

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ МЕЛКОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

М.А. Кузнецов, А.В. Крюков, С.А. Солодский

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, Россия.

E-mail: kuznechik_85@mail.ru

Аннотация: В работе рассмотрено моделирование процесса, получения порошков микро- и наноразмерного диапазона. По результатам моделирование было спроектировано и разработано сопло плазматрона, реализующего процесс генерации капель микро- и наноразмерного диапазона.

Abstract: The paper considers the modeling of the process of obtaining powders of the micro- and nanoscale range. Based on the simulation results, a plasma torch nozzle was designed and developed that implements the micro- and nanoscale droplet generation process.

Ключевые слова: моделирование, сопло плазматрона, порошки микро- и наноразмерного диапазона.

Key words: modeling, plasmatron nozzle, micro- and nanoscale powders.

Для разработки конструкции исполнительного оборудования, реализующего процесс генерации капель микро- и нанодиапазона было произведено моделирование процесса получения мелко-размерных частиц с использованием плазменного распыления [1,2]. Одной из главных задач является рассмотрение процесса формирования плазменной струи и течения электродуговой плазмы [3,4].

Для работы плазматрона весьма важны геометрические размеры газового канала, в котором образуется плазма. С целью оптимизации геометрии сопла, и параметров режима плазматрона было проведено моделирование процесса работы плазматрона. Расчётная область задачи представляет собой газовый канал проектируемого плазматрона. Рассматривались различные значения входного, выходного диаметров сверхзвукового сопла, его длина.

Постановка задачи:

При формулировке были установлены следующие допущения:

- поток газа является ламинарным;
- действие силы тяжести не учитывается;
- рассматривается осесимметричная задача;
- термодинамические и транспортные свойства газа зависят от температуры.

Рассматриваемая модель описывается следующими основными уравнениями:

Система уравнений Максвелла:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{J} = \left(\sigma + \varepsilon \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \right) \bar{E}; \\ \bar{E} = -\nabla V; \\ \sigma \frac{\partial \bar{A}}{\partial t} + \nabla \times \bar{H} = \bar{J}; \\ \bar{B} = \nabla \times \bar{A}, \end{array} \right.$$

где V - электрический потенциал; J - плотность тока; E - напряжённость электрического поля; B - вектор магнитной индукции; H - вектор магнитной напряжённости, σ - электропроводность; μ - относительная магнитная проницаемость; ε - относительная диэлектрическая проницаемость.

Уравнение баланса энергии:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_p \bar{u} \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q;$$

$$Q = E \cdot J + Q_{rad},$$

где ρ - плотность; C_p - теплоёмкость; k - теплопроводность; EJ - Джоулев нагрев; Q_{rad} - потери на радиацию.

Уравнение движения:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho(u \cdot \nabla)u = \nabla \cdot \left[-pI + \mu(\nabla u + (\nabla u)^T) \right] + F;$$

$$F = \frac{1}{2} \operatorname{Re}(J \times B^*)$$

где F - сила лоренца; u - поле скоростей; p - давление; T - температура; μ - динамическая вязкость; ρ - плотность.

Уравнение непрерывности:

$$\rho \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \nabla(\rho \bar{u}) = 0$$

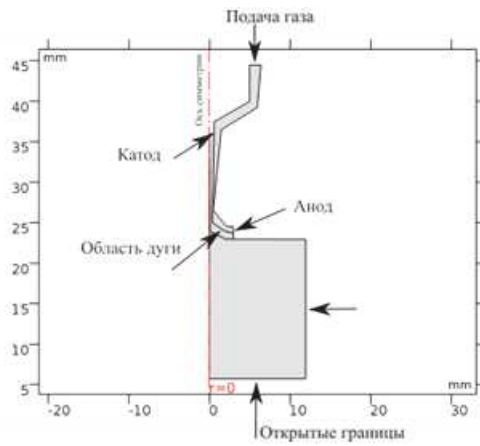


Рис. 1. Расчетная область

параметров. Рассматривались значения скорости газа в критическом сечении реактивного сопла и распределение температуры.

Для работы плазматрона весьма важны геометрические размеры газового канала, в котором образуется плазма. С целью оптимизации геометрии сопла, и параметров режима плазматрона было проведено моделирование процесса работы плазматрона. Расчётная область задачи представляет собой газовый канал проектируемого плазматрона и представлена на рисунке 1. Рассматривались различные значения входного, выходного диаметров сверхзвукового сопла, его длина.

Входными параметрами для моделирования были выбраны: расход газа, л/мин (10-40), ток, А (100-200), диаметр, мм (1,5-4), длина сопла, мм (10-30), диаметр на входе, мм (3-10)

На рисунке 2 представлены результаты моделирования для некоторых значений варьируемых

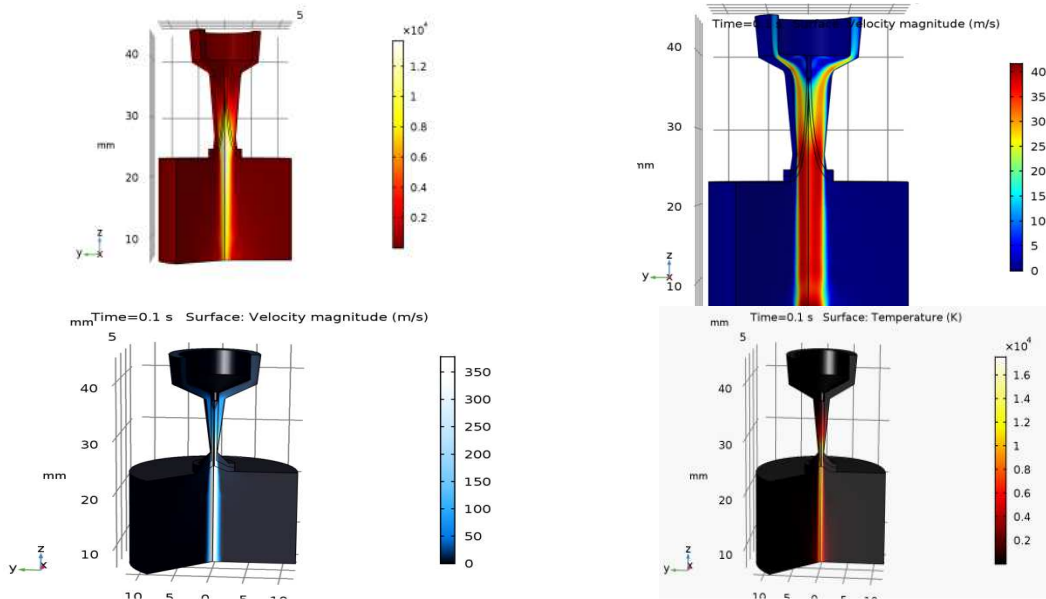


Рис. 2. Распределение скоростей и температур в плазмообразующем канале

По результатам моделирования было спроектировано и разработано сопло плазмотрона, представленное на рисунке 3.

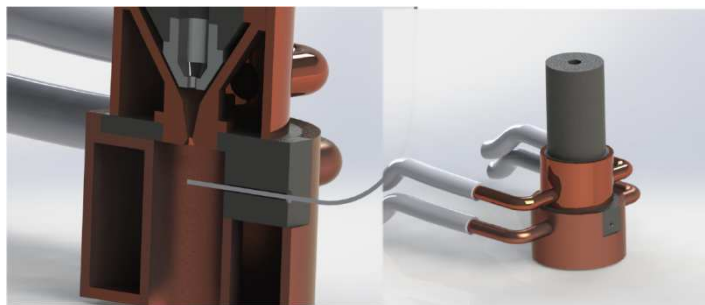


Рис. 3. Сопло плазмотрона

Выводы

Смоделирован процесс течения плазмы, разработана и спроектирована конструкция исполнительного оборудования, реализующая исследуемый процесс генерации капель микро- и наноразмерного диапазона. Изготовлено сопло плазмотрона формирующее необходимые направления плазменных потоков для образования на поверхности капли жидкого металла микронеровностей под действием исследуемых неустойчивостей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10035)

Список используемых источников:

1. Peng J., Yang L. Mathematical model on characteristics of V groove molten pool during MIG welding. CIESC J. 2016; 67 (S1): 117-126.
2. Bilenko G.A., Khaibrakhmanov R.U., Korobov Y.S. Computer Simulation in Developing the Technology of Welding High-Tensile Steel Sheets. Metallurgist. 2017; 61: 265-270.
3. Kumar N., Bandyopadhyay A. Simulation of the effects of input parameters on weld quality in laser transmission welding (LTW) using a combined response surface methodology (RSM)-finite element method (FEM) approach. Lasers Eng. 2017; 36: 225-243.
4. Chinakhov D.A., Vorobjev A.V., Tomchik A.A. Simulation of active shielding gas impact on heat distribution in the weld zone. Mater. Sci. Forum. 2013; 762: 717-721.

СПОСОБЫ ВЛИЯНИЯ НА СВОЙСТВА И ГЕОМЕТРИЮ СВАРНОГО ШВА ПРИ СВАРКЕ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

*Д.А. Чинахов, к.т.н., доцент, Е.Г. Григорьева^а ст.преподаватель,
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, Тел: 8 (384-51) 7-77-63,*

^аE-mail: Sedasch@tpu.ru

Аннотация: Сварка в защитных газах является одним из наиболее распространенных способов сварки плавлением, применяемых в промышленности. Управление свойствами и геометрией шва играют важнейшую роль в оценке эффективности процесса сварки, так как определяют работоспособность металлоконструкции. В данной работе произведен обзор современных методик повышения качества сварки в защитных газах. В результате проведенных исследований установлено, что динамическое воздействие струи защитного газа оказывает существенное влияние на формирование сварного шва.

Abstract: Shielded gas welding is one of the most common fusion welding methods used in industry. The management of the properties and geometry of the weld play a crucial role in assessing the effectiveness of the welding process, as they determine the performance of the metal structure. In this paper, we review modern methods for improving the quality of welding in shielding gases. As a result of the studies, it was found that the dynamic effect of the protective gas jet has a significant effect on the formation of the weld.

Ключевые слова: сварка, эффективность, свойство, микроструктура, шов, капля металла, газ.