

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ БССР
МИНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. А.М.ГОРЬКОГО

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ
И ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Сборник научных трудов

Под редакцией А.С.Микулича

Минск 1979

О ХАРАКТЕРЕ ИСТЕЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ УПЛОТНЕННЫМИ ОБЛАСТЯМИ ПЛАЗМЫ

Высокоскоростные плазменные струи, набегая на неподвижную преграду, создают перед ней ударносжатые области плазмы (1,2), взаимодействие которых с поверхностью приводит к интенсивному нагреванию и разрушению последних. Основной причиной потери массы различных металлических тел, подвергаемых воздействию сверхзвуковых плазменных струй, является плавление и последующее стравливание жидкой фазы набегающим потоком. В (3) рассмотрены основные закономерности разрушения под действием импульсных плазменных струй различных тел, металлических и неметаллических, сильно различающихся по своим теплофизическим и механическим свойствам. В работе (4) указывается на роль механического импульса в разрушении металлов высокоскоростными импульсными струями.

При высоких давлениях плазмы, значительных концентрациях заряженных частиц, больших размерах преград, вносимых в потоки плазмы, физические процессы, сопровождающие взаимодействие плазмы со стенкой, значительно усложняются. Определенную информацию об этих процессах можно получить, исследуя вторичное истечение потоков, генерируемых уплотненными пограничными слоями плазмы.

В настоящей работе исследовалось влияние различных условий взаимодействия первичной плазменной струи со стенкой на характер вторичного истечения.

Первичная плазменная струя получалась с помощью импульсного плазмотрона. При этом режим работы изменялся в следующих пределах:

$$U = 1 + 3 \text{ кВ}; \quad C = 300 \text{ мкФ}, \quad L = 2 \text{ мкГн}.$$

Условия взаимодействия плазмы со стенкой изменялись путем изменения материала преграды; положения ее над средним соплом плазмотрона, потенциала преграды, а также диа-

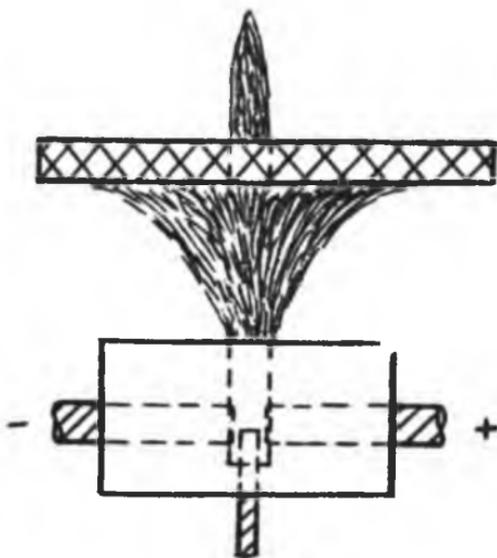


Рис. 1. Образование вторичных плазменных струй при набегании плазменного потока на преграду.

Анализ экспериментальных данных показал, что вторичные плазменные струи представляют собой довольно направленные потоки, слабо расширяющиеся с удалением от среза вторичного сопла. Для различных преград имеет место возрастание длины вторичных струй l с увеличением начального разрядного напряжения U на плазмотроне. При диаметре вторичного сопла $d = 0,5$ мм на характере зависимости l от U сказываются теплофизические свойства материала преграды. В случае медной преграды, для которой по сравнению с железной теплофизические параметры ниже, увеличение l с ростом U является существенным. Так, например, при $U = 1$ кВ на высоте $h = 0,5$ см l для медной преграды в 2 раза больше, чем l для железной при тех же условиях, а при $U = 2$ кВ — в 2,5 раза. При диаметре вторичного сопла $d = 1$ мм ход кривых $l(U)$ для всех исследуемых материалов оказался практически одинаковым. При больших

метра вторичного сопла. Диаметр вторичного сопла в преграде составлял $d \sim 0,5 - 2$ мм. Преграда с соплами располагается на различной высоте относительно среза первичного сопла плазмотрона ($h \sim 0,5 - 2$ см). Исследования проводились для преград из железа, меди, плексигласа.

При набегании первичного плазменного потока на неподвижную преграду с соплами имеет место истечение из последних вторичных плазменных струй (рис. 1).

диаметрах вторичного сопла ($d = 2$ мм) интерпретация хода кривых $l(u)$ с точки зрения теплотехнических параметров материала преград не возможна. Для железной преграды при всех прочих равных условиях длина вторичных струй больше, чем для медной.

Первичный плазменный поток, двигаясь в сторону преграды, несет определенный поток тепла. При контакте с преградой имеет место передача тепла от плазмы к преграде. Очевидно, что величина количества тепла, переданного преграде, играет определенную роль в формировании вторичных плазменных потоков.

Величина давления плазмы в пристеночном слое сказывается на характере вторичного истечения, о чем свидетельствуют полученные в работе зависимости l от положения преграды относительно среза сопла плазмотрона (рис. 2).

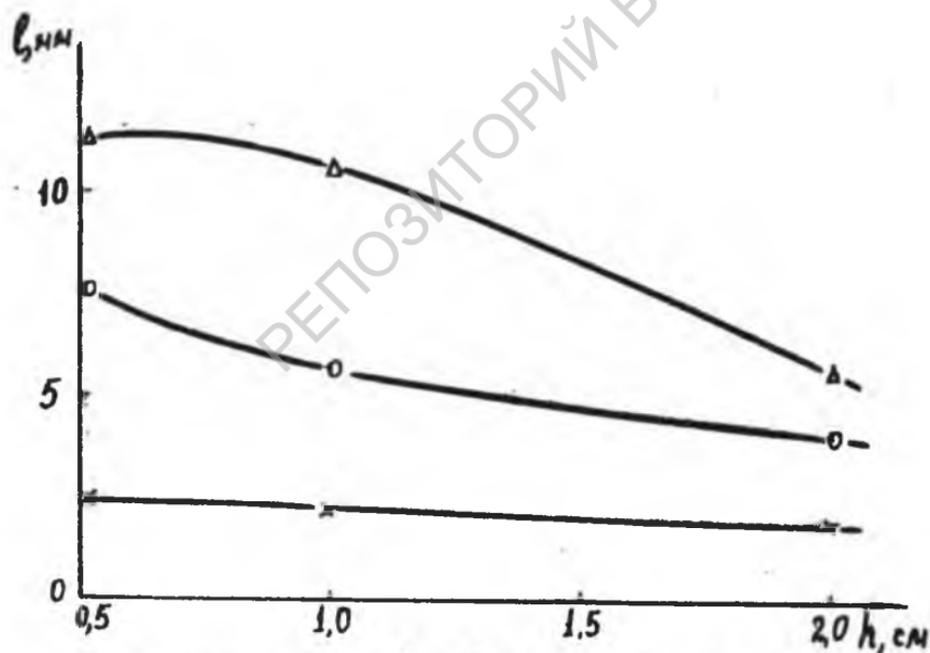


Рис. 2. Зависимость $l(h)$ для железной преграды при $U = 2$ кВ. x - $d = 0,5$ мм; o - $d = 1$ мм; Δ - $d = 2$ мм.

Для всех материалов и для различных d наблюдалось уменьшение l с ростом h . Наиболее существенное уменьшение l с ростом h имело место для больших диаметров вторичного сопла ($d = 2$ мм и $d = 1$ мм).

Условия, в которых находилась преграда, изменялись также путем изменения ее потенциала. Были рассмотрены следующие случаи: изолированная преграда, заземленная, положительно заряженная, отрицательно заряженная. Величина напряжения, подаваемого на преграду, регулировалась с помощью специального устройства, позволяющего изменять напряжение в пределах от 0 до 75 В.

Потенциал преграды определенным образом влияет на течение вторичных плазменных потоков. Так, в случае железной преграды при $d = 0,5$ мм подведение положительного напряжения увеличивает длину плазменных струй, при $U_n = +30$ В l увеличилось \sim в 2 раза по сравнению с изолированной преградой (рис. 3). Подведение отрицательного напряжения к преграде практически не сказалось на величине длины струй по сравнению с изолированной преградой.

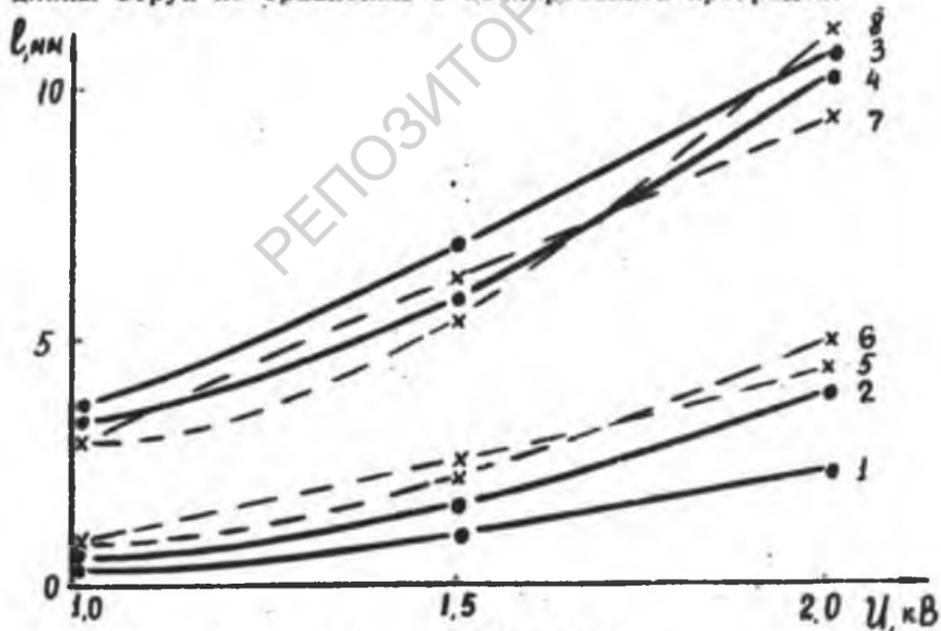


Рис. 3. Зависимость l (U).

- | | | | | | |
|-----|------|---|-------------|-----------|-------------------------|
| 1 - | (Fe | , | d = 0,5 мм, | h = 1 см, | изолированная) |
| 2 - | (Fe | , | d = 0,5 мм, | h = 1 см, | U _n = +30 В) |
| 3 - | (Fe | , | d = 2 мм, | h = 1 см, | изолированная) |
| 4 - | (Fe | , | d = 2 мм, | h = 1 см, | U _n = +30 В) |
| 5 - | (Cu | , | d = 0,5 мм, | h = 1 см, | изолированная) |
| 6 - | (Cu | , | d = 0,5 мм, | h = 1 см, | U _n = +30 В) |
| 7 - | (Cu | , | d = 2 мм, | h = 1 см, | изолированная) |
| 8 - | (Cu | , | d = 2 мм, | h = 1 см, | U _n = +30 В) |

При $d = 2$ мм это влияние положительного напряжения уже оказывалось не столь существенным. В случае медной преграды поведение кривых $I(u)$ примерно такое же, только влияние потенциала несколько ниже, чем для железной преграды.

Таким образом, на характер вторичного истечения, а, следовательно, и на физические процессы в пристеночных областях плазмы, имеющих место при контакте последней со стенкой, оказывают влияние как теплофизические свойства материала преграды, так и условия, в которых находится сама стенка, наличие определенного потенциала на ней. Сложность физических процессов, протекающих в плазме таких слоев обуславливается не только динамическими процессами, но и действием магнитных и электрических полей. Процессы в пристеночных слоях определяют их структуру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Султанов М.А., Киселевский Л.И. ТВТ, 4, 375, 1966.
2. Снопко В.Н., Киселевский Л.И. ЖПС, 5, 148, 1966.
3. Морозов В.А., Киселевский Л.И. ИФЖ, 13, № 5, 1967.
4. Агеев В.А., Широқанов В.Д., Янковский А.А. ЖПС, 29, вып. 1, 13, 1978.