

ЗАЖИГАНИЕ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ИСКРАМИ
РАЗНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

В. А. Марасанов

Искровое зажигание газов характерно тем, что основная масса горючей среды (газа) остается холодной, а нагревание производится только в одном небольшом по объему участке среды. Этот процесс схематично можно представить в виде двух фаз. На первой фазе зажигания система приобретает от искры определенное количество активационной энергии, что ведет к преодолению реагирующей системой некоторого энергетического барьера, после которого возможно развитие реакции горения. Характер протекающих в электрическом разряде химических процессов зависит от физических параметров разряда. Поэтому факторы, определяющие критические условия зажигания, должны быть связаны со свойствами источника зажигания. Следующая фаза представляет распространение пламени от первичного очага на весь объем, здесь уже скорость распространения не зависит от параметров искры.

Проведенные экспериментальные исследования зависимости минимальной энергии зажигания (E_{min}) газовой смеси (6% H_2 + воздух) от длительности электрического импульса (τ) показали, что она имеет довольно своеобразный характер. В интервале времени 10^{-5} - 10^{-4} сек E_{min} остается неизменной и равной 0,52 Мдж. При уменьшении τ энергия зажигания довольно резко возрастает и при $\tau = 1$ мк сек отличается от минимальной величины более чем на порядок, а в интервале времен 10^{-4} - $4 \cdot 10^{-4}$ сек наблюдается плавное возрастание.

Такая своеобразная зависимость энергии зажигания от τ , видимо, связана с неравновесным распределением энергии разряда и со специфическими особенностями электрической активации газовой смеси.

Представляет интерес рассмотреть механизм появления активных частиц в разряде. Считают, что энергия, подводимая к разряду в первой стадии своего превращения, концентрируется главным образом в электронном газе, составляя некоторый запас свободной энергии разряда. Энергия электронного газа передается при столкновениях электронов с молекулами. Прямым указанием механизма "Электронной активации" являются наблюдаемый для самых различных реакций в разряде I порядок реакции.

При передаче энергии электронами на первой стадии образуются метастабильные молекулы, которые могут возбуждаться до высших энергетических уровней при новых столкновениях с электронами, несущими необходимый для этого запас энергии. Этот процесс может протекать вплоть до их ионизации. В то же время в электрическом разряде кинетическая энергия электронов растет до тех пор, пока в конце концов не становятся возможны неупругие соударения, приводящие к возбуждению молекулярных электронов, которое может привести к их ионизации. Электронно-возбужденные молекулы и ионы, сталкиваясь с нормальными молекулами, передают им энергию своего возбуждения ударом второго рода.

В результате столкновений второго рода энергия электрического разряда используется на появление в системе колебательно-возбужденных молекул. Описанный механизм активационного процесса может быть назван "энергетическим катализом" в разряде, потому что агенты, производящие активацию - электронно-возбужденные молекулы и ионы, ускоряют течение реакции посредством переноса энергии путем превращения энергии электрического поля в энергию колебательного возбуждения молекул. Если в каком-либо процессе возбуждения колебательный уровень двухатомной молекулы, близкий к уровню энергии отдельных атомов, то может легко произойти диссоциация. Кроме того возбуждение колебательных уровней проявляется в снижении энергии активации химической реакции. Диссоциацию можно рассматривать, считая, что процесс колебательной релаксации уже закончился. Процесс релаксации колебаний и диссоциации молекул исходного вещества как раз предшествует химической реакции.

Видимо, время релаксации колебаний и диссоциации молекул в формирующемся очаге пламени и является оптимальным временем влияния электрической энергии в формирующийся очаг, способный вызвать распространение реакции горения на весь объем. Это время и дает минимум энергии зажигания газовой смеси.