

Рис. 4. Зависимость X_0/S от m для различных φ
—○— $\varphi = 0^\circ$ —▲— $\varphi = 56^\circ$ —■— 74°

С увеличением угла закрутки вторичного потока длина начального участка уменьшается.

Л и т е р а т у р а

Г. Волчков Э.П., Синайко Е.И. Измерение концентрации газа на отсеке при локальном вдуве в начальном участке трубы аргона и гелия. ПМТФ, 1970, № 6.

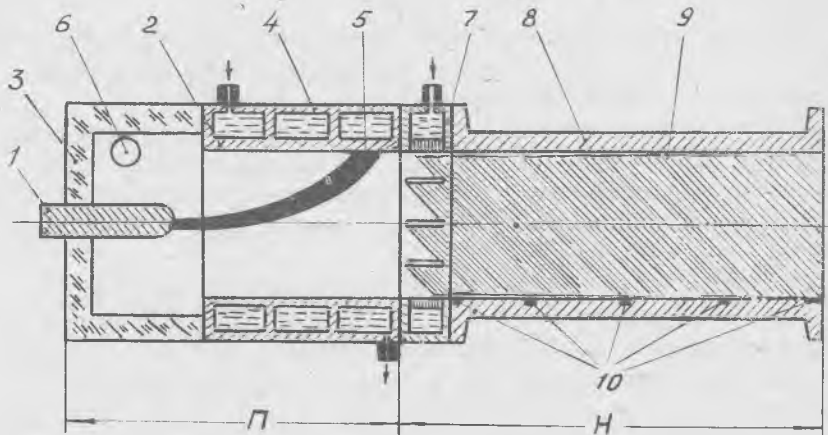
Р.З. Алимов, З.С. Зарифов

ПЛЕНОЧНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ СТЕНОК ТРУБЫ ПРИ ТЕЧЕНИИ ЗАКРУЧЕННОГО ПОТОКА ПЛАЗМЫ

Экспериментальное исследование закономерностей испарительного охлаждения стенок цилиндрической трубы при течении по ней закрученного потока низкотемпературной плазмы проводилось применительно к нейтральному участку Н плазматрона П с вихревой стабилизацией самоустанавливающейся дуги (рис.1). Внутренний диаметр канала d

и длина участков l_n и l_n составляли соответственно 20, 150 и 160 мм. Сила тока I , напряжение U , расход воздуха через плазматрон q и расход охлаждающей жидкости (воды) $q_{жл}$, подаваемой на экспериментальный участок H , изменялись в пределах до 250 А, 220 В, 20 г/сек и 10 г/сек. При этом температура плазменного потока воздуха в отдельных режимах достигала до 3000 К.

Геометрическая характеристика плазматрона A_T , численно представляющая отношение площади поперечного сечения канала к суммарной площади сечения всех тангенциальных входных отверстий и позволяющая в свою очередь судить о степени закрутки потока, составляла 10. Подача охлаждающей жидкости в подавляющей части экспериментов осуществлялась через узкие тангенциальные щели распределительной вставки 7, причем, для создания сплошной пленки на всей внутренней поверхности охлаждаемого участка суммарная длина всех этих щелей, равномерно распределенных по окружности канала, должна быть равной или даже несколько превосходить шаг обтекающей и улекающей эту пленку закрученной струи плазмы (см. рис.1). В исследованном случае шаг струи составлял примерно $0,8 d_0$.



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки

1 - катод; 2 - анод; 3 - изолятор; 4 - охлаждаемый корпус; 5 - электрическая дуга; 6 - тангенциальные отверстия для подачи воздуха; 7 - вставка с тангенциальными щелями для подачи жидкости; 8 - экспериментальный участок; 9 - испаряющаяся пленка; 10 - головки терлопар для измерения температуры на стыке пленка-стенка.

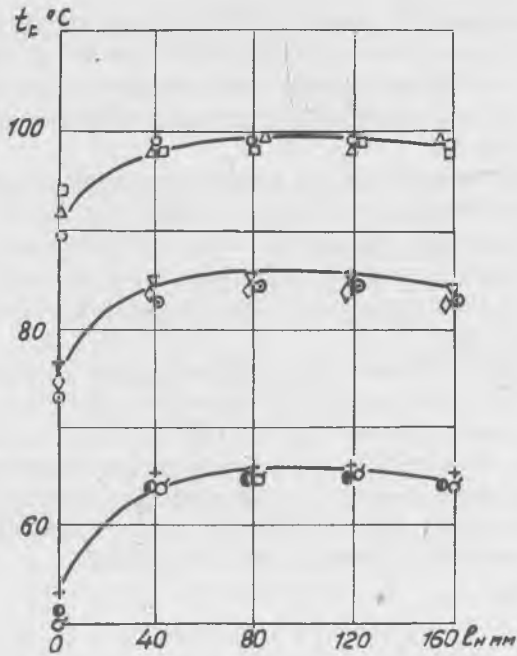
При установившемся режиме, характеризуемом определенными значениями основных параметров процесса (J , U , q_r , $q_{жк}$, $t_{вх}$) и наличием тонкой сплошной пленки на всей внутренней поверхности исследуемого участка, производилось измерение температуры внутренней стенки последнего в различных точках по длине с помощью термопар 10, проложенных в специальных канавках и заделанных заподлицо с поверхностью. На рис.2, в качестве примера, приведены результаты таких замеров для нескольких режимов. Среднемассовая температура нагретого воздуха (плазмы) на входе в экспериментальный участок T_r К, фигурирующая при этих данных, оценивалась расчетом с использованием известных балансовых соотношений.

Анализ полученных данных показывает, что температурный режим защитной, испаряющейся жидкостной пленки в основном определяется температурой обтекающего горячего потока газа. Эти результаты находятся в качественном и удовлетворительном количественном согласии с известными по этой проблеме теоретическими работами и дополняют их новым фактическим материалом, относящимся к области повышенных температур (до $T_r = 3000$ К) [1].

Данные по температурному режиму испаряющейся пленки могут использоваться для оценки количества испарившейся жидкости в закрученных одно- и двухфазных (газожидкостных) потоках [2], [3].

Представляет значительный практический интерес проведение сравнительного анализа эффективности пленочного испарительного охлаждения с обычно применяемым наружным конвективным охлаждением, основанным на прокачке воды через каналы, размещенные в стенке плазматрона.

Специальные эксперименты, проведенные в настоящей работе, а также известные в литературе сведения [4] показывают, что потери тепла в нейтральном канале, расположенном непосредственно за плазматроном, составляют порядка 10% от общей мощности плазматрона. При пленочном испарительном охлаждении такого канала, дополнительно теплоизолированного снаружи, потери тепла через стенку практически сводятся к нулю. Кроме того, при пленочном охлаждении значительно уменьшается расход охладителя, поскольку в этом случае энергоемкость охладителя пропорциональна теплоте испарения (для воды $z = 540$ кал), в то время как при конвективном охлаждении эта характеристика пропорциональна $c_p \Delta t$ (для воды $c_p \Delta t = 80$ кал). При испарительном охлаждении вследствие экранирующего действия



Р и с. 2. Изменение температуры испаряющейся пленки жидкости (воды) по длине экспериментального участка

—○—	$\psi_r = 15$ г/сек;	$\psi_{мс} = 10$ г/сек; $T_r = 2800$ К;
—△—	$\psi_r = 10$ г/сек;	$\psi_{мс} = 6$ г/сек; $T_r = 2800$ К;
—□—	$\psi_r = 5$ г/сек;	$\psi_{мс} = 3$ г/сек; $T_r = 2800$ К;
—○—	$\psi_r = 12$ г/сек;	$\psi_{мс} = 9$ г/сек; $T_r = 1300$ К;
—◇—	$\psi_r = 6$ г/сек;	$\psi_{мс} = 4$ г/сек; $T_r = 1300$ К;
—▽—	$\psi_r = 3$ г/сек;	$\psi_{мс} = 2$ г/сек; $T_r = 1300$ К;
—○—	$\psi_r = 10$ г/сек;	$\psi_{мс} = 8$ г/сек; $T_r = 800$ К;
—●—	$\psi_r = 5$ г/сек;	$\psi_{мс} = 4$ г/сек; $T_r = 800$ К;
—+—	$\psi_r = 2$ г/сек	$\psi_{мс} = 2$ г/сек; $T_r = 800$ К.

пара несколько уменьшается - также тепловой поток от горячего газа к стенке [1]. В результате, как показывают расчеты, проведенные для воды, расход охладителя в случае испарительного охлаждения получается почти на порядок меньше, чем при конвективном охлаждении проточной жидкостью.

Это соотношение сохранится и в реальных условиях, поскольку механический унос (эрозия) жидкости с поверхности пленки вследствие срыва под действием касательных напряжений на границе жидкость - газ в условиях обтекания закрученным потоком и соответственно дополнительного стабилизирующего воздействия центробежных сил практически отсутствует.

Существенным недостатком метода испарительного охлаждения является образование примеси диссоциированных водяных паров в составе плазмы, что в ряде случаев может быть нежелательным. Кроме того, существуют определенные трудности конструктивно-технологического характера в направлении создания и поддержания в течение достаточно продолжительного времени и на значительной поверхности тонких сплошных пленок жидкости с коэффициентом испарения $\kappa_u = \frac{G_{исп}}{G_{исп}} \approx 1$ близким к единице.

Л и т е р а т у р а

1. А л и м о в Р.З. О некоторых закономерностях процесса тепло - и массообмена при испарительном охлаждении сильно нагреваемых поверхностей. ИВУЗ, "Авиационная техника", 1960, № 1.

2. А л и м о в Р.З. Конвективный массоперенос при испарительном охлаждении сильно нагреваемой поверхности закрученным двухфазным потоком. ИЖК, т. XII, 1967, № 5.

3. А л и м о в Р.З., О с и п е н к о Ю.И., Х а н г и л ь д и н Б.В. Течение и тепломассообмен в вихревой трубе при течении турбулентного потока газа в условиях низких давлений. Межвузовский сборник "Тепло - и массообмен в химической технологии", вып. 2, Казань, КХТИ, 1974.

4. Ш а ш к о в А.Г., К р е й ч и Л., К р ы л о в и ч В.И. Теплообмен в электродуговом нагревателе газа. М., "Энергия", 1974.