

УДК 677.026.44

**НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С УГЛЕРОДНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

*В.М. ГОРЧАКОВА, И.Н. ХОДАКОВА, О.Н. МАКРУШИНА*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)

Необходимым условием достижения нетканым материалом заданного уровня защиты от электромагнитного излучения является наличие в его структуре наполнителей, обеспечивающих отражение или поглощение энергии электромагнитного поля. Анализ научно-технической информации показывает, что типовыми наполнителями для защитных нетканых материалов являются электропроводящие порошки или волокна и дисперсные полупроводники [1].

В данной работе функциональные свойства защитного нетканого материала обеспечивались углеродными наполнителями в виде мелкодисперсного порошка сажи или графита с размером частиц 10...30 мкм. Образцы полотен получали методом импрегнирования волокнистых

основ наполненной поливинилацетатной эмульсией. Волокнистые основы изготавливали иглопрокалыванием холстов из вискозных (0,31 текс, длина резки 65 мм), полипропиленовых (0,33 текс, длина резки 66 мм), полиэфирных волокон (0,33 текс, длина резки 60 мм) и их смесей. Содержание углеродного порошка в пропиточной композиции варьировалось от 15 до 50 % к массе полимера.

В связи с тем, что параметры функциональных свойств защитных нетканых материалов в значительной степени определяются количеством экранирующей добавки в единице его объема, нами исследовалось влияние вида волокон и концентрации наполнителя в связующем на содержание наполнителя в полотне. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наполнитель	Содержание наполнителя в связующем, % к массе полимера	Содержание наполнителя в нетканом материале, % к массе волокон, при содержании вискозных волокон в холсте			
		100	80	60	0
Сажа	15	28	16	19	23
	25	39	19	23	34
	35	26	21	25	39
	50	18	22	26	41
Графит	15	19	13	16	18
	25	23	16	22	28
	35	25	16	23	33
	50	25	18	23	38

Анализ табл. 1 показывает, что при повышении концентрации наполнителя в пропиточной композиции свыше 25%

масс. содержание углеродного порошка в образцах нетканого материала с вискозными волокнами меняется незначительно.

Это связано с изменением коллоидно-химических свойств латексной, композиции при введении наполнителя, и, в первую очередь, с увеличением вязкости пропиточной композиции. Углеродные порошки являются сильными загустителями латексных композиций [2], особенно при концентрациях свыше 20 масс. частей на 100 масс. частей полимера. Частицы наполнителя размером 10...30 мкм сорбируются на поверхности частиц поливинилацетатной эмульсии (размер [2] которых превышает 200 мкм), участвуя в образовании защитной адсорбционно-гидратной оболочки, и увеличивают при этом эффективный объем дисперсной фазы связующего. Повышенная вязкость связующего, содержащего свыше 25% углеродного наполнителя к массе полимера, затрудняет проникновение пропиточной композиции внутрь волокнистой основы, содержащей вискозные волокна.

Таким образом, при пропитке волокнистой основы из вискозных волокон саже-содержащей полимерной дисперсией максимальное наполнение нетканого материала (40% к массе волокна) достигается при введении 25% наполнителя к массе полимера в связующем. Дальнейшее увеличение концентрации наполнителя в связующем до 50% способствует снижению доли наполнителя в нетканом материале до 18%.

При пропитке волокнистых основ из 100% полипропиленового волокна наблюдается равномерное увеличение (до 38...41%) содержания сажи и графита в нетканом материале при увеличении концентрации наполнителя в пропиточной композиции до 50%. Это можно объяснить перераспределением на поверхности латексных глобул частиц эмульгатора и наполнителя. Макромолекулы ПАВ, замещаемые наполнителем, адсорбируются на поверхности гидрофобных полипропиленовых волокон, снижая объем дисперсной фазы.

Максимальное количество сажи в нетканом полотне из полипропиленовых волокон достигает 41%, что сравнимо с максимальным содержанием сажи в полотне

из вискозных волокон. Однако при этом необходимо использовать дисперсию полимера с более высоким наполнением. Максимальное содержание графита в нетканом материале (38%) достигается при пропитке полипропиленового волокна связующим, содержащим 50% наполнителя в массе полимера.

Таким образом, для достижения равномерного распределения наполнителя по толщине нетканого материала предпочтительнее использовать синтетические волокна. Необходимое количество углеродного наполнителя в пропиточной композиции варьируется в интервале от 35 до 50%. Аналогичные результаты были получены при замене полипропиленовых волокон на полиэфирные.

Способность наполненного нетканого материала взаимодействовать с электромагнитным излучением предварительно оценивалась по их объемному удельному электрическому сопротивлению. Установлено, что на электрическую проводимость нетканого материала существенно влияет его объемная плотность и свойства наполнителя (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Наполнитель	Удельное объемное сопротивление нетканого материала, Ом·м, при объемной плотности полотна, г/см <sup>3</sup>			
	0,2	0,4	0,6	0,8
Сажа	$3,0 \cdot 10^{12}$	$9,5 \cdot 10^{11}$	$9,3 \cdot 10^{11}$	$8,1 \cdot 10^{10}$
Графит	$2,0 \cdot 10^{12}$	$2,0 \cdot 10^{10}$	$8,5 \cdot 10^{10}$	$2,3 \cdot 10^9$

Увеличение объемной плотности от 0,2 до 0,8 г/см<sup>3</sup> после прессования полотна при повышенной температуре способствует снижению объемного удельного сопротивления с  $10^{12}$  до  $10^9$  Ом·м вследствие сближения частиц наполнителя и достижения более полного контакта между ними.

Эффективность экранирующих поверхностей, характеризуемая отношением напряженности поля в защищаемом пространстве в отсутствие и при наличии экрана, определяется в дБ и включает в себя две составляющие:

– экранирование за счет поглощения электромагнитной энергии в толще экранирующего материала;

– экранирование за счет отражения электромагнитной энергии от границы раздела "пространство-экран".

В общем случае уменьшение энергии отраженной электромагнитной волны обусловлено не только ее рассеянием под различными углами в результате взаимодействия со структурными неоднородностями защитного материала и гашением за счет

интерференции при переотражениях на границе раздела сред, но и поглощением электромагнитной энергии вследствие диэлектрических и магнитных потерь, а также переходом ее в другие виды энергии, в частности, тепловую.

Защитные свойства наполненных нетканых материалов оценивались по коэффициентам отражения по нормали от образцов на металле [3], приведенным в табл. 3.

Таблица 3

№ п/п	Наполнитель	Содержание наполнителя, г/м <sup>2</sup>	Коэффициент отражения по нормали, дБ, при длине волны (см)		
			1,0	3,0	10
1	сажа	56	-1	-4/-4	-1/-1
2	сажа	63	-1	-15/-12	-1/-1
3	сажа	138	-3	-4/-4	-1
4	сажа+металл	26	-1,5	-4/-2	-1,5
5	-	48	-2	-3/-2	-2
6	-	114	-4	-4/-5	-1/-2
7	графит	93	-1	-7/-7	-1
8	-	204	-4	-22/-23	-5
9	графит+металл	22	-3,5	-2/-6	-3/-4
10	-	41	-2	-6/-13	-2/-3
11	-	52	-1,5	-2/-5	-1/-4
12	-	90	-3	-4/-6	-3

В табл. 3 приведены коэффициенты отражения электромагнитных волн длиной от 1 до 10 см образцами нетканых материалов, наполненных сажей или графитом. Образцы 4...6 и 9...12 содержат в своей структуре металлические волокна.

Как видно из табл. 3, тип наполнителя и его содержание в полотне существенно влияют на защитные свойства нетканого материала. Наибольших значений коэффициент отражения образцов, наполненных сажей, достигает при ее содержании 63 г/м<sup>2</sup> и длине волны 3 см. Дальнейшее двукратное увеличение наполнения привело к ухудшению защиты от электромагнитных волн длиной 3 см. При этом незначительно улучшились показатели экранирования волн длиной 1 см. Введение металла в саженасыщенный нетканый материал не привело к повышению защитных характеристик полотна.

Максимальные коэффициенты отражения (22 дБ при длине волны 3 см) в данной

работе были получены при наполнении нетканых материалов графитом.

Указанный наполнитель улучшает также экранирование (4...5 дБ) более коротких (1 см) и более длинных (10 см) электромагнитных волн. Введение металлических волокон в графитосодержащий нетканый материал как и в случае с саженасыщенным материалом не оказало существенного влияния на эффективность экранирования электромагнитных волн.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что для получения нетканых материалов для защиты от электромагнитных излучений следует иглопробивные основы из синтетических волокон импрегнировать латексным связующим, содержащим углеродный наполнитель в количестве 35...45% масс.

2. Увеличение объемной плотности наполненного нетканого материала от 0,2

до  $0,8 \text{ г/см}^3$  способствует снижению его объемного удельного сопротивления с  $10^{12}$  до  $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  вследствие достижения более полного контакта между частицами наполнителя.

3. Максимальные коэффициенты отражения (22 дБ при длине волны 3 см) в данной работе были получены при наполнении нетканых материалов графитом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шнейдерман Я.Ф. Радиопоглощающие материалы // Зарубежная радиоэлектроника. - 1975, №2. С. 93...114.
2. Технология переработки латексов / Под ред. Д.П. Трофимовича, В.А. Берестнева. – М.: ООО Изд-во "Научтехлитиздат", 2003.
3. Ковнеристый Ю.К., Лазарева И.Ю., Раваев А.А. Материалы, поглощающие СВЧ-излучения. – М.: Наука, 1982.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 08.10.08.

---