

ГОРЕНИЕ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ.

Горение - быстропротекающее химическое превращение с выделением большого количества тепла, сопровождается такими физическими процессами, как тепло- и массообмен и подчиняется определенным газодинамическим закономерностям.

Интенсивные акустические колебания могут в известной степени воздействовать на газодинамические характеристики (напр., турбулентные) потока; поэтому хотя они и не в состоянии изменять сам процесс химического превращения, однако могут влиять на сопровождающие его явления и тем самым - на режим горения. В значительной мере воздействие акустических колебаний на горящий факел объясняется **ускорением теплообмена в ультразвуковом поле**. Оно имеет место как при гомогенном горении, когда горючее и окислитель находятся в газовой фазе, так и при гетерогенном, когда используется жидкое или твердое топливо. В зависимости от вида топлива, от газодинамических характеристик потока горючей смеси, от типа горения, от интенсивности и частоты звука воздействие это проявляется по-разному. При некоторых условиях можно получить положительные эффекты, например, изменить форму факела, повысить градиенты температур в зоне горения и тем самым увеличить теплоотдачу от факела к тепловоспринимающим поверхностям, до некоторой степени увеличить скорость горения. В других случаях (например, при горении предварительно подготовленной смеси) акустические колебания влияют отрицательно, увеличивая протяженность факела. Акустическое воздействие на процессы образования смеси и самого горения наблюдается при весьма высоких уровнях звукового давления ($\geq 100-110$ дБ) и усиливается с повышением интенсивности повышения звука.

Влияние акустического поля на процесс горения имеет место практически во всем диапазоне чисел Рейнольдса Re , характеризующих поток горючей смеси, начиная с ламинарного режима ($Re = 50-2000$) и кончая режимами развитой турбулентности ($Re = 5 \times 10^4 - 10^3$). При ламинарном горении механизм воздействия акустических колебаний связан с появлением акустических течений у среза газового сопла и увеличением потока окислителя к корню факела. Акустическими течениями объясняется также изменение пределов существования стабильного пламени (увеличение вероятности наступления режима проскока пламени внутрь горелки). При турбулентных режимах горения влияние акустических колебаний проявляется в изменении гидродинамической устойчивости струи горючей смеси. В зависимости от частоты звуковое поле может либо способствовать более интенсивному вихреобразованию, а следовательно, и процессу развития турбулентности, либо задержать этот процесс. По имеющимся данным, наиболее сильное воздействие наблюдается на частотах, близких к собственной частоте струи, определяемой числом Струхала $Sh = fd/u = 0,1-0,3$ (где f – частота звука, d – характерный размер струи, например диаметр на выходе сопла или смесителя, u – скорость струи). Для реальных горелок эти частоты имеют порядок единиц или десятков кГц. В этом случае УЗ-вые колебания имеют роль своеобразного синхронизатора, регулирующего лишь периодичность образования вихрей на поверхности струи. Развитие вихрей идет за счет энергии самого потока, поэтому процесс может проходить при относительно небольших уровнях звукового давления (100-110 дБ), и энергия звукового поля составляет доли процента от кинетической энергии струи. В случае $Sh > 2$ УЗ-вые колебания оказывают стабилизирующее воздействие, способствуя затягиванию перехода к турбулентному режиму течения. При высоких уровнях звукового давления (160-170 дБ) по видимому, возможно дестабилизирующее действие в широком диапазоне частот.

Воздействие акустических колебаний на газодинамические характеристики потока горючей смеси интенсифицирует процессы теплообмена, что в свою очередь влияет и на сам процесс горения. Для разных типов горения он идет по-разному.

Турбулентное горение в УЗ-вом поле газообразного топлива при диффузионном режиме (когда смешение топлива с окислителем осуществляется непосредственно в пламени и скорость горения ограничивается процессом смешивания) интенсифицируется благодаря ускорению диффузии окислителя в зону горения. Это обусловлено изменением масштаба и интенсивности турбулентности в этой зоне при воздействии колебаний. При этом уменьшается длина факела, ускоряется выгорание в объеме топочной камеры, растет температура. Одновременно интенсивные акустические колебания, увеличивая отдачу факела, ухудшают условия воспламенения, поэтому для предотвращения срыва горения

необходимо обеспечить хорошую стабилизацию пламени. Максимальное возмущающее действие акустических колебаний наблюдается при составах горючей смеси, близких к стехиометрическому. Горение в УЗ-вом предварительно подготовленной газовой смеси при высоких уровнях звукового давления (150-160 Дб) сопровождается увеличением протяженности холодного ядра, что, по-видимому, является следствием ухудшения условий воспламенения. Поэтому в горелках с предварительной подготовкой горючей смеси применение УЗ-вых колебаний целесообразно лишь для интенсификации процесса смешивания топлива с окислителем, в связи с этим конструкции таких горелок должны предусматривать создание ультразвукового поля лишь в начальной части смесителя.

При горении в УЗ-вом поле жидкого топлива воздействие акустических колебаний сводится к ускорению испарения капель под влиянием акустических микропотоков, возникающих около них. При горении твердых частиц подобные микропотоки способствуют подводу окислителя к реагирующей поверхности. Диффузия к поверхности частицы в этом случае увеличивается пропорционально амплитуде колебательной скорости частиц и падает с частотой \sqrt{f} .

В промышленных горелочных устройствах для создания УЗ-вых колебаний в основном применяются газоструйные излучатели стержневого типа и реже вихревые свистки или магнестрикционные преобразователи. При этом излучатели одновременно используются как в качестве газового сопла (газовых горелках) или распылительной форсунки (в жидкостных горелках), так и в качестве акустического генератора, интенсифицирующего процесс смешения топлива с окислителем. Известно несколько типов акустических горелок, в т.ч. инжекционные, с регулируемой длиной факела, двухпроводные, комбинированные нефтегазовые и газомазутные. На рисунке приведена схема одной из инжекционных акустических горелок высокого давления с большим интервалом регулирования производительности при сохранении автономности режима в пределах давления подаваемого газа 0,5-6 атм. Акустические горелки работают обычно в диапазоне высоких звуковых частот при акустической мощности от нескольких десятков до сотен Вт.

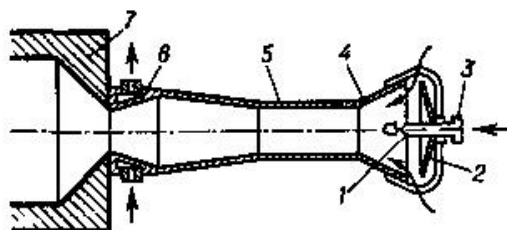


Схема инжекционной акустической горелки: 1 — газоструйный излучатель; 2 — воздушная шайба для регулировки подсоса воздуха; 3 — подвод газа; 4 — входной конфузор; 5 — смеситель; 6 — водоохлаждаемый носик; 7 — горелочный тоннель.

Акустические горелки с регулируемой длиной пламени в туннельных и барабанных печах, диффузионные горелки в нагревательных печах для ускорения нагрева металлических слитков или плавления металла.