

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

О ПРЕДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ГОРЕНИЯ ПОЛИМЕРОВ
ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ

И. А. Болодьян, А. П. Денисюк, А. Ф. Жевлаков
(Балашиха)

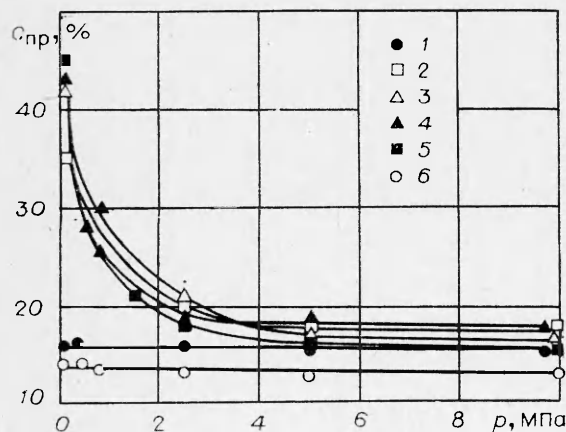
Исследование предельных условий горения полимеров при повышенных давлениях представляет определенный теоретический и практический интерес. Последнее связано с необходимостью безопасного применения материалов в гипербарических камерах различного назначения (медицинских, глубоководных и т. п.). Этот вопрос изучался в работах [1, 2], однако диапазон исследованных давлений не превышал 1,0 МПа.

Настоящая работа посвящена экспериментальному изучению влияния давления в широком диапазоне (до 10 МПа) на величину предельной концентрации кислорода ($c_{пр}$) при горении ряда полимерных материалов. При давлениях до 2,5 МПа эксперименты проводились в потоке газовой смеси по методике, описанной в [3]. При $p=2,5\div 10$ МПа опыты ставились в бомбе постоянного давления объемом 2 л, используемой для исследования горения ВВ и порохов [4].

Методика эксперимента заключалась в следующем. Образец материала закреплялся в держателе и помещался в вертикальном положении в бомбу. Газовая смесь необходимого состава и давления готовилась по парциальным давлениям азота и воздуха. Образец поджигался снизу электрической спиралью.

Если пламя при определенной концентрации кислорода распространялось по всей длине образца, то следующий опыт проводился при том же давлении, но с меньшей концентрацией кислорода. Если образец не зажигался или пламя не распространялось на всю длину, то в следующем опыте концентрация кислорода повышалась. При изменении концентрации кислорода и постоянном давлении определялось значение $c_{пр}$. В опытах использовались образцы из полиметилметакрилата и тканей: хлопчатобумажной, огнезащитенной хлопчатобумажной, углеродной, «Лола» и «Аримид-Т», т. е. материалов, различающихся по составу и характеру горения. Размеры образцов из тканей $30\div 40\times 200$ мм, полиметилметакрилата $1\times 4\times 200$ мм. Масса образцов составляла 0,5–1,0 г. Оценка показала, что при проведении опытов концентрация кислорода в бомбе за счет выгорания образца снижается не более чем на 2,0%.

Из полученных данных (см. рисунок) следует, что влияние давления на величину $c_{пр}$ для разных материалов проявляется по-разному. Так, например, $c_{пр}$ для хлопчатобумажной ткани и полиметилметакрилата от давления во всем исследованном его диапазоне практически не зависит и составляет приблизительно 13–16%. Напротив, $c_{пр}$ для остальных материалов существ-



Зависимость предельной концентрации кислорода от давления.
1 — полиметилметакрилат; 2 — огнезащитенная хлопчатобумажная ткань; 3 — ткань «Лола»; 4 — ткань «Аримид-Т»; 5 — углеродная ткань; 6 — хлопчатобумажная ткань.

венно снижаются: от 35—43% при атмосферном давлении до 18—21% при $p = 2,5$ МПа. Дальнейшее повышение давления практически не оказывает влияния на $c_{пр}$.

Для объяснения характера полученных зависимостей воспользуемся выражением для величины $c_{пр}$ [2]

$$c_{пр} = \frac{\varphi c_p (T_{пр} - T_c)}{Q_{эфф}} + \frac{\varphi \varepsilon \sigma (T_{пр}^4 - T_c^4)}{\rho \beta Q_{эфф}}$$

Здесь φ — стехиометрический коэффициент; c_p — теплоемкость газовой среды; $T_{пр}$ — предельная температура; T_c — температура окружающей среды; $Q_{эфф}$ — теплота сгорания полимера; ε — приведенная степень черноты пламени; σ — постоянная Стефана — Больцмана; ρ — плотность газовой среды; β — коэффициент массообмена.

В приведенном выражении первое слагаемое учитывает конвективные теплоты из зоны реакции, второе — теплоты излучением. Характерной особенностью горения хлопчатобумажной ткани и полиметилметакрилата является наличие газофазного пламени, лучистые теплоты из которого невелики. Поэтому величина $c_{пр}$ для этих материалов определяется первым слагаемым и, как следует из формулы, от давления практически не должна зависеть, так как $T_{пр}$ и $Q_{эфф}$, по-видимому, являются слабой функцией давления. О слабом характере зависимости этих параметров от давления свидетельствуют данные работ [2, 5].

Горение остальных материалов протекает на поверхности при достаточно высокой температуре. В этом случае роль теплоты излучением существенна. При атмосферном давлении она обуславливает высокие значения $c_{пр}$ для этой группы материалов. Однако при возрастании давления конвективные тепло- и массообмен усиливаются, скорость горения возрастает, в результате чего доля лучистых теплоты относительно уменьшается. Это ведет к уменьшению вклада второго слагаемого в приведенном выражении, поэтому $c_{пр}$ при достаточно высоких давлениях должна снизиться до величин, определяемых первым слагаемым, и в дальнейшем оставаться практически постоянным.

Именно такой характер зависимости $c_{пр}$ от давления и получен экспериментально. При высоких давлениях $c_{пр}$ определяется отношением $\varphi/Q_{эфф}$, так как величина $T_{пр}$ для различных по химическому составу материалов примерно одинакова [2]. Для исследованных материалов это отношение различается слабо, поэтому и $c_{пр}$ при давлениях выше 2,5—3,0 МПа имеет близкие значения.

В заключение следует отметить, что при высоких давлениях огнезащитная и обычная хлопчатобумажные ткани имеют почти одинаковые значения $c_{пр}$. Это свидетельствует о недостаточной эффективности огнезащиты в этих условиях.

Поступила в редакцию
15/VIII 1980

ЛИТЕРАТУРА

1. G. A. Gook et. al. Textile research J., 1967, 7.
2. И. А. Болодьян и др. ФГВ, 1979, 15, 4.
3. И. А. Болодьян и др. — В сб.: Вопросы горения и тушения полимерных материалов в обогащенных кислородом средах. Вып. 2, М.: ВНИИПО, 1977.
4. А. И. Гольбиндер. Лабораторные работы по теории взрывчатых веществ. М.: Росвузиздат, 1963.
5. П. А. Моныхов и др. — В сб.: Вопросы горения и тушения полимерных материалов в обогащенных кислородом средах. Вып. 3, М.: ВНИИПО, 1979.

ВЛИЯНИЕ ПАРОВ ВОДЫ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОКИСЛОВ АЗОТА В ДИФфуЗИОННОМ ТУРБУЛЕНТНОМ ПЛАМЕНИ ПРОПАНА

О. Н. Мишин, Р. С. Тюльпанов
(Ленинград)

Исследования влияния добавки водяных паров на образование окислов азота при горении углеводородных топлив весьма ограничены, а результаты их часто противоречивы. Так, в работах [1, 2] утверждается, что добавка значительного количества водяных паров в зону пламени углеводородного топлива не оказывает существенного влияния на выход окислов азота. В работах же [3, 4] показано, что