

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ МИКРОСФЕРОТЕКСТОЛИТОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ГОРЕНИИ

В авиационной технике из неметаллических материалов наиболее широко используются стеклопластики и панели из них. Все неметаллические материалы, предназначенные для применения в интерьере пассажирских самолетов, должны соответствовать требованиям по пожарной безопасности. Одними из наиболее важных требований по пожарной безопасности, наряду с критериями по горючести и дымообразующей способности, являются критерии, ограничивающие максимально допустимые значения тепловыделения при горении.

Требования и необходимые процедуры при проведении испытаний материалов на тепловыделение для отечественной авиационной техники изложены в Части IV Приложения F главы 25 Авиационных правил (АП-25) [1]. Аналогичные требования имеются и в зарубежных авиационных нормах FAR-25 и JAR-25. Испытания материалов проводятся в проточном калориметре типа OSU. В соответствии с этими требованиями образцы подвергаются воздействию теплового потока мощностью 35 кВт/м^2 и иницилирующему пламени пилотной газовой горелки в течение 5 мин. Нормируемыми показателями являются удельная максимальная скорость тепловыделения (пик), измеряемая в кВт/м^2 , и удельное общее количество выделившегося тепла за первые две минуты испытания, измеряемое в $\text{кВт}\cdot\text{мин/м}^2$ ($1 \text{ кВт}\cdot\text{мин/м}^2 = 60 \text{ кДж/м}^2$).

Требования к пожарной безопасности для материалов интерьера относятся к элементам конструкций с нанесенным необходимым декоративным и защитным покрытием (ЛКП, декоративная пленка). Однако в исследовательских целях целесообразно определять характеристики пожаробезопасности, относящиеся непосредственно к самому материалу, т. е. проводить испытания образцов, не имеющих дополнительных покрытий.

Ранее [2] было показано, что с увеличением толщины большинства монолитных полимерных материалов, таких как стекло-, угле- или органопластики, нормируемые показатели тепловыделения (пик и общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин) возрастают. Причем увеличение толщины образца от 0,2 до 1,5 мм приводит практически к линейному возрастанию как максимальной скорости тепловыделения, так и общего количества выделившегося за первые 2 мин тепла. При дальнейшем увеличении толщины материалов (до 2,0–2,5 мм) происходит уменьшение скорости прироста показателей и их постепенная стабилизация (выход на постоянное плато).

Для отделки интерьеров авиационной техники, в случае необходимости использования панелей толщиной 2...6 мм, как правило, используют микросферотекстолиты, отличающиеся сочетанием малой массы и удовлетворительных механических характеристик.

В предлагаемой работе приведены исследования влияния толщины (массы квадратного метра) материалов такого типа на тепловыделение при горении.

В качестве критериев оценки тепловыделения, в соответствии с требованиями авиационных норм, принято использовать максимальную скорость выделения тепла за заданный период испытания (5 мин) и общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин испытания. Однако для исследовательских целей целесообразно оценивать количество тепла, выделяющееся за различные интервалы времени (1, 2, 3 и т. д. мин), а также определять изменение времени наступления максимальной скорости выделения тепла и периода индукции (продолжительность времени от начала эксперимента до воспламенения поверхности образца).

В качестве объектов исследования были выбраны следующие материалы: микросферотекстолит МСТ-9П (стеклоткань Т-15(П)-76, фенольное связующее ФП-520, стеклянные микросферы) и микросферотекстолит типа МСТ-9ПГ, включающий в свой состав, кроме перечисленных компонентов, еще и гидроксид алюминия.

Результаты испытаний микросферотекстолита МСТ-9П представлены в табл. 1. Видно, что при толщинах свыше 2 мм образцы данного материала даже без декоративного покрытия имеют значения нормируемых характеристик тепловыделения, превышающие максимально допустимые величины. То есть материал толщиной свыше 2 мм без дополнительной защиты не может использоваться для отделки интерьера пассажирских самолетов транспортной категории.

Таблица 1

Влияние толщины на показатели тепловыделения для микросферотекстолита МСТ-9П

Количество слоев синпрега	Толщина, мм	Масса, г/м ²	Общее тепловыделение за 2 мин, кВт·мин/м ²	Максимальная скорость тепловыделения (пик), кВт/м ²	Время до наступления момента максимального тепловыделения	Продолжительность индукции (времени до воспламенения)
1	1,8	1480	58	59	54	5
2	2,1	1980	75	75	76	16
4	4,1	2990	77	80	86	19

Известно, что одним из наиболее эффективно действующих и широко используемых антипиренов является гидроксид алюминия (Al(OH)₃). Гидроксид алюминия является термически нестойким материалом, который при нагреве свыше 180°C эндотермически разрушает с отщеплением молекул воды, благодаря чему исключается возможное возгорание материала при воздействии на него пламени.

Было сделано предположение, что введение в состав материала МСТ-9П данного антипирена может положительно сказаться на характеристиках его пожаробезопасности, и в частности обеспечит снижение количества и скорости выделения тепла.

Результаты испытаний образцов опытного микросферотекстолита с гидроксидом алюминия представлены в табл. 2 и на рис. 1 и 2.

Таблица 2

Влияние толщины на показатели тепловыделения для материала типа МСТ-9ПГ

Количество слоев синпрега	Толщина, мм	Масса, г/м ²	Общее тепловыделение за 2 мин, кВт·мин/м ²	Максимальная скорость тепловыделения (пик), кВт/м ²	Время до наступления момента максимального тепловыделения	Продолжительность индукции (времени до воспламенения)
1	1,7	1520	18	30	90	20
2	2,9	2120	37	51	111	35
4	4,5	4060	0	20	292	70

Видно, что образцы данного материала имеют существенно более низкие показатели выделения тепла при горении и удовлетворяют требованиям авиационных норм по тепловыделению во всем диапазоне необходимых толщин. Более того, обнаружено, что образцы материала толщиной 4 мм имеют меньшие значения нормируемых показателей тепловыделения по сравнению с микросферотекстолитом толщиной 1 и 2 мм.

Полученные результаты показывают (см. рис. 2), что для этого материала имеются экстремумы на графиках тепловыделения – для общего количества выделившегося тепла при толщине 2,5...3 мм. То есть при толщинах свыше 3 мм происходит уменьшение общего количества выделившегося тепла, причем не только за 2 мин, но и за больший интервал времени (3, 4 или 5 мин).

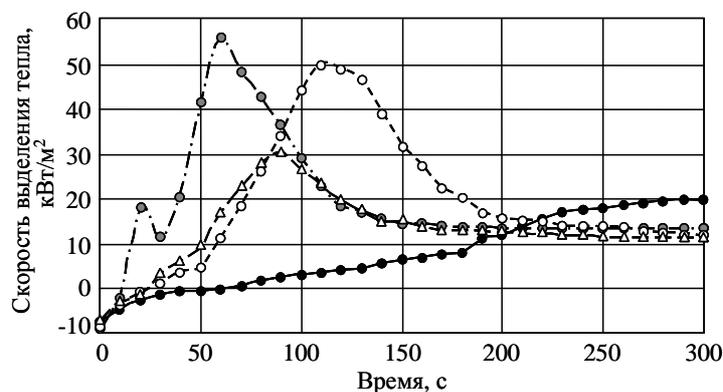


Рис. 1. Скорость выделения тепла микросферотекстолитами – исходным (МСТ-9П) и с гидроксидом алюминия (МСТ-9ПГ):

○ – МСТ-9П (толщина 1,8 мм); Δ – МСТ-9ПГ (1,7 мм); ◻ – МСТ-9ПГ (2,9 мм); ● – МСТ-9ПГ (4,5 мм)

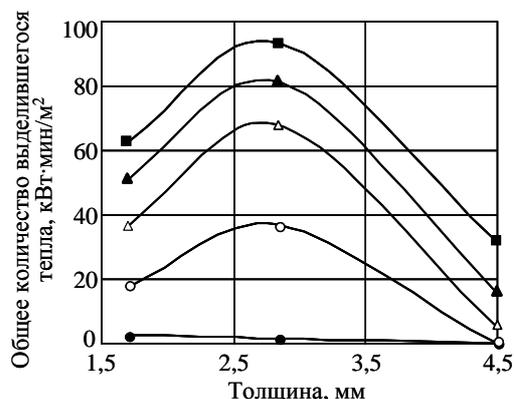


Рис. 2. Изменение общего количества выделенного тепла в зависимости от толщины материала типа МСТ-9ПГ в течение 1 (●), 2 (○), 3 (Δ), 4 (▲) и 5 мин (■) от начала испытания (горения)

Такой характер поведения данного материала объясняется тем, что он имеет в своем составе большое количество гидроксида алюминия, разлагающегося при нагревании с выделением воды, переходящей в пар, что препятствует нагреву материала и его воспламенению. При увеличении толщины материала, наряду с увеличением горючей составляющей (фенольное связующее), возрастает и количество антипирена ($Al(OH)_3$), имеющего более низкую температуру термодеструкции. Поэтому при нагреве данного материала в первую очередь происходит дегидротация гидроксида алюминия, а разложение полимерной составляющей происходит только после окончания этого процесса и нагрева слоя материала до более высокой температуры. Вследствие этого с увеличением толщины материала увеличивается период до начала воспламенения и, как следствие, уменьшаются нормируемые показатели тепловыделения.

Наличие экстремума на графике для максимальной скорости тепловыделения отчасти объясняется и ограниченной продолжительностью эксперимента, так как с увеличением толщины образцов увеличивалось и время достижения максимальной скорости тепловыделения, а при толщине материала 4,5 мм максимум тепловыделения был зарегистрирован на последних секундах испытания. Это значит, что при продолжительности эксперимента свыше нормируемой (5 мин) реальный максимум тепловыделения был бы зафиксирован в более позднее время и больший по величине.

В результате проведенного исследования показано, что с увеличением толщины происходит изменение всех регистрируемых показателей тепловыделения. Более того, для материала, имеющего в своем составе гидроксид алюминия (МСТ-9ПГ), зафиксировано появление «отрицательного эффекта роста толщины», когда при дальнейшем увеличении толщины свыше некоторой определенной происходит снижение нормируемых показателей тепловыделения (максимальная скорость и общее количество выделенного тепла за первые 2 мин). Этот материал имеет низкие значения показателей выделения тепла при горении и с точки зрения пожарной безопасности может быть рекомендован для использования в отделке интерьера пассажирских самолетов. В настоящее время на этот материал получен патент [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиационные правила. Глава 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории.– Межгосударственный авиационный комитет: ЛИИ им. М.М. Громова, 1994, 322 с.
2. Барботько С.Л. Автореф. на соиск. ученой степени канд. техн. наук.– М.: ВИАМ, 1999, 23 с.
3. Кавун Н.С., Толстова Т.Ф., Барботько С.Л., Воробьев В.Н. Композиционный материал и изделие, выполненное из него: Пат. 2276638 (РФ) //Бюл. №14, 20.05.2006.