

УДК 536.46

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФАКЕЛА ПЛАМЕНИ МОДЕЛЬНЫХ СОСТАВОВ
ГОРЮЧЕЕ — ОКИСЛИТЕЛЬ — МЕТАЛЛ**

*П. Ф. Похил, В. С. Логачев,
В. М. Мальцев, В. А. Селезнев
(Москва)*

Спектральные методы исследования, позволяющие изучать развитие процессов во времени, получили в последние годы широкое применение. Приборы, регистрирующие за короткие промежутки времени в выбранной области длин волн последовательность спектров объекта, отражающую кинетику процесса, описаны в [1, 2].

Для спектральных исследований факела пламени при горении составов горючее — окислитель — металл применена установка, схематически показанная на рис. 1.

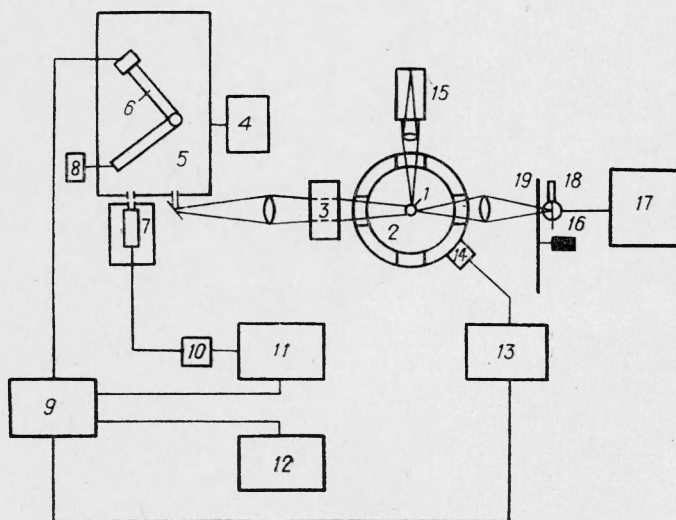


Рис. 1. Блок-схема спектральной установки.

1 — заряд; 2 — бомба постоянного давления; 3 — поворотная призма; 4 — сканирующее устройство; 5 — спектрограф СФ-4; 6 — отметчик угла поворота призмы; 7 — фотоумножители ФЭУ-42 и ФЭУ-22; 8 — источник питания ЭПС-4; 9 — осциллограф Н-106; 10 — катодный повторитель; 11 — усилитель постоянного тока; 12 — звуковой генератор ГЗ-4А; 13 — усилитель ИД-2И; 14 — датчик давления ДД-10; 15 — кинокамера; 16 — мотор СД-09; 17 — блок питания лампы ДРШ-100-2; 18 — лампа ДРШ-100-2; 19 — диск-обтюратор.

Излучение от факела пламени заряда 1 через кварцевые окна бомбы постоянного давления 2 фокусировалось на входную щель спектрографа 5. Пройдя входную щель спектрографа, исследуемая радиация попадала на призму и далее направлялась на выходную щель прибора, где помещались фотоумножители 7, сигнал с которых регистрировался шлейфным осциллографом 9.

Одновременно со спектром излучения регистрировались угол поворота призмы метки времени от звукового генератора 12 и давление в бомбе индукционным датчиком 14. Процесс горения контролировался кинокамерой «Конвас». Призма прибора могла колебаться с помощью механического устройства с частотой 8, 16, 24 и 40 гц. Время регистрации спектра в диапазоне длин волн 0,22—1,1 мк менялось от 10^{-2} до 10^{-3} сек соответственно.

На установке можно было получить за один опыт 30—50 развернутых во времени спектрограмм по высоте факела пламени горящего образца.

Оптическая схема сканирующего монохроматора показана на рис. 2. Исследуемая радиация от факела пламени заряда 4 фокусировалась кварцевой линзой 6 на входную щель монохроматора 11. Для того чтобы поверхность горения заряда проходила перед щелью в горизонталь-

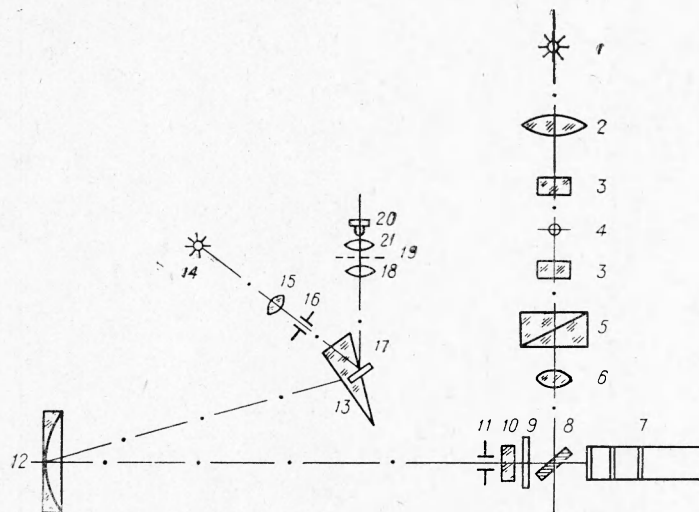


Рис. 2. Оптическая схема спектральной установки.

1 — ртутная лампа ДРШ-100-2; 2 — кварцевая линза; 3 — кварцевые стекла бомбы постоянного давления; 4 — заряд; 5 — поворотная призма; 6 — кварцевая линза; 7 — фотоумножитель; 8 — поворотное зеркало; 9 — фильтр; 10 — кварцевая линза; 11 — входная и выходная щель; 12 — зеркальный объектив; 13 — призма прибора; 14 — лампочка накаливания ЛН-26; 15 — конденсор; 16 — щель (0,2×5 мм); 17 — сканирующее зеркало; 18 — объектив-ахромат; 19 — сетка; 20 — фотосопротивление ФД-1; 21 — конденсор.

ном направлении, необходимо было повернуть изображение на 90°. С этой целью применялась поворотная призма 5, расположенная на оптическом пути лучей между бомбой постоянного давления и линзой 6. Параллельный пучок света от зеркального объектива 12 попадал на призму 13; свет, разложенный по длинам волн, направлялся на объектив 12. Прошедшие через призму 13 лучи под углом, близким к углу наименьшего отклонения, фокусировались объективом 12 на выходной щели, расположенной под входной щелью 11. Колебания призмы позволяли получать на выходе монохроматора свет различных длин волн,

который, пройдя щель 11 и кварцевую линзу 10, падал на фотоумножитель 7.

Схема регистрации угла поворота призмы приведена на том же рис. 2. Лампочка накаливания 14 через конденсор 15 освещает щель 16. Объектив-ахромат 18 дает увеличенное в два раза изображение щели 16 на сетке 19 приемного блока, которая представляет собой металлическую пластинку с вертикальными параллельными прорезями шириной 0,4 мм, разделенными промежутками в 0,6 мм. Прошедший через прорези свет фокусируется конденсором 21 на фотоспротивление 20. При колебаниях сканирующего зеркала 17 (зеркало и разлагающая свет призма прибора крепятся на одной оси) отраженный от него световой пучок изображения щели пробегает по сетке 19; приемник радиации — фотодиод 20 — при этом дает электрический сигнал в виде ряда импульсов. Каждому из этих импульсов соответствует определенный угол поворота сканирующего зеркала и, следовательно, определенная длина волны, которая может быть найдена при градуировке.

Электрическая схема установки состоит из приемника излучения — фотоумножителей, катодного повторителя, усилителя постоянного тока и шлейфного осциллографа Н-106. Питание схемы осуществлялось от универсального источника питания ВС-11, питание фотоумножителей — от стабилизатора напряжения ВС-16. Напряжение сети стабилизировалось трансформатором С-0,5.

Так как сигнал с фотоумножителей не обеспечивал нужного тока для работы вибратора М-1012, в электрическую схему был введен широкополосный усилитель постоянного тока. Согласование выхода фотоумножителя с входом усилителя осуществлялось катодным повторителем, собранным на триоде типа 6НЗП по балансной схеме.

Частотные характеристики электрической схемы установки определяются собственной частотой вибраторов (шлейфов) 0–750 гц. Метки времени на записи воспроизводились от звукового генератора ГЗ-4А с частотой 500 гц.

Электрическая схема отметчика угла поворота сканирующей призмы прибора состоит из приемника световых сигналов ФД-1, усилителя и вибратора. Световой сигнал падал на фотодиод ФД-1, где преобразовывался в электрический импульс, который усиливался и записывался на осциллографе Н-106. Усилитель был собран на двух триодах П-14.

Проведенные спектральные исследования факела пламени на этой установке позволили применить для измерения температуры фотометрический метод, который позволил локально разрешать форму и определять температуру факела пламени одиночных частиц металла в продуктах горения заряда. Определение яркостных и цветовых температур фотографическими методами было основано на положениях фотографической фотометрии, вытекающих из свойств почернения фотографического слоя [3]. Определение цветовой температуры фотографическим методом свелось к сравнению плотностей почернения, вызываемых действием исследуемого источника излучения в двух областях спектра и к последующему переходу от полученных почернений к актиничным потокам. Этот переход был осуществлен посредством построения характеристических кривых фотографического слоя.

В общем случае каждая область спектра имеет свою характеристическую кривую. Это связано с тем, что при пользовании градуировочным графиком в измеренное значение логарифма отношения почернения требуется внести поправку, обусловленную отклонением от правила аддитивности. Экспериментально показано [3], что эта поправка не зависит от температуры источника излучения. Поэтому учет ее приводит

к параллельному смещению всего графика. Следовательно, для учета поправки достаточно проградуировать приборы эталонным источником излучения при одной определенной температуре. Здесь эталоном излучения служила вольфрамовая лампа накаливания с известной цветовой температурой. Величина поправки может колебаться в широком интервале в зависимости от свойств фотографического слоя, а также от выбора рабочих спектральных областей. Для измерения температуры частиц металла цветовым методом была использована фотокамера «Салют».

Одно из основных требований, предъявляемых к регистрирующей части установки,— величина экспозиции. Методы [3, 4], в основе которых лежат измерения абсолютной или относительной энергетической яркости объектов, становятся непригодными. Поскольку скорость оттока продуктов горения от поверхности заряда в бомбе постоянного давления может быть $3\text{--}4$ м/сек, то время экспозиции процесса горения не должно превышать нескольких миллисекунд. Затворы современных бытовых фотоаппаратов не дают требуемых экспозиций и хорошей воспроизводимости. В частности, минимальная выдержка используемого в данной работе фотоаппарата «Салют» не позволила получить качественные снимки процесса, а разброс стабильности выдержек составил 20—30%. Для стабилизации и получения широкого диапазона выдержек была разработана конструкция электромеханического затвора, представляющего сочетание механической части применяемой фотокамеры и вращающегося диска на синхронном моторе СД-09 с диафрагмирующим отверстием. Одноразовость срабатывания затвора была достигнута электронной схемой на тиратронах.

В зависимости от числа оборотов диска и размеров диафрагмирующего отверстия можно было получить ряд необходимых выдержек. Конструкция разработанного электромеханического затвора обеспечила высокую стабильность воспроизведения выдержек в диапазоне от нескольких миллисекунд до десятков микросекунд.

Структура и природа возбуждения спектра окисления алюминия и магния. Видимое интенсивное свечение факела пламени модельного состава с добавкой металла может быть обусловлено как чисто термическим излучением образующихся продуктов горения, так и процессами, связанными с кандо- и хемилюминесценцией.

С целью выяснения механизма возбуждения спектра при горении алюминия и магния в факеле пламени заряда был изучен спектральный состав излучения пламени модельных составов с добавкой металла. Поскольку наиболее интенсивные резонансные линии алюминия и магния, а также продуктов их горения, таких как AlO , MgO , лежат в видимой и ближайшей ультрафиолетовой области спектра [5], то исследование проводилось в диапазоне от 0,3 до 0,6 мк.

Было изучено горение модельных составов на основе полиформальдегида и перхлората аммония с добавкой 10 и 20% алюминия и магния в интервале давлений $p=1\text{--}30$ атм. Оказалось, что излучение в интервале длин волн 0,3—0,6 мк имеет сплошной спектр, интенсивность которого постепенно падает в направлении коротких длин волн. На фоне сплошного спектра при $p \geq 7$ атм для состава с добавкой алюминия и $p \geq 2$ атм для состава с добавкой магния появляются колебательные полосы, обусловленные свободными молекулами AlO , AlH и MgO , а в видимой и ближайшей ультрафиолетовой области наблюдаются атомарные линии алюминия и магния.

В сплошном спектре иногда имеют место аномалии, которые могут быть связаны не только с кандо- и хемилюминесценцией, но и с рассея-

нием света мелкими частицами окислов Al_2O_3 и MgO , образующихся в факеле пламени при горении. Размеры этих частиц могут изменяться в довольно широких пределах [6], поэтому их излучательная способность, возможно, меняется с изменением длины волны.

Хотя излучательная способность пламени и содержащихся в нем частиц может быть различной, по мере увеличения его размеров будет приобретать все большее значение собственное поглощение и излучение пламени начнет приближаться к излучению черного тела.

Была проведена оценка прозрачности факела пламени модельного состава с добавками 5 и 10% алюминия и магния. Прозрачность пламени, как известно, связана с поглотительной способностью соотношением

$$\alpha = 1 - \gamma - \rho,$$

где α — поглотительная способность; γ — прозрачность пламени (или коэффициент пропускания); ρ — отражательная способность.

В опытах использовались образцы диаметром 5 мм, высотой 15 мм. Факел пламени просвечивался лампой ДРШ-100-2, питаемой от специального источника тока. Цветовая температура лампы при этом режиме в видимой области спектра была равной 3600—4000° К. Перед лампой помещался диск-обтюратор, позволяющий прерывать световой поток с частотой 5700 гц и тем самым вести регистрацию сигнала от лампы на определенной несущей частоте. Для этой цели в регистрирующую схему включался LC-фильтр, вырезающий узкий интервал частот. Диск-обтюратор приводился во вращение синхронным электромотором СД-9М через редуктор.

Такой способ определения прозрачности давал возможность исключить собственное свечение пламени, не имеющее в своем составе высокочастотных составляющих, и тем самым повышал точность измерения. Это позволяло измерить прозрачность пламени вплоть до значения $\gamma = 10^{-4} \div 10^{-5}$ [7].

Эксперименты по определению поглотительной способности по высоте факела пламени показали, что прозрачность пламени меньше, чем 10^{-2} , т. е. факел пламени модельного заряда с добавкой алюминия и магния диаметром 5 мм не являлся непрозрачным.

Измерение отражательной способности ρ исследуемых пламен не проводилось, так как установка для этого не приспособлена. Однако на основании исследования близких к нашим пламен в работах [8, 9] можно было заключить, что отражательная способность меняется с температурой в сравнительно узком интервале и равна $0,15 \div 0,2$. Проведенные эксперименты позволяют считать, что поглотительная способность факела пламени модельного состава с добавкой алюминия и магния равна $0,8 \div 0,85$.

Для изучения природы сплошного спектра пламен было исследовано распределение энергии в полученных спектрах. С этой целью сравнивались спектры излучения пламени и эталонной лампы накаливания с плоской вольфрамовой нитью при цветовой температуре 2317° К. Для того чтобы предотвратить возможную ошибку, связанную с фотоэлектрической записью (дрейф нуля, понижение чувствительности фотоумножителя и т. д.), спектр излучения вольфрамовой лампы записывался до и после каждого опыта.

Было установлено, что спектр по высоте факела пламени баллистических и модельных составов без добавки металла имеет относительно слабый сплошной фон с накладывающимися на него рядом атомарных

и молекулярных полос, причем максимум интенсивности излучения лежит в ближней инфракрасной области спектра.

Характерный вид распределения энергии в спектре в зависимости от длины волны λ по высоте факела пламени в процессе горения модельного состава полиформальдегид — перхлорат аммония — 10% алюминия приведен на рис. 3. Экспериментальные точки были взяты только в тех местах спектра, где нет наложения колебательных полос AlO , AlH (участки спектра, в которых имеет место наложение полос, при обработке спектрограмм не учитывались).

Как видно из рис. 3, по мере увеличения расстояния от горячей поверхности заряда (h) количество энергии, излучаемое пламенем в исследуемом интервале длин волн (0,3—0,6 $\mu\text{к}$), растет и достигает максимального значения на расстоянии 1,0 мм. До $h=3,5$ мм оно остается постоянным и с дальнейшим увеличением h по мере остывания продуктов горения падает.

Аналогичное распределение энергии по длинам волн было построено и для случая горения модельных составов на основе полиформальдегида и перхлората аммония с добавкой 10 и 20% алюминия и магния в интервале давлений 5—10 атм. Оказалось, что полученные распределения интенсивностей хорошо описываются формулой Вина

$$E_{\lambda, T} = \alpha_{\lambda, T} c_1 \lambda^{-5} \exp^{-\frac{c_2}{\lambda T}}, \quad (1)$$

т. е. полученные кривые по своему характеру идентичны спектру теплового излучения серого тела.

Видимое интенсивное свечение пламени модельных зарядов с добавками алюминия и магния связано, вероятно, главным образом с избирательным поглощением, а следовательно, и с избирательным излучением образующихся при горении твердых частиц окиси алюминия и магния [10, 11]. Свечение усиливается, кроме того, термической радиацией образующихся в пламени молекул AlO (в случае горения модельного состава с добавкой алюминия) и термическим излучением находящихся в газовой фазе молекул MgO (в случае горения модельных составов с добавкой магния), которые значительны в наиболее чувствительной для глаза зелено-голубой области спектра.

Как было установлено, спектр пламени при горении модельных зарядов с добавками алюминия и магния сплошной. Однако на его сплошном фоне при горении модельных составов с добавкой алюминия при $p \geq 7$ атм появляются резонансные линии алюминия и электронно-колебательные полосы AlO , относительная интенсивность которых по высоте факела пламени приведена на рис. 4. Полосы алюминия и AlO появляются на расстоянии $h \approx 1,0$ мм от горячей поверхности заряда и достигают максимальной интенсивности при $h \approx 2,0$ мм, что в определенной мере связано с чувствительностью установки.

Большая интенсивность полос AlO по сравнению с линиями алюминия обусловлена меньшим значением потенциала возбуждения электронно-колебательных полос AlO . С понижением давления до $p \leq 5$ атм спектр пламени остается сплошным, но наличие полос AlO и Al в нем не наблюдается.

Что касается магния, то, как показано на рис. 5, полосы магния и MgO появляются в спектре пламени модельного состава полиформальдегид — перхлорат аммония — магний при давлении $p \geq 2$ атм и практически у поверхности горения заряда ($h \approx 0,5$ мм).

Оценка температуры горения частиц алюминия и магния в факеле пламени модельных составов спектральным и фотометрическим методом.

Наличие сплошного спектра по высоте факела пламени в ближней ультрафиолетовой и видимой областях спектра при горении модельного состава с добавкой алюминия и магния объясняется излучением продуктов горения металлов, образующихся в факеле пламени заряда.

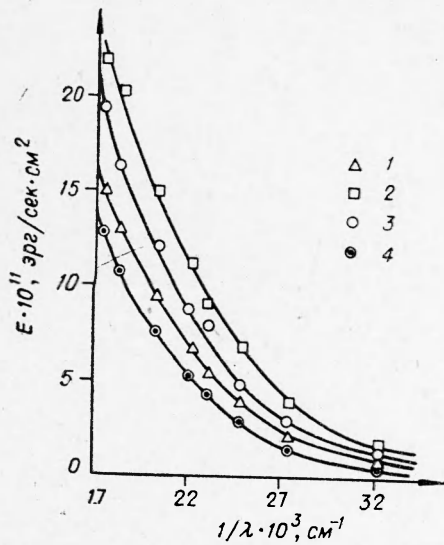


Рис. 3. Распределение энергии в спектре в зависимости от длины волны λ при горении заряда полиформальдегид — перхлорат аммония — 10% алюминия, $p=20$ атм.
1 — $h=0,5$ мм; 2 — $h=3,5$ мм; 3 — $h=6,5$ мм; 4 — $h=8$ мм.

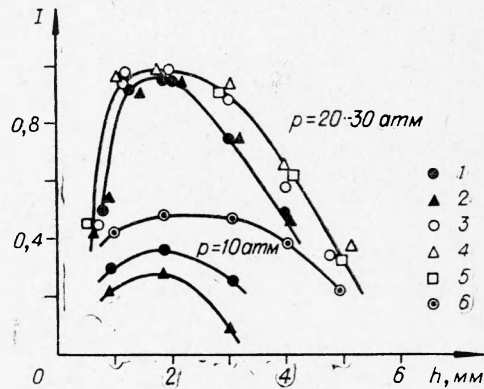


Рис. 4. Изменение интенсивности полос Al, AlO по высоте факела пламени при горении модельного состава полиформальдегид — перхлорат аммония — 10% алюминия.
Al: 1 — 3961 (44) Å; 2 — 3082 (92) Å; AlO: 3 — 4866 (42) Å; 4 — 4672 (48) Å; 5 — 5394 (54) Å; 6 — 4842 Å.

Линейная зависимость $\lg E_{\lambda, T} + 5 \lg \lambda$ от $1/\lambda$ для всех исследованных модельных составов, характерный вид которой для состава полиформальдегид — перхлорат аммония — 10% алюминия при $p=20$ атм приведен на рис. 6, говорит о том, что сплошной спектр по высоте факела пламени заряда с добавкой алюминия и магния обусловлен терми-

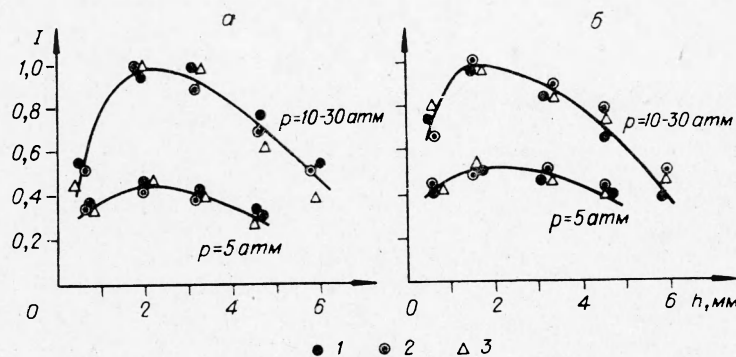


Рис. 5. Изменение интенсивности полос Mg, MgO по высоте факела пламени при горении модельного состава полиформальдегид — перхлорат аммония — 10% магния.
а) MgO: 1 — 5775 Å; 2 — 4996 Å; 3 — 5007 Å; б) Mg: 1 — 5182 Å; 2 — 3838 Å; 3 — 3096 Å.

ческим излучением образующихся в результате реакции твердых частиц окислов Al_2O_3 и MgO . Следовательно, распределение энергии в видимой области спектра исследуемых пламен может быть описано формулой Вина с единой цветовой температурой. По наклону прямых рис. 6 с учетом излучения газообразных продуктов факела пламени заряда была проведена оценка температуры излучающих частиц продуктов горения металлов.

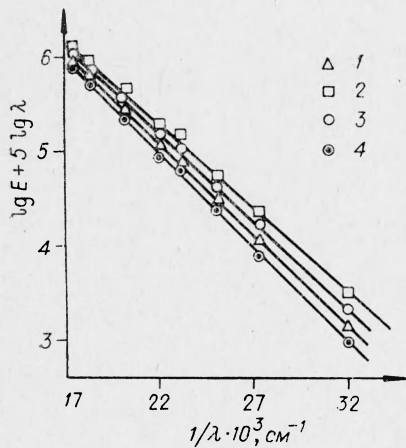


Рис. 6. Зависимость $\lg \bar{E}_{\lambda, T} + 5 \lg \lambda$ от $1/\lambda$ для состава полиформальдегид — перхлорат аммония — 10% алюминия, $p=20$ атм.
1 — $h=0,5$ мм; 2 — $h=1,0-3,5$ мм; 3 — $h=6,5$ мм; 4 — $h=8,0$ мм.

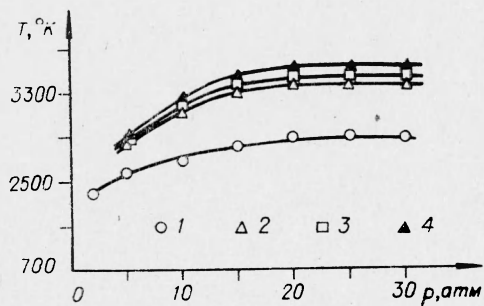


Рис. 7. Температура горения частиц алюминия в факеле пламени полиформальдегид — перхлорат аммония.

1 — полиформальдегид — ПХА; 2 — полиформальдегид — ПХА — 7% Al; 3 — полиформальдегид — ПХА — 13% Al; 4 — полиформальдегид — ПХА — 20% Al.

Как видно из рис. 7 и 8, с увеличением давления температура горения частиц алюминия и магния в факеле пламени заряда растет и достигает максимального значения $3500 \pm 150^\circ K$ для алюминия в области давлений 18—20 атм и $3400 \pm 150^\circ K$ для магния в области давлений 7—10 атм.

По-видимому, более быстрый рост температуры горения частиц магния по сравнению с частицами алюминия в зависимости от давления обусловлена тем, что температура кипения магния значительно ниже температуры кипения алюминия и вокруг частицы магния в отличие от алюминия не образуется сплошной окисной оболочки. Эти два фактора обуславливают большую скорость тепловыделения при горении частиц магния, чем при горении частиц алюминия.

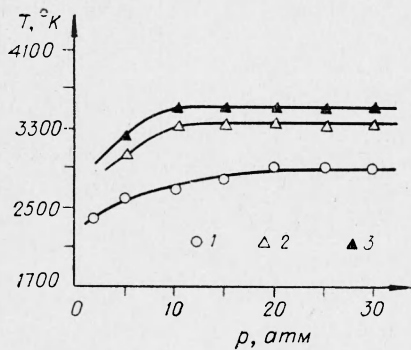


Рис. 8. Температура горения частиц магния в факеле пламени полиформальдегид — перхлорат аммония.

1 — полиформальдегид — ПХА; 2 — полиформальдегид — ПХА + 7% Mg; 3 — полиформальдегид — ПХА — 20% Mg.

В спектре пламени модельного состава с добавкой алюминия, как уже отмечалось выше, наблюдаются резонансные линии алюминия 3944, 3961, 3092, 3082 Å. Из [12, 13] известны энергия возбуждения и вероятности переходов этих линий; поэтому на основании выражения

$$T = \frac{E_2 - E_1}{k} \left(\ln \frac{I_1}{I_2} + \ln \frac{\lambda_1}{\lambda_2} - \ln \frac{A_1}{A_2} \right)^{-1}. \quad (2)$$

(E_1 и E_2 — потенциалы возбуждения; λ_1 и λ_2 — длины волны резонансной линии алюминия; A_1 и A_2 — вероятности перехода), зная отношение интенсивности двух линий, можно было также оценить температуру горения частиц алюминия, которая оказалась равной $3750 \pm 150^\circ \text{K}$. Вычисленная по атомарным линиям температура горения частиц алюминия в факеле пламени заряда удовлетворительно согласуется с температурой, определенной из линейного выражения $\lg E_{\lambda, T} + 5 \lg \lambda$.

В случае измерения фотометрическим методом связь между действительной температурой T и измеренной цветовой температурой $T_{\text{ц}}$ нечерного тела в зависимости от величины отношения его монохроматических коэффициентов излучения ϵ_1 и ϵ_2 в двух длинах волн λ_1 и λ_2 можно записать в виде

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ц}}} = \frac{\ln \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}}{c_2 \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}. \quad (3)$$

Для выяснения вопроса, какая область горячей частицы — поверхностно-жидкий слой или зона продуктов реакций, окружающая частицу, — ответственна за излучение, была проведена оценка прозрачности (коэффициента черноты) в исследуемом спектральном интервале длин волн. Для определения коэффициентов черноты пламени одиночной горячей частицы она просвечивалась мощным источником излучения, намного превосходящим ее собственное. Полученные данные для частицы оказались значительно больше коэффициентов черноты газообразных продуктов горения металла, это можно объяснить образованием и существованием в зоне, окружающей частицу, мельчайших конденсированных окислов Al_2O_3 , которые вместе с газообразными продуктами являются основными источниками теплового излучения горячей частицы. В факеле пламени баллиститного состава (первоначальный размер частиц, вносимых в состав, $40\text{—}70 \text{ мк}$) при давлении $p=60 \text{ атм}$ температура пламени горячей частицы равна $3200^\circ \pm 150^\circ \text{K}$ (температура определялась путем фотометрирования фотографий горящих частиц металла, характерный вид которых показан на рис. 9). В случае горения высокотемпературного баллиститного состава (с тем же размером частиц), температура пламени частиц алюминия составляет величину $3600 \pm 150^\circ \text{K}$.

Как следует из приведенных выше экспериментальных результатов, температура горения частиц алюминия и магния в зависимости от температуры окружающего газа больше равновесной температуры факела

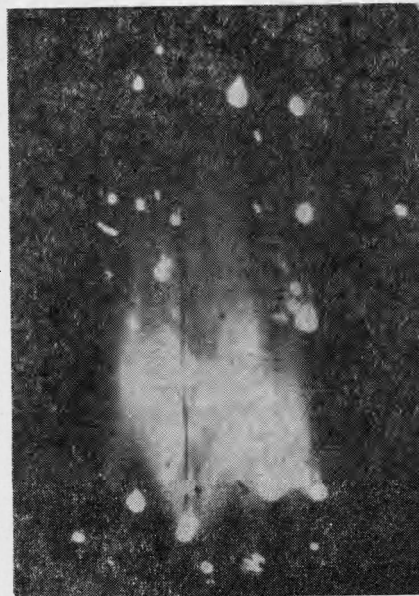


Рис. 9. Горение частиц алюминия в факеле пламени баллиститного состава.

пламени заряда на 400—600°. В таблице даны оценки температуры (в °К) горения частиц алюминия и магния в продуктах горения баллиститных и модельных составов, полученные тремя спектрально-оптическими методами.

Состав	Метод		
	сплошного спектра	резонансных линий	фотометрический
Баллистильный Н+АI ($d_n=40-70$ мк)	3100 ± 150	3400 ± 150	3200 ± 150
Высокотемпературный баллиститный ($d_n=40-70$ мк)	3400 ± 150	3700 ± 150	3600 ± 150
Полиформальдегид — перхлорат аммония — алюминий ($d_n=11-13$ мк)	3500 ± 150	3750 ± 150	3700 ± 150
Полиформальдегид — перхлорат аммония — магний ($d_n \leq 1,5$ мк)	3400 ± 150	—	3100 ± 150

Примечание. d_n — размер частиц, введенных в состав заряда.

Поступила в редакцию
27/IX 1967

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Дмитриевский, Б. С. Непорент, В. А. Никитин. УФН, 1958, **64**, 3, 447.
2. О. Д. Дмитриевский. УФН, 1955, **56**, 1, 3.
3. С. Г. Гришин, Г. П. Старцев. Оптико-механическая промышленность, 1956, 2.
4. К. Миз. Теория фотографического процесса. М., Гостехиздат, 1949.
5. Н. С. Свинтицкий. Визуальные методы эмиссионного спектрального анализа, М., Физматгиз, 1961.
6. H. Elleg. Mod. Pyrotechn. Fund. Appl. Phys. Pyrochem., 1961, 4.
7. Н. Н. Соболев, С. Э. Фриш и др. ЖТФ, 1959, **29**, 4, 506.
8. А. Т. Блох. Основы теплообмена излучением. М., Госэнергоиздат, 1962.
9. К. С. Шифрин. Рассеяние света в мутной среде. М., Гостехиздат, 1951.
10. H. G. Wolfhard, W. G. Parker. Proc. Phys. Soc., 1949, **62**, B, 523.
11. Л. В. Жданова, В. А. Соколов. ЖПС, 1964, 1, 3, 272.
12. А. Н. Зайдель. Основы спектрального анализа. М., «Наука», 1965.
13. Н. П. Пенкин, Л. Н. Шабашов. Опт. и спектр., 1963, **14**, 1.
14. П. Ф. Похил, В. С. Логачев, П. Н. Мальцев. ФГВ, 1970, 6, 1.

УДК 662.311.1+536.463

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ГОРЕНИЯ СМЕСЕВЫХ СОСТАВОВ

Ю. С. Кичин, Г. В. Лукашья,
Н. Н. Бахман, А. Ф. Беляев
(Москва)

В работе [1] на примере модельных смесей перхлората аммония (ПХА) с полистиролом (ПС) и полиметилметакрилатом (ПММА) была рассмотрена зависимость температурного коэффициента скорости горения $\beta = d \ln u / dT_0$, 1/град от соотношения между горючим и окислителем (α) и от дисперсности окислителя. Были приведены также некоторые данные о зависимости β от давления.