моделирование течения плазмообразующего газа в канале плазмотрона переменного тока

Рахимов Р.Р., Исрафилов И.Х., Саубанов Р.Р.

*Набережночелнинский институт КФУ,* [*rafisih88@mail.ru*](mailto:rafisih88@mail.ru)

Введение

Широкое применение в машиностроении для технологических целей находит устройство, основанное на использование концентрированных потоков энергии, аналогичные плазмотрону, лазеру и электронному лучу. В качестве источника энергии использованы как постоянные, так и переменные источники питания. Большинство применяемых плазмотронов в промышленности в настоящее время работают на постоянном токе. Эта ситуация обусловлена тем фактором, что дуга постоянного тока горит более устойчиво и ее легче контролировать по сравнению с дугой переменного тока. В плазмотронах постоянного тока ресурс катода обычно в несколько раз ниже ресурса анода. В плазмотронах переменного тока за счет того, что катод и анод меняются местами с частотой сети ресурс электрода примерно вдвое выше [1].

Исследование устройства и работы экспериментальной установки

Патентный обзор последних разработок в области трехфазных плазмотронов переменного тока и новых способах термообработки поверхности металлов показало необходимость разработки и внедрения технических устройств генерации плазмы в импульсном режиме термообработки, их усовершенствования и дальнейшей его автоматизации в технологическом процессе.

Недостатками существующих генераторов плазмы является: невозможность работы без инжектора (плазмотрона) ионизирующий пространство между электродами, представляющий собой весьма дорогостоящую и сложную конструкцию поджига дуги, сложность конструкции и повышенные массогабаритные параметры, сложность коммутационной аппаратуры источника питания, неэффективное охлаждение элементов конструкции, соответственно малый ресурс работы электродов, низкий коэффициент полезного действия, невозможность применить данное устройство для поверхностной термообработки технических изделий (из-за перегрева обрабатываемой поверхности и деформации всего изделия), использование сложных элементов конструкции (корпуса и сопла плазмотрона). Также данные устройства имеют повышенное энергопотребление (напряжение от 2 до 10 кВ., в конкретном модели, 6 кВ) [1, 3].

**Разработка опытно-экспериментального устройства на основе плазмотрона переменного тока**

Разработано опытно-экспериментальное устройство генерации плазмы в импульсном режиме для комбинированной работы при прецизионной лазерной термообработки, представляющий собой элементы конструкции плазмотрона с тремя электродами (рис 1).

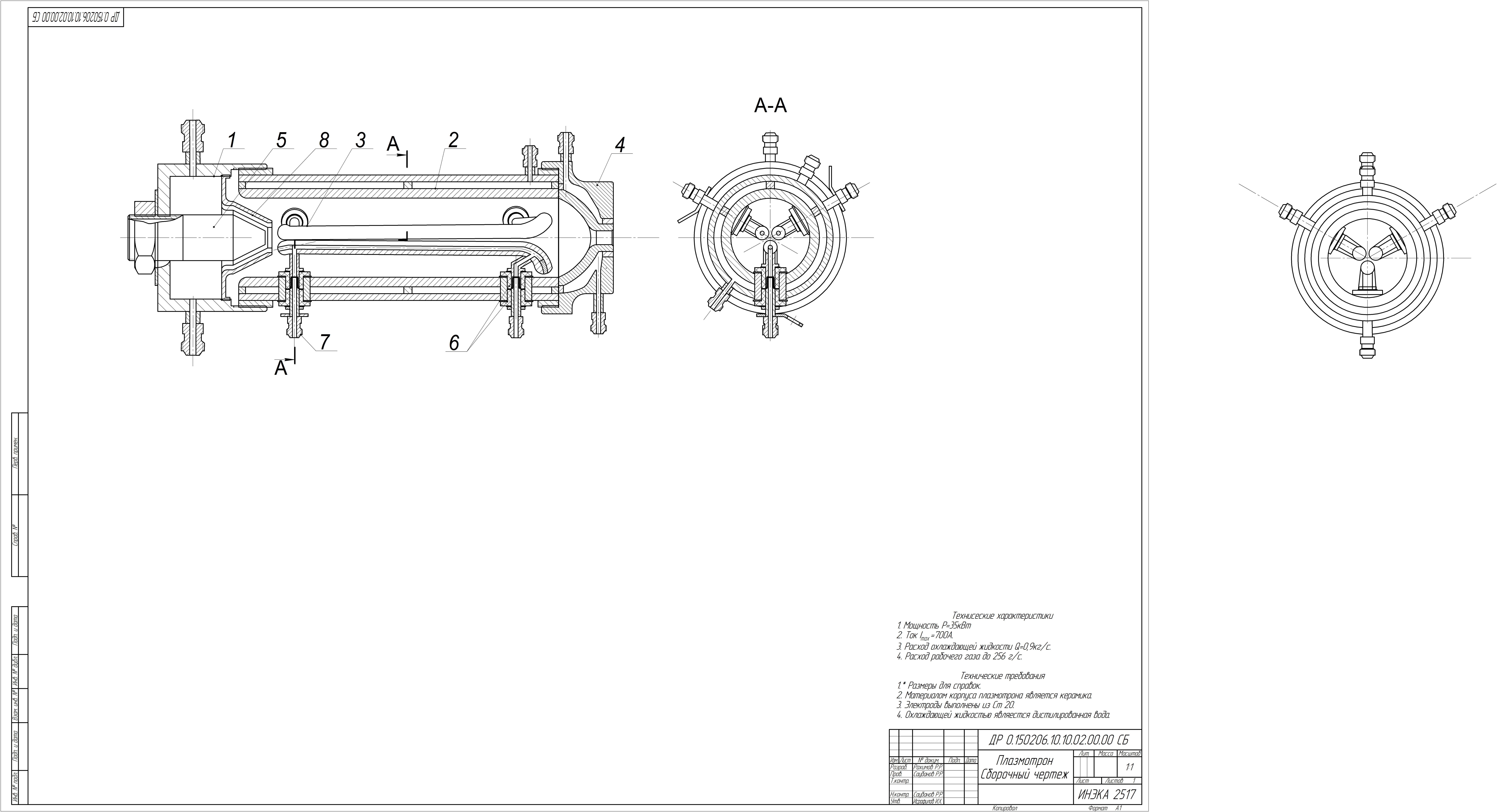


Рис. 1. Чертеж импульсного плазмотрона переменного тока

Конструкция включает в себя блок предварительной подготовки рабочего газа 1 с соплом винтовой формы переменного сечения, с перфорированной юбкой 8 , разрядную камеру2, в котором закреплены три электрода 3, водоохлаждаемое сопло 4, вспомогательный импульсный источник старта дуги 5, керамические втулки изоляторы 6, штуцера 7 для подводов охлаждающей воды и плазмообразующего газа. Электроды плазмотрона 3 образуют воронкообразную трех лучевую форму и располагаются под углом 2о к оси плазмотрона. Расположение электродов под углом относительно друг друга объясняется необходимостью увеличения стабилизации тока дуги, что позволяет устранить эффект лавинообразного пробоя (короткое замыкание внутри плазмотрона) и тепловых характеристик плазмотрона, что подтверждено экспериментальными исследованиями. Время между пробоями на стартовых электродах, есть время импульса суммарной энергии работы плазмотрона за единицу времени, то есть плазматрон работает в импульсном режиме. Для материала электродов подобрана трубка из меди с диаметром 10 мм. На конце плазмотрона находится водоохлаждаемое формообразующее сопло специальной формы выхода плазмы. Корпус плазматрона выполнен в виде цилиндра с рубашкой охлаждения, кроме этого цилиндрическая форма корпуса между соплом и блоком подготовки рабочего газа образует канал ускорения плазмы [5].

Таким образом, разработано компактное устройство импульсного генератора плазмы на переменном токе, которое позволит осуществлять технологические операции по очистке поверхностей изделий от оксидов и органических загрязнений, с последующим газотермическим упрочнением (с глубоким внедрением и поверхностным нанесением различных элементов (металлов или газов) плазменной струей в импульсном режиме без объемного нагрева и деформации), что позволит увеличить приповерхностную твердость материала, улучшить его абразивную стойкость, снизить трение, обеспечить технологичность устройства и простоту изготовления элементов конструкции, минимизировать массогабаритные параметры устройства, уменьшить его энергоемкость, обеспечить простоту и надежность коммутационной аппаратуры и мобильности всей установки, обеспечивает относительно низкую себестоимость готовой продукции, повысить технологичность и расширит область использования генераторов плазмы на переменном токе в промышленности. [3]

Блок предварительной подготовки рабочего газа на входе к разрядному блоку имеет сопло винтовой формы, для создания вихревого потока плазмообразующего газа. Таким образом, образующий внутренний канал с переменным сечением, направляющий поток непосредственно к поверхности электродов, при этом юбка сопла выполнено перфорированным, благодаря чему создается дополнительная закрутка газа вокруг стенки разрядной камеры, тем самым уменьшается тепловая нагрузка на стенки канала и увеличивается тепловой КПД. Для определения влияния устройства завихрения на характер течения плазмообразующего газа, с помощью программного пакета STAR-CCM+ смоделировали экспериментальную установку. Трехмерная модель течения плазмообразующего газа в плазмотроне переменного тока приведена на рис. 3.

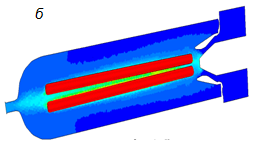
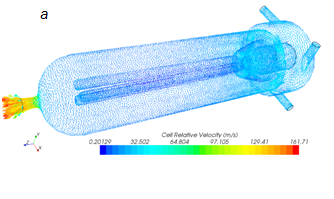


Рис. 3. Трехмерная модель течения плазмообразующего газа в плазмотроне переменного тока

Особая конструкция блока предварительной подготовки рабочего газа основной поток газа направляется непосредственно на поверхность электродов. Это в свою очередь способствует не только увеличению КПД плазмотрона, но и ресурса работы, которая является основным недостатком многих существующих устройств. При подаче устойчивого ламинарного течения в камере смешения формируется устойчивая выходная струя с пульсациями. Если эти колебания мощности нежелательны, то для их устранения или уменьшения необходимо вводить успокоительную камеру [2, 4].

Заключение

Ценностью данного устройства является: технологичность и энергоэффективность данного типа конструкции, применение переменного тока без преобразователей. Конструкция плазмотрона позволяет контролировать и стабилизи стабилизировать дугу, т.е. получить устойчивый плазменный поток на расстоянии от сопла до обрабатываемого изделия в диапазоне от 10 до 200 мм. Увеличивается ширина дорожки (площадь обработки) за счет расстояния между обрабатываемой поверхностью и соплом и тепловой мощности плазмотрона. Предусмотрена возможность увеличения мощности за счет изменения скважности, что позволяет получить максимальную глубину в зоне термообработки, при этом тепловложение на единицу площади остается примерно постоянным. Использование такого способа подачи плазмообразующего газа увеличивает температуру плазмы, так как основной объем газа контактирует с раскаленной поверхностью электродов и соответственно с самой дугой. Также при данном методе уменьшается тепловая нагрузка на внутренние стенки корпуса плазмотрона, что в свою очередь приводит к увеличению ресурса работы. Также повышается износостойкость плазмотрона за счет принудительного охлаждения водой (температура воды на сливе не более 40°С) за счет чередования поверхностей для съема электронов снижающих тепловую нагрузку на электроды. Вследствие перемещения плазмотрона относительного обрабатываемого изделия происходит обработка поверхности изделия в импульсном режиме. В данном плазмотроне за счет выбранной конструкции разрядной камеры достигается расширение диапазона применения плазмотрона, увеличение КПД, а также появляется возможность применять практичные материалы, не сложность конструкции.

**литература**

1. *Плазмотроны: конструкции, характеристики, расчет* / А.С. Коротеев, В.М.Миронов, Ю.С.Свирчук. М.: Машиностроение, 1993. -296с.
2. Способ измерения информативного параметра на основе оптико-физических методов исследований / Р.Р. Саубанов, Р. М. Алеев, В. В. Звездин, Р. М. Галиев, Р. Р. Рахимов // Научно-практический журнал *«Интеллектуальные системы в производстве»* **№ 1** (17) ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет», 2011.
3. Высокоресурсный электродуговой плазмотрон переменного тока. / Руз.Р. Саубанов, Р.Р, Рахимов., Русл. Р. Саубанов // *Камские чтения: 3-я межрегиональная научно-практическая конференция*: сборник материалов в 3-х ч.- Набережные Челны: Изд-во ИНЭКА, 2011.-**Ч.3**. - С. 138-141.
4. Стабилизация режимов плазменного технологического комплекса при азотировании деталей / Р.Р. Саубанов, В.В. Звездин, Р.Р. Рахимов // *Межрегиональная научно-практическая конференция «Камские чтения» 2-я: сборник материалов*, **часть 3**-Наб. Челны: Изд-во ИНЭКА, 2010.- С. 170-173.
5. Полезная модель №128953, Россия, МПК Н05Н1/24; Заявлено 12.11.2012; Опубл. 10.06.2013; Приоритет 12.11.2013 г. Бюл. №16 - U1. Устройство импульсного генератора плазмы на переменном токе. Авторы: Саубанов Р.Р., Звездин В.В., Рахимов Р.Р., Саубанов Русл.Р.;.