

УДК 621.3.011.22

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ ОТКРЫТЫМ ПЛАМЕНЕМ ПЕРЛИТОСОДЕРЖАЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЭКРАНОВ НА ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТРАЖЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

О.В. БОЙПРАВ, Е.С. БЕЛОУСОВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Белорусский государственный университет транспорта
Кирова, 34, Гомель, 246653, Беларусь*

Поступила в редакцию 5 июля 2016

Выполнено экспериментальное обоснование состава конструкций электромагнитных экранов на основе порошкообразного перлита, характеризующихся свойством огнестойкости. Исследованы характеристики отражения и передачи электромагнитного излучения таких конструкций до и после воздействия на них открытого пламени.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, коэффициент отражения и передачи, огнестойкость, перлит, термообработка.

Введение

Порошкообразный перлит в настоящее время характеризуется большим количеством сфер применения, основной из которых является строительство, где названный материал используется в качестве базового компонента при получении теплозвукоизоляционных штукатурок, легких бетонов, линолеумов и т.п. Кроме того, перлит применяется в пищевой, нефтеперерабатывающей, газовой, медицинской промышленности, в технологических процессах которых он выполняет функции фильтровального материала [1, 2]. В работе [3] также экспериментально обоснована возможность использования порошкообразного перлита в качестве наполнителя композитов, применяемых для создания конструкций электромагнитных экранов. Так как рассматриваемый материал получают при температуре 600...700 °С, он является огнестойким, что может обуславливать соответствующие свойства формируемых на его основе композитов [4].

Цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния процесса термообработки открытым пламенем конструкций электромагнитных экранов на основе композитов с наполнителем из порошкообразного перлита на их целостность, состав и значения коэффициентов отражения и передачи электромагнитного излучения (ЭМИ).

Методика проведения эксперимента

Для проведения исследования изготовлены образцы многослойных конструкций электромагнитных экранов шести типов, каждый из которых характеризовался определенными количеством и составом слоев (табл. 1). В работе [5] доказано, что многослойные конструкции электромагнитных экранов на основе композитов по сравнению с однослойными характеризуются более низкими значениями коэффициента отражения ЭМИ, что обуславливает преимущество их использования в комплексе с металлическими материалами, применяемыми для экранирования радиоэлектронного оборудования и в ряде случаев являющихся причиной формирования помех для его работы.

Таблица 1. Состав слоев изготовленных образцов

Номер образца	Материал первого слоя образца*	Материал второго слоя образца*	Материал третьего слоя образца*	Материал четвертого слоя образца*
№ 1	композит на основе порошкообразного перлита, и огнезащитного состава «АгниТерм-М»	целлюлоза**	фольга***	слой отсутствует
№ 2	композит на основе порошкообразного перлита, пропитанного до насыщения 45%-м (равновесным) водным раствором хлорида кальция, и огнезащитного состава «АгниТерм-М»			
№ 3	композит на основе порошкообразного перлита, и огнезащитного состава «АгниТерм-М»	огнезащитный состав «АгниТерм-М»	целлюлоза**	фольга***
№ 4	композит на основе порошкообразного перлита, пропитанного до насыщения 45%-м (равновесным) водным раствором хлорида кальция, и огнезащитного состава «АгниТерм-М»			
№ 5	огнезащитный состав «АгниТерм-М»	целлюлоза**	слой отсутствует	слой отсутствует
№ 6		огнезащитный состав «АгниТерм-М»	целлюлоза**	

*Очередность слоев указана по отношению к направлению распространения электромагнитных волн.

**Целлюлоза использована в качестве подложки для нанесения слоев формируемого образца конструкции электромагнитного экрана.

***Закрепление фольги на целлюлозе выполнялось с использованием распыляемого клеевого состава.

Применение 45%-го (равновесного) водного раствора хлорида кальция для пропитывания до насыщения наполнителя формируемого композита обусловлено влагоудерживающими свойствами названной соли, что способствует улучшению прочностных свойств такого материала, а также увеличению его времени сопротивления открытому пламени [6]. Добавление фольги в состав конструкций электромагнитных экранов способствует снижению их коэффициента передачи ЭМИ.

В табл. 2 приведены значения толщины слоев изготовленных образцов. Измерения этих значений проводились с использованием микрометра гладкого МК-50-1, относительная погрешность которого составляет $\pm 2,5\%$ [7].

Таблица 2. Состав слоев изготовленных образцов

Номер образца	Толщина первого слоя образца, мм	Толщина второго слоя образца, мм	Толщина третьего слоя образца, мм	Толщина четвертого слоя образца, мм
№ 1	1,5 \pm 0,04	3 \pm 0,08	0,2 \pm 0,005	слой отсутствует
№ 2	1,5 \pm 0,04	3 \pm 0,08	0,2 \pm 0,005	слой отсутствует
№ 3	1,5 \pm 0,04	1 \pm 0,03	3 \pm 0,08	0,2 \pm 0,005
№ 4	1,5 \pm 0,04	1 \pm 0,03	3 \pm 0,08	0,2 \pm 0,005
№ 5	1 \pm 0,03	3 \pm 0,08	слой отсутствует	слой отсутствует
№ 6	1 \pm 0,03	1 \pm 0,03	3 \pm 0,08	слой отсутствует

Измерения значений коэффициентов отражения и передачи ЭМИ образцов проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 20271.1-91 [8], исследования свойств

огнестойкости – согласно ГОСТ 30402-96 [9]. Исследованные образцы имели форму квадрата со стороной 165 мм. Общее количество изготовленных для проведения исследования образцов каждого из типов – 3 [9].

Результаты и их обсуждение

Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 8...12 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов № 1–4 представлены на рис. 1.

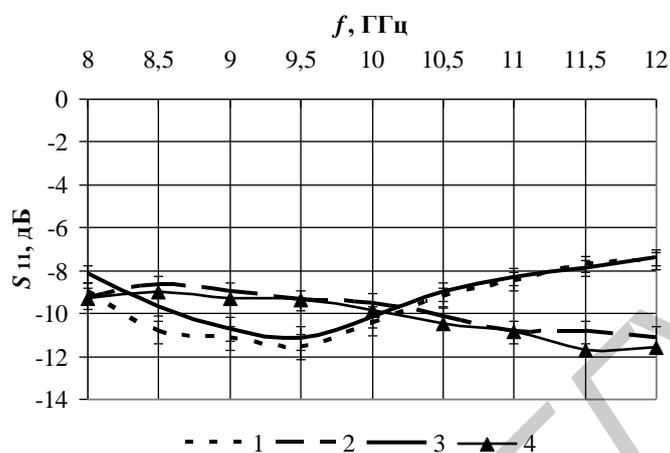


Рис. 1. Частотные зависимости коэффициентов отражения ЭМИ в диапазоне 8...12 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов до их термообработки открытым пламенем:
1 – образец № 1; 2 – образец № 2; 3 – образец № 3; 4 – образец № 4

Показано, что значения коэффициента отражения ЭМИ образцов конструкций электромагнитных экранов № 1, 3 составляют $-7,8...-11,5$ дБ, а образцов № 2, 4 соответственно $-9...-12$ дБ. Таким образом, пропитывание перлита 45%-м (равновесным) водным раствором хлорида кальция приводит к снижению на $0,5...4$ дБ значений коэффициента отражения ЭМИ конструкции электромагнитного экрана с наполнителем на основе такого порошкообразного материала. Это может быть связано с дополнительными потерями энергии электромагнитных волн, отраженных от поверхности фольги и взаимодействующих с влагой, удерживаемой в порах фракций порошкообразного перлита. Добавление к таким конструкциям дополнительного слоя на основе огнезащитного состава «АгниТерм-М» не приводит к существенному изменению их значений коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц. Это обусловлено тем, что указанный состав является радиопрозрачным. Значения коэффициента передачи ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц исследованных конструкций электромагнитных экранов составляют менее -40 дБ, что обусловлено содержанием в них фольги.

В табл. 3 представлены результаты исследования свойств огнестойкости образцов. В ходе их термообработки открытым пламенем не наблюдалось их возгорания.

Таблица 3. Значения времени (t), по истечении которого с момента начала термообработки открытым пламенем исследованных образцов, наблюдалось нарушение их целостности

Номер образца	t , с
№ 1	95
№ 2	200
№ 3	Нарушение целостности не наблюдалось
№ 4	
№ 5	85
№ 6	120

Показано, что в результате добавления порошкообразного перлита в огнезащитный состав «АгниТерм-М» увеличивается на $10...80$ с значение времени, по истечении которого с момента начала термообработки открытым пламенем конструкций электромагнитных экранов на основе названного состава, наблюдается нарушение их целостности. Пропитывание перлита 45%-м (равновесным) водным раствором хлорида кальция приводит к увеличению на 105 с

величины указанного параметра для конструкций электромагнитных экранов на основе такого порошкообразного материала, что обусловлено процессом испарения из них влаги.

В результате термообработки открытым пламенем в течение 20 мин образцов конструкций электромагнитных экранов № 3 и 4 не наблюдалось нарушения их целостности, на основании чего можно сделать вывод о том, что названные конструкции характеризуются свойством огнестойкости [9]. Внешний вид образца конструкции электромагнитного экрана № 5 после воздействия на нее открытого пламени представлен на рис. 2 (масштаб – 1:3).



Рис. 2. Внешний вид образца конструкции электромагнитного экрана после его термообработки открытым пламенем

В результате проведения рентгенофазового анализа материала, полученного после воздействия открытого пламени на исследованные образцы конструкций электромагнитных экранов № 3 и 4, установлено, что одним из основных компонентов, обуславливающих их свойство огнестойкости, является рутил. На рис. 3 представлена дифрактограмма указанного материала, на которой отмечены фазы (2θ) рутила.

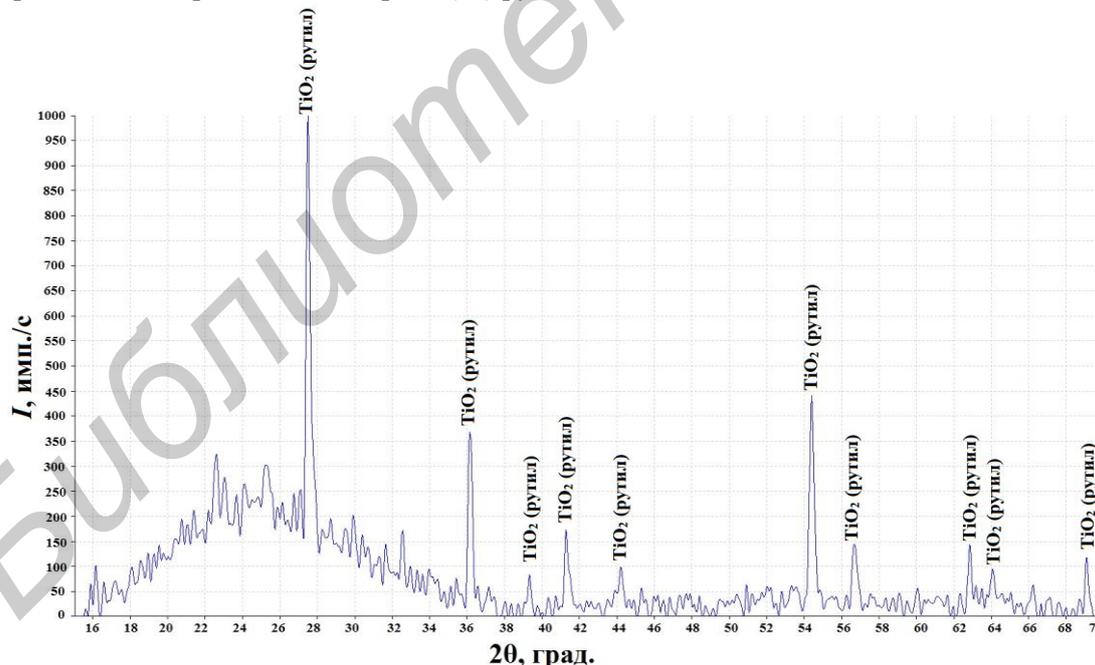


Рис. 3. Дифрактограмма материала, полученного после воздействия пламени на исследованные конструкции электромагнитных экранов

Значения фаз и наименования других компонентов, обуславливающих свойство огнестойкости полученного материала, представлены в табл. 4.

Таблица 4. Значения фаз и наименование соответствующих им компонентов материала, полученного после воздействия пламени на исследованные конструкции экранов ЭМИ

2θ, град.	Наименование компонента	Химическая формула
16,17; 16,61; 25,23; 30,38; 32,00; 32,52; 33,95; 41,52; 48,73; 51,55; 51,80; 56,23; 56,64; 57,58; 59,09; 60,00; 61,37; 65,44; 66,25; 68,38; 68,74	Лейцит	$AlK_2O_6Si_2$
17,18; 18,94; 19,55; 20,74; 22,18; 24,78; 26,11; 28,27; 29,06; 29,49; 33,60; 34,74; 53,21; 57,30; 58,35; 58,72; 59,49; 60,44; 61,09; 61,64; 62,00; 63,93; 64,92	Сера	S_{20}
19,28; 19,84; 21,04; 22,57; 24,09; 28,69; 29,92; 30,68; 34,37; 35,42; 45,26; 53,61; 55,54; 62,34; 65,96; 67,60	Дихлормалеиновый ангидрид	$C_4Cl_2O_3$
20,39; 23,03; 31,64; 32,94; 33,30; 35,08; 36,56; 43,86; 47,32; 50,91; 52,05; 56,98; 60,76; 63,54; 66,68; 67,05; 68,02	Волластонит	CaO_3Si
21,39; 21,80; 23,65; 24,52; 27,05; 31,26; 32,12; 37,12; 47,68	Калиево-магниевого силикат	$K_2MgO_{12}Si_5$

Лейцит является калиевым алюмосиликатом, кристаллизующимся при высоких температурах. В состав лейцита входят 20,59 масс. % оксида калия, 23,22 масс. % оксида алюминия, 56,1 масс. % оксида кремния [10]. Волластонит представляет собой вещество из класса силикатов, один из способов получения которого заключается в обжиге при температуре 1150...1200 °С гомогенизированной шихты, состоящей из тонкомолотых кварцевого песка, мела, соды и оксида алюминия [11]. Дихлормалеиновый ангидрид – вещество, состоящее из кислотных остатков соляной и угольной кислот, соединенных атомом кислорода. В состав дихлормалеинового ангидрида входят 28,8 масс. % углерода, 42,4 масс. % хлора и 28,8 масс. % кислорода [12, 13].

Установлено, что после термообработки открытым пламенем образцов конструкций электромагнитных экранов № 3 и 4 значения их коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц отличаются не более чем на 0,2 дБ. На рис. 4 представлена частотная зависимость в диапазоне 8...12 ГГц названного коэффициента.

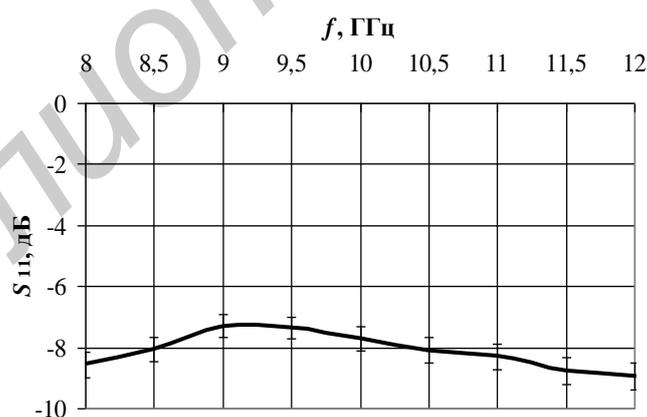


Рис. 4. Частотные зависимости коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне 8...12 ГГц исследованных образцов конструкций электромагнитных экранов № 3 и 4 после их термообработки открытым пламенем

Показано, что после термообработки открытым пламенем образцов конструкций электромагнитных экранов № 3 и 4 значения их коэффициента отражения ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц составляют -7...-9 дБ, что на 2...3 дБ превышает величину аналогичного параметра названных конструкций до их термообработки. Измерение значений коэффициента отражения ЭМИ образцов № 1, 2, 5 и 6 после их термообработки открытым пламенем не представилось возможным ввиду повреждения их целостности.

Заключение

Экспериментально обосновано, что на основе порошкообразного перлита и огнезащитного состава «АгниТерм-М» могут быть получены четырехслойные конструкции электромагнитных экранов, характеризующиеся свойством огнестойкости и средними значениями коэффициентов отражения и передачи ЭМИ в диапазоне частот 8...12 ГГц, равными соответственно –8 и –40 дБ, что позволяет рекомендовать использование таких конструкций в целях снижения энергии стоячих электромагнитных волн в помещениях, экранированных с использованием металлов. Первый слой (относительно направления распространения электромагнитных волн) предложенных конструкций должен быть сформирован на основе композита, наполнителем которого является порошкообразный перлит, пропитанный до насыщения 45%-м (равновесным) водным раствором хлорида кальция, а связующим – огнезащитный состав «АгниТерм-М» (объемное соотношение компонентов в названном композите – 1:1), второй, третий и четвертый слои – соответственно на основе огнезащитного состава «АгниТерм-М», целлюлозы и фольги.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант Г15М-025).

INFLUENCE OF HEAT TREATING BY THE OPEN FLAME OF THE PERLITE CONTAINING SHIELDING CONSTRUCTIONS ON THEIR ELECTROMAGNETIC RADIATION REFLECTION AND TRANSMISSION CHARACTERISTICS

O.V. BOIPRAV, E.S. BELOUSOVA

Abstract

An experimental justification of the content of electromagnetic shields constructions based on powdered perlite characterized by fire resistance property is made. The electromagnetic radiation reflection and transmission characteristics of such constructions before and after exposure to them by the open flame are researched.

Keywords: electromagnetic radiation, reflection and transmission coefficient, fire-resistance, perlite, heat treating.

Список литературы

1. Перлит в строительстве. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ooo-perlit.ru/building_perlit.htm. – Дата доступа: 04.06.2016.
2. Перлит. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.perlit.com.ua/%D1%84%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F.html>. – Дата доступа: 04.06.2016.
3. *Бойправ О.В., Борботько Т.В., Лыньков Л.М.* // Изв. НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 2014. № 4. С. 9–13.
4. Огнезащитные краски – теплоизоляция и огнезащита. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nvst.su/fire-retardant-paint>. – Дата доступа: 04.06.2016.
5. *Бойправ О.В., Белоусова Е.С., Мохамед А.М.А.* // Докл. БГУИР. 2014. № 3 (81). С. 27–32.
6. *Махмуд М.Ш.* Экраны электромагнитного излучения на основе шунгитсодержащих материалов для пассивных технических средств защиты информации: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Минск, 2013.
7. ГОСТ 6507-90. Микрометры. Технические условия.
8. ГОСТ 20271.1–91. Изделия электронные СВЧ. Методы измерения электрических параметров.
9. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.
10. *Phillips B.L., Kirkpatrick R.J.* // American Mineralogist. 1994. № 79. P. 1025–1031.
11. *Ахатов К.Х., Башаева Л.А., Левинтов Б.Л.* Способ получения волластонита / Патент РФ № 2089527.
12. *Эфендиев А.Д.О., Алиева С.А.К., Шахтаминский Т.Н.О.* Способ получения дихлормалеинового ангидрида / Патент СССР № 588224.
13. *Бойправ О.В., Белоусова Е.С.* // Матер. XX Междунар. научн.-техн. конф «Современные средства связи». Минск, 14–15 октября 2015. С. 183–184.