

γ_s – плотность вискозного волокна, кг/м³;

ϵ – толщина тканой основы, м;

m_H – масса 1 м² тканой основы, кг;

v – скорость движения тканой основы на поточной линии, м/с;

η – вязкость, Па·с.

Из анализа математической модели (13) следует, что при прочих равных условиях:

– с увеличением плотности пропитывающей полимерной композиции γ_0 увеличивается относительное содержание полимерной композиции в пропитанном полотне, приближаясь постепенно к постоянной величине (так как с увеличением плотности вязкость раствора увеличивается быстрее);

– с увеличением скорости v выхода тканого полотна из пропиточной ванны или с увеличением вязкости η пропитывающей дисперсии также увеличивается относительное содержание полимерной композиции (за счет увеличения толщины) с той же тенденцией, что и при увеличении плотности;

– с увеличением плотности волокон тканой основы относительное количество полимерной композиции в пропитанном тканом полотне незначительно уменьшается, так же как и с увеличением толщины наполнителя.

Полученные расчетные и экспериментальные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные и экспериментальные данные

Показатель	Обозначение	Расчетные значения		Экспериментальные значения	
		Концентрация 100 г/л	Концентрация 500 г/л	Концентрация 100 г/л	Концентрация 500 г/л
Масса образца, г	P_1	–		4,9	
Масса образца после аппретирования, г	P_2	–		5,5	6,0
Плотность вискозного волокна, г/см ³	γ_B	1,5		–	
Длина образца, см	l	10,0		–	
Ширина образца, см	b	10,0		–	
Толщина (высота), см	ϵ	0,1		–	
Объем образца, см ³	V_1	12,0		–	
Объем пор, см ³	V_p	8,8		–	
Общая пористость материала, %.	P_R	73,3		–	
Массовая доля аппрета (полимерной композиции) после пропитывания, %	w_a	5,0	9,2	–	
Коэффициент пропитывания	k	0,1	0,1	–	
Относительная объемная пористость	ω	0,7		–	
Масса связующего, поглощенная порами тканой основы на 1 м ² , кг	m_1	0,1	0,1	–	
Толщина слоя, м	h_1	0,0002900	0,0000957	–	
Количество связующего, наносимое на обе стороны тканой основы на 1 м ² , кг	m_2	0,608	0,201	–	
Процентное содержание адсорбированной дисперсии стирол-акрилата, %	$N_{адс.}$	4,23	14,50	4,30	14,60

УДК 678.675

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ АЗОТФОСФОРСОДЕРЖАЩЕГО ЗАМЕДЛИТЕЛЯ ГОРЕНИЯ В

ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА-6

Асп. Костюченко М.А., д.т.н., проф. Ревяко М.М.

Белорусский государственный технологический университет

Основные системы, замедляющие горение, которые используются в настоящее время для полимеров, состоят из галогенсодержащих соединений, соединений фосфора и азота, а также целого ряда неорганических соединений. В зависимости от химического строения, антипирены могут подавлять процессы, сопутствующие горению в твердой, жидкой или газообразной фазе. Они могут влиять на отдельные стадии высокотемпературного пиролиза, воспламенения и распространения пламени.

Одним из наиболее распространенных замедлителей горения для полиамидов является меламин и его производные. Однако, при использовании триазиновых соединений в наполненных полиамидных композициях невозможно достичь высшей категории стойкости к горению. Эту проблему может решить использование фосфорсодержащих антипиренов, влияющих на реакции, протекающие в конденсированной фазе.

В докладе представлены полимерные композиции на основе полиамида-6 (ПА-6), содержащие в качестве армирующего компонента 30мас.% стекловолокна. Используемый замедлитель горения – антипирирующая добавка «АП6-1», представляющая собой смесь 1,3,5-триазин-2,4,6-триамина (меламин) и красного фосфора. Для получения полимерных композиций использована технология экструзионного компаундирования в расплаве. В серии выполненных экспериментов использовали промышленную экструзионно-грануляционную линию на базе двухшнекового экструдера ZE-50A×52D-UTX.

Стойкость к воздействию небольших источников воспламенения оценивалась по показателю «Категория стойкости к горению» согласно ГОСТ 28157-89 (метод Б). Процесс термической деструкции изучен методом термогравиметрического анализа на приборе TGA/DSC1 фирмы «Mettler Toledo» в атмосфере воздуха в диапазоне температур 30–500°C. Методом ИК-спектроскопии был исследован состав одной из полимерных композиций до и после термогравиметрического анализа. Поверхность образцов после испытаний стойкости к горению по ГОСТ 28157-89 изучена с помощью метода сканирующей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JSM-5610 LV.

При отсутствии антипирена в ПА-6, армированном отрезками стекловолокна, наблюдается интенсивное горение и каплепадение полимера (табл. 1). С введением антипирирующей добавки «АП6-1» характер горения меняется: полимер быстрее затухает после удаления источника пламени, образующийся на поверхности карбонизированный слой препятствует каплепадению.

Таблица 1 – Стойкость к горению полиамидных композиций

Содержание «АП6-1», мас.%	0	14	17	20	23
Категория стойкости к горению (толщина 4,0 мм)	н.с.	н.с.	н.с.	ПВ-0	ПВ-0
Категория стойкости к горению (толщина 1,6 мм)	н.с.	н.с.	ПВ-2	ПВ-1	ПВ-0

Примечание: н.с. – не соответствует.

На полученных термогравиметрических кривых образцов, содержащих антипирен, наблюдается две ступени потери массы (рис. 1). На первой ступени меламин сублимируется эндотермически, что приводит к снижению концентрации горючих газов в зоне горения. На второй ступени происходит деструкция самого полимера, которая протекает при более низких температурах в сравнении с чистым стеклонаполненным ПА-6.

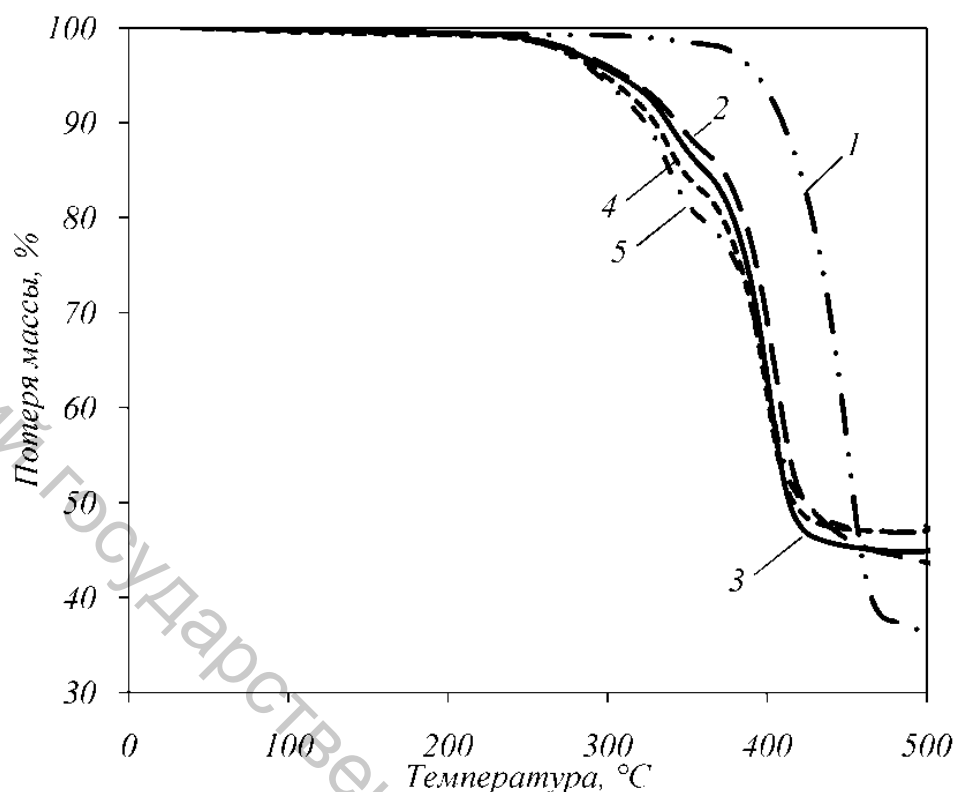


Рисунок 1 – Термогравиметрические кривые образцов с массовым содержанием «АП6-1»:
1 – 0%; 2 – 14%; 3 – 17%; 4 – 20%; 5 – 23%

Изучение микроструктуры поверхности композиций после воздействия пламени и ИК-спектроскопия твердого остатка показали, что красный фосфор влияет на процессы, протекающие в конденсированной фазе полимера при горении. В твердом остатке появились новые полосы поглощения, характерные для эфиров фосфорной кислоты: 982 см^{-1} (валентное колебание P–O связи) и 1074 см^{-1} (валентное колебание P–O–C связи). Вероятно, радикалы, образующиеся при разрыве полимерных цепей красного фосфора, выборочно реагируют с атомами кислорода полиамида-6 с образованием эфиров фосфорной кислоты, что приводит к образованию карбонизированного негорючего слоя на поверхности полимера.

При содержании антипирена 20–23 мас.% карбонизированный слой становится более плотным и эффективно препятствует диффузии горючих газов к нетронутому полимеру, а также играет роль термического барьера (рис. 2). Наличие пор в структуре карбонизированного слоя ухудшает его барьерные свойства.

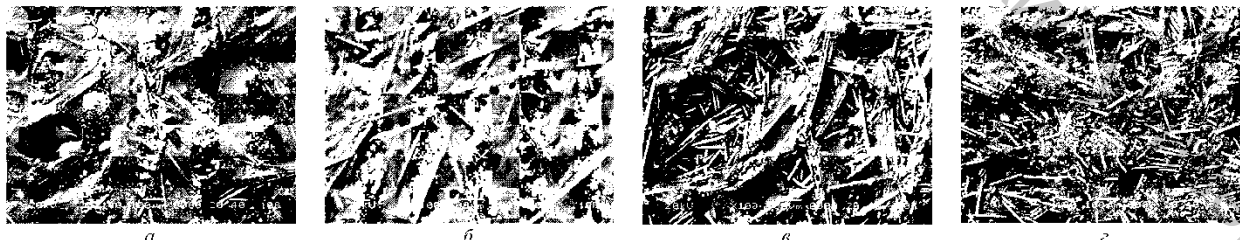


Рисунок 2 – Структура обгоревшей поверхности образцов с массовым содержанием «АП6-1»:
а – 14%; б – 17%; в – 20%; г – 23%

Таким образом, комбинированный антипирен «АП6-1» действует одновременно в газовой и конденсированной фазах и является эффективной огнезащитной системой для стеклонаполненного ПА-6.