

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены методы определения пожаровзрывоопасных показателей углеродных порошков (диспергированных твердых веществ и материалов с частицами размером менее 850 мкм): группа горючести, температура воспламенения, нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, температура самонагрева, температура тления, минимальная энергия зажигания, способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой и кислородом воздуха, минимальное взрывоопасное содержание кислорода и минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора, максимальное давление взрыва и скорость нарастания давления при взрыве.

УДК 66.097.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ РЕЦЕПТУРЫ ОГНЕЗАЩИТНЫХ КРАСОК И СОЗДАНИИ ОГНЕТУШАЩИХ ПОРОШКОВ

А.Р.Галикеев (докторант УГНТУ)

Углеродсодержащие отложения были получены каталитическим пиролизом легкого углеводородного сырья. Определение пожаровзрывоопасных показателей проводилось совместно с лабораторией центра противопожарной защиты ООО ЦППЗ «Безопасность 01» при УГПС МВД РБ.

Исходная характеристика образцов:

образец №1 – очень рыхлый, комкующийся (фр. 192-215 мкм);

образец №2 – рыхлый, комкующийся (фр. 147-192 мкм);

образец №3 – рыхлый, слабо комкующийся (фр. 113-147 мкм);

образец №4 – рыхлый, слабо комкующийся (фр. 74-113 мкм);

образец №5 – сыпучий, воспринимает холодное прессование (фр. 45-74 мкм).

При определении пожарной опасности испытываемые образцы были отнесены к пылям – диспергированным твердым веществам и материалам с частицами размером менее 850 мкм. Система оценки пожарной опасности веществ и материалов, регламентированная ГОСТом 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения», включала определение ниже перечисленных показателей.

Группа горючести. По результатам испытания образцы №1-5 отнесены к группе трудногорючих (трудносгораемых) – способных возгораться в воздухе от источника зажигания, но не способных самостоятельно гореть после его удаления. Группу трудногорючих материалов определяли по методу керамической трубы (прибор КТ). Показатель горючести для образцов №1-5 составил $K_{cp} > 1$ (см. табл.).

Температура воспламенения. Для измерения температуры воспламенения применяли прибор ОТП. За температуру воспламенения исследуемого вещества принимали среднее арифметическое значение двух температур, различающихся не более чем на 10°C, при одной из которых наблюдалось воспламенение двух образцов, а при другой – два отказа. Значения температуры воспламенения образцов №1-5 лежат в пределах 95-110°C (см. табл.).

Нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени. Измерение пределов распространения пламени проводилось на установке «Предел». Изменяя состав смеси, находили такую концентрацию горючего компонента, при которой пламя распространялось на весь объем реакционного сосуда, а при концентрации на 0,1% (об.) меньше (в случае измерения нижнего предела) или больше (при измерении верхнего предела) смесь не воспламенялась или возникшее пламя не распространялось до верхней части реакционного сосуда. Для образцов №1-5 значения концентрационных пределов лежат в области 18,5-45 % (об.) (см. табл.).

Температура самонагревания. Эксперименты проводили в течение 1 месяца одновременно в четырех воздушных термостатах вместимостью по 4 дм³, отрегулированных на 60, 80, 100 и 120°С. За температуру самонагревания исследуемых образцов №1-5 была принята наиболее низкая температура в сушильном шкафу – 80°С, при которой в образцах возникали практически различимые экзотермические процессы окисления и разложения (см. табл.).

Температура тления. Определение температуры тления оценивалось визуально при помощи прибора ОТП. Варьируя температуру, находили минимальную температуру реакционной зоны сосуда, при которой происходило тление образцов. Для образцов №1-3 температура тления составила 90°С, для образцов №4-5 – 95°С (см. табл.).

Минимальная энергия зажигания. Минимальную энергию зажигания образцов №1-5 определяли в два этапа, начиная с установления оптимальной концентрации исследуемого вещества. Для этого устанавливали зависимость вероятности воспламенения от подаваемого на вибратор напряжения. Эту зависимость определяли при заведомо зажигающей энергии (дающей вероятность воспламенения от 0,3 до 0,5), при разрядном промежутке электродов от 3 до 5 мм и при наличии в разрядной цепи активного сопротивления. Число разрядов определяли по показаниям счетного механизма, а число воспламенений – визуально. При оптимальных значениях концентрации, параметров разрядного контура и разрядного промежутка определяли значения минимальной энергии зажигания (для образцов №1-5 эти значения лежат в пределах 15-35 мДж), соответствующие вероятности воспламенения 0,01 (см. табл.).

Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой и кислородом воздуха. Для каждой смеси веществ проводили испытания при температурах 20, 50 и 100°С. Тигли с исследуемыми образцами устанавливали в термостат с заданной температурой испытания и выдерживали в течение 30 мин до выравнивания температур исследуемых

веществ и термостата. В тигель, в котором производилось смешивание образцов, опускали один из рабочих концов термопары ХК₆₈, другой рабочий конец измерял температуру внутри термостата. Смесь перемешивали и по показаниям потенциометра КСП-4 наблюдали за показаниями термоэлектрического преобразователя в течение 1 ч при воздействии кислорода и воды. При исследованных температурах образцы №1-5 не переходили в другое агрегатное состояние и значения температуры смесей не повышались более чем на 0,5°С. Поэтому образцы №1-5 являются совместимыми с водой и кислородом в отношении пожарной безопасности (см. табл.).

Минимальное взрывоопасное содержание кислорода и минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора. Экспериментальное определение данных параметров осуществлялось на установках «Предел» и КП. В качестве источника зажигания использовали накалившую до 1100°С электрическую спираль. Мощность, потребляемая спиралью при силе тока 13А, составляла 475 Вт. В качестве контрольного источника зажигания применяли пиротехнический воспламенитель типа ЭД-КЗ марки НК-10/15.

Таблица

Показатели пожаровзрывоопасности испытываемых образцов

Показатель	Значение				
	Образец				
	№1	№2	№3	№4	№5
<i>Группа горючести</i>	трудно горюч.	трудно горюч.	трудно горюч.	трудно горюч.	трудно горюч.
<i>Температура воспламенения, °С</i>	99	95	100	110	107
<i>Нижний и верхний концентрационные пределы распространения пламени, % об.</i>	25	18,5	27	45	39

<i>Температура самонагревания, °С</i>	80	80	80	80	80
<i>Температура тления, °С</i>	90	90	90	95	95
<i>Минимальная энергия зажигания, мДж</i>	15	15	25	25	35
<i>Способность взрываться и гореть при взаимодействии с водой и кислородом воздуха</i>	Не способно	Не способно	Не способно	Не способно	Не способно
<i>Минимальное взрывоопасное содержание кислорода, % об. и минимальная флегматизирующая концентрация флегматизатора, % об.</i>	14 75	10 71	19 83	16 80	14 75
<i>Максимальное давление взрыва, кПа и скорость нарастания давления при взрыве, кПа/с</i>	15 0,5	30 0,5	55 0,5	35 0,5	40 0,5

В состав пуско-регулирующего блока входили регулируемый источник питания электроспирали, регистрирующий электронно-лучевой осциллограф, программное реле времени и тензометрический усилитель, выбранный в соответствии с датчиком давления, газоанализатор типа «Газохром». За минимальное взрывоопасное содержание кислорода $\varphi_{\text{фO}_2}$ было принято среднее арифметическое значение между минимальной концентрацией кислорода, при которой наблюдается воспламенение аэрозвеси, и максимальной концентрации кислорода, при которой воспламенение не происходит. Значения $\varphi_{\text{фO}_2}$ для образцов №1-5 лежат в пределах 10-19% (об.). Значения минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора для образцов №1-5 лежат в пределах 71-83% (об.) (см. табл.).

Максимальное давление взрыва и скорость нарастания давления при взрыве. Образец помещали в распылитель, подавали в ресивер воздух до требуемого давления, устанавливали на пуско-регулирующем блоке продолжительность распыления, включали источник зажигания и распыляли образец. За взрыв принимали увеличение давления в реакционном сосуде не менее чем на 10 кПа по сравнению с давлением «холостого» испытания. За величину максимального давления взрыва пыли исследуемого вещества принимали наибольшее из полученных в серии основных испытаний

значение давления взрыва. Для образцов №1-5 этот показатель составил 15-55 кПа. Средняя скорость нарастания давления составила 0,5 кПа/с (см. табл.).

Пригодность испытываемых образцов в качестве огнетушащих средств тушения к определенным веществам и материалам оценивалась по нормативным параметрам пожаротушения. Взаимосвязь между нормативными параметрами тушения устанавливалась уравнением:

$$G=I \cdot \tau,$$

где G – удельное количество огнетушащего средства, необходимого для прекращения горения, кг/м²; τ – время подачи средства тушения, с; I – интенсивность подачи средства тушения, кг/(м²·с).

Для определения норм подачи огнетушащих порошков использовались разработанные ВНИИПО методические указания по определению огнетушащей эффективности и параметров подачи порошковых составов на тушения пожаров, согласно которым расход порошка на тушения $W^H \tau$ (в кг) рассчитывали по формуле:

$$W^H \tau = K \cdot \varepsilon \cdot W_n,$$

где K – коэффициент запаса; ε – показатель эффективности порошка; W_n – тепловая мощность очага пожара с учетом площади очага, кг/кВт.

Показатель эффективности порошка рассчитывали по формуле:

$$\varepsilon = m^k \tau / W,$$

где $m^k \tau$ – среднее опытное критическое значение расхода порошка; W – удельная тепловая мощность очага пожара, кг/(кВт·м²).

Удельный расход углеродсодержащего порошка (образцы №4 и №5), необходимого для прекращения горения составил 4,5- 5,0 кг/м².

Исходя из результатов лабораторных испытаний, образцы №1-3 рекомендуется использовать в качестве компонента при составлении рецептуры огнезащитных красок для покрытия декоративно-отделочных и облицовочных материалов.

Образцы №4 и №5 (фр. состава 45-74 и 74-113 мкм) рекомендованы к использованию в качестве порошков для тушения пожаров подкласса D₂ «Горение щелочных металлов» вместо применяемых в настоящее время порошков класса МГС и Рс (фр. состава 40-80 мкм).

Испытанные углеродсодержащие порошки способны ингибировать скорость химических реакций при горении и преграждать распространение пламени устойчивым порошковым облаком при тушении на требуемом уровне. Вероятно, этот факт можно объяснить более развитой поровой структурой и близостью химических составов, поскольку основным компонентом порошков класса МГС и Рс являются соответственно графит, вспучивающийся при нагреве (класс D₂ - сплавы калия и натрия, огнетушащая способность 6,0-9,0 кг/м²) и графит с пониженной плотностью (класс D₂ - для натрия и лития, огнетушащая способность 3,0-10,0 кг/м²).

Механизм ингибирования горения испытанных углеродсодержащих порошков заключается в связывании активных центров цепных реакций, протекающих в пламени. При этом с одинаковой вероятностью возможно протекание как гетерогенной рекомбинации этих центров на поверхности порошков, так и гомогенного взаимодействия газообразных продуктов возгонки порошков с активными центрами.

Рекомендуется хранить данные углеродсодержащие порошки в специальных упаковках, предохраняя их от увлажнения, и подавать в очаг горения сжатыми газами. Порошки не обладают токсичностью, мало агрессивны, сравнительно дешевы и удобны в обращении.