

ПОВЫШЕНИЕ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Т.В.Ляшенко, В.Н.Радинский, Т.Н.Шналь
(Одесская государственная академия строительства и архитектуры;
Государственный университет "Львовская политехника", Украина)

Под пределом огнестойкости элемента строительной конструкции понимается интервал времени, в течение которого конструкция выдерживает нагрузку при проведении пожарных испытаний. Незащищенные металлические конструкции в зависимости от толщины элементов сечения и величин действующих напряжений имеют предел огнестойкости 0,1...0,3 ч для конструкций из стали; температура пластин из алюминиевых сплавов толщиной 3...4 мм уже через 30 с достигает 450...500 °С, т.е. такой температуры, при которой сплавы достигают критического значения предела текучести. Прочность и несущая способность металлических конструкций при пожаре падает со временем за счет повышения температуры материала, регламентируемой международным стандартом ИСО 834 (стандартная кривая пожара).

Как показывают разработки последних лет, наиболее эффективным способом защиты металлических конструкций с целью повышения предела их огнестойкости являются вспучивающиеся покрытия. На основании исследований Львовского филиала НИИСМИ был разработан ряд составов покрытий на основе жидкого стекла, эпоксидной и карбамидной смол. В качестве газообразователей использовались известняковая мука, фосфорнокислый аммоний, двух- и трехзамещенный фосфат мочевины; наполнитель - гидрофобизированный вспучивный перлитовый песок, полые стеклянные микросферы, рубленое стекловолокно. Разработанные составы и технология обеспечивали предел огнестойкости пластин из алюминиевого сплава толщиной 5 мм 40-50 мин при расходе покрытия 4 кг/м² защищаемой поверхности.

При относительно высоком пределе огнестойкости разработанные составы показали ряд существенных недостатков, основными из которых являлись усадка при твердении массы и преждевременное сползание вспученного слоя с поверхности подложки во время испытаний по стандартной кривой пожара.

Для устранения вышеназванных недостатков и с целью повышения предела огнестойкости и прочностных характеристик в составы вносились компоненты, которые положительно влияют на огнестойкость и эксплуатационные свойства покрытия, такие как борный ангидрид, меланин и аммоний фосфорнокислый

Проведенные огневые испытания показали, что введение в состав покрытия борного ангидрида препятствует сползанию вспученного покрытия, которое наблюдалось при температурах 700-750 °С при испытании составов, не содержащих борный ангидрид. Борный ангидрид полностью растворенный в глицерине значительно повышает вязкость расплава и способствует защите от чрезмерного нагрева внутренних слоев покрытия. Это объясняется тем, что борный ангидрид плавится при температуре 577 °С, т.е. при более высокой, чем фосфорный ангидрид, с которым он образует соединение BPO_4 , плавящееся при температуре выше 1000 °С.

Анализ результатов испытаний показал, что на предел огнестойкости покрытия значительное влияние оказывают меламина и аммоний фосфорнокислый. Если последний известен как эффективный антипирен, то меламина из-за своей сетчатой структуры, состоящей из углерод-азотных атомов, более термостойкий и малогорючий, чем остальные органические компоненты.

Базовый состав содержит 10 компонентов, но как показывают эксперименты, не все они оказывают непосредственное влияние на предел огнестойкости. В результате анализа физико-химических процессов при вспучивании покрытия для моделирования выбраны три компонента, наиболее интенсивно воздействующие на величину предела огнестойкости: борный ангидрид, меламина и аммоний фосфорнокислый.

Для оценки по экспериментальным данным 10 коэффициентов квадратичной полиномиальной модели использован D-оптимальный симметричный план $B_3 / I /$. Факторы варьировались в массовых долях от карбаминоформальдегидной смолы (принята за 100) $X_1=6,8 \pm 1,5$ - содержание борного ангидрида, $X_2=30,7 \pm 15$ - аммония фосфорнокислого и $X_3=36,3 \pm 12$ - меламина. Была построена в системе "COMFEX-ОИСИ-91" адекватная модель (1), в которой все 10 оценок оказались значимыми (при ошибке эксперимента около 2 мин)

$$\begin{aligned}
 Y(\text{мин}) = & 63,0 + 2,2x_1 - 2,2x_1^2 + 1,4x_1x_2 + 1,4x_1x_3 \\
 & + 3,5x_2 - 3,7x_2^2 + 1,1x_2x_3 \\
 & + 4,0x_3 - 5,2x_3^2 .
 \end{aligned} \quad (1)$$

Изоповерхности предела огнестойкости, построенные по модели (1) отображены на рис.1. Обобщающие показатели /2/ трехмерного поля свойства:

- максимум 66,4 мин при $x_1=0,90$ ($X_1=8,15$), $x_2=0,72$ ($X_2=41,5$)

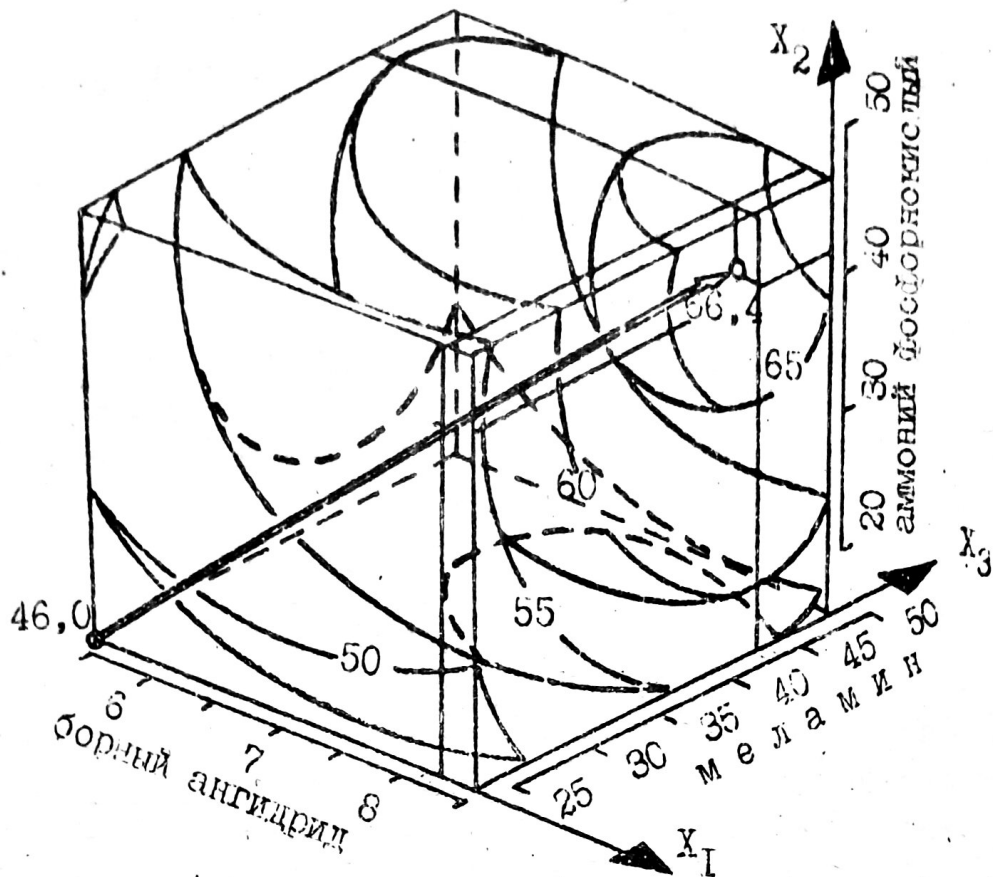


Рис. 1. Изоповерхности предела огнестойкости (мин).

и $x_3=0,53$ ($X_3=43,3$);

- минимум 46,0 при $x_1=x_2=x_3=0$ ($X_1=5,3$, $X_2=15,7$, $X_3=24,3$ м.ч.)

- перепады абсолютный 20,4 мин, относительный 144,3%.

Оценка роли факторов проведена по однофакторным моделям, лежащим в плоскостях, проходящих через точку максимума [2]. Для их получения используется попарная стабилизация факторов на уровнях, обеспечивающих Y_{max} . Так, для оценки роли борного ангидрида получена модель

$$Y\{x_{2,max}=0,72; x_{3,max}=0,53\} = 64,6 + 4,0x_1 - 2,2x_1^2. \quad (2)$$

Анализ моделей типа (2) показал, что в зоне оптимума наиболее интенсивно влияние меламина, составляющее (в пределах варьирования фактора) 123%.

Литература.

1. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Старков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. - К., Вища шксла, 1989. - 327 с.
2. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов /Р.А.Вознесенский, Т.В.Ляшенко, Я.П.Иванов, И.И.Николов. - К., Будивольник, 1989. - 240 с.