

## ЛИТЕРАТУРА

1. Быковский Ф. А., Клопотов И. Д., Митрофанов В. В. Спиновая детонация газов в цилиндрической камере // Докл. АН СССР.— 1975.— 224, № 5.— С. 1038—1041.
2. Быковский Ф. А., Митрофанов В. В. Детонационное сжигание газовой смеси в цилиндрической камере // ФГВ.— 1980.— 16, № 5.— С. 107—117.
3. Быковский Ф. А. О некоторых свойствах потока при непрерывной детонации в кольцевой цилиндрической камере: Материалы VIII Всесоюз. симп. по горению и взрыву.— Ташкент, 1986.— С. 16—19.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика сплошных сред.— М.: Гостехиздат, 1953.
5. Баженова Т. В., Гвоздева Л. Г. Нестационарные взаимодействия ударных волн.— М.: Наука, 1977.— С. 274.
6. Мелькумов Т. М. и др. Ракетные двигатели.— М.: Машиностроение, 1968.— С. 511.
7. Баррер и др. Ракетные двигатели.— М.: Оборонгиз, 1962.— С. 799.

*г. Новосибирск*

*Поступила в редакцию 7/III 1990*

УДК 662.536.46

*С. Н. Черепнин*

### К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК И ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ГОРЕНИЕ И ОКИСЛЕНИЕ

На основе теории о распространении пламени сделана попытка экспериментально объяснить влияние электрического поля на процессы горения и окисления. Установлено, что с помощью внешнего электрического поля возможно контролировать и управлять процессами зарядки металлических элементов, находящихся в пламени.

Один из важных вопросов — интенсификация процесса горения — решается различными путями, но наиболее перспективен метод воздействия электрического поля на пламя. В настоящее время существуют три вероятных механизма влияния электрического поля на процесс горения [4]: ионный ветер, обусловленный движением ионов и электронов под действием электрического поля, и увеличение ими нейтральных частиц к противоположно заряженному электроду; превращение энергии электрического поля в тепловую в объеме пламени; прямое воздействие электрического поля на развитие химических реакций. Тем не менее механизм влияния электрического поля на горение до сих пор не вполне ясен.

В настоящей работе сделана попытка оценить влияние ионизирующей добавки (раствора NaCl) на собственное электрическое поле пламени и изменения электрического потенциала металлического образца, вводимого в область догорания, при наложении внешнего электрического поля на область подготовки (область перед фронтом пламени). Эксперименты проводили на установке, представленной на рис. 1. На горелке 6 сжигалась смесь пропан-бутан — воздух, подаваемая в горелку из баллона 15, через редуктор 14 и ротаметр 13. Окислитель (воздух) поступал от компрессора 16, через ротаметр 12 и распылитель 8. Растворы солей NaCl различной концентрации, подавались с постоянным расходом 1 см<sup>3</sup>/мин из сосуда 7 в распылитель 8. Электрический потенциал пламени измеряли с помощью пассивного одноэлектродного зонда 5 (нхромовая проволока диаметром 0,09 мм, запаянная в кварцевый капилляр с наружным диаметром 0,3 мм). Капилляр размещен в направляющей кварцевой трубке. Рабочая часть зонда выдвинута из капилляра на 0,4 мм. Зонд располагался по оси горелки и мог перемещаться в вертикальном направлении с помощью специального координатного устройства 9. Для обеспечения жесткого крепления направляющей керамики и герметизации горелки один ее конец заглушен фторопластовым стака-

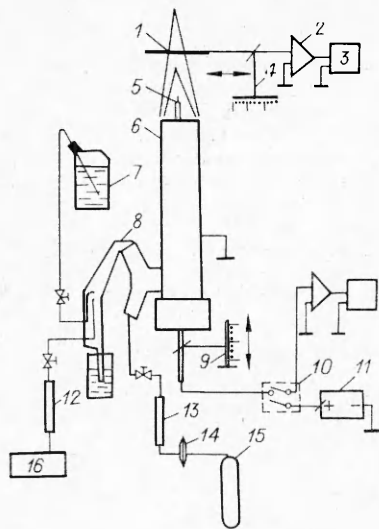


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки.

ном с отверстием по центру для перемещения зонда. Сигнал с зонда поступал на высокоомный вход электрометра 2 и далее на самопишущий прибор 3. Образец 1 — игла диаметром 1 мм — вводился в зафронтальную область пламени (область догорания) с помощью координатного устройства 4. Электрический сигнал с образца поступал на высокоомный вход прибора 2 и далее на самопишущий прибор 3. Электрическое поле накладывалось на тот же пассивный зонд относительно заземленной горелки, от установки 11, только с отключением измерения потенциала с помощью тумблера 10.

В эксперименте варьировались соотношение топливо — окислитель (в пределах коэффициента избытка окислителя от 0,5—1), концентрация NaCl в растворе ( $n^*$  — чистое пламя,  $n_0$  — с вводом в горелку дистиллированной воды,  $n_1$  — с вводом в горелку NaCl 14 г/л,  $n_2$  — 30 г/л,  $n_3$  — 60 г/л), высота рабочей части пассивного зонда относительно фронта, напряжение, прикладываемое к центральному электроду относительно горелки.

В работе приведены результаты для случая, когда коэффициент избытка окислителя равен единице. При введении раствора соли в пламя наблюдается увеличение электрического потенциала  $\varphi_0$  последнего, измеренного в точках, расположенных по оси факела до его фронта, где первая точка ( $T_1$ ) расположена на расстоянии 1 мм от среза горелки, а третья ( $T_3$ ) — у фронта.

При введении же металлического образца в зафронтальную область пламени электрический потенциал  $\varphi^*$  в области подготовки своеобразно изменяется (рис. 2). Объяснить это можно тем, что при нагревании образец претерпевает специфическую электризацию [2], т. е. при окислении металла происходит генерация заряженных частиц вследствие поверхностной ионизацией десорбирующих окислов, в результате которой у поверхности металла образуется противоположно заряженное облако ионов. Можно предположить, что кислород, присутствующий в пламени в виде соединений, идет на окисление металлического образца, т. е. кислородсодержащие частицы из пламени взаимодействуют с зарядом образца, тем самым ускоряя его окисление, изменяя электрический потенциал самого пламени, в частности области подготовки.

Надо отметить, что изменение электрического потенциала в области подготовки и самого образца имеет экстремальный характер (рис. 3). Это говорит о том, что начальное возрастание потенциала пламени и уменьшение  $\varphi_{06}$  самого образца свидетельствуют об интенсификации процесса ионообразования в области подготовки за счет большей концентрации ионизованных частиц, а значит, увеличении скорости рекомбинации заряженных частиц с заряженной поверхностью образца, что ускоряет его окисление, причем это происходит до тех пор, пока вся поверхность металла не будет занята окисной пленкой. Дальнейшее изменение потенциала образца свидетельствует о завершении процесса окисления, а значит, увеличении  $\varphi$  в области подготовки и области догорания.

Следующая серия экспериментов посвящена исследованию влияния внешнего электрического поля на зарядку металлического образца. Поле приложено на центральный электрод (+) относительно заземленной горелки (-). Чтобы свести заряд образца к нулю, достаточно было наложить на область подготовки несколько вольт: чем ближе к фронту находился центральный электрод, тем меньшее напряжение нужно прилагать,

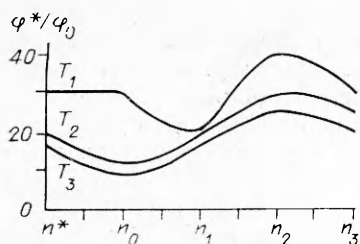


Рис. 2. Зависимость отношения электрических потенциалов пламени в различных точках от содержания соли (NaCl) в растворе, подаваемого в горелку.

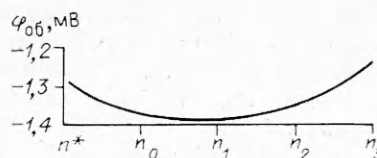


Рис. 3. Зависимость электрического потенциала образца от засоленности пламени.

чтобы скомпенсировать заряд, приобретенный образцом. Механизм воздействия электрического поля в этом случае нельзя, видимо, объяснить воздействием ионного ветра, так как при наложении поля на электрод положительные ионы должны двигаться к отрицательному электроду, вызывая при этом увеличение отрицательного потенциала образца, однако этого не происходит.

Объяснить влияние электрического поля на зарядку металлического образца через тепловую теорию воздействия тоже не представляется реальным, поскольку электрическое поле характеризуется слабой напряженностью [1]. Скорее всего, изменение электрического потенциала образца можно объяснить прямым воздействием электрического поля на процесс горения, т. е. под действием поля электроны приобретают достаточную энергию движения, в результате которого увеличивается число соударений с нейтральными частицами, образуя при этом новые активные центры в виде атомов, радикалов, ионов или возбужденных частиц, полярные молекулы ориентируются согласно направлениям силовых линий электрического поля, в результате чего увеличивается скорость химических реакций (скорость горения). Увеличение количества положительно заряженных частиц в пламени способствует быстрой рекомбинации этих частиц на отрицательно заряженной поверхности металлического образца, в результате чего заряд последнего уменьшается.

Полученные результаты могут представлять большой практический интерес, в частности, для управления процессом окисления (зарядки) металлических и углеродсодержащих материалов, работающих в агрессивной среде.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов Е. М., Дьячков Б. Г. Ионизация в пламени и электрическое поле.— М.: Металлургия, 1968.
2. Фялков Б. С. Специфическая электризация при медленном окислении и горении углерода, угля и коксов // Горение органического топлива: Материалы V Всесоюз. конф.— Новосибирск, 1985.

г. Караганда

Поступила в редакцию 9/1 1990

УДК 536.46

И. И. Богданов

### ЦИКЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ДВИЖУЩЕГОСЯ ВНУТРИПЛАСТОВОГО ОЧАГА ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

Численно исследована термогидродинамика теплового очага, поддерживающегося за счет окислительных экзотермических реакций в пласте. Представленные результаты содержат критерии оценки и пределы циклического режима; обобщены закономерности распространения очага реакций при порционной подаче воздуха и воды.