

9. Б. И. Хайкин, В. Н. Bloшенко, А. Г. Мержанов. ФГВ, 1970, 6, 4.
10. О. Кубашевский, Э. Эванс. Термохимия в металлургии. М., ИЛ, 1954.
11. А. Г. Мержанов, Ю. М. Григорьев. ФГВ, 1967, 3, 3.
12. В. В. Барзыкин, В. Т. Гонтковская и др. ПМТФ, 1964, 3.
13. П. Кофстад. Высокотемпературное окисление металлов. М., «Мир», 1969.
14. Н. Н. Семенов. УФН, 1940, 23, 3.

УДК 622.69

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОГАЗОВОЙ ГОРЕЛКИ НА ПЕРЕМЕННОМ И ПОСТОЯННОМ ТОКАХ

*П. К. Мамина, М. Г. Нефедова, И. Я. Полонский,
В. А. Попов, Ю. И. Снятков*
(Москва)

Большинство экспериментальных исследований характеристик электрического разряда в продуктах сгорания углеводородных топлив, а также практически все опубликованные работы по применению электрогазовых горелок в конкретных технологических процессах [1—4] проведены при наложении на факел переменного электрического поля. В работах [5, 6] при исследовании электрического разряда постоянного тока в факеле экспериментально определялись температура факела и теплоотдача от него при работе электрогазовой горелки без введения легкоионизирующей присадки. Те и другие эксперименты проводились в несопоставимых условиях и направлены на исследования различных параметров диффузного разряда, но они позволили сделать вывод о существенных преимуществах применения в электрогазовых горелках электрического разряда постоянного тока.

В частности, при наложении переменного электрического поля на зону горения электрический разряд не является строго диффузным и имеет нитевидный характер [2, 3]. Поддержание высоковольтного разряда в этом случае невозможно без непрерывного введения в факел легкоионизирующей присадки. Электрический разряд постоянного тока характеризуется большей устойчивостью и диффузностью, а легкоионизирующая присадка необходима лишь для возникновения электрического разряда, после чего подача ее может быть прекращена. Применение питания электрогазовых горелок постоянным электрическим током позволяет наиболее рационально использовать современные термоэмиссионные катодные материалы при температуре, близкой к температуре продуктов сгорания. Применение таких катодов, помимо увеличения стабильного разряда, позволяет существенно уменьшить тепловые потери.

Большой интерес представляет проведение сравнительного анализа характеристик разрядов постоянного и переменного тока, осуществленных в аналогичных условиях, а также сопоставление работы электрогазовой горелки с охлаждаемыми и неохлаждаемыми электродами.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 1. Объектом исследований служила электрогазовая горелка с цилиндрической камерой сгорания 2 диаметром 40 мм и длиной 120 мм. Метан и сжатый воздух подавались в корпус горелки 4, откуда метано-воздушная смесь поступала в камеру сгорания через кольцевой зазор между ее стенками и центральным водоохлаждаемым электродом 3, который служил одновременно стабилизатором пламени. Вторым электродом горелки являлось

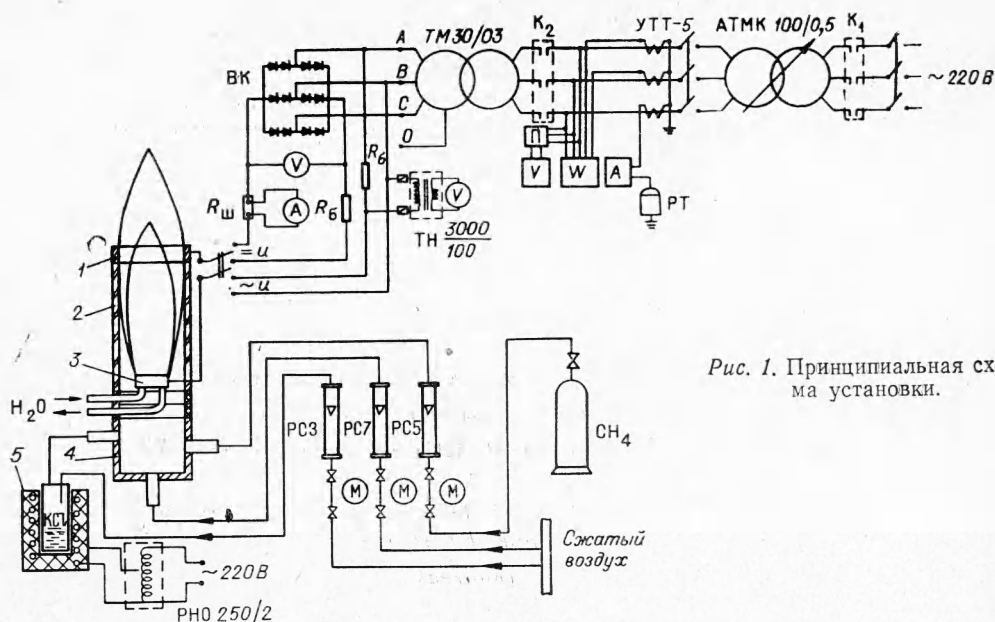


Рис. 1. Принципиальная схема установки.

выходное сменное сопло 1, охлаждаемое или неохлаждаемое водой в зависимости от материала электрода, изготовленное из латуни. В качестве материала для неохлаждаемых электродов в экспериментах применялись: графит марки ГМЗ; ГМЗ, пропитанный $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$; ГМЗ, уплотненный пироуглеродом и пропитанный $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Температура неохлаждаемых электродов составляла $700\text{--}850^\circ\text{K}$.

Для повышения электропроводности метано-воздушного факела в горелку подавалась легкоионизирующаяся присадка в виде паров соли KCl . Соль расплавлялась в металлическом стакане, помещенном в электрическую муфельную печь 5. Пары присадки подавались в камеру сгорания воздухом, продуваемым над расплавом соли. Концентрация вводимой присадки регулировалась изменением температуры нагрева расплава соли (температура дна стакана менялась от 1000 до 1250°K). Расход воздуха для подачи присадки в зону горения оставался постоянным. Подаваемая, таким образом, присадка равномерно распределялась в объеме факела и во времени по сравнению с другими способами, опробованными на этой же установке (подача присадки в порошкообразном виде или в виде водного раствора). Такое распределение присадки является одним из необходимых условий существования стабильного диффузного разряда. Концентрация атомарного калия в продуктах сгорания измерялась оптическим методом по самообращенному контуру резонансного дублета калия $7665\text{--}7699\text{ \AA}$ [7]. Погрешность определения концентрации атомов K не превышала 50% . Температура факела измерялась на расстоянии 40 мм от среза сопла горелки методом обращения спектральных линий.

Схема электрического питания горелки (см. рис. 1) позволяла подводить к ее электродам регулируемое переменное или постоянное напряжение от 0 до 3000 В . Высокое напряжение подавалось от высоковольтного силового трансформатора $\text{ТМ } 30/6,3$ с номинальной мощностью 30 кВА , который включался дистанционно. Подводимое к горелке напряжение регулировалось дистанционно с помощью автотрансформатора $\text{АТМК } 100/0,5$, включенного с низкой стороны силового трансформатора. Выпрямление трехфазного переменного напряжения при работе горелки на постоянном токе осуществлялось выпрямительным мостом, собранным из кремниевых вентилях ВК-50 и подсоединенных к силовому высоковольтному трансформатору по схеме Ларионова.

Для сравнения характеристик горелки при работе ее на постоянном и переменном токе снимались вольт-амперные характеристики электрического разряда в том и другом случае при различных концентрациях легкоионизирующейся присадки. На рис. 2 представлены типичные вольт-амперные характеристики при работе на постоянном токе с графитовым катодом и расходе газа $1 \text{ м}^3/\text{час}$. Характер кривых на рис. 2 свидетельствует о диффузности разряда в широком интервале изменения концентрации присадки: с ее уменьшением при неизменной величине тока напряжение разряда увеличивается. При работе горелки с горячим катодом и на постоянном токе подача легкоионизирующейся присадки могла быть прекращена без нарушения стабильности разряда (рис. 2, 6). Разряд сохранял диффузный характер при уменьшении тока до 5 А и занимал несколько меньший объем по сравнению с разрядом в факеле при наличии присадки. Необходимая для поддержания разряда проводимость в этом случае обеспечивалась, по-видимому, процессом хемионизации во фронте горения [8].

На рис. 3 в полулогарифмических координатах приведены зависимости напряжения разряда от концентрации легкоионизирующейся присадки при работе на постоянном и переменном токе с охлаждаемым и неохлаждаемым электродами. Зависимости получены при расходе метана $1 \text{ м}^3/\text{час}$ и токе 4 А .

Анализ графиков на рисунке показывает, что для получения разряда одной и той же мощности при работе на постоянном токе требуемая концентрация легкоионизирующейся присадки примерно в 1,5 раза ниже, чем для переменного тока, а переход от охлаждаемого катода к неохлаждаемому позволяет снизить расход присадки приблизительно в 2,5 раза.

Результаты измерения температуры факела при работе горелки на постоянном токе представлены на рис. 4. Экспериментально зависимость температуры факела от подведенной к нему удельной электрической энергии хорошо согласуется с расчетной зависимостью, полученной с учетом потерь тепла на диссоциацию продуктов сгорания. В случае же работы горелки с водоохлаждаемым катодом замеренная температура факела ниже теоретической примерно на 100° . Уменьшение тепловых потерь при

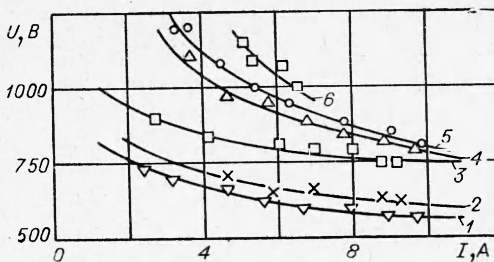


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики разряда.

$r_i, \%$ — мольная концентрация К в смеси:
1 — $0,093$; 2 — $0,0325$; 3 — $0,011$; 4 — $5 \cdot 10^{-3}$,
5 — $5 \cdot 10^{-4}$; 6 — присадка не подавалась.

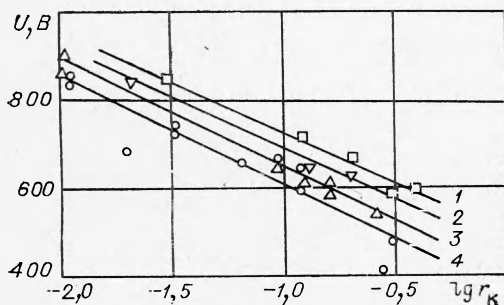


Рис. 3. Влияние концентрации присадки на напряжение разряда U для тока 4 А .
1—2 — охлаждаемый электрод; 3—4 — неохлаждаемый электрод; 1, 3 — ток переменный; 2, 4 — ток постоянный.

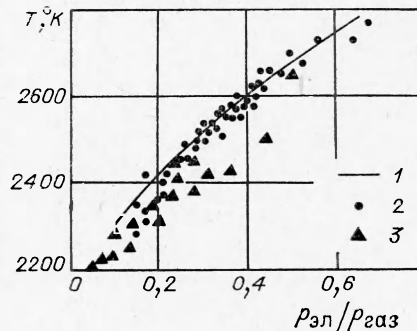


Рис. 4. Зависимость температуры факела от удельной мощности разряда.
1 — теоретическая кривая; 2 — неохлаждаемый электрод; 3 — охлаждаемый электрод.

работе с неохлаждаемым катодом объясняется снижением катодного падения потенциала благодаря эмиссии с катода и увеличению температуры пограничного слоя.

Поступила в редакцию
15/X 1973

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Karlovitz. Pure and applied chemistry, 1962, 5, 3/4.
2. Magynowski, В. Karlovitz, T. Hirt. Process design and development, 1967, 6, 3.
3. R. Davies. 10-th Symposium (International) on Combustion. Cambridge, 1964.
4. Т. Крейн, М. Салимов и др. Газовая промышленность, 1970, 10.
5. I. Fells, J. Harker. Combustion and flame, 1968, 12.
6. I. Fells, J. Harker. Trans. inst. chem. engrs., 1968, 8, 48.
7. И. Васильева, Л. Депутатова, А. Нефедова. В сб. «Магнитогидродинамический метод получения электрической энергии». М., 1972.
8. J. Harker. Combustion and flame, 1969, 13, 6.

УДК 621.378.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА САЖИСТЫЕ ЧАСТИЦЫ ПЛАМЕНИ

В. С. Бураков, В. В. Желудок, А. А. Ставров

(Минск)

В работе [1] отмечена возможность индикации излучения рубинового лазера при облучении им свободно горящего пламени по электрическому сигналу, возникающему на электродах, находящихся под постоянным потенциалом в пламени.

Приводимые ниже результаты посвящены рассмотрению возможности оптических методов индикации воздействия лазерного излучения на пламена. В частности, исследована корреляция свечения пламени с плотностью мощности зондирующего излучения ОКГ, особенности действия на пламя радиации ОКГ, работающих в различных режимах генерации (хаотическом, упорядоченном и моноимпульсном), показана возможность оценки распределения интенсивности в лазерном пучке и скорости перемещения пламени из анализа свечения подогретых зон. Исследования выполнены с открытым диффузионным пламенем предельных углеводородов на фитиле в воздухе. Облучению радиацией ОКГ подвергалась зона свечения углеродистых частиц [2].

Для определения преимущественного размера частиц применен метод, предложенный в [3]. Он состоит в измерении спектрального пропускания кварцевой подложки с осажденным полупрозрачным слоем сажи. Предполагается зависимость коэффициента поглощения k_λ от длины волны λ подложки в виде $k_\lambda = c/\lambda^n$, где c и n — константы. Действительно, рис. 1, 1 подтверждает эту зависимость с $n = 1,33$, что хорошо согласуется с данными работ [3, 4], где n равно 1,21 и 1,39 соответственно. Из [3] следует, что при $n = 1,33$ наиболее вероятный диаметр d сажистых частиц составляет 18 нм, а полуширина их функции распределения по размерам около 10 нм.

На рис. 1, 2 представлен ход оптической плотности $k_\lambda l$ в видимой области спектра непосредственно для исследуемой зоны пламени. Пламя просвечивалось излучением вольфрам-галлидовой лампы, сфокусирован-