

Р.З. Алимов, В.М. Исламов

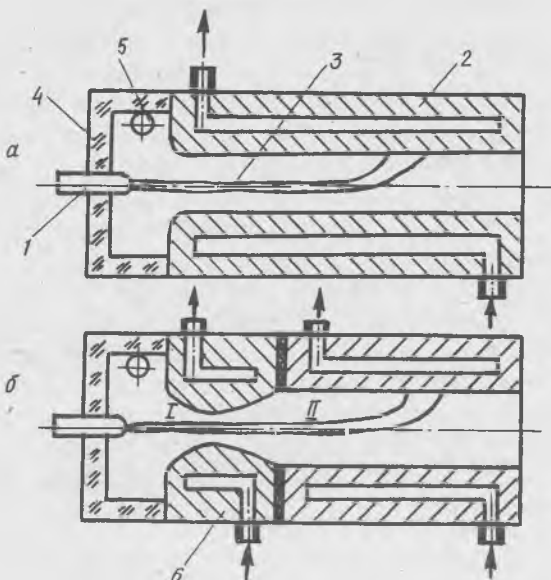
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ЗАКРУТКИ ПОТОКА НА ТЕПЛОВЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛАЗМАТРОНА

В плазматронах закрутка нагреваемого газа применяется для пространственной стабилизации электрической дуги около оси канала и перемещения опорного конца дуги по поверхности выходного электрода. При этом происходит сложное взаимодействие дуги с потоком закрученного газа. Желательно, чтобы это взаимодействие было достаточно интенсивным и управляемым. Однако закономерности этого взаимодействия в условиях закрученного потока пока исследованы весьма слабо.

С целью изучения данного вопроса были проведены эксперименты на плазматронах, конструкция которых позволяет изменять степень закрутки потока (рис.1). В опытах различная степень закрутки потока достигалась за счет изменения геометрической характеристики вихревой камеры $\theta = \frac{\sum F_{\theta x}}{z_1 z_2}$, представляющей отношение суммарной площади сечения всех тангенциальных отверстий к произведению радиуса канала плазматрона z_1 на средний радиус уровня расположения входных тангенциальных отверстий z_2 .

На рис. 2а приведены $U-I$ характеристики плазматрона (схему см. на рис.1а). Как видно, они являются падающими, и кроме того, существенного влияния степени закрутки в исследованном диапазоне ее изменения на характеристики этого варианта плазматрона не наблюдается. Отметим, что в данном случае тепловые потоки к стенке канала при прочих равных условиях также мало зависят от степени закрутки. Этот экспериментальный факт можно объяснить следующим образом:

во-первых, в плазматроне в условиях подвода к газу больших количеств тепла существенно возрастает осевая составляющая скорости потока, что способствует снижению уровня закрутки; во-вторых, для плазматронов численное значение параметра $x/Re^{0.25}$, x -длина плазматрона в масштабе его радиуса; Re - число Рейнольдса, определенное по диаметру и среднерасходной скорости) находится в пределах 1-2, в этих условиях [1], в достаточно широком диапазоне



Р и с.1. Плазматроны с вихревой стабилизацией электрической дуги:

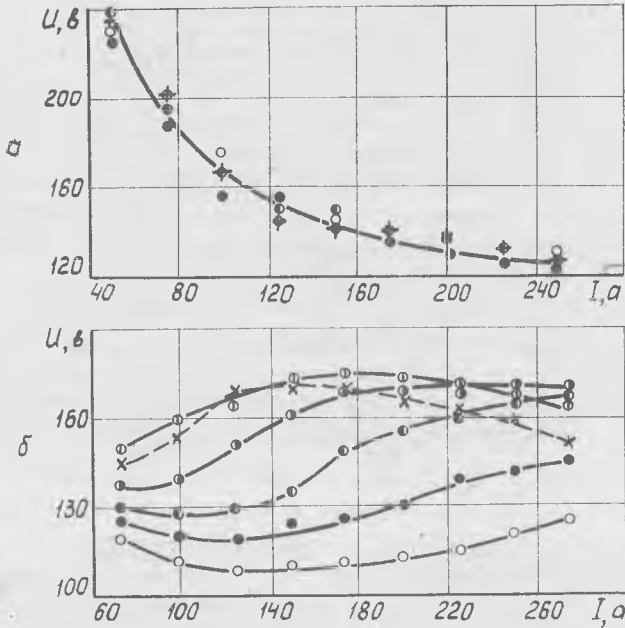
- 1 - катод; 2 - анод; 3 - электрическая дуга;
 4 - завихритель; 5 - тангенциальные отверстия;
 6 - межэлектродная вставка

изменения в центральной области закрученного потока располагается разреженная зона примерно постоянной структуры, создающая идентичные условия для взаимодействия с располагающейся там электрической дугой.

Проведенный анализ показывает, что для интенсификации процессов энергообмена в плазматроне посредством изменения степени закрутки потока необходимо воздействовать на поток таким образом, чтобы интенсивность роста осевой составляющей струи при подводе тепла существенно снизилась. Для этой цели можно воспользоваться условием обращения воздействия на осевую составляющую скорости, имеющей вид [2]

$$(M^2 - 1) \frac{du}{u} = \frac{dF}{F} - \frac{\kappa - 1}{A} \frac{q}{a^2} d\theta,$$

где M - число Маха ;
 F - площадь поперечного сечения канала;
 θ - подводимое тепло.



Р и с.2. Вольт-амперные характеристики исследованных плазматронов при $\sigma = 1,5$ г/сек; d канала = 10 мм, l канала = 100мм:

—○— $\theta_1 = 0,545$; —+— $\theta_2 = 0,42$; —□— $\theta_3 = 0,79$;

—●— $\theta_4 = 1,16$ (а); при $\sigma = 1,5$ г/сек,

$d_{\text{канала}} = 20$ мм, $l_{\text{канала}} = 200$ мм, $d_{\text{сужения}} = 6$ мм,

—○— $\theta_1 = 0,091$; —■— $\theta_2 = 0,272$; —●— $\theta_3 = 0,534$;

—●— $\theta_4 = 1,34$; —□— $\theta_5 = 1,96$; —x— $\theta_6 = 2,62$

Из приведенного уравнения видно, что на скорость можно воз-
 действовать изменением F . Рассмотрим это положение на примере
 схемы канала плазматрона, использованного в экспериментах (рис.1б).

На начальном участке канала I поток всегда дозвуковой $\frac{dF}{F} < 0$;
 $d\theta > 0$. Следовательно, $du > 0$, т.е. поток ускоряется. На участке II

возможны два случая: 1- поток в критическом сечении не достигает скорости звука; здесь в свою очередь возможны два варианта: изменение F превалирует над теплоподводом и тогда $du < 0$, осевая составляющая скорости снижается, вследствие влияния степени закрутки потока на характеристики плазматрона, что подтверждается экспериментально (см. рис. 2б); теплоподвод превалирует над изменением F , и тогда $du > 0$, поток ускоряется, но изменение F оказывает влияние на интенсивность повышения u , что может привести к заметному влиянию закрутки;

2 - поток достигает звуковой скорости в сечении сужения; здесь также возможны два варианта: изменение F превалирует над изменением теплоподвода и тогда $du > 0$ - влияние закрутки слабое; теплоподвод превалирует над изменением F , тогда $du < 0$ - влияние закрутки заметное, однако это влияние должно быть ниже, чем в случае 1.

Таким образом, влияние степени закрутки потока на характеристики плазматрона имеет довольно-таки сложный характер и им в определенных условиях можно пользоваться для обеспечения оптимальных условий работы.

Л и т е р а т у р а

1. А л и м о в Р.З. Турбулентное течение вязкого несжимаемого газа в осесимметричном канале в условиях предварительной закрутки на входе. ИВУЗ, "Авиационная техника", 1971, № 4.

2. А б р а м о в и ч Г.Н. Прикладная газовая динамика. М., "Наука", 1969.

Ю.И. Осипенко

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГИДРОДИНАМИКИ И ТЕПЛОМАССООБМЕНА В ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ С ВИНТОВОЙ ВСТАВКОЙ

Существующие конструкции вихревых теплообменников с тангенциальной подачей теплоносителя, хотя и показывают несколько боль-