УДК 666.65

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИНТАКТИЧЕСКИХ ПЕН НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО СВЯЗУЮЩЕГО

Чухланов В.Ю., Селиванов О.Г.

ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Владимир, e-mail: selivanov6003@mail.ru

Проведены исследования диэлектрических свойств синтактических пен разработанных на основе кремнийорганического связующего полидиметилсилоксана и наполненных стеклосферами. Показано, что для улучшения диэлектрических характеристик синтактических пен необходимо вводить в рецептуру гидрофобизатор в количестве 1,5-2,0%.

Ключевые слова: кремнийорганическое связующее, стеклосферы, гидрофобизатор, синтактические пены

THE DIELECTRIC PROPERTIES OF SINTACTIC FOAMS BASED ON SILICON BINDER

Chukhlanov V.Y., Selivanov O.G.

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Vladimir, e-mail: selivanov6003@mail.ru

The investigations of the dielectric properties of syntactic foams developed based silicone binder filled with glass spheres and polydimethylsiloxane. It is shown that to improve the dielectric characteristics of syntactic foams should be added to the formulation in an amount hydrophobisator 1,5-2.0%.

Keywords: silicone binder resin, glass spheres, hydrophobisator, sintactic foams

Синтактические пены (СП) на основе кремнийорганического связующего полидиметилсилоксана (ПДМС) и стеклосфер являются перспективным материалом при конструировании объектов специального назначения: радиотелескопов, стационарных радиолокационных станций и других специальных сооружений и конструкций благодаря низкой плотности, высоким физико-механическим и теплофизическим характеристикам [1-3]. Однако, для таких объектов важно, чтобы применяемые материалы обладали высокими диэлектрическими свойствами, особенно в области СВЧ – радиоизлучения, что связано со спецификой работы данных объектов и выполняли роль радиопрозрачных изделий и покрытий [4-6]. В связи с этим, важной задачей является исследование диэлектрических свойств разработанных СП на основе кремнийорганического связующего ПДМС и стеклосфер, используемых в качестве наполнителя.

Материалы и методы исследования

В качестве кремнийорганического связующего в разработанных СП использовался полидиметилсилоксан (ГОСТ13032-77). ПДМС представляет собой кремнийорганический линейный полимер, нетоксичный, обладающий стабильностью характеристик в широком интервале температур и высокими диэлектрическими характеристиками. В качестве

наполнителя использовались стекляные микросферы, представляющие собой инертные, сферические кварцевые частицы, наполненные воздухом, средний размер частиц 30 — 40 мкм. В качестве добавки гидрофобизатора использовалась гидрофобизирующая кремнийорганическая жидкость ГКЖ 136-41 (ГОСТ 10834-76). Определение диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь проводили по ГОСТ 27496.2-87.

Результаты исследования и их обсуждение

Учитывая то, что СП состоят из трех компонентов: ПДМС, стекла и воздуха, можно сделать вывод о наибольшем влиянии на диэлектрические характеристики СП природы связующего и наполнителя.

Для гетерогенных систем существует аналитическое соотношение (формула Лихтенекера), связывающая диэлектрическую проницаемость композиции с диэлектрическими проницаемостями компонентов:

$$\ln \varepsilon_r = \theta_1 \ln \varepsilon_{r1} + \theta_2 \ln \varepsilon_{r2},$$

где ε_{k1} , ε_{k2} — диэлектрическая проницаемость соответственно 1-го и 2-го компонентов; θ_1 , θ_2 — объемные доли соответственно 1-го и 2-го компонентов.

В табл. 1 приведены данные по диэлектрической проницаемости полученные экспериментально и расчетным путем.

Таблица 1 Расчетные и экспериментальные значения диэлектрической проницаемости образцов СП

Объемная доля ПДМС	Расчетные значения	Экспериментальные значения
0,10	1,26	1,44
0,30	1,82	2,06
0,50	2,39	2,41
0,70	2,72	2,75
0,90	2,97	3,06
1,00	3,15	3,15

Сравнивая расчетные и экспериментальные значения диэлектрической проницаемости (табл. 1), мы видим, что они не однозначны, особенно в тех образцах СП, где объемная доля ПДМС менее 40%. Расчетные значения диэлектрической проницаемости меньше экспериментальных, что можно объяснить наличием сорбированной влаги за счет появления открытых пор в СП при низкой объемной концентрации ПДМС.

Проведенные исследования показали, что с увеличением объемной доли связующего наряду с возрастанием диэлектрической проницаемости происходит и рост тангенса угла диэлектрических потерь. Соответственно наблюдается и возрастание потерь радиопрозрачности в СП (рис.1). Действие влаги на поверхность стекла приводит к уменьшению поверхностного электрического сопротивления материала до 0,5·107 – 3·108 Ом.



Рис. 1. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь и потерь радиопрозрачности от содержания ПДМС в СП

Однако применение гидрофобизаторов, например ГКЖ-136-41, позволяет придать поверхности очень высокое электрическое сопротивление $(1 \cdot 10^{12} - 1 \cdot 10^{14})$ Ом), не зависящее от влажности воздуха.

Повышение поверхностного электрического сопротивления приводит соответственно и к уменьшению тангенса угла диэлектрических потерь. Экспериментальные данные подтверждают, что введение гидрофобизи-

рующей жидкости ГКЖ 136-41 в количестве 1,5-2,0% в СП с открытопористой структурой приводит к заметному улучшению диэлектрических характеристик (рис.2). Однако при введении гидрофобизатора свыше 1,5 – 2,0%, каких либо существенных изменений электрических свойств СП не наблюдается. Поэтому эти значения можно считать оптимальными при получении высокоэффективных диэлектрических материалов.

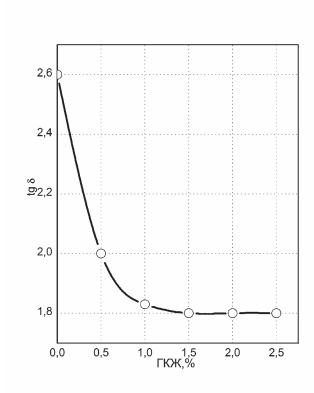


Рис. 2. Зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от содержания ГКЖ 136-41

Важным свойством материалов на основе кремнийорганических связующих является сохранение высоких диэлектрических характеристик после воздействия пламени. Однако допускается применение только таких кремнийорганических связующих, которые не содержат в качестве боковых заместителей фенильных групп у атомов кремния. Фенильные группы

приводят к образованию электропроводного коксового слоя, резко ухудшающего диэлектрические свойства материалов. Проведенные исследования подтвердили теоретические предположения, что действительно воздействие пламени на СП со связующим ПДМС не приводит к существенным изменениям диэлектрических свойств (табл. 2).

Таблица 2 б.) после воздействия пропан-

Изменение электрических свойств СП (ПДМС – 10% об.) после воздействия пропанвоздушного пламени ($T = 1372~\mathrm{K}$)

Время воздейст	Электрические свойства СП до испытания		Электрические свойства СП после испытания			
вия пламени,с	3	tgδ	-∆R,Дб	3	tgδ	-∆R, Дб
15	1,44	2.6	0.8	1,44	2,8	0,80
30	-"-	_''_	-"-	1,50	3,30	0,90
60	_''_	_''_	-"-	1,55	3,40	0,95

Выволы

Таким образом, проведенные исследования показали реальную возможность применения разрабатываемых СП на основе ПДМС и стеклосфер с добавкой 1,5 – 2.0% гидрофобизатора в качестве радиопрозрачных материалов для стационарных и мобильных радиолокационных станций и других устройств СВЧ – радиодиапазона.

Работа выполнена в рамках государственного задания ВлГУ №936/14 «Обеспечение проведения научных исследований».

Список литературы

1. Chukhlanov V.Y., Tereshina E.N. Polyorganosiloxane-Based Heat-Resistant Sealant with Improved Dielectric Characteristics // Polymer Science, Ser. C, 2007, Vol. 49, No. 3, pp. 288–291

- 2. Чухланов В.Ю., Алексеенко А.Н. Применение синтактных пенопластов с кремнийорганическими связующими в строительстве // Строительные материалы. 2001. № 6. С. 26-27.
- 3. Chukhlanov V.Yu., Sysoev E.P. Use of hollow Glass microspheres in organosilicon syntactic foam plastics// Glass and Ceramics. 1999. T. 57. № 1-2. C. 47-48.
- 4. Красюк В. Н. Антенны СВЧ с диэлектрическими покрытиями (особенности расчета и проектирования). Л.: Судостроение, 1986
- 5. Чухланов В.Ю., Киреев В.В. //Диэлектрические характеристики синтактных материалов с полиорганосилоксановыми связующими в области сверхвысоких частот // Пластические массы. 2003. № 4. С. 25-27
- 6. Блайт Э.Р., Блур Д. Электрические свойства полимеров. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.