У роботі теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість одержання електропровідної композиційної кераміки та магнітних композиційних покриттів захисної дії від впливу ЕМВ, що виготовляються за швидкісним режимом випалу.

Розроблено технологію та склади електропровідної кераміки та магнітних композиційних покриттів. Встановлена оптимальна концентрація електропровідної (карбід кремнію) та магнітної (ферит кобальту) домішок для одержання композицій з мінімальним значенням питомого об'ємного опору та максимальним значенням магнітної проникності зі збереженням фізико-механічних та експлуатаційних властивостей на рівні ГОСТ 6141-91.

Досліджено захисні властивості від дії електромагнітного випромінювання в діапазоні частот 50 Гц – 1200 МГц композиційної кераміки з домішкою карбіду кремнію. Встановлено, що розроблена електропровідна кераміка дозволяє знизити дію ЕМВ у середньому на 20 дБ.

Ключові слова: електропровідна композиційна кераміка, магнітне композиційне покриття, швидкісний режим випалу, технологія, електропровідна домішка, магнітна домішка.

Кривобок Р.В. Керамика для защиты от электромагнитного излучения. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – технология тугоплавких неметаллических материалов. – Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, Харьков, 2007.

Диссертация посвящена разработке электропроводящей композиционной керамики и магнитных композиционных покрытий, изготавливаемых по скоростному режиму обжига, защищающих биологические и технические объекты от негативного влияния электромагнитного излучения радиочастотного диапазона.

Изучено влияние концентрации электропроводящих (алюминий, железо карбонильное, графит, карбид кремния, оксид железа (III)) и магнитной (феррит кобальта) добавок на удельное объемное сопротивление, магнитную проницаемость, физико-механические и эксплуатационные свойства композиционной керамики.

Установлена возможность получения феррита кобальта при температуре 1150 °С и

выдержке 8 часов. Изучено удельное объемное сопротивление, магнитная проницаемость и ТКЛР феррита кобальта.

Разработаны технология и составы керамической массы, глазурных покрытий, имеющие пониженное значение удельного объемного сопротивления и повышенные значения магнитной проницаемости, позволяющие на их основе получать керамику, по своим свойствам соответствующую ГОСТ 6141-91.

Изучено влияние технологических параметров (способ приготовления и время усреднения сырьевых компонентов, давление прессования) на удельное объемное сопротивление и физико-механические свойства электропроводящей композиционной керамики.

Разработаны частично фриттованные глазурные покрытия для электропроводящей композиционной керамики, которые характеризуются высокими значениями термостойкости 250-300 °С.

Изучен фазовый состав и рассмотрена микроструктура электропроводящей и магнитной композиционной керамики. Установлено, что снижение удельного объемного сопротивления электропроводящей композиционной керамики происходит за счет образования цепочечной структуры в объеме композиции.

Исследованы защитные свойства от действия ЭМИ в диапазоне частот 50 Гц - 1200 МГц электропроводящей композиционной керамики с добавкой карбида кремния. Разработанная керамика позволила снизить действие электромагнитного излучения в среднем на 20 дБ. В результате этого увеличилась надежность снижения уровня электромагнитного поля в помещении в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.006-84.

Композиционная керамика прошла промышленные испытания в условиях ЗОА “Харьковский плиточный завод” при скоростном режиме обжига и подтвердила возможность ее получения в соответствии ГОСТ 6141-91.

Проведены натурные испытания выпущенной партии композиционной керамики в НИПКИ “Молния” НТУ “ХПИ”.

Экономический эффект от замены 1 м² защитной краски Тиколак-ЭМИ на композиционную керамику составляет 9,02 грн.

Ключевые слова: электропроводящая композиционная керамика, магнитное композиционное покрытие, скоростной режим обжига, технология, электропроводящая добавка, магнитная добавка.

Krivobok R.V. Ceramic for protection on electromagnetic radiation. – Manuscript.

Thesis for Candidate of Technical Sciences degree on the speciality 05.17.11 – technology of

hard-melting nonmetallic materials. – National Technical University “Kharkiv Politechnical Institute”, Kharkiv, 2007.

This work is devoted on the obtaining ability of the electrospending ceramic materials and magnetic composite coverings with protective action against the electromagnetic irradiative influence, which produced by fast burning regimes.

It is theoretically proved and experimentally confirmed the creative mechanism of chain-structure and disperses-insulate structures that forming in the dielectric matrix.

The technology and the contents of electrowire and magnetic ceramics are developed. It is determined the optimum concentration of electrospending (silicon carbide) and magnetic (cobalt ferrite) additives for obtaining the compositions with minimal value of specific volume resistance and maximum value of magnetic permeability due to preservation the physic-mechanical properties and exploitative properties at a level GOST 6141-91.

Protective properties against electromagnetic irradiation of the composite ceramic materials in a range of frequencies 50 Hz - 1200 MHz are investigated. It is fixed that the developed electrospending ceramics allows to reduce electromagnetic action on the average on 20 dB.

Key words: electrospending composite ceramics, magnetic composite covering, fast burning regime, technology, electrospending additive, magnetic additive.

Відповідальний за випуск д.т.н., проф. Пітак Я.М.

Підписано до друку 11.04.2007 р. Формат 60x84/16.

Папір офсетн. Друк – ризографія. Умовн. друк. арк. 0,9.
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Зам. № 353

Надруковано у СПДФО Ізрайлев Є.М.
Свідоцтво № 04058841Ф0050331 від 21.03.2001 р.
61024, м. Харків, вул. Гуданова, 4/10
