

2. Дрожжин П. Ф., Штейнберг А. С., Болобов В. И. и др. Исследование условий воспламенения меди в кислороде // Докл. Первого Всесоюз. симп. по макроскопической кинетике и химической газодинамике.—Черноголовка, 1984.—Т. 1, ч. 2.
3. Мержанов А. Г. Тепловая теория воспламенения частиц металлов // РТК.—1975.—13, № 2.—С. 106—112.
4. Несговоров Л. Я., Прозоров Ю. А., Холин В. Г. Экспериментальное определение температур возгорания металлических материалов в среде газообразного кислорода // Изв. АН ЛатвССР. Сер. физ. и техн. наук.—1968.—№ 1.—С. 70—74.
5. Кубашевский О., Гонкин Б. Окисление металлов и сплавов.—М.: Металлургия, 1965.
6. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике.—М.: Наука, 1987.
7. Гордов А. Н. Точность контактных методов измерения температуры.—М.: Изд-во стандартов, 1976.
8. Хауффе К. Реакции в твердых телах и на их поверхности.—М.: ИЛ, 1963.—Ч. 2.
9. Benard J., Telbot J. Compt. rend.—1948.—226, N 11.—P. 912—914.

г. Санкт-Петербург

*Поступила в редакцию 13/XI 1991,
после доработки — 18/II 1992*

УДК 662.612.12

А. Н. Афанасенков, Л. И. Котова, Ф. П. Музляев, К. К. Шведов

О ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВВ

Предложена методика определения воспламеняемости промышленных ВВ, по которой опыты проводят в стальной замкнутой трубе диаметром 38 мм с внутренним объемом 1 л. Воспламеняемость характеризуют минимальной массой навески черного пороха, поджигающей заряд ВВ. Приведены результаты опытов для некоторых промышленных ВВ на основе гранулированной аммиачной селитры.

Безопасность работы и обращения со взрывчатыми веществами (ВВ) во многом определяется знанием их чувствительности к внешним воздействиям. Одно из таких воздействий, которое часто встречается в практике работы с ВВ — это тепловой импульс. Сложилось так, что чувствительность ВВ к тепловому импульсу характеризуют тремя параметрами: термостойкостью, температурой вспышки и воспламеняемостью. Для бризантных и порошкообразных промышленных ВВ разработано довольно большое число методик для определения этих параметров [1, 2], но ни одна из них не была стандартизована в нашей стране. Большинство из разработанных методик оказалось не пригодным к новым пизкочувствительным промышленным ВВ (водосодержащим, гранулированным, эмульсионным), которые вошли в практику взрывных работ в последние 10—15 лет. Практически чувствительность к тепловому воздействию промышленных ВВ перестали определять, особенно это касается воспламеняемости.

Как в научно-технической [2], так и в справочной литературе [3, 4] сведений о воспламеняемости промышленных ВВ не приводится. В то же время анализ причин ряда взрывов ВВ, повлекших за собой большие материальные разрушения и человеческие жертвы (Павлоград, Арзамас, Кохтла-Ярве) показал, что часть из них вызвана воздействием на ВВ теплового импульса (горячие выхлопные газы, разогретые части погружных устройств, искры горящего топлива). Каждый взрыв (авария) показывает, что безопасность была и остается тем главным фактором, которым должны руководствоваться при работе с ВВ. И для правильной ее оценки необходимо знать, наряду с другими параметрами, чувствительность ВВ к тепловому воздействию, определять ее, но ни в коем случае не пренебрегать ею, даже если ВВ относится к классу пизкочувствительных.

По заданию Госгортехнадзора СССР ряду отраслевых и научных организаций была поставлена задача по разработке комплекса методик определения чувствительности промышленных ВВ к внешним воздей-

Результаты опытов по воспламенению промышленных ВВ

ВВ	Масса навески пороха, г	
	Сгорание	Отказ
ТНТ чешуированный	2,2	1,8
Граммонит 50/50	2,2	1,8
Граммонит 80/20	2,5	2,0
Аммиачная селитра (гранулы)	—	10
Нитранит	15	10
Игданит	—	10
Аммонит 6ЖВ	2,0	—

ствиям, в частности, Лаборатории проблем взрывного дела ИХФ РАН — методике определения воспламеняемости. Анализ известных методик показал, что большинство из них содержит в качестве обязательного устройства сосуд высокого давления, как правило, манометрическую бомбу с внутренним объемом 50—100 см³. Наличие замкнутого объема и повы-

шенное давление окружающей среды приводит к увеличению скорости горения ВВ и к снижению его критического диаметра горения, что позволяло работать с образцами ВВ массой 5—10 г.

При разработке способа определения воспламеняемости низкочувствительных промышленных ВВ авторы исходили из того, чтобы она в какой-то мере моделировала условия реального применения ВВ в горном деле. С этой позиции опробована и предложена следующая методика. Основу ее составляет также сосуд высокого давления, в качестве которого используется патрон «Гидрокс»: труба (гильза) с внешним диаметром 48 мм и длиной ~1 м из высокопрочной легированной стали [3]. Толщина стенок трубы 5 мм, внутренний рабочий объем 1 л, что на порядок превосходит объем манометрической бомбы. Гильза герметизируется с одного торца зарядной головкой, с другого — разрядной. В зарядной головке имеется центральное отверстие с гнездом конической формы для вывода проводов электровоспламенителя и установки резиновой пробки.

Разрядная головка содержит металлический стакан с выхлопными отверстиями, расположенными под углом 60° к оси головки, соединенный с переходной муфтой, в которой сделана прорезь для срезного стального диска толщиной 2 мм, выдерживающего статическое давление до 0,07 ГПа. На торцах обеих головок, входящих внутрь гильзы, содержатся кольцеобразные проточки с закрепленными в них уплотнительными резиновыми кольцами, которые при ввинчивании головок в гильзу упираются в соответствующие фаски внутри гильзы и герметизируют ее внутренний объем.

Опыты по определению воспламеняемости ВВ в патроне «Гидрокс» проводили следующим образом. 0,1 кг ВВ засыпали в склеенную из тонкой бумаги оболочку диаметром 36 мм и длиной 0,11—0,12 м, с открытого торца вставляли в ВВ гильзу из папиросной бумаги диаметром 8—10 мм, содержащую навеску черного пороха и стандартный воспламенитель МБ-2. Выступающую часть оболочки загибали и заклеивали, чтобы ВВ не высыпалось. В гильзу ввинчивали переходную муфту, вставляли готовый заряд ВВ до упора с переходной муфтой, провода от воспламенителя пропускали через пробку-уплотнитель и зарядную головку, пробку вставляли в коническое гнездо зарядной головки и последнюю завинчивали в гильзу «Гидрокса». Далее в паз переходной муфты вставляли мембрану (срезной диск), зажимали ее металлическим стаканом и проводили поджиг. В трех идентичных опытах определяли факт сгорания заряда ВВ (по разрыву мембраны и сильному звуковому эффекту) или факт отказа (по остаткам ВВ). За характеристику воспламеняемости ВВ принимали массу навески черного пороха, при которой ВВ сгорает во всех трех опытах. Результаты опытов с некоторыми ВВ приведены в таблице.

Несколько слов о фиксации результатов. В случае воспламенения и сгорания ВВ происходил срез мембраны по диаметру внутреннего отверстия муфты, сопровождаемый сильным звуковым хлопком (выстрел).

При вскрытии в трубе не обнаруживали остатков ВВ и бумажной оболочки, лишь на стенках был налет сажи. При отказе в трубе, как правило, оставалось более половины заряда ВВ, несколько уплотненного и прижатого к мембране. Оболочка сохранялась. В случае гранулированных ВВ на внутренней поверхности бумажной оболочки наблюдались следы от продуктов сгорания пороха и прилежащей к воспламенителю части ВВ, проникающих в заряд практически на всю его длину.

Хотя результаты носят предварительный характер, но четко видно (см. таблицу), что воспламеняемость смесей селитры с сенсibilизатором (тротилом) значительно выше таковой для смесей селитры с инертным горючим. Для первой группы смесей она, по-видимому, определяется разложением тротила, для второй — разложением селитры. Полученные результаты показывают, что предлагаемая методика вполне пригодна для определения воспламеняемости низкочувствительных промышленных ВВ, она дает возможность проводить сравнение ВВ по их воспламеняемости. Одним из достоинств методики авторы считают то, что патрон «Гидрокс» и воспламенитель стандартизированы, что позволяет легко стандартизировать и методику.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ.— М.: Оборонгиз, 1960.
2. Дубнов Л. В., Бахаревич И. Г., Романов А. И. Промышленные взрывчатые вещества.— М.: Недра, 1988.
3. Поздняков З. Г., Росси В. Д. Справочник по промышленным взрывчатым веществам и средствам взрывания.— М.: Недра, 1977.
4. Перечень рекомендуемых промышленных взрывчатых материалов, приборов взрывания и контроля.— М.: Недра, 1987.

п. Черноголовка

Поступила в редакцию 16/VIII 1991

УДК 534.222.2

С. М. Фролов, Б. Е. Гельфанд, С. А. Цыганов

СПОНТАННЫЕ РЕЖИМЫ ГОРЕНИЯ

Представлен обзор экспериментальных и теоретических исследований спонтанных режимов горения, возникающих в условиях, близких к самовоспламенению. Проанализированы методы инициирования детонации в газах. Показана важная роль спонтанных пламен в механизме зарождения детонации.

Введение

Режимы горения, возникающие в условиях, близких к самовоспламенению, начали изучаться сравнительно недавно. Однако первые упоминания о пламенах, распространяющихся с аномально высокими скоростями, даны в [1]. Ле-Шателье, наблюдавший самовоспламенение газовой смеси перед фронтом ускоряющегося пламени, предложил модель детонационной волны (ДВ) как распространение горения через адиабатическое самовоспламенение. На основе представлений [1] создана классическая теория детонации.

В 20—30-е годы в связи с развитием двигателестроения появилось множество работ о распространении пламени в двигателе внутреннего сгорания. Опытные данные свидетельствовали о существовании ограничений на допустимую степень сжатия двигателя, обусловленных появлением нерасчетных режимов («стука»). В первых фотографических исследованиях стука на завершающем этапе сгорания смеси наблюдали сверхбыстрые пламена [2]. Вследствие существующего в классической теории разделения режимов горения на нормальное пламя и детонацию возникновение быстрых пламен часто связывали с детонацией несгоревшей