

УДК 537.523:533.924

**Д.В.Иванов (асп. каф. ЭиЭ), О.Н.Фейгенсон (асп. каф. ЭиЭ), С.Г.Зверев (асп. каф. ЭиЭ),
М.В.Артеменко (6 курс, каф. ЭиЭ), С.В.Дресвин, д.т.н., проф.**

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ В ВЧИ-ПЛАЗМОТРОНЕ ДЛЯ СФЕРОИДИЗАЦИИ ПОРОШКОВ

ВЧИ-плазмотроны находят широкое применение в различных технологических процессах. Сфероидизация порошков – одна из наиболее широко используемых технологий с использованием ВЧИ-плазмотронов. Мелкодисперсный порошок после плазменной обработки приобретает сферическую форму и может использоваться в ТЭНах, в светоотражающих красках для разметки дорог и др.

Основными параметрами, влияющими на данный технологический процесс, являются температура, энтальпия и скорость плазмы. Факторами, влияющими на эти параметры, являются род плазмообразующего газа, геометрия плазмотрона, расход газа, выделяемая мощность и частота тока индуктора. Экспериментальное определение параметров плазмы и влияния на них указанных факторов является трудоемкой задачей. Поэтому весьма привлекательным представляется решить эту задачу расчетным путем.

Математическое моделирование является эффективным методом исследования ВЧИ-плазмотронов; оно позволяет объяснить экспериментальные факты, получить новую информацию об объекте (ВЧИ-плазме) и найти оптимальный режим работы ВЧИ-плазмотрона. История развития и современное состояние методов математического моделирования ВЧИ-плазмотронов описаны в работах [1, 2].

В данной работе проведен расчет параметров плазмы в ВЧИ-плазмотроне, используемом для сфероидизации мелкодисперсных порошков. Расчет основан на модели ламинарной плазмы, находящейся в состоянии локального термодинамического равновесия.

Рабочие параметры плазмотрона: частота 5.28 МГц, мощность в плазме 20...30 кВт, внутренний диаметр плазмотрона 54 мм, длина разрядной камеры 220 мм, рабочий газ – воздух с расходом $G=30...60$ л/мин. Зажигание плазмотрона производится на аргоне.

Было рассчитано два варианта: с аргоном в качестве плазмообразующего газа и с воздухом. Мощность, выделяемая в плазме, и расход плазмообразующего газа в обоих случаях поддерживались постоянными: 20 кВт и 60 л/мин, соответственно. Свойства аргоновой и воздушной плазмы были взяты из работы [3].

Совместное решение двухмерного уравнения баланса энергии, уравнения движения, уравнения неразрывности и уравнений электромагнитной задачи было проведено с помощью алгоритма SIMPLER, который был разработан Патанкарком [4].

Получены распределения следующих параметров плазмы: температуры T , составляющих скорости V_z , V_r , функции потока, а также электромагнитных величин: плотности тока j , удельной выделяемой мощности P и др.

Распределения температуры и функции потока для двух рассчитанных случаев показаны на рис. 1 и 2.

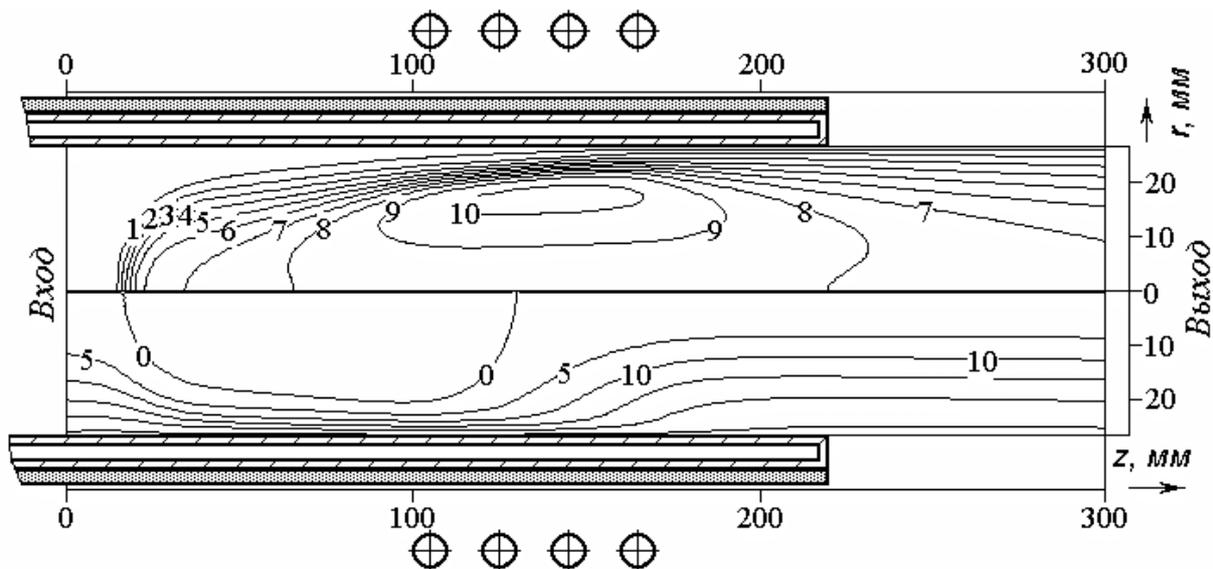


Рис. 1. Распределения температуры T в тыс. К (верхняя половина) и функции потока ψ в 10^{-5} кг/с (нижняя половина) в случае аргоновой плазмы

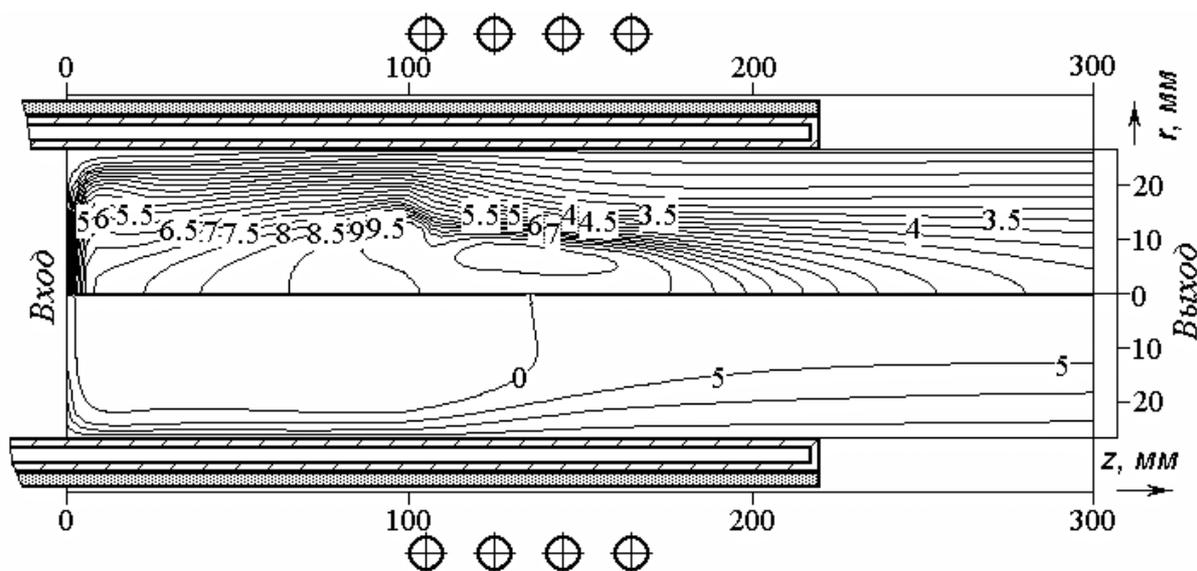


Рис. 2. Распределения температуры T в тыс. К (верхняя половина) и функции потока ψ в 10^{-5} кг/с (нижняя половина) в случае воздушной плазмы

Из-за лобового вихря холодный газ на входе плазмотрона движется вдоль стенки плазмотрона, и воздух из-за своей более высокой теплоемкости нагревается медленнее, чем аргон. В результате максимум температуры в воздушной плазме расположен ближе к оси плазмотрона, чем в аргоновой, и вообще можно сказать, что диаметр плазмоида в случае воздушной плазмы меньше, чем в случае аргоновой. Это видно при сравнении рис. 1 и 2.

Следствием этого является то, что вносимое в индуктор сопротивление воздушной плазмы меньше, чем аргоновой (чтобы поддерживать 20 кВт мощности в плазме, необходимо, чтобы через индуктор протекал ток 133 А в случае аргоновой плазмы и 188 А в случае

воздушной).

Полученные результаты могут быть использованы при математическом моделировании движения и нагрева мелкодисперсных сферических частиц в плазменной струе и выборе наилучшего режима сфероидизации порошка.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дресвин С. В. Основы теории и расчета высокочастотных плазмотронов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 312 с.
2. Mostaghimi J. and Boulos M. Mathematical Modeling of the Inductively Coupled Plasmas // Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry / Ed. A. Montaser and D. W. Golightly. – 2nd ed. – VCH, New York, 1992. – p. 949-984.
3. Теория столба электрической дуги / В. С. Энгельшт, В. Ц. Гурович, Г. А. Десятков и др. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 376 с. (Низкотемпературная плазма. Т. 1).
4. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984.