

Изобретение относится к электротехнике, в частности к электродуговым плазмотронам, и может быть использовано в различных областях промышленности для нагрева газообразных, твердых и жидких веществ до высоких температур,

Известен электродуговой плазмотрон, содержащий соосно и последовательно установленные катодный и анодный узлы и межэлектродную вставку, выполненную в виде снабженного патрубком ввода газа кожуха, в котором коаксиально и с зазором установлен полый цилиндр, внутренняя полость которого соединена с упомянутым зазором тангенциальными отверстиями [1]. С целью повышения КПД плазмотрона путем создания в полости межэлектродной вставки сплошного газового вихря, межэлектродная вставка выполнена в виде двух запрессованных друг в друга цилиндров, каналы охлаждения расположены по поверхности разреза цилиндров, выполнены винтовыми и объединены со стороны анодной части вставки кольцевым пазом. Патрубки ввода и вывода охлаждающей среды расположены со стороны катодной части вставки, тангенциальные отверстия размещены между витками каналов и смещены в каждой поперечной плоскости относительно соседней соответственно форме каналов охлаждения.

Несмотря на это усовершенствование, область использования этого плазмотрона и ресурс работы несколько ограничен.

Наиболее близким к предлагаемому решению по технической сущности и достигаемому результату является электродуговой плазмотрон для проведения плазмохимических процессов, содержащий соосно установленные катодный узел с полым медным электродом, анодный узел, выполненный в виде водоохлаждаемого корпуса, снабженного щелевым коллектором, и установленного внутри него цилиндрического полого сопла-анода, снабженного кольцевым коллектором, металлическую межэлектродную вставку, выполненную в виде водоохлаждаемого полого цилиндра, снабженного соединительным коллектором для подачи плазмообразующего газа, соединенным с внутренней полостью вставки сквозными тангенциальными к внутренней стенке вставки отверстиями, и изолятор, охватывающий с зазором вставку [2]. С целью расширения области использования плазмотрона (для подогрева металла в ковше, очистки металла от примесей и введения в жидкий металл различных легирующих добавок), повышения ресурса его работы и КПД, во вставке в зоне каждого из тангенциальных отверстий выполнено не менее двух дополнительных отверстий, одно из которых выполнено направленным радиально, а остальные - тангенциально и все тангенциальные отверстия расположены под углом к оси вставки. При этом сопло-анод выполнено выступающим из корпуса, а в стенке сопла-анода по всей его длине выполнены сквозные тангенциальные отверстия, расположенные геликоидально и под углом к оси сопла-анода и соединенные индивидуальными каналами, выполненными в корпусе анода, с введенными патрубками подачи перерабатываемого сырья.

К недостаткам известного плазмотрона по прототипу следует отнести:

- сравнительно низкий ресурс работы термохимического катода, который при работе на кислородосодержащих газах при токе 150 - 250А не превышает 4 - 16 часов. Применение защитного аргона или азота высокой частоты для увеличения ресурса работы не всегда возможно реализовать в условиях действующих промышленных предприятий,

- недостаточная надежность анодного узла в месте соединения сопла-анода и корпус, которое обеспечивается путем сварки (пайки) разнородных материалов (медь и сталь).

Высокие теплонапряжения, возникающие в аноде, особенно при контакте его с жидким расплавом при температуре 1000 - 2000°C, приводят к разрушению шва и преждевременному выходу плазмотрона из строя.

В основу изобретения поставлена задача создания электродугового плазмотрона, в котором за счет того, что корпус выполнен из диэлектрика, полый медный электрод снабжен резьбой на наружной поверхности и расположен внутри водоохлаждаемого соленоида, а площадь канала выходного сопла подбирается в зависимости от площади тангенциальных каналов, обеспечивается повышение в 20 раз ресурса работы при значительном повышении прорезающей способности плазменной струи и расширении диапазона применения электродугового плазмотрона в различных областях промышленности.

Поставленная задача решается тем, что в электродуговом плазмотроне, содержащем корпус с установленными в нем полым медным электродом, втулкой-завихрителем с тангенциальными каналами и полым выходным соплом с изоляционной прокладкой у рабочего торца и балластным сопротивлением, заключенным между стенками сопла, корпус выполнен из диэлектрика, полый электрод снабжен резьбой на наружной поверхности и расположен внутри водоохлаждаемого соленоида, при этом площадь канала выходного сопла выполнена равной 3,5 - 6 суммарным площадям тангенциальных каналов, а площадь сечения каждого из тангенциальных каналов выполнена равной 0,5мм<sup>2</sup> для начального тока дуги до 100А и увеличивается на 0,2 - 0,4мм с увеличением тока дуги на 100А.

Таким образом, заявляемый плазмотрон отличается от известного плазмотрона по прототипу тем, что в нем:

- корпус выполнен из диэлектрика,
- полый медный электрод снабжен резьбой на наружной поверхности,
- медный электрод расположен внутри водоохлаждаемого соленоида,
- площадь канала выходного сопла выполнена равной 3,5 - 6 суммарным площадям

тангенциальных каналов,

- площадь сечения каждого тангенциального канала выполнена равной  $0,5\text{мм}^2$  для начального тока дуги до  $100\text{А}$ ,
- площадь сечения каждого тангенциального канала увеличивается на  $0,2 - 0,4\text{мм}^2$  с увеличением тока дуги на  $100\text{А}$ .

Наличие отличительных признаков позволяет сделать вывод о соответствии технического решения критерию "новизна".

Между совокупностью существенных признаков заявляемого изобретения и достигаемым техническим результатом имеется причинно-следственная связь, заключающаяся в следующем:

- выполнение корпуса электродугового плазмотрона из диэлектрика и расположение медного электрода внутри водоохлаждаемого соленоида обеспечивают увеличение ресурса работы плазмотрона,

- снабжение электродугового плазмотрона водоохлаждаемым соленоидом обеспечивает упрощение конструкции плазмотрона, а также увеличение ресурса его работы,

- выполнение площади сечения тангенциального канала равной  $0,5\text{мм}^2$  для начального тока дуги до  $100\text{А}$  и дальнейшее ее увеличение на арифметическую константу  $0,2 - 0,4\text{мм}^2$  на каждое последующее увеличение тока дуги на  $100\text{А}$ , а также выполнение площади канала выходного сопла, равной  $3,5 - 6$  суммарным площадям тангенциальных каналов, обеспечивает стабильность горения дугового разряда, увеличение прорезающей способности и расширение области применения, что обеспечивает увеличение ресурса работы и КПД плазмотрона.

Анализ существенных и отличительных признаков заявляемого технического решения позволяет сделать вывод о том, что, вследствие наличия творческого шага в его разработке, оно явным образом не следует для специалиста в области плазменной техники и технологии, что позволяет сделать вывод о соответствии его критерию "изобретательский уровень".

Для пояснения технической сущности и работы предлагаемого электродугового плазмотрона прилагаются чертежи, на которых изображены; фиг.1 - общий вид электродугового плазмотрона косвенного действия с газовихревой стабилизацией и фиксацией средней длины дуги; на фиг.2 - малогабаритный полый электрод; на фиг.3 - втулка-завихритель.

Электродуговой плазмотрон состоит из корпуса 1, выполненного из диэлектрика, внутри которого расположен малогабаритный медный полый электрод 2, на наружной поверхности которого выполнена резьба 3. Полый электрод 2 размещен внутри водоохлаждаемого соленоида 4, который электрически соединяет токопровод 5 с клеммой-коллектором 6. Между клеммой-коллектором 6 и втулкой-завихрителем 7 размещена изолирующая шайба 3. Во втулке-завихрителе 7 выполнены четыре тангенциальных к внутренней поверхности втулки 7 отверстий канала 9, каждое площадью  $S_1$ , определяемой из условия  $S_k = S_m + nK$ , где  $S_m$  - площадь тангенциального канала, равная  $0,5\text{мм}^2$  для начального тока дуги в  $100\text{А}$ ,  $n$  - число раз, кратное  $100$ ,  $K$  - константа арифметической пропорциональности, принимающей значение  $0,2 - 0,4\text{мм}^2$ .

Коллектор втулки-завихрителя 7 соединен каналом 10 со штуцером подвода газа 11. Выходное сопло 12 сопряжено с корпусом 1 посредством крышки-гайки 13. Крышка-гайка 13 и сопло 12 электрически соединены балластным сопротивлением 14, расположенным внутри водоохлаждаемой полости 15. Между соплом 12 и крышкой 13 установлена изолирующая прокладка 16. В сопле 12 выполнен канал 17 выходного сопла для выхода дуги, а внутри образована разрядная камера 18. Площадь канала выходного сопла выполнена равной  $3,5 - 6$  суммарным площадям тангенциальных каналов. Вода подается через штуцер 19, а сливается через штуцер 20 посредством сливного канала 21.

Плазмотрон работает следующим образом. На штуцер 11 подают плазмообразующий газ, который через канал 10 поступает на втулку-завихритель 7 и через тангенциальные каналы 9 в разрядную камеру 18, в которой образуется газовый вихрь. Через штуцер 19 подают воду для охлаждения электрода 2 и далее через сливной канал 21 в полость 15 для охлаждения сопла 12, крышки-гайки 13 и балластного сопротивления 14. Из полости 15 воду отводят в сливной штуцер 20. Подключают штуцер 19 к полюсу источника электропитания и в разрядной камере 18 возбуждают дуговой разряд, который выдувают газовым вихрем из канала 17 и, после шунтирования дугового разряда на разрезаемое изделие, отключают систему возбуждения. Выводят плазмотрон на рабочий режим и осуществляют резку изделия.

Экспериментально установлено, что при неоптимальных соотношениях площади сечения тангенциальных каналов  $9/S_1$ , площади сечения  $S_2$  дугового канала 17 и тока  $I$  дугового разряда снижается стабильность горения дугового разряда, понижается его прорезающая способность и снижается качество реза.

Так, например, при токе дугового разряда  $I=100\text{ А}$ , при уменьшении площади тангенциальных каналов 9 меньше  $0,5\text{мм}^2$ , возрастает скорость газового вихря в разрядной камере 18 и дуговой разряд не возбуждается. Особенно сильно этот эффект сказывается при малых токах в начальный момент возбуждения дугового разряда. При увеличении площади  $S_1 > 0,5\text{ мм}^2$  снижается стабилизирующее свойство газового вихря, возрастает амплитуда колебаний тока  $I$ , образуется двойная дуга и сопло 12 прогорает. Для определенного рабочего тока  $I$  необходимо подбирать геометрические соотношения площади  $S_1$  тангенциальных каналов

9 и площади  $S_2$  дугового канала выходного сопла 17. Так, например, для рабочего тока  $I=300\text{ A}$  устанавливают втулку-завихритель 7 с площадью тангенциального канала 9, равной  $S_1=0,5\text{ мм}^2 + 0,25\text{ мм}^2 = 0,75\text{ мм}^2$ . Суммарная площадь четырех каналов 9 составит  $\Sigma S_1 = 3\text{ мм}^2$ . Оптимальное количество тангенциальных каналов 9 выбирается равным четырем, так как при меньшем количестве нарушается симметрия газового потока, что снижает его стабилизирующее свойство, а при увеличении количества каналов 9 снижается скорость потока, что также уменьшает его стабилизирующие свойства.

Прирост  $0,2 - 0,4\text{ мм}^2$  площади  $S_1$  на каждые  $100\text{ A}$  прироста тока дугового разряда обусловлен тем, что при резке устанавливается постоянный расход и давление плазмообразующего газа. Поэтому, чтобы обеспечить требуемые параметры, необходимо сразу устанавливать требуемую геометрию втулки-завихрителя 7. Экспериментально установлено, что при отклонении соотношения  $0,2 - 0,4\text{ мм}^2/100\text{ A}$  в меньшую сторону, например  $0,1\text{ мм}^2/100\text{ A}$ , не обеспечивается с одной стороны требуемый расход плазмообразующего газа при фиксированном давлении, а с другой стороны, если повышается давление для достижения требуемого расхода газа и дуговой разряд шунтируется на конце электрода 2, вследствие чего ресурс его работы резко снижается до 200 врезок. При увеличении соотношения в большую сторону, например  $0,5\text{ мм}^2/100\text{ A}$ , не обеспечивается требуемая скорость газового вихря в разрядной камере 18, режим горения дуги теряет свою стабильность, снижается ресурс работы электрода 2 на 1000 врезок, повышается вероятность образования двойной дуги, снижается прорезающая способность дуги (разрезаемое изделие прорезается не на всю толщину, и поэтому необходимо осуществлять повторные врезки, что снижает качество разрезаемого изделия).

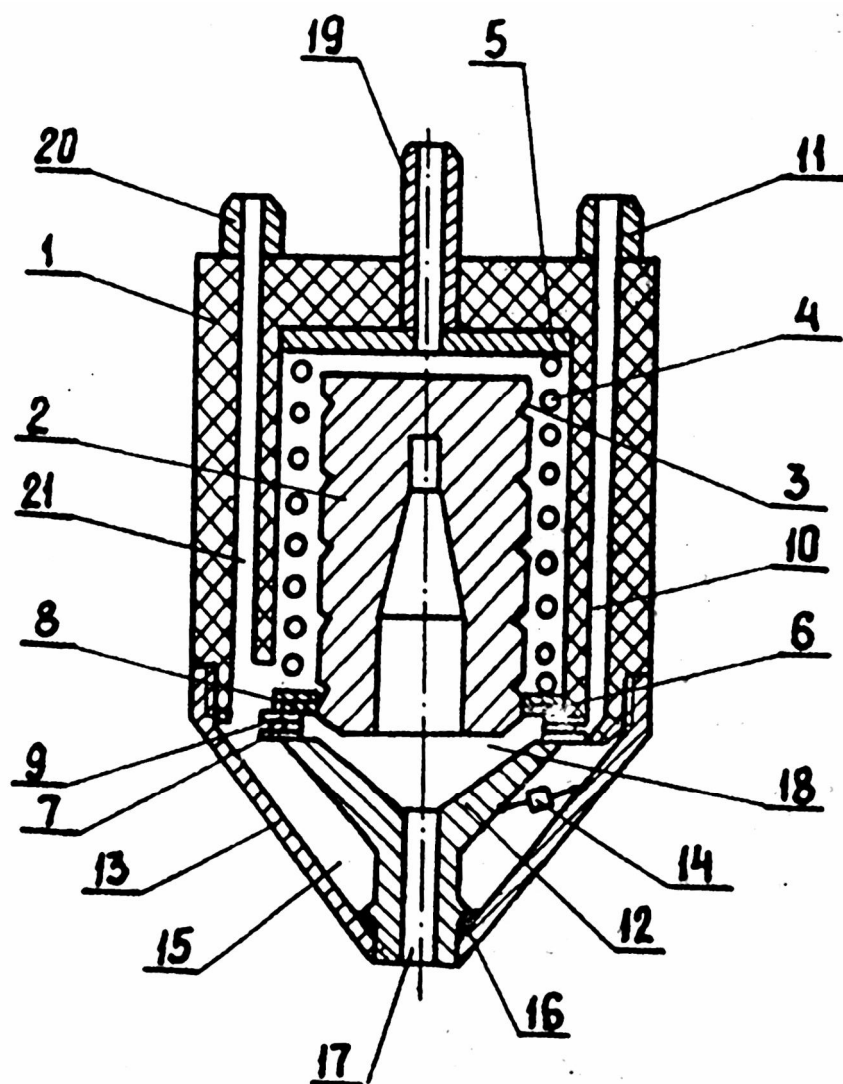
Особое значение имеет соотношение площади дугового канала выходного сопла 17  $/S_2/$  к суммарной площади тангенциальных каналов 9  $/\Sigma S_1/$ . Если соотношение  $S_2/\Sigma S_1$  установлено не оптимальным для рабочего тока  $I$ , то при уменьшении  $S_2/\Sigma S_1$ , например  $S_2/\Sigma S_1=2$ , происходит газодинамическое заклинивание дугового канала выходного сопла, дуга теряет свою прорезающую способность, прорезание изделия осуществляется не на всю толщину и через 15 - 20 врезок образуется двойная дуга и сопло 12 прогорает. При увеличении соотношения, например  $S_2/\Sigma S_1=7$ , выше оптимального  $S_2/\Sigma S_1=3,5-6$ , хотя двойная дуга не образуется, однако снижается качество реза - повышается на 20 - 30% ширина реза, что приводит к повышению брака. Дальнейшее увеличение соотношения до  $S_2/\Sigma S_1=8-9$  снижает стабильность горения дуги и понижает ее жесткость, особенно при перемещении, образуется двойная дуга и сопло 12 прогорает. Следует отметить, что любая дестабилизация режима горения дуги, связанная с отклонением от оптимальных параметров, приведенных в заявляемом изобретении, снижает ресурс работы электрода на 20 - 80%.

В идентичных условиях Житомирского ЗМК проведены сопоставительные резки плазмотрона-прототипа и заявляемого плазмотрона. Сравнительные результаты приведены в таблице.

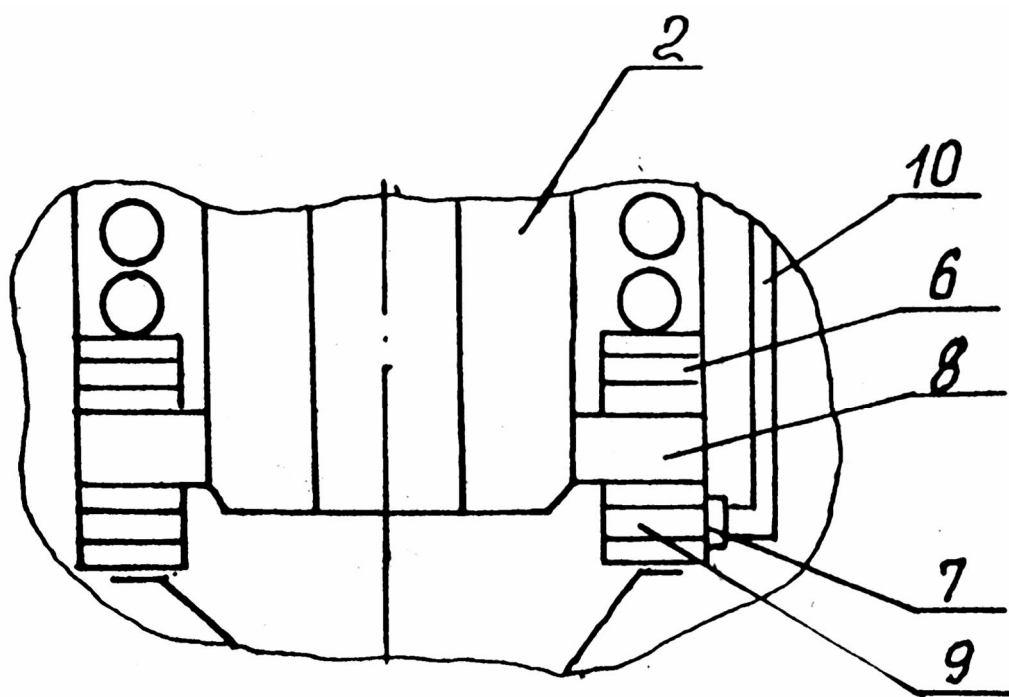
Приведенные результаты показывают, что ресурс работы плазмотрона возрастает почти в 20 раз, на 20% снижается количество подводов, значительно упрощается конструкция плазмотрона и обеспечивается возможность использовать любые плазмообразующие газы, что значительно расширяет диапазон его применения.

Таблица

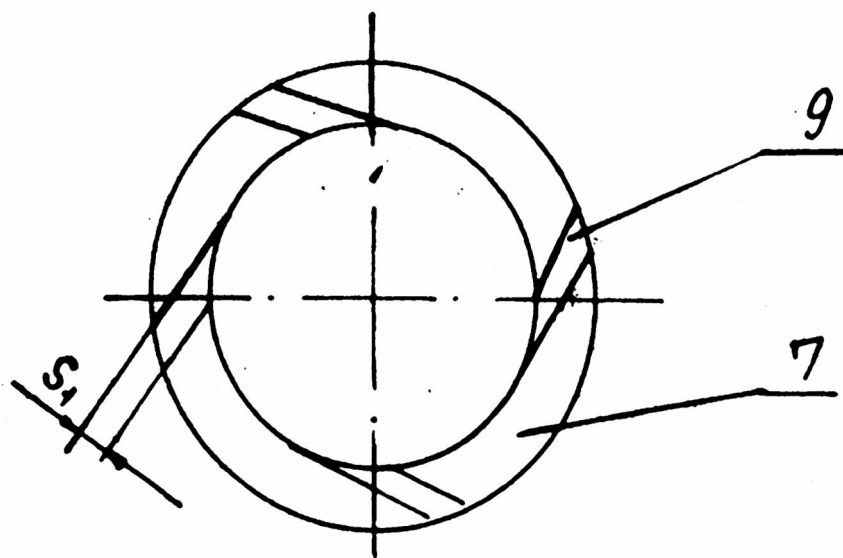
Показатели	По прототипу	По заявляемому изобретению
Ток дуги, А	250	250
Плазмообразующий газ	воздух	воздух
Ресурс работы, часов	8	137
КПД	0,88	0,88
Количество подводов, шт	10	8



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3