

УДК: 539.141:537.868.531

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВУХКАМЕРНОГО ЭЛЕКТРОДУГОВОГО ПЛАЗМОТРОНА ЛИНЕЙНОЙ СХЕМЫ И ВЫБОР ЕГО ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**В.Г. Лукьященко, В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко, В.Н. Шевченко, К.А. Умбеткалиев**
Институт проблем горения, 050012, Алматы, Казахстан, ул.Богенбай Батыра, 172, e-mail: ust@physics.kz**Аннотация**

В статье представлены результаты экспериментальных исследований двухкамерного электродугового плазмотрона постоянного тока линейной схемы в стендовых и промышленных условиях. Электродуговой плазмотрон линейной схемы VORTEX-200 номинальной мощностью 200 кВт разработан для плазменного воспламенения пылеугольного факела, его стабилизации и безмазутной растопки пылеугольных котлов тепловых электростанций. Плазмотрон линейной схемы содержит два водоохлаждаемых корпуса, изолированных друг от друга, в одном из которых установлен полый цилиндрический электрод - катод, с обоих торцов которого расположены завихрители плазмообразующего газа, а в другом установлен выходной электрод – анод-диффузор, имеющий канал с цилиндрическим участком в начале и выходное сопло в виде диффузора в конце. Мощность плазмотрона в зависимости от технологических параметров может варьироваться от 80 до 230 кВт. Плазмотрон характеризуется стабильными мощным воздушным плазменным факелом. Испытания этих плазмотронов показали их высокую надежность и возможность их эксплуатации в сложных условиях тепловых электростанций (повышенные запыленность и влажность, высокие температуры вблизи котлов). Измеренные вольтамперные характеристики плазмотрона позволили определить область устойчивого горения дуги 350 – 475 А. Параметры работы плазмотрона при его номинальной мощности 200 кВт и расходе плазмообразующего газа 1000 л/мин достигаются при токах не более 450 А. Применение механического поджига плазмотрона с помощью иглы из тугоплавкого материала, взамен пробоя межэлектродного промежутка с помощью осциллятора, повысило надёжность его эксплуатации. Разработано устройство осевого сканирования привязки катодного пятна дуги, позволяющее многократно увеличить поверхность эрозии катода. Применение азимутального и осевого сканирования катодного пятна дуги плазмотрона позволяет увеличить ресурс работы катода до 200 часов при ресурсе работы массивного анода более 500 часов.

Ключевые слова: плазмотрон, ток, факел, запыленность, влажность, температура

Введение

Мировая энергетика в настоящее время и на обозримую перспективу (до 2100 г.) ориентирована на использование органического топлива, главным образом низкосортных углей, доля которых в выработке электроэнергии составляет 40%, а тепловой – 24%. В Казахстане доля пылеугольных ТЭС в выработке электроэнергии составляет 85 %. В этой связи повышение энергоэффективности пылеугольных тепловых электростанций является приоритетной задачей современной теплоэнергетики. Плазменно-топливные системы (ПТС) для безмазутной растопки котлов, подхвата и стабилизации горения пылеугольного факела отвечают этим требованиям [1, 2]. В последнее время актуальность этой плазменной технологии возрастает еще больше в связи с истоще-

нием запасов нефти и газа, снижением качества твердых топлив и замедлением прироста мощностей АЭС.

В основе технологии плазменного воспламенения угля и реализующих ее ПТС лежит электротермохимическая подготовка топлива к сжиганию (ЭТХПТ). Суть ЭТХПТ заключается в нагреве воздушным плазменным факелом при дефиците кислорода потока пылеугольной смеси в специальной камере до температуры, превышающей температуру самовоспламенения данного угля. При этом происходит практически полный выход летучих и частичное сгорание и/или газификация углерода угля. В топке полученная топливная смесь или высокорекреакционное двухкомпонентное топливо, состоящее из горючего газа и коксового остатка, воспламеняется при смешении с вторичным воздухом и устойчиво горит без использования для стабилизации пылеугольного факела второго вида высокорекреакционного топлива (газа или мазута) даже в

холодной топке.

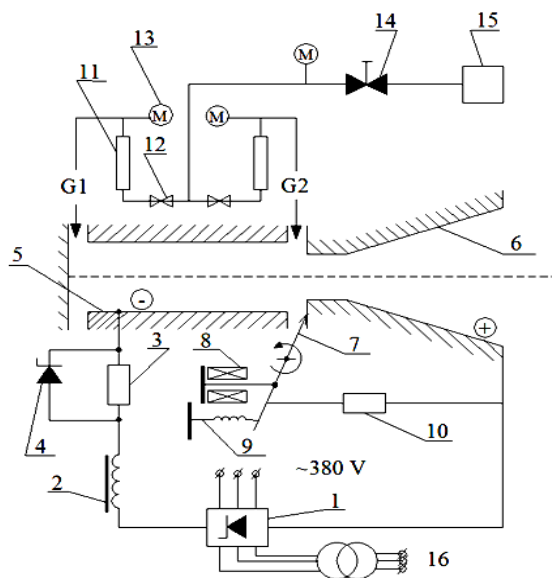
Процесс ЭТХПТ осуществляется в ПТС. ПТС представляет собой модифицированную пылеугольную горелку с установленным на ней электродуговым плазмотроном, являющимся основным элементом ПТС.

Электродуговой плазмотрон линейной схемы VORTEX-200 номинальной мощностью 200 кВт разработан для плазменного воспламенения пылеугольного факела, его стабилизации и безмазутной растопки пылеугольных котлов ТЭС [1, 2]. Мощность плазмотрона в зависимости от технологических параметров может варьироваться от 80 до 230 кВт. Плазмотрон характеризуется стабильным мощным воздушным плазменным факелом. Испытания этих плазмотронов показали их высокую надежность и возможность их эксплуатации в сложных условиях ТЭС (повышенные запыленность и влажность, высокие температуры вблизи котлов). Плазмотрон линейной схемы содержит два водоохлаждаемых корпуса, изо-

лированных друг от друга, в одном из которых установлен полый цилиндрический электрод - катод, с обоих торцов которого расположены завихрители плазмообразующего газа, а в другом установлен выходной электрод – анод-диффузор, имеющий канал с цилиндрическим участком в начале и выходное сопло в виде диффузора в конце.

1. Технологические характеристики плазмотрона

Экспериментальные исследования работы плазмотрона и выбор его оптимальных технологических параметров проводились как на экспериментальном стенде, так и на пылеугольных горелках в условиях безмазутной растопки котлов БКЗ-420 и БКЗ-160 Алматинских ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 [3]. На рис. 1 изображена схема включения плазмотрона на экспериментальном стенде.



- 1 – Управляемый тиристорный источник электропитания, 2 – сглаживающий дроссель, 3 – балластное сопротивление, 4 – короткозамыкатель балластного сопротивления, 5 – катод плазмотрона, 6 – анод плазмотрона, 7 – игла поджига, 8 – пусковое реле, 9 – возвратная пружина, 10 – ограничивающее сопротивление, 11 – ротаметры расхода воздуха; 12 – вентили регулирующие; 13 – манометры, 14 – редуктор, 15 – компрессор винтовой, 16 – разделительный трансформатор.

Рис. 1 – Схема включения плазмотрона на экспериментальном стенде

Электропитание плазмотрона осуществляется от управляемого тиристорного трёхфазного выпрямителя – источника электропитания (ИП) 1, работающего в режиме источни-

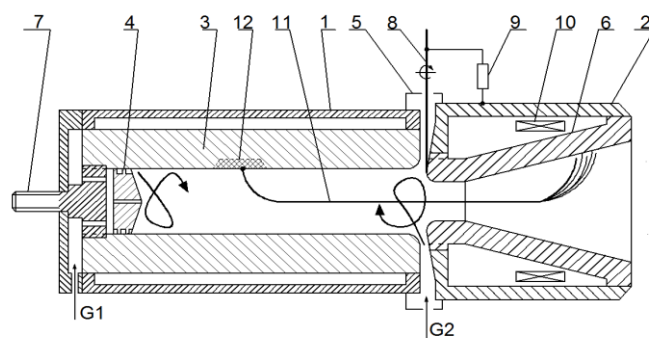
ка тока. Отрицательный выход ИП через сглаживающий индуктивный дроссель 2 с регулируемой индуктивностью и балластное сопротивление 3 подключены к клемме катода плаз-

мотора 5. Балластное сопротивление величиной до 1 Ом служит для ограничения пусковых токов и после выхода плазмотора на рабочий режим автоматически закорачивается тиристорным короткозамыкателем 4. Положительный полюс ИП подключен к клемме анода 6. Запуск плазмотора, в отличие от общепринятого запуска от осциллятора, обеспечивающего искровой пробой в зазоре между катодом и анодом, производится замыкающей иглой 7 с помощью пускового реле 8 и возвратной пружины 9. Для ограничения пускового тока, образующего искру и проходящего через иглу до величины не более 5 А, служит ограничивающее сопротивление 10 величиной 100 Ом и мощностью 15 Вт, что обеспечивает сохранность сопротивления от перегрева за время пуска. Подача воздуха с расходами G_1 и G_2 осуществляется по двум параллельным каналам через регулирующие вентили 12 и ротаметры 11 в оба завихрителя, один из которых расположен в торце катода, а другой в зазоре между катодом и анодом. Сжатый воздух на плазмотор поступает через общий регулировочный вентиль и редуктор 14 от винтового компрессора. В целях обеспечения электробезопасности при проведении экспериментальных исследований подача трёхфазного напряжения величиной 380В на ИП с помощью пускорегулирующей и измерительной аппаратуры осуществляется через разделительный трансформатор 16 с изолированной нейтралью типа ТСЗ-250 380/380.

Плазмотор линейной схемы (рис. 2) работает следующим образом. В катодный и

анодный узлы подаётся охлаждающая вода, а через завихрителя подаётся плазмообразующий газ - воздух. На клемму плазмотора – катода и клемму на корпусе анода подаётся напряжение постоянного тока от регулируемого источника электропитания. Причём на клемму катода - отрицательный потенциал, а на клемму корпуса анода – положительный. Затем с помощью иглы поджига, соприкоснувшейся одним концом с анодом и соединённой через токоограничивающее сопротивление с клеммой того же анода, приводимой в колебательное движение реле и возвратной пружины, в дуговом промежутке между анодом и катодом возникает искра и образуется электрическая дуга, которая под действием вихревого потока плазмообразующего газа, подаваемого через завихритель, выносится в полость, образованную катодом и анодом.

Поток газа от завихрителя, расположенного между анодом и катодом, разделяется на два вихревых потока: часть поднимается по катоду, а вторая часть выходит в анод-диффузор с оптимальным углом раскрытия в диапазоне 26 – 30°. Катодный участок дуги вместе с опорным катодным пятном под действием вихревых потоков подвергается азимутальному сканированию и вращается внутри катода в плоскости, перпендикулярной оси плазмотора, в которой встречаются пристеночные потоки от обоих завихрителей, при этом выработка внутренней части катода происходит в виде узкого кольца.



- 1 - Корпус катода, 2 - корпус анода, 3 – катод, 4 - катодный завихритель плазмообразующего газа, 5 - промежуточный завихритель плазмообразующего газа, 6 – анод-диффузор, 7 - шпилька токоподвода, 8 - игла поджига, 9 - токоограничивающее сопротивление, 10 - электромагнитная катушка, 11 - электрическая дуга, 12 - кольцо выработки внутренней части катода.

Рис. 2 – Схема двухкамерного плазмотора

На рис. 3 показан плазмотрон во время его испытания. Анодная часть привязки дуги, более распределённая по поверхности электрода в конусной его части, также вращается под действием вихря плазмы. По оси катода в цилиндрической части анода благодаря вихревым потокам газа формируется жгут дуги. Чем больше длина цилиндрической части, тем выше напряжение на дуге и более высокая устойчивость её горения.

Как показали термодинамические и кинетические расчёты процесса воспламенения в плазменно-топливных системах (ПТС), устанавливаемых в рабочие горелки пылеугольного котла БКЗ-420, при мощности плазмотрона до 200 кВт среднемаховая температура воздушно-плазменного факела, генерируемого плазмотроном, не превышает 4000 К. Это соответствует расходу воздуха через плазмотрон 1000 л/мин ($60 \text{ м}^3/\text{ч}$). Суммарное сечение сопел завихрителя катода (G_1) и завихрителя анода (G_2) было определено экспериментальным пу-

тем из расчета номинального расхода воздуха через плазмотрон при давлении воздуха на входе, не превышающем 2 атм.

Одним из основных технологических параметров плазмотронов являются их вольт-амперные характеристики (ВАХ), характеризующие устойчивость горения электродугового разряда в плазмотроне. На рис. 4 приведены ВАХ плазмотрона с различными рабочими параметрами. Кривая 1 характеризует ВАХ плазмотрона с сечением сопел закруточного кольца, равным $39,26 \text{ мм}^2$, суммарным расходом воздуха через плазмотрон 875 л/мин и диаметром пережима анода (диаметр его внутренней цилиндрической части), равным 27 мм. Из рисунка видно, что ВАХ в исследованном диапазоне слабопадающая. При повышении тока на 100 А напряжение падает примерно на 20 В. Для обеспечения устойчивого горения дуги, в таких случаях, в цепь электропитания плазмотрона устанавливают балластное сопротивление с возрастающей ВАХ.

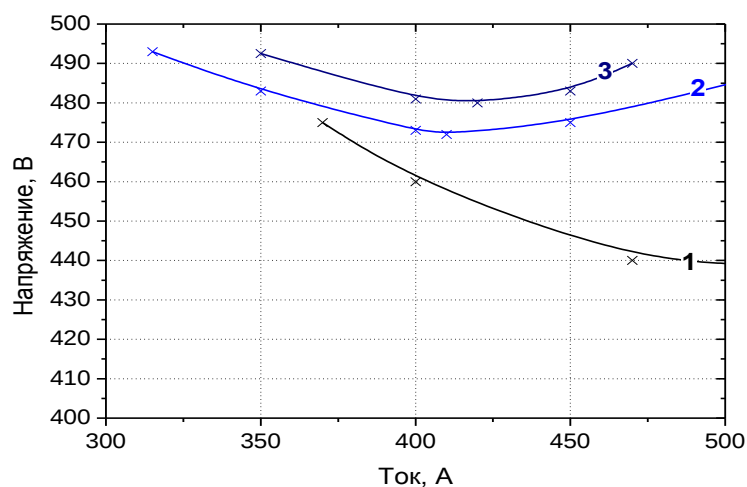


Рис. 3 – Электродуговой плазмотрон линейной схемы VORTEX – 200 во время испытания

ВАХ 2 и 3 соответствуют плазмотрону с сечением сопел кольца закрутки $64,3 \text{ мм}^2$ и суммарному расходу воздуха через плазмотрон 1000 л/мин при разных диаметрах пережима анода (27 и 24 мм соответственно). Из рис. 4 видно, что ВАХ плазмотрона 2 и 3 до токов 420 А слабопадающие, а при дальнейшем увеличении тока начинают возрастать. Таким образом, в диапазоне токов 350 – 475 А плазмотроны работают наиболее устойчиво.

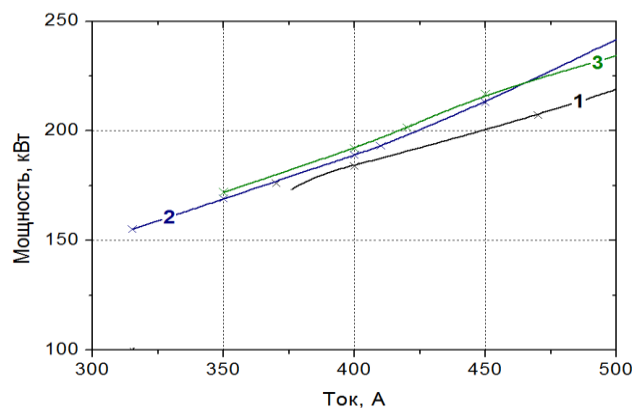
Кривая 3 на рисунке лежит выше кривой 2, что объясняется повышением напряжения при большем обжатии дуги плазмообразующим газом – воздухом, так как в режиме 3 пережим внутренней цилиндрической части анода был меньше, чем в режиме 2 и составлял 24 мм против 27 мм.

На рис. 5 приведены характеристики роста мощности плазмотронов от тока дуги, соответствующие их ВАХ (рис. 4).



- 1 - Сечение сопел кольца закрутка - $39,26 \text{ мм}^2$,
диаметр пережима анода составляет 27 мм,
суммарный расход воздуха через плазмотрон – 875 л/мин.
2 - Сечение сопел кольца закрутка - $64,32 \text{ мм}^2$,
диаметр пережима анода составляет 27 мм,
суммарный расход воздуха через плазмотрон – 1000 л/мин.
3 - Сечение сопел кольца закрутка - $64,32 \text{ мм}^2$,
диаметр пережима анода составляет 24 мм,
суммарный расход воздуха через плазмотрон – 1000 л/мин.

Рис. 4 – Вольтамперные характеристики плазмотронов при следующих условиях



- 1 - Сечение сопел кольца закрутки - $39,26 \text{ мм}^2$,
диаметр пережима анода – 27 мм,
суммарный расход воздуха через плазмотрон – 875 л/мин,
2 - сечение сопел кольца закрутки - $64,32 \text{ мм}^2$,
диаметр пережима анода – 27 мм,
суммарный расход воздуха через плазмотрон – 1000 л/мин,
3 - сечение сопел кольца закрутки - $64,32 \text{ мм}^2$,
диаметр пережима анода – 24 мм,
суммарный расход воздуха через плазмотрон – 1000 л/мин.

Рис. 5 – Характеристики роста мощности плазмотронов от тока дуги, соответствующие их вольтамперным характеристикам

Из рисунка видно, что для всех трёх случаев с увеличением тока растёт и мощность, выделяемая в плазмотроне, но для режимов 2 и 3 мощность растёт быстрее за счёт большего напряжения. Эрозия медных электродов определяется током дуги и с его ростом резко увеличивается. Поэтому экономически выгодно при равной мощности поднимать напряжение и уменьшать ток. Из рис. 5 видно, что для режима 3 заданная мощность в 200 кВт получена при токах, не превышающих 420 А. Экспериментально показано, что десятипроцентный отбор расхода газа G_1 и подача его через ось завихрителя катода ведет примерно к десятипроцентному повышению напряжения на дуге. Следует также отметить надёжность механического поджига дуги с помощью иглы из тугоплавкого материала, которая выдержала несколько сотен пусков с единственным выходом из строя при попадании угольной пыли в кольцевой зазор между анодом и катодом.

2. Сканирование катодного пятна дуги на внутренней поверхности катода

Поток газа от завихрителя, расположенного между водоохлаждаемыми анодом и катодом, разделяется на два вихревых потока: часть поднимается по катоду, а вторая часть выходит в анод. Катодный участок дуги вместе с опорным катодным пятном под действием вихревых потоков подвергается азимутальному сканированию и вращается внутри катода в плоскости, перпендикулярной оси плазмотрона, в которой встречаются пристеночные потоки от обоих завихрителей, при этом выработка внутренней части катода происходит в виде узкого кольца. На рис. 6 представлена фотография внутренней поверхности катода, проработавшего более 30 часов при токах до 500 А, на которой наблюдается темное кольцо выработки катода, появившейся в результате эрозии электродной меди катодным пятном.



Рис. 6 – Внутренняя поверхность катода после 30 часов работы при токах до 500 А

Глубина кольцевой выработки катода составила около 3 мм. По оценке при такой выработке ресурс работы катода не превышает 60 – 70 часов.

Эрозия электрода определяется массой выработанного (эродированного) материала электрода. Ресурс работы электрода зависит, в свою очередь, от распределения уноса материала электрода с его поверхности в результате эрозии. Известно, что чем больше подвергнутая эрозии поверхность электрода, тем выше ресурс его работы при одинаковых значениях тока [5-7]. Для повышения ресурса катода ши-

рину зоны выработки его поверхности можно значительно увеличить путём осевого сканирования приэлектродного участка дуги изменением газодинамических параметров, в дополнение к азимутальному перемещению за счёт крутки потока плазмообразующего газа. Газодинамическое сканирование достигается изменением отношения G_2/G_1 – расходов воздуха через завихрители плазмотрона, с помощью внешнего устройства, соединенного с ними патрубками, по синусоидальному закону с частотой от нескольких сотых долей до единиц Гц и амплитудой 10-20 % от средних зна-

чений G_1 и G_2 . При этом по указанному режиму изменяется один из расходов G_1 и G_2 , либо изменяются и G_1 и G_2 в противофазе. Как показали исследования, зона выработки (рис. 7) внутренней поверхности катода вдоль оси плазмотрона, а, следовательно, и ресурс электрода могут быть увеличены в несколько раз.

В результате экспериментов было определено, что изменение отношения G_2/G_1 , взятого за базовое (а), 15 % (б), 20 % (в) и 25 % (г)

ведет к увеличению расстояния от следа катодного пятна до выходного торца катода соответственно на 60 % (б), 85 % (в) и 100 % (г). При этом кольцевой след привязки катодного пятна сдвигается с 22 мм (режим а) на 45 мм (режим г). Учитывая, что кольцевой след эрозии на поверхности катода составляет по ширине 8-12 мм, циклическое изменение отношения G_2/G_1 на 25 % приведет к увеличению ширины кольца привязки дуги примерно в 3 раза.

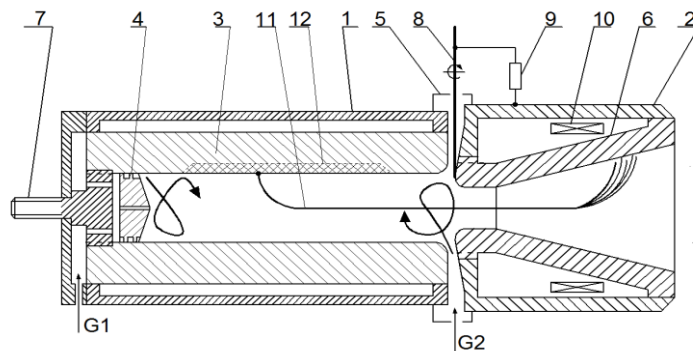


Рис. 7 – Плазмотрон с расширенным следом (12) катодного пятна (11) при осевом и азимутальном сканировании

Для реализации режима непрерывного сканирования катодного пятна вдоль оси плазмотрона было изготовлено устройство сканирования (УС) катодной привязки дуги. Принцип сканирования катодной привязки дуги основан на изменении анодного и катодного потоков плазмообразующего газа через плазмотрон. Изменение плазмообразующих потоков в данном устройстве происходит за счет изменения проходного сечения каналов подачи плазмообразующего газа. Поскольку суммарный поток газа (анодного и катодного) должен оставаться постоянным, то приращение потоков по анодному и катодному каналам подачи газа должно происходить в противофазе (сдвинуты друг относительно друга на 180°).

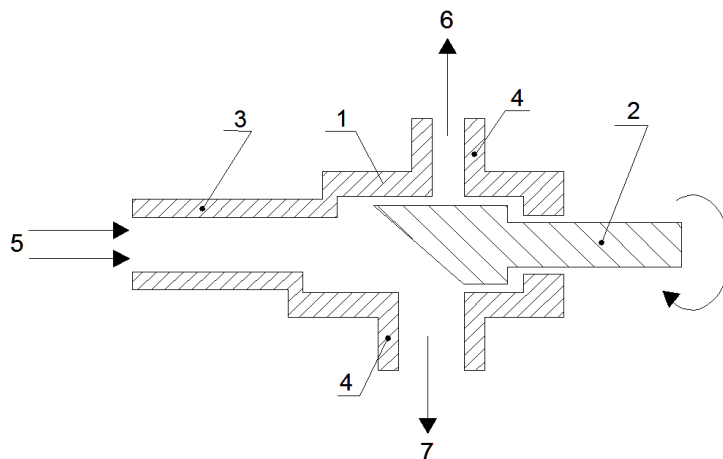
В основу УС положен принцип изменения проходного сечения газовой цепи подачи к плазмотрону плазмообразующего газа путем вращения заслонки определенной конфигурации. Принцип работы УС поясняет рис. 8. В цилиндрическом корпусе (1) находится вращающийся вал (2) со скосом специальной формы, который при вращении перекрывает отверстия выходных штуцеров (4).

Через входной штуцер (3) плазмообразующий газ подается в УС. Для одновременного обеспечения газом анодной и катодной ветвей в устройстве устанавливается два выходных штуцера (4) под углом, необходимым для получения сдвига фазы изменения газовых потоков ($90-180^\circ$).

Экспериментально подобранный период изменения давления составляет 30 с при изменении давления в пределах 0,6 – 1,5 атм. для анода и 0,6 - 1,3 атм. для катода.

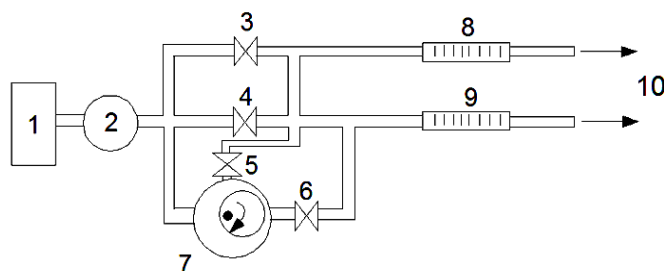
УС было изготовлено из бронзы для уменьшения трения вращающихся деталей. Размер и форма скоса вала определяют плавность приращения воздушного потока и отсутствие ступенчатости при переходе от максимальных к минимальным значениям его расходов. Вращение вала обеспечивается электроприводом. В УС использовался электродвигатель РД с дополнительным червячным редуктором, обороты выходного вала которого обеспечили вращение вала УС со скоростью 1 об/мин.

Схема включения УС в цепи управления плазмотроном показана на рис. 9.



1 – корпус, 2 – вал, 3 – входной штуцер, 4 – выходные штуцера,
5 – плазмообразующий газ, 6 – плазмообразующий газ к катоду,
7 – плазмообразующий газ к аноду.

Рис. 8 – Схема устройства сканирования



1 – компрессор, 2 – воздушный редуктор, 3 – 6 – регулирующие вентили, 7 – сканирующее устройство, 8, 9 – ротаметры анода и катода, 10 – плазмообразующий газ к плазмотрону.

Рис. 9 – Схема включения устройства сканирования в цепи управления плазмотроном

УС работает следующим образом. Плазмообразующий газ (воздух) поступает от компрессора (К) при давлении 6 атм. с номинальным расходом 1500 л/мин через редуктор давления (Р) и вентили В₁ и В₂ на ротаметры расхода воздуха в анодном и катодном каналах (Рот. А и Рот. К). Вентили В₁ и В₂ регулируют расход воздуха на аноде и катоде при пусковом режиме (0,6 атм.).

На эти же ротаметры в противофазе подается дополнительный воздух от УС. УС обеспечивает плавное нарастание расхода воздуха от пускового режима до рабочего режима (1,5 атм.) и обратно по анодному и катодному каналам в противофазе. Таким образом, УС выполняет функцию приращения давления от пускового значения (0,6 атм.) до рабочего (1,5 атм.) с последующим снижением давления. После чего цикл повторяется.

При испытании УС с плазмотроном “VORTEX-200” были получены следующие характеристики УС:

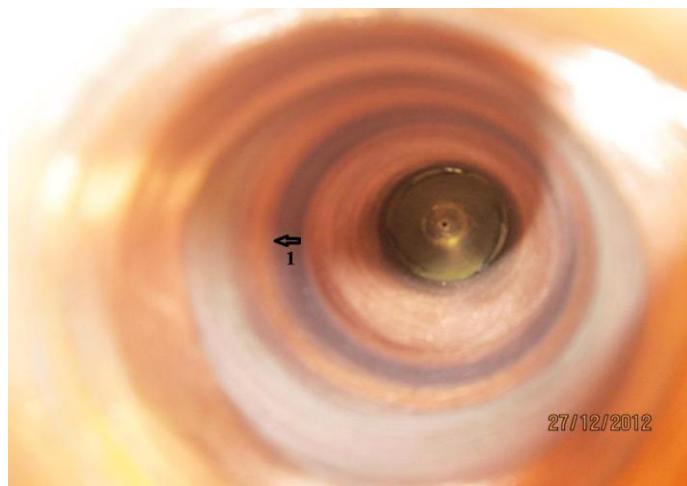
1. Изменение давления в цепи анода:
0,6 - 1,5 атм.;
2. Изменение давления в цепи катода:
0,6 - 1,4 атм.;
3. Изменение расхода воздуха в цепи анода: 570 - 660 л/мин.;
4. Изменение расхода воздуха в цепи катода: 350 - 500 л/мин.;
5. Время нарастания газового потока:
13 с.;
6. Время уменьшения газового потока:
14 с.;
7. Время стабильно максимального давления на катоде: 2 с.;
8. Время стабильно минимального давления на катоде: 1 с.;

9. Габаритные размеры (включая электропривод) – 230 мм х 100 мм х 80 мм;

10. Вес СУ с электроприводом – 2,5 кг.

Рис. 10 и 11 иллюстрируют эффективность работы СУ по увеличению поверхности эрозии катода, приводящей к повышению ресурса работы электродов плазмотрона. На рисунках представлены фотографии внутренних поверхностей катодов с кольцевым следом привязки катодного пятна после 20 мин рабо-

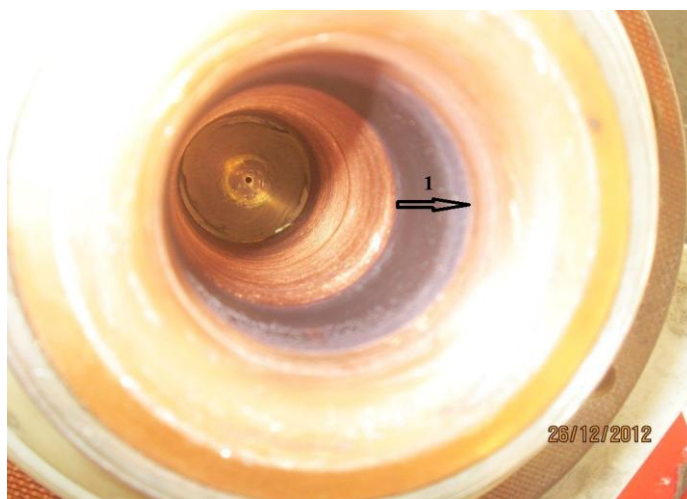
ты плазмотрона на токе 420 А в режимах без сканирования (рис. 10) и с газодинамическим сканированием катодного пятна (рис. 11). Сканирование привязки катодного пятна приводит к трехкратному увеличению поверхности эрозии медного электрода, что соответствует повышению ресурса работы катода до 200 часов. Ресурс работы массивного водоохлаждаемого анода составляет более 500 часов.



1 – Кольцевой след привязки катодного пятна.

Ширина кольца привязки катодного пятна (длина стрелки 1) соответствует 12 мм.

Рис. 10 – Внутренняя поверхность катода после 20 мин. работы в режиме без сканирования катодного пятна



1 – Кольцевой след привязки катодного пятна.

Ширина кольца привязки катодного пятна (длина стрелки 1) соответствует 23 мм.

Рис. 11 – Внутренняя поверхность катода после 20 мин. работы в режиме сканирования катодного пятна

Заключение

Анализ экспериментальных данных, полученных в результате исследования промышленных плазмотронов постоянного тока VORTEX-200 с медными водоохлаждаемыми полыми электродами: цилиндрическим катодом и диффузором-анодом, позволяет сделать следующие выводы.

– Создан электродуговой плазмотрон номинальной мощностью 200 кВт с диапазоном регулирования от 80 до 230 кВт для безмазутного плазменного воспламенения пылеугольного факела в условиях ТЭС.

– Измеренные вольтамперные характеристики плазмотрона позволили определить область устойчивого горения дуги 350 – 475 А.

– Параметры работы плазмотрона при его номинальной мощности 200 кВт и расходе плазмообразующего газа 1000 л/мин (60 м³/ч) достигается при токах не более 450 А.

– Цилиндрический канал выходного электрода имеет длину не менее одного калибра.

– Угол раскрытия диффузора лежит в диапазоне 26 – 30°.

– Применение механического поджига плазмотрона с помощью иглы из тугоплавкого материала, взамен пробоя межэлектродного промежутка с помощью осциллятора, повысило надёжность его эксплуатации.

– Конструкция плазмотрона, при необходимости, позволяет в течении 0,5 – 1 часа провести полную его разборку и сборку с заменой изношенных деталей.

– Разработано устройство осевого сканирования привязки катодного пятна дуги, позволяющее многократно увеличить поверхность эрозии катода.

– Применение азимутального и осевого сканирования катодного пятна дуги плазмотрона позволяет увеличить ресурс работы катода до 200 часов.

Литература

1. Messerle V.E., Karpenko E.I., Ustimenko A.B., Lavrichshev O.A. Plasma preparation of coal to combustion in power boilers // Fuel Processing Technology – 2013 – V. 107. – 93–98.
2. Messerle V.E., Ustimenko A.B. Plasma technologies for fuel Conversion // High Temperature Material Processes. – 2012. – V.16 (2). – P. 97–107.
3. Мессерле В.Е., Карпенко Е.И., Устименко А.Б., Тютеебаев С.С., Карпенко Ю.Е., Еремина Т.В. Моделирование и испытания плазменно-топливных систем на котле БКЗ-420 Алматинской ТЭЦ-2 // ВЕСТНИК Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, Научный журнал. – 2012. – № 2 (37). – С. 21-27.
4. Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Плазменно-топливные системы для повышения энергоэффективности пылеугольных тепловых электростанций // Энерготехнологии и ресурсосбережение - 2012. - № 5. - С. 42-45.
5. Жуков М.Ф., Карпенко Е.И., Перегудов В.С., Буянтуев С.Л., Мессерле В.Е. и др. Плазменная безмазутная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела (Низкотемпературная плазма. Т. 16.). - Новосибирск: Наука. - 1995. - 304 с.
6. Даутов Г.Ю., Тимошевский А.Н., Урюков Б.А., ..., Карпенко Е.И., Мессерле В.Е., Перегудов В.С., Устименко А.Б., ... Генерация низкотемпературной плазмы и плазменные технологии: Проблемы и перспективы (Низкотемпературная плазма. Т. 20). - Новосибирск: Наука, 2004. - 464 с.
7. Перегудов В.С., Урюков Б.А. Область устойчивой работы плазмотрона большой длины // Изв. СО АН СССР. - Сер. техн. наук. - 1980. - Вып. 1. - № 3. - С. 71 - 73.

DOUBLE CHAMBER LINEAR CIRCUIT PLASMA TORCH EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND CHOOSING ITS OPTIMAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS

Lukiaschenko V.G., Messerle V.E., Ustimenko A.B., Shevchenko V.N., Umbetkaliev K.A.

Institute of Combustion Problems, 172, Bogenbai Batyr str., Almaty, 050012, Kazakhstan
e-mail: ust@physics.kz

Abstract

The article presents the results of experimental studies dual-chamber DC arc plasma torch of linear circuit in bench and industrial conditions. Arc plasma torch of linear circuit VORTEX-200 rated power of 200 kW is

designed for plasma ignition of pulverized coal flame, its stabilization and fuel oil free start up boilers of thermal power plants. Plasma torch of linear circuit comprises two water-cooled cases, insulated from one another, one of which is mounted a hollow cylindrical electrode - a cathode, both ends of which are located swirlers of plasma gas, while in another case the output electrode - the anode diffuser having a channel with a cylindrical section beginning and an outlet nozzle at the end of a diffuser. Power of the plasma torch according to the process parameters can vary from 80 to 230 kW. The plasma torch is characterized by stable high power air plasma torch. Tests of these plasma torches showed their high reliability and the possibility of their use in difficult conditions of thermal power plants (increased dust and humidity, high temperatures near the boiler). The measured current-voltage characteristics of the plasma torch allowed determining the area of sustainable arc 350 - 475 A. The parameters of the plasma torch at its rated capacity of 200 kW and a plasma gas flow of 1000 l/min are achieved at currents less than 450 A. Use of a mechanical ignition of the plasma torch with a needle of a refractory material, instead of the breakdown of the electrode gap using oscillator increased the reliability of its operation. A device axial scanning binding cathode spot, allowing multiply the surface of cathode erosion. Application of the azimuthal and axial scanning cathode spot plasma torch can increase the life of the cathode up to 200 hours at a resource of the massive anode more than 500 hours.

СЫЗЫҚТЫҚ СҰЛБАДАҒЫ ҚОС КАМЕРАЛЫ ЭЛЕКТРОДОҒАЛЫҚ ПЛАЗМАТРОНДЫ ТӘЖІРИБЕЛІ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ОҒАН ТИІМДІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІ ТАҢДАУ

В.Г. Лукьященко, В.Е. Мессерле, А.Б. Устименко, В.Н. Шевченко, К.А. Умбеткалиев

Жану мәселелері институты, 050012, Алматы, Қазақстан, Бөгенбай Батыр к-сі, 172

e-mail: ust@physics.kz

Аннотация

Мақалада өндірістік және стендтік шарттағы сызықтық сұлбаның тұрақты ток режиміндегі қос камералы электродоғалық плазматронның тәжірибелі зерттеу нәтижелері келтірілген. Плазмалы тұтанудың көмір алауына арналған қуаты 200 кВт болатын VORTEX -200 электродоғалық плазматрон өңделіп шығарылды. Бұл плазматронның оқшауланған екі су салқындатқыш корпусы бар, біріншісі, толық орнатылған цилиндрлі электрод – катод, ал екіншісі, шығу электроды. Плазматронның қуаттылығы 80 нен 230 кВт дейінгі аралықта өзгереді, ол технологиялық параметрлерге байланысты болады. Плазматрон тұрақты күшті плазмалық алаумен сипатталады. Бұл плазматронды зерттеу жылу электростанцияларының күрделі шарттарында үлкен мүмкіндік пен сенімділікті көрсетті. Плазматроннан өлшенген вольтамперлі сипаттамалары доғаның тұрақты жану аумағы 350-475 А болатынын анықтауға мүмкіндік берді. 200 кВт номиналді қуаттылық пен 1000 л/мин плазматүзуші газдың шығыны кезіндегі плазматрон жұмысының көрсеткіштері 450 А-ден аспайтын ток шамасында жүзеге асырылады. Осциллятор көмегімен электродарасындағы аралықтың ойық орнына қиын балқитын материалдан жасалған ине көмегімен плазматронды механикалық жағуды қолдану оны қолданудағы сенімділікті арттырды. Катод эрозиясының бетін бірнеше есе үлкейтуге мүмкіндік беретін доғаның катодты байланыстырушы осьтік сканирлеуші құрылғысы өңделді. Азимутальді және плазматрон доғасының катодтық осьтік сканирлеуді қолдану көлемді анодтың 500 сағаттан артық жұмысы кезінде катод жұмысын 200 сағатқа дейін ұлғайтуға мүмкіндік береді.