

С. И. Герасимов, Е. В. Зотов, М. В. Коротченко,
Г. Б. Красовский, С. А. Холин

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПЛОТНОЙ ПЛАЗМЫ

Классический компрессор Войтенко [1] получил широкое распространение как простое и эффективное средство получения высокоплотных струй плазмы. Схема процессов, происходящих в полости камеры (рис. 1) до момента схлопывания на оси установки, состоит из прямой ударной волны (УВ) SS и зоны неоднородного течения ударно-сжатого газа OAS , образованной пластиной, стенкой камеры, сходящейся ударной волной AS . Система волн в зоне OAS неустойчива вследствие возрастающей массовой скорости газа в точке O и нерегулярного взаимодействия волн со стенками.

Размещение внутри камеры полоски взрывчатого вещества (ВВ) позволяет значительно увеличить плотность образующейся плазмы при одновременном сохранении скорости и отсутствии требования к наличию системы газонаполнения камеры компрессора [2]. Рабочий газ — продукты детонации ВВ — образуется в камере непосредственно во время работы устройства за счет инициирования ВВ движущейся пластиной и выталкивается из зазора сегмент — пластина. Ширина полоски (внутренней навески) определяется типом используемого внутри камеры ВВ и скоростью движения пластины. Это связано с тем, что в случае превышения скоростью стыка пластина — сегмент (увеличивающейся обратно пропорционально синусу угла между пластиной и касательной к сегменту в точке стыка) скорости детонации ВВ, происходит захлопывание без выталкивания продуктов детонации из зазора.

В опытах для внутренней навески использовалось пластиковое ВВ толщиной 0,3—0,5 мм (плотность 1,53 г/см³, скорость детонации 7,8 км/с). На рис. 2 представлена типичная фотохронограмма при использовании внутренней навески шириной 5 мм в классическом компрессоре Войтенко со стальной камерой — полусферой ($R = 60$ мм). Для разгона пластины использовалось ВВ с плотностью 1,89 г/см³ и скоростью детонации 8,8 км/с. Процесс детонации также фиксировался в режиме скоростного фотографирования в качестве базового тангенса угла наклона. Выходной канал отсутствует. Образующиеся плазменные струи поступают в окружающий воздух. Виден характерный предвестник — ударная волна в воздухе, имеющая скорость $D \sim 15,1$ км/с. На высоте примерно 28 мм от полюса камеры предвестник догоняется основной УВ, имеющей на начальном участке скорость более 45 км/с. Причина образования предвестника, очевидно, заключается в том, что схлопыванию основной массы продуктов детонации предшествует схлопывание опережающих ударных волн в камере.

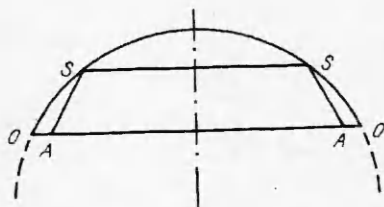


Рис. 1. Схема процессов в камере компрессора Войтенко.

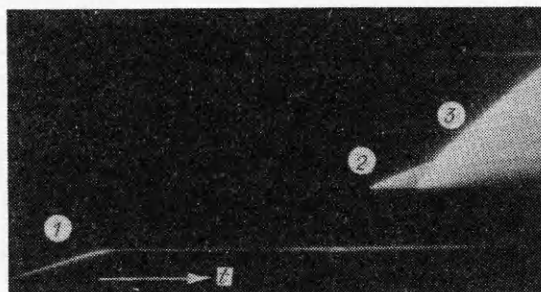


Рис. 2. Фотохронограмма процессов, происходящих в компрессоре Войтенко с внутренней навеской ВВ (щель фоторегистратора параллельна оси заряда и компрессора).

1 — детонация основного ВВ; 2 — предвестник; 3 — УВ от основной струи.

Детальное экспериментальное изучение проводилось на малогабаритных оксидных газодинамических компрессорах, где использовался один и тот же тип пластикового ВВ в качестве основной и внутренней навесок. При этом не предъявлялось требование к плоскопараллельности движения алюминиевой пластины ($2R = 30$ мм), что в общем снижает достигаемые скорости. Основная навеска представляла собой цилиндр весом 20—22 г, инициируемый электродетонатором. Показано, что расположение ВВ вдоль всей внутренней поверхности камеры снижает скорость основной УВ в выходном канале, а пластина испытывает противодействие встречной струи. На сохранившихся в таких опытах пластинах в центре имеется отверстие диаметром 6 мм; диаметр пластины уменьшается до 26 мм, а масса с 3,22 до 1,71 г.

Варьирование шириной и расположением внутренней навески позволяет свести к минимуму расстояние, на котором предвестник догоняется основной УВ. При предварительном разгоне пластины на цилиндрическом участке длиной 5 мм при внутренней навеске шириной 7 мм, расположенной в полусферической части камеры, средняя скорость УВ на участке выходной трубки длиной 100 мм превышает 15 км/с. Уменьшение давления путем отсачки воздуха из камеры и выходной трубки не увеличивает скорость основной струи при росте скорости предвестника.

Рассматривалось воздействие получаемой плазмы на цилиндрические образцы из стали 40. В результате воздействия малогабаритного компрессора с общей массой ВВ 20 г (внутренняя навеска шириной 5 мм) на поверхности стали образуется кратер диаметром 16 и глубиной 15 мм. При использовании такого же компрессора без внутренней навески кратер имеет размеры: диаметр 8, глубина 5 мм. Для компрессора с внутренней навеской при увеличении расстояния от полюса камеры до плоскости образца с 5 до 20 мм размеры образующегося кратера уменьшаются — диаметр 14, глубина 7 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Войтенко А. Е. Получение газовых струй большой скорости // Докл. АН СССР.— 1964.— 158, № 6.— С. 1278.
2. Заявка 5063197. Способ получения высокоплотной плазмы и устройство его реализации./ С. И. Герасимов, С. А. Холин, М. В. Коротченко.— Заявл. 14.07.92.

г. Арзамас-16

Поступила в редакцию 10/III 1993

УДК 533.6.72

С. И. Герасимов, С. А. Холин, Н. С. Мищенко

ТЕНЕВОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ СВЕРХЗВУКОВЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ИЗЛУЧЕНИЯ УВ

Известно, что увеличение амплитуды ударной волны (УВ) в газе не приводит к постоянному увеличению яркостной температуры, фиксируемой фотоприемником на «бесконечности» [1]. Причина, например для одноатомного газа, заключается в экранировке видимого излучения прогретым слоем перед фронтом, образующимся за счет поглощения коротковолновых квантов с энергиями, превышающими первый потенциал ионизации холодного газа.

Однако принципиально возможно в импульсном режиме регистрировать яркостные температуры, пропорциональные истинным температурам за фронтом, независимо от амплитуды УВ, или, что то же самое, можно получать импульсные потоки света значительной интенсивности в широком спектральном диапазоне. Для этого необходим посредник, способный транслировать световую энергию и последовательно зондирующий прогретый слой и контактирующий с фронтом [2]. В качестве посредника подходит кварцевый стержень с областью прозрачности вплоть до ближнего ультрафиолета.

© С. И. Герасимов, С. А. Холин, Н. С. Мищенко, 1993.