

Н. П. ВОЗНЕСЕНСКИЙ и член-корреспондент АН СССР А. Б. ЧЕРНЫШЕВ

О СТРУКТУРЕ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ГОРЕНИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

Физико-химические явления, протекающие при горении и газификации твердого топлива, весьма сложны и изучение их представляет большие трудности. В то же время познание характера этих явлений, в частности, явлений переноса вещества и теплообмена при гетерогенном процессе горения твердого топлива, важно для управления этим процессом и его интенсификации.

Теоретические исследования процесса горения и газификации слоя твердого топлива основываются до сего времени преимущественно на обычных закономерностях из области гидродинамики. Большинство авторов придерживается того мнения, что при турбулентном газовом потоке, омывающем частицы твердого топлива, существует ламинарный подслой (в понимании Прандтля, Кармана), перенос вещества через который к поверхности твердого топлива происходит посредством диффузии (1-3). Другие считают, что перенос вещества до самой поверхности горящего твердого топлива осуществляется за счет турбулентных пульсаций (4).

Проведенные до сего времени экспериментальные исследования в области горения твердого топлива давали возможность лишь косвенным путем обосновывать принятый в том или ином исследовании механизм переноса вещества.

Таким образом, несмотря на значительное число экспериментальных работ, структура пограничного слоя и действительный механизм переноса вещества при горении твердого топлива не были установлены. Поэтому мы задались целью экспериментально изучить структуру пограничного слоя горящего твердого топлива. Трудности экспериментального изучения этого вопроса проистекают из-за высоких температур (свыше 1000°) и быстрого течения процесса горения топлива.

Мы стремились разработать метод исследования, который не нарушал бы течения процесса горения твердого топлива и структуры пограничного слоя. Для этой цели мы применили при исследовании горячей поверхности твердого топлива кино съемку с микроскопом. Микрокиносъемка производилась в отраженном свете, с применением теплового фильтра для защиты оптической системы от теплового воздействия. Кинофильм был заснят на черно-белую и цветную пленку. Посредством микрокиносъемки и визуального наблюдения через микроскоп изучению была подвергнута горящая поверхность древесного угля, антрацита и малозольного электродного угля.

Заснятый кинофильм четко показывает изменения поверхности твердого топлива в процессе его сгорания — характер разрушения поверхности топлива, образование и унос зольного остатка, размеры пор и структуру поверхностного слоя. Элементы пограничного слоя горящего топлива при проекции на киноэкран получают примерно 250-крат-

ное увеличение, что дает возможность подробно их изучить (см. рис. 1 и 2).

В результате указанного выше экспериментального исследования нами установлено следующее.

1. Область пограничного слоя при горении твердого топлива отличается по своей структуре от общепринятого в гидродинамике понятия о пограничном слое, которое используется обычно при рассмотрении вопроса о переносе веществ при гетерогенных процессах.

2. Пограничная область между горящей поверхностью твердого топлива и газовым потоком в значительной мере заполнена пористой массой, зольным остатком, после расходования органической части топлива на реакции горения и газификации. Структура пограничного слоя определяется в основном этим зольным остатком, многочисленные поры которого создают условия для существования «застойного» пограничного газового слоя.

3. Толщина поверхностного пористого зольного слоя зависит от вида топлива, главным образом, от содержания и свойств золы, а также от скорости газового потока. Для исследованных видов твердого топлива с увеличением скорости газового потока (от 3 до 8 м/сек) толщина пористого зольного слоя несколько уменьшалась, так как верхняя часть зольного остатка при этом более интенсивно сдувалась с поверхности куска топлива. При горении древесного угля и скорости газового потока 3 м/сек толщина пористого зольного слоя составляла 0,2—0,3 мм. Размеры отдельных пор в зольном поверхностном слое в направлении, перпендикулярном газовому потоку, достигали 0,03—0,04 мм, а вдоль потока до 0,2 мм и более. Таким образом, толщина «застойного» газового слоя на горящей поверхности зольного твердого топлива значительно превышает толщину предполагаемого ламинарного подслоя Прандтля.

4. Механизм переноса вещества при горении натурального зольного твердого топлива определяется специфической структурой пограничного слоя — пористым зольным остатком, заполненным «застойным» газовым слоем. Быстрое образование поверхностного зольного слоя имеет место при горении даже такого сравнительно малозольного топлива, как древесный уголь. Наличие «застойного» газового слоя в микропорах и трещинах поверхностного зольного остатка дает основание полагать, что скорость процесса горения слоя твердого топлива определяется в основном скоростью диффузионного переноса вещества в этом «застойном» газовом слое, по своей структуре отличающемся от общепринятых понятий о пограничном слое, применяемых в гидродинамике.

При одной и той же скорости газового потока и размерах частиц твердого топлива (при одинаковых величинах Re) структура пограничного слоя при горении твердого топлива может сильно различаться в зависимости от вида применяемого топлива, в первую очередь от содержания и свойств его минеральной части.

Институт горючих ископаемых
Академии наук СССР

Поступило
27 XII 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Л. Прандтль, Гидроаэромеханика, 1949. 2 Д. А. Франк-Каменецкий, Диффузия и теплопередача в химической кинетике, 1947. 3 А. С. Предводителев и др., Горение углерода, 1949. 4 С. А. Гольденберг, Изв. АН СССР, ОТН, № 8 (1950).