

ОСОБЕННОСТИ ГОРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ В ПОТОКЕ ГЕЛИЯ

Веремейчик А.И., Сазонов М.И.

Брестский государственный технический университет, г. Брест

For the purpose of reception of the initial data for calculation and designing plasmatron a direct current for heating of the helium, wide experimental researches of intensity of electric field E along an arch burning in a vortical stream of gas are spent. Sizes E were defined by a method of measurement of potentials of the neutral sections isolated from each other. Dependences E on diameter of the channel, a current of an arch and helium expenses are defined. Results of experiments are generalised in критериальной to the form. The obtained data has allowed to calculate volt-ampere of the characteristic and geometrical parameters plasmatron for heating of helium to temperature 4700 K.

Электрическая дуга является безинерционным эффективным высококонцентрированным источником нагрева и широко используется в различных технологических процессах. Для изучения особенностей горения дуги в потоке газа и использования ее для получения различных модификаций углерода проведены исследования энергетических характеристик дуги.

Проблема повышения напряженности электрического поля дуги и снижение больших электрических потерь, определяемых главным образом конвективным теплообменом между газом и стенкой электроразрядной камеры, успешно решается с использованием подачи интенсивного вдува газа в одно из сечений электроразрядной камеры.

Следует отметить, что в электроразрядной камере плазматрона напряженность электрического поля вдоль дуги постоянна на начальном участке канала, на переходном участке она монотонно возрастает, а на участке развитого турбулентного течения величина ее в несколько раз выше, чем на первом. Для двух последних участков следует говорить о «технической» напряженности или напряженности вдоль канала, поскольку на этих участках дуга сильно деформирована в пространстве и нестабильна. Напряжение дуги определяется соотношением названных участков. Поэтому при создании генераторов низкотемпературной плазмы большой интерес представляет выяснение факторов, влияющих на сокращение длины начального участка. Поскольку в секционированном канале можно в любом сечении вводить рабочий газ в электродуговую камеру плазматрона, рассмотрим его влияние на протяженность начального участка.

Эксперименты проводились на плазматроне с межэлектродной вставкой (МЭВ). Распределение напряженности электрического поля дуги приведено на рис. 1. Кривые 2-5 смещены по оси ординат на 10, 20, 30 и 50 В/см соответственно.

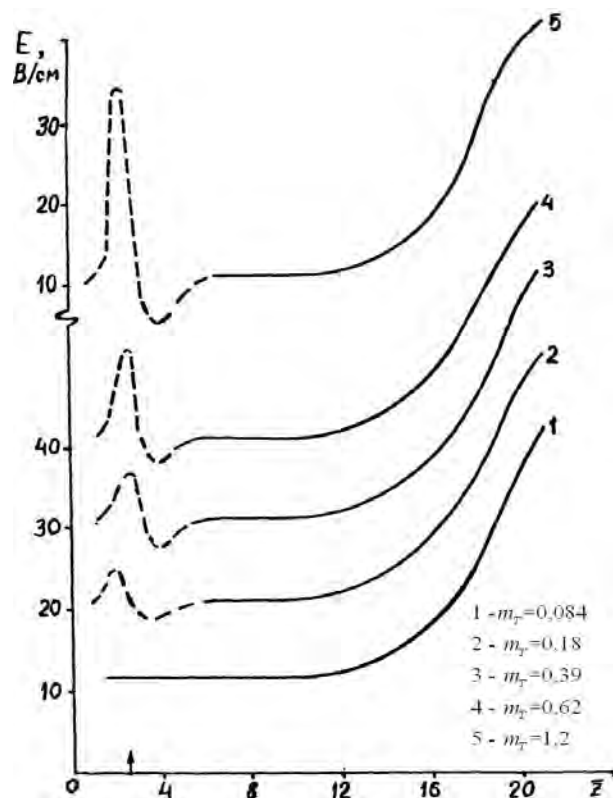


Рис. 1. Распределение напряженности электрического поля дуги вдоль оси канала при спутном вдуве

$$d = 2 \text{ см}, \bar{a} = 21,5, I = 100 \text{ А}, \bar{z}_T = 3,2, G = 30 \text{ г/с}, g_i = 0,5 \text{ г/с}, G_0 + g_T = 15 \text{ г/с}$$

При отсутствии интенсивного вдува напряженность электрического поля до сечения $z = 11-12$ практически постоянна вдоль дуги и равна $E_H = 11,5$ Вт/см. Далее начинается нелинейный рост напряженности (кривая 1). Поскольку полная длина межэлектродной вставки в проведенных экспериментах относительно невелика ($\bar{a} = 21,5$), участок с развитым турбулентным течением газа, где $E = E_T = 41...42$ Вт/см, еще не достигается; лишь в конце канала наблюдается тенденция к выходу кривых напряженности на уровень, характерный для дуги в развитом турбулентном потоке газа. В зоне интенсивного спутного вдува имеет место всплеск напряженности, величина которого растет с увеличением m_T (кривые 2-5). За подъемом следует спад напряженности до величин $5...6$ Вт/см, лежащих ниже уровня E на начальном участке. Далее по потоку наблюдается постепенное возрастание напряженности электрического поля на уровень, характерный для начального участка дуги, при этом кривые 2-5 и 1 практически совпадают.

Влияние интенсивного спутного вдува, организованного в других сечениях начального участка канала ($\bar{z}_T = 10,6$ и $12,6$), на напряженность электрического поля иллюстрируют кривые, приведенные на рис. 2. Для удобства рассмотрения кривые 2 и 3 на этом рисунке смещены по ординате на 10 и 30 Вт/см соответственно. Проведенные эксперименты показывают, что интенсивный вдув, организованный в любом сечении на начальном участке дуги, оказывает такое же воздействие на напряженность электрического поля, как и вдув вблизи от входа в канал (кривые 3 на рис.1 и 2). Интенсивный вдув в конце начального (кривая 2 на рис. 3) или на переходном участке практически не влияет на напряженность

электрического поля дуги.

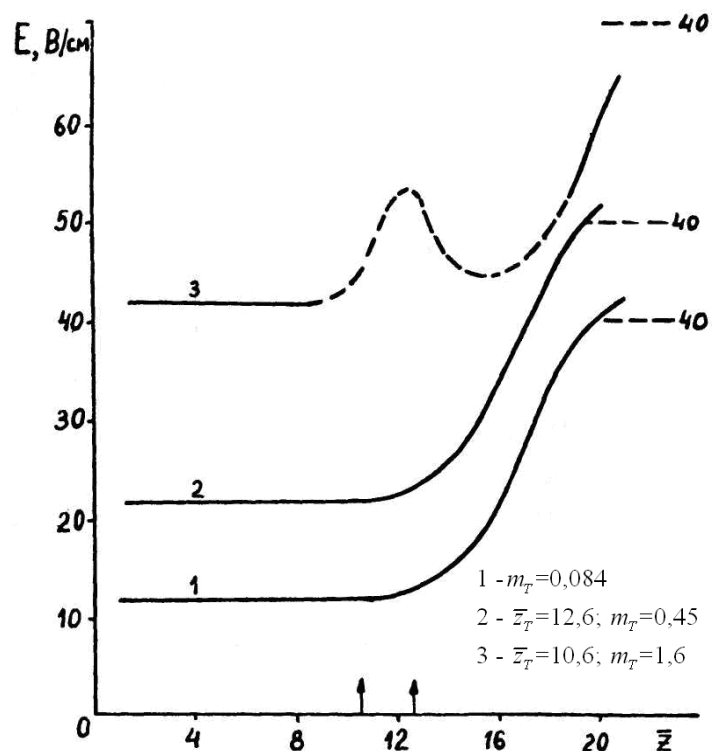


Рис. 2. Распределение напряженности электрического поля вдоль дуги при интенсивном спутном вдуве в различных сечениях канала

$$d = 2 \text{ см}, \bar{a} = 21,5, I = 120 \text{ А}, G = 30 \text{ г/с}, g_i = 0,5 \text{ г/с}, G_0 + g_T = 15 \text{ г/с}$$

Полученные результаты показали, что интенсивный спутный вдув оказывает лишь локальное воздействие на напряженность электрического поля дуги. Связано это, вероятно, со слабым смещением основного и вдуваемого потоков. Если же вводить газ в зазоры между секциями МЭВ [1] под углом 30° к оси плазмотрона, то при подаче газа со спутной закруткой возможно существенное увеличение длины начального участка по сравнению со случаем, когда закрутка не используется. Для интенсификации массообмена двух потоков необходимо осуществлять интенсивный вдув с тангенциальной закруткой, противоположной по отношению к основному потоку.

В случае интенсивного встречного вдува газа в любом сечении на начальном участке дуги наблюдается значительное увеличение напряжения на дуге. Наибольший прирост напряжения и соответственно мощности, вкладываемой в дугу, вызывает встречный вдув с $m_T = 1$ вблизи от входа в канал ($\bar{z}_T = 2,5$).

Рассмотрим влияние встречного вдува на распределение напряженности электрического поля дуги (рис. 3). Для $m_T = m_i$ длина начального участка составляет ≈ 12 калибров ($E_H = 12,5$ Вт/см). С ростом m_T величина $\bar{z}_H \rightarrow \bar{z}_T$ (кривые 2 и 3). Протяженность переходного участка остается примерно постоянной в диапазоне изменения m_T от 0 до 1 и составляет около 8 калибров. За ним следует участок развитого турбулентного сечения с постоянной величиной $E_T = 41 - 42$ Вт/см; длина этого участка возрастает с увеличением m_T до 1. Поскольку напряженность на последнем участке канала характерна для дуги,

горящей в развитом турбулентном потоке, можно заключить, что встречный вдув с $m_T \leq 1$, организованный на начальном участке дуги, приводит к отрыву потока от стенки и более раннему его смыканию на оси канала. При $m_T > 1$ в сечении вдува появляется всплеск напряженности. За всплеском следует спад напряженности; далее она монотонно возрастает и лишь в конце канала приближается к величине E_T . Полное напряжение дуги при $m_T > 1$ также снижается.

Проведенные исследования показали, что напряженность электрического поля дуги определяется не только силой тока, родом, расходом и давлением газа, но и рядом других факторов, характеризующих взаимодействие дуги с внешней средой. Одним из таких факторов является характер течения газа.

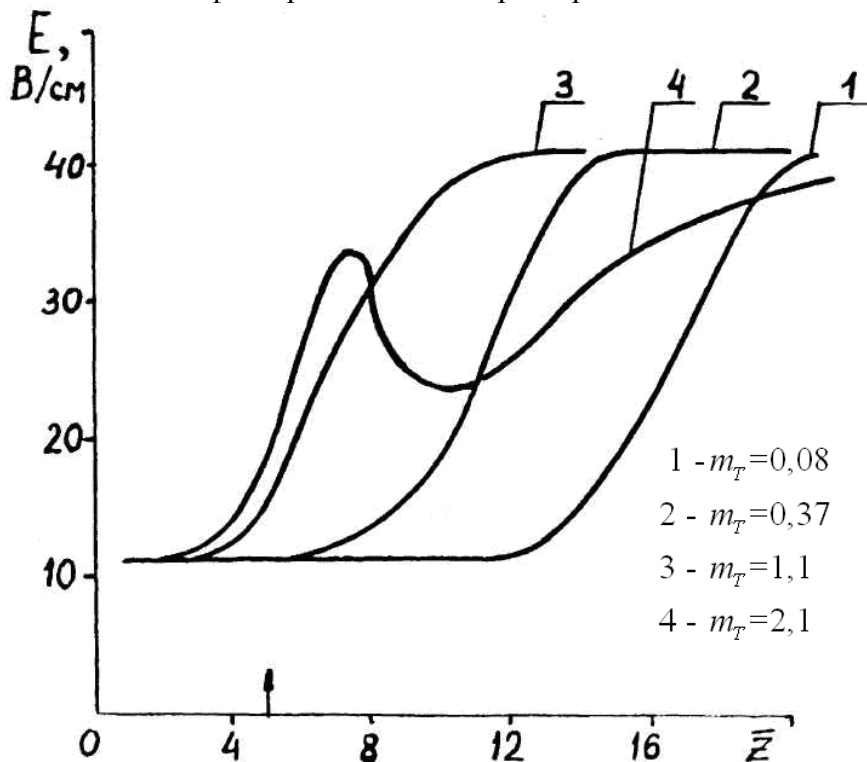


Рис.3. Распределение напряженности электрического поля вдоль дуги при встречном вдуве $d = 2$ см, $\bar{a} = 21,5$, $I = 120$ А, $\bar{z}_T = 5$, $G = 30$ г/с, $g_i = 0,5$ г/с, $G_0 + g_T = 15$ г/с

Таким образом, путем введения реагентов в различных сечениях потока газа, в котором горит дуга, и дополнительной подачи газа со скруткой или встречной закруткой можно реализовать заданное время и интенсивность взаимодействия реагентов и оптимизировать процессы получения углеродных модификаций.

Литература

1. Лукашов В.П., Поздняков Б.А. Некоторые особенности характеристик плазматрона с распределенным вдувом. // Некоторые задачи гидродинамики и теплообмена. – Новосибирск, 1976. – с.231-237.