

Таким образом, из полученных результатов следует, что основной причиной образования волны сжатия за фронтом двухфазной детонации является торможение газа испаряющимися частицами.

СевНИИГиМ,
Ленинград

Поступила в редакцию
13/VIII 1976

ЛИТЕРАТУРА

1. Э. А. Антонов, А. М. Гладиллин. МЖГ, 1972, 5.
2. А. М. Гладиллин. ФГВ, 1975, 11, 3.
3. А. А. Борисов, Б. Е. Гельфанд и др. ФГВ, 1970, 6, 3.
4. Т. Н. Pierce, I. A. Nicholls. Astron. Acta, 1972, 17, 4/5.

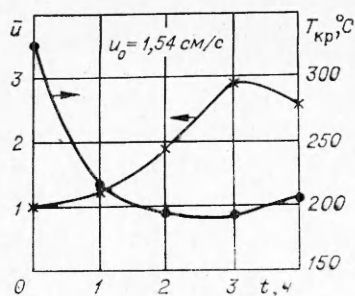
ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ГОРЕНИЯ ЦИРКОНИЯ. II. «АКТИВИРОВАННОЕ» ГОРЕНИЕ Zr В АЗОТЕ

У. И. Гольдшлегер, В. И. Розенбанд

При исследовании влияния предварительной обработки циркония на его воспламенение в кислороде было обнаружено, что увеличение содержания растворенного в металле кислорода ухудшает коррозионную стойкость циркония, облегчая его воспламенение [1]. В данной работе изучалось влияние растворенного газа на закономерности горения циркония.

Поскольку горение металла в атмосфере кислорода высокого давления связано с определенными техническими трудностями, исследовалось горение циркония в азоте. Азот аналогично кислороду имеет в цирконии широкую область растворимости [2], и это также приводит к заметному ухудшению коррозионной стойкости циркония [3]. Кроме того, при нагреве циркония в вакууме или инертном газе (при $\sim 500^\circ\text{C}$) нитридная пленка также растворяется в металле, приводя к увеличению количества растворенного азота.

Для изучения влияния растворенного в цирконии азота на его воспламенение и горение таблетки циркония азотировались до массового содержания азота 0,25% (начальное содержание азота в порошке 0,15%). Затем проводился их вакуумный отжиг при давлении 10^{-4} мм рт. ст. и температуре 560°C . На рисунке показана зависимость критической температуры воспламенения $T_{кр}$ от длительности вакуумного отжига t , полученная в токе кислорода на термовесах для таблеток Zr (диаметр 3 мм, масса 0,1 г). Растворенный азот значительно облегчает последующее воспламенение циркония, причем вид кривой $T_{кр}(t)$ аналогичен полученной при растворении кислорода [1]. Минимальная температура воспламенения достигается при большем по сравнению с кислородом времени отжига (~ 3 ч), что, вероятно, обусловлено меньшей скоростью диффузии азота в цирконии.



Горение Zr исследовалось в бомбе постоянного давления при $p = 80$ атм. В работе [4] показано, что в этих условиях стадия догорания отсутствует, и весь процесс превращения происходит во фронте горения. Опыты проводились как на обычных таблетках циркония, так и на таблетках с повышенным содержанием у поверхности зерен растворенного в металле азота при различной длительности вакуумного отжига предварительно азотированных образцов. Диаметр таблеток 10 мм, высота 16 мм. На рисунке построена зависимость относительной скорости горения таблеток циркония \bar{v} (отношение средней скорости горения азотированных таблеток к скорости горения таблетки обычного циркония) от времени вакуумного отжига образцов. Видно, что повышение количества растворенного в металле азота может привести к значительному (почти в 3 раза) увеличению скорости горения циркония. При этом наименьшей критической температуре воспламенения соответствует наибольшая скорость горения циркония.

Как и в случае воспламенения, увеличение скорости горения предварительно азотированных образцов обусловлено облегчением диффузии азота вследствие большей дефектности образующейся на поверхности зерен нитридной пленки. Поэтому процесс горения становится «активированным», скорость тепловыделения и температура во фронте горения возрастают. В случае предварительно азотированных образцов температура настолько высока, что в результате горения происходит не только плавление центра образца, приводящее к существенному искажению его формы (при горении обычных таблеток их форма не меняется), но и плавление образующейся на поверхности образцов нитридной пленки. Пленка становится практически сплошной с незначительной пористостью и препятствует фильтрации азота в центр таблетки.

Анализ содержания азота по сечению образца проводился на приборе ПМТ-3 по известной зависимости микротвердости твердого раствора азота в цирконии от процентного содержания азота [2]. Его результаты показали, что у предварительно азотированных образцов толщина поверхностной нитридной пленки больше, чем у обычных, а массовое содержание азота в центре образца у них ниже (0,4 и 0,7% соответственно). Вследствие этого среднее весовое содержание азота по объему у обычных таблеток несколько выше. Как показал химический анализ [5], у обычных таблеток циркония среднее массовое содержание азота после горения составляет 4,5%, а у азотированных и отожженных в вакууме в течение 3 ч таблеток $\sim 3,9\%$.

В заключение следует отметить, что обнаруженное «активированное» горение, связанное с повышением реакционной способности металла вследствие увеличения его дефектности при растворении в нем газа, может иметь место для достаточно широкого класса гетерогенных систем металл — неметалл.

Авторы благодарят В. М. Шкиро и В. А. Нестерова за помощь в проведении экспериментов.

Отделение ИХФ АН СССР,
Черноголовка

Поступила в редакцию
9/II 1976

ЛИТЕРАТУРА

1. У. И. Гольдшлегер, Е. А. Макарова, В. И. Розенбанд. ФГВ, 1977, 13, 2.
2. С. С. Кипарисов, Ю. В. Левинский. Азотирование тугоплавких металлов. М., «Металлургия», 1972.
3. Б. Г. Парфенов, В. В. Герасимов, Т. И. Венедиктова. Коррозия циркония и его сплавов. М., Атомиздат, 1967.
4. А. Г. Мержанов, И. П. Боровинская, Ю. Е. Володин. Докл. АН СССР, 1972, 206, 4.
5. Г. В. Самсонов. Анализ тугоплавких соединений. М., 1952.