

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ГРАЖДАНСКОМ ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ

В.А.НИКИШИН, К.М.КИРИН

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности,  
Авиационный сертификационный центр ГосНИИ ГА)

В настоящее время на самолетах типа Ил-86 используется несколько тонн горючего пластика и текстильных материалов для деталей интерьера кабины. Зная

величину эффективной теплоты сгорания полимерных материалов, равную 35 000 кДж/кг, можно рассчитать величину пожароопасной нагрузки:

$$6\ 000\ \text{кг} \cdot 35\ 000\ \text{кДж/кг} = 2,1 \cdot 10^8\ \text{кДж} (2 \cdot 10^8\ \text{Вту}).$$

Сопоставляя теплоту сгорания авиационного топлива (43 000 кДж/кг) с пожароопасной нагрузкой, представляемой материалами кабины, видим, что она эквивалентна приблизительно 4 800 кг авиационного топлива, находящегося среди людей в пассажирском салоне.

Ковровое покрытие пола	440 кг
Драпировка кресел	260 кг
Шторы и занавеси	22 кг
Оболочки аварийных трапов	450 кг
Маты теплозвукоизоляции	1 400 кг
Багажные полки	895 кг
Потолочные декоративные панели	960 кг
Оконные декоративные панели	550 кг
Панели фальшборта	300 кг
Межсалонные перегородки	45 кг
Итого:	6 000 кг

Для перспективных самолетов большой пассажировместимостью, например, таких как двухпалубный А380-100 европейского консорциума "Airbus Industries" на 555 пассажирских мест, пожароопасная нагрузка может возрасти более чем в два

раза, если не появятся новые сверхогнестойкие материалы.

В случае аварийной посадки самолета, сопровождающейся пожаром от пролитого топлива, время, имеющееся в распоряжении пассажиров на то, чтобы относительно безопасно эвакуироваться из самолета, в первую очередь зависит от горючести декоративно-отделочных материалов салона.

Применяемые в настоящее время материалы позволяют пассажирам относительно безопасно эвакуироваться в течение 120 с, после чего пламя и дым проникают внутрь салона и, распространяясь по нему, воспламеняют детали интерьера, резко снижая шансы на выживание людей, оставшихся в кабине самолета.

На рис. 1 с помощью графика [1] приведены данные по величине тепловыделения существующих и перспективных материалов интерьера кабины в зависимости от обратной величины времени достижения температуры возгорания. Этот период и будет определять время, имеющееся в распоряжении у пассажиров самолета для безопасной эвакуации.

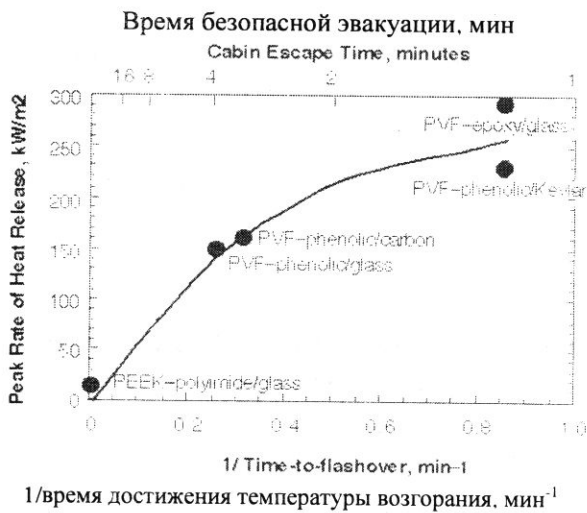


Рис. 1

В качестве образцов использовались панели, состоящие из 6-миллиметрового сотового заполнителя фирмы Nomex и покрытые:

- PVF-эпоxy/glass – стекловолокно, пропитанное эпоксидным связующим и покрытое PVF-декоративной пленкой;

- PVF-phenolic/Kevlar – кевларовые волокна, пропитанные фенольным связующим и покрыты PVF-декоративной пленкой;

- PVF-phenolic/carbon – углеродное волокно, пропитанное фенольным связующим и покрытое PVF-декоративной пленкой;

- PVF-phenolic/glass – стекловолокно, пропитанное фенольным связующим и покрытое PVF-декоративной пленкой;

- PEEK-polimide/glass – стекловолокно, пропитанное стойким к высоким температурам полиамидным связующим и покрытое PEEK-декоративной пленкой.

Поскольку величина теплоты, выделяемой при горении декоративно-

отделочных материалов, является первичным показателем пожаробезопасности салона самолета, то технической целью Программы фундаментальных исследований, которая ведется Федеральным Авиационной Администрацией США (FAA) по модификации имеющихся и созданию новых пожаробезопасных материалов для коммерческих самолетов будущего, является создание материалов, позволяющих безопасно эвакуировать пассажиров в течение, **как минимум, 10 мин.** Такая Программа ведется отделом пожарной безопасности (Fire Safety Section) AAR-422 технологической базы William J. Hughes американского Департамента Транспорта с привлечением исследовательской базы университетов и лабораторий химических предприятий при поддержке авиастроительных предприятий.

В соответствии с планом-графиком Программы (развернутой с 1995 г.) планируется получить материалы с пониженной на 50% величиной тепловыделения к 2005 г., а также создание полностью негорючих материалов (с нулевой величиной тепловыделения) в 2018 г.

В рамках этой Программы с использованием стандартного экспериментального метода определения теплотворной способности, называемого адиабатическая "кислородная бомба" ASTM D2382-88 (Parr Instrument Co., Moline, Illinois), была определена общая теплота сгорания (Gross Heat of Combustion) некоторых промышленных, предпромышленных и опытных образцов полимеров с известной химической структурой:

$$Q_c = (C \Delta T_{\max} - e_1 - e_2 - e_3) / m, \text{ кДж/г,}$$

где  $\Delta T_{\max} = (T_{\max} - T_0)$  – разница между начальной и конечной температурой, °C;  $m$  – масса образца (1 г);  $C = 10,13 \pm \pm 0,13$  кДж/°K – калибровочный коэффициент сенда;  $e_1$  – поправка на энергию воспламенения хромоникелевого запала (5,8576 кДж/г);  $e_2$  – поправка на теплоту

образования продуктов реакции;  $e_3$  – поправка на теплоту растворения продуктов реакции для образцов, содержащих помимо углерода, водорода и кислорода другие элементы.

В качестве предварительной характеристики термической стабильности материала также может быть использовано значение температуры  $T_p$ , °С, при которой достигается максимальная скорость снижения массы испытуемого образца с величиной в

50% от его исходного значения. Эта температура характеризует внутреннюю огнестойкость при термогравиметрическом исследовании с линейной скоростью нагрева 10 °К/мин в среде инертного газа (азота) – табл.1 [2].

Таблица 1

№ п/п	Название материала [регистрационный номер CAS (Chemical Abstracts Service)]	Торговое название, поставщик	Структура элементарного звена	Общая теплота $Q_c$ сгорания, кДж/г	Температура 50% $T_p$ , потери массы, °С	Кислородный индекс LOI, %
1	Polytetrafluoroethylene (PTFE) [9002-84-0]	Aldrich Chemical Company, Inc.	$C_2F_4$	6,68	612	95
2	Polyethylene (PE) [9002-88-4]	LDPE Polysciences, Inc.	$C_3H_4$	47,74	505	18
3	Poly(methylmethacrylate) (PMMA) [9011-14-7]	Aldrich Chemical Company, Inc.	$C_5H_8O_2$	26,75	398	17
4	Poly(1,4-phenylenesulfide) (PPS) [9016-75-5]	KETRON PPS <sup>TM</sup> DSM Engineering	$C_6H_4S$	28,39	578	44
5	Polystyrene (PS) [9003-53-6]	Polysciences, Inc.	$C_8H_8$	43,65	364	18
6	Polyethyleneterephthalate (PET) [25038-59-9]	Polysciences, Inc.	$C_{10}H_8O_4$	24,13	474	21
7	Poly(etherketone) (PEK) [27380-27-4]	P22 (virgin) Victrex USA	$C_{13}H_8O_2$	31,07	614	40
8	Poly(p-phenylenebenzobisoxazole) (PBO) [852-36-8]	PBO DOW Chemical Co.	$C_{14}H_6O_2N_2$	29,18	789	56
9	Poly(p-phenylene terephthalamide)	KEVLAR <sup>TM</sup> DuPont	$C_{14}H_{10}O_2N_2$	26,92	628	28
10	Polyamideimide (PAI)	TORLON 4203L <sup>TM</sup> Amoco	$C_{15}H_8O_3N_2$	24,97	628	45
11	Poly(acrylonitrilebutadienestyrene) (ABS) [9003-56-9]	Polysciences, Inc.	$C_{15}H_{17}N$	39,84	444	18
12	Poly(etheretherketone) (PEEK) [29658-26-2]	450F <sup>TM</sup> Victrex USA	$C_{19}H_{12}O_3$	31,07	606	35
13	Poly(etherketoneketone) (PEKK)	G040 <sup>TM</sup> (virgin flake) DuPont	$C_{20}H_{12}O_3$	31,15	619	40
14	Polybenzimidazole (PBI) [25928-81-8]	CELAZOLE <sup>TM</sup> PBI Hoechst Celanese	$C_{20}H_{12}N_4$	31,65	630	42
15	Polyetherimide (PEI) [61128-46-9]	ULTEM 1000, General Electric	$C_{37}H_{24}O_6N_2$	29,06	575	47

Примечание. Цифры в квадратных скобках – номер материала в Chemical Abstracts Service Registry (CASR).

В процессе разработки новых материалов приходится сталкиваться с рядом трудностей, которые являются сдерживающими факторами для скорейшего появления новых материалов и их внедрения в конструкции самолетов:

– достаточно высокий риск финансовых вложений в проведение исследований, связанный с малой вероятностью серийного применения вновь разработанного ма-

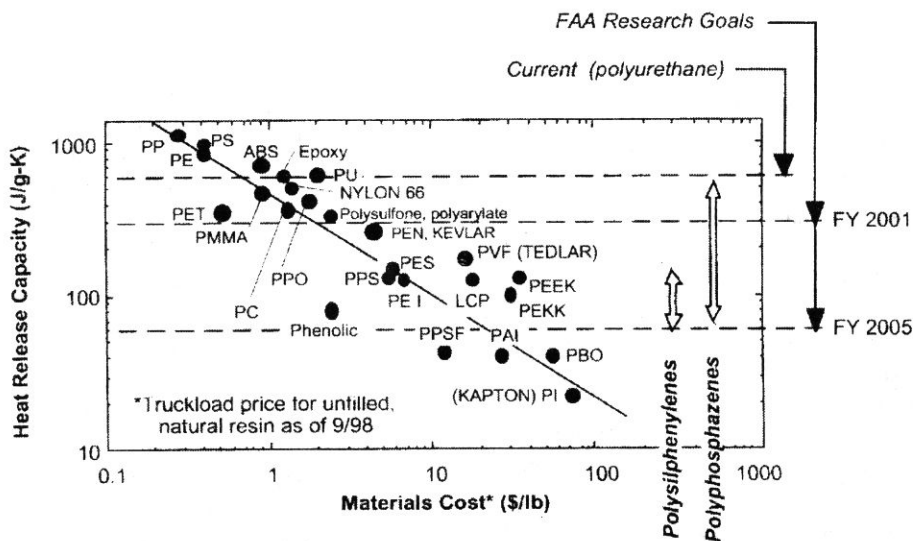
териала;

– малые потребные количества новых материалов (даже с учетом автомобильного, железнодорожного и морского транспорта);

– высокая цена конечного продукта, связанная со сложностью технологических процессов и высокой стоимостью исходных компонентов, а также дорогостоящие испытания и контроль качества.

В настоящее время средняя установившаяся стоимость авиационных материалов равняется 136 долларам за килограмм (300 \$/lb), из которых более 60% составляет стоимость производства, включающая обработку и изготовление. Менее 20%

стоимости связано с затратами на проектирование и разработку материала и изучение программ создания самолета. Остальные 20% или 27 долларов за килограмм (60 \$/lb) – это стоимость самого материала.



**Сопоставление стоимости некоторых коммерческих полимеров и их пожаробезопасности (величины тепловыделения)**

PP - polypropylene	PC - polycarbonate	PEI – polyetherimide (ULTEM™)
PS - polystyrene	PPO – poly(2,6-dimethyl-1,4-phenil xide)	neo-PEEK – polyetheretherketone (KETRON™)
PE - polyethylene	PEN - poly(p-phenylene terephthalamide) (KEVLAR™)	PEKK – polyetherketoneketone
ABS - acrylonitrile-butadiene-styrene terpolymer	PVF – (TEDLAR™)	PPSF –
PU – polyurethane	PPS – poly(1,4-phenylenesulfide)	PAI – polyamideimide (TORLON™)
NYLON 6,6 - polyhexamethylenedipamide	PES – poly(1,4-phenyleneethersulfone)	PBO – poly(p-phenylenebenzobisoxazole)
PMMA - polymethylmethacrylate	LCP –	PI – polyimide (KAPTON™)
PET – polyethyleneterphthalate		

Рис. 2

На рис. 2 показана зависимость стоимости (в долларах США) одного фунта (1 lbs = 0,454 кг) полимера от полной величины выделившейся теплоты, характеризующей пожаробезопасность данного материала [3].

Высокая стоимость готового материала сдерживает широкое освоение химической промышленностью уже синтезированных перспективных материалов. Кроме того, имеет место нежелание потребителей (промышленностью) применять дорогостоящие материалы, что в итоге приводит к повышению стоимости конечного продукта (самолета), а следовательно, и услуг по авиаперевозкам.

## ВЫВОДЫ

Показана необходимость создания новых молекулярных структур термостойких пожаробезопасных полимеров, а также скорейшее решение задач использования для синтеза дешевых исходных мономеров, снижения стоимости технологических процессов производства и их утилизации (переработки).

## ЛИТЕРАТУРА

1. DOT/FAA/AR-TN01/104, "Fire-Resistant Elastomers", Richard E.Lyon, Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center, Airport and Aircraft Safety Research and Development Division Fire Safety Branch, Atlantic City International Airport, New Jersey 08405.
2. DOT/FAA/AR-97/100, "Fire-Resistant Materi-

als: Progress Report". Edited by Richard E. Lyon, AAR-422, William J. Hughes Technical Center, U.S. Department of Transportation FAA (CIIA), November 1998.

3. "Heats of Combustion of High Temperature Polymers", Richard N. Walters, Stacey M. Hackett – Galaxy Scientific Corporation 2500 English Creec Avenue, Building C Egg Harbor Township, New Jer-

sey 08234. Richard E. Lyon – Federal Aviation Administration, William J. Hughes Technical Center, Fire Safety Section AAR-422, Atlantic City International Airport, New Jersey 08405.

Рекомендована кафедрой технологии прядения  
РосЗИТЛП. Поступила 15.04.03.

---