АППАРАТ С ФОКУСИРУЮЩИМИ ДВУМЯ МАГНИТОСТАТИЧЕСКИМИ ЛИНЗАМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ОДНОЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

Е.А. Ковнир, В.Т. Доронин *(г. Барнаул, Россия)*

Разработкой технологий электронно-лучевой сварки, в частности для котельных производств и транспортирующих тепло, воду, нефть и газ магистралей, сотрудники технических высших учебных заведений и ряда НИИ занимаются несколько десятилетий. Однако методы, способы и средства фокусировки электронного луча по-прежнему нуждаются в усовершенствовании. В данном сообщении предлагаются энергетически выгодные средства фокусировки электронного луча [1-12].

Предлагаемым в этом сообщении новшеством решается задача, во-первых, повышения качества сварки путём стабилизации фокусировки электронного луча, во-вторых, уменьшения энергопотребления, в-третьих, уменьшения габаритов устройства электронно-лучевой сварки.

Для достижения указанного результата в устройстве электронно-однолучевой сварки в качестве магнитов, из которых изготовлены фокусирующие линзы, использованы статические магниты, выполненные в виде полых торов, а в качестве плоскостей фокусирующих линз, перпендикулярных к продольной плоскости симметрии вакуумной камеры, использованы плоскости симметрии торов. Стабильная фокусировка электронного луча в устройстве электронно-однолучевой сварки, улучшающая качество сварки, обеспечена тем, что в качестве магнитов, из которых изготовлены фокусирующие линзы, использованы статические магниты, выполненные в виде полых торов. В качестве плоскостей фокусирующих линз, перпендикулярных к продольной плоскости симметрии вакуумной камеры, использованы плоскости симметрии торов, так как магнитное поле такой фокусирующей линзы наиболее активно воздействует на электроны в поверхностных слоях потока электронов. Снижение энергопотребления устройства электронно-однолучевой сварки обусловлено использованием неэнергоёмких малогабаритных фокусирующих линз, каждая из которых выполнена из статического магнита. Уменьшение габаритов устройства электронно-однолучевой сварки обусловлено применением для фокусировки луча электронов фокусирующих линз, не требующих электрического тока и изготовленных из статического магнита в виде полого тора.

Новшество поясняется чертежом, где на рисунке 1 изображена общая схема устройства электронно-лучевой сварки. На рисунке 2 дано вертикальное сечение фокусирующей линзы. На рисунке 3 показано половинное сечение фокусирующей линзы, а на рисунке 4 представлено вертикальное сечение фокусирующей линзы с указанием направлений линий магнитной индукции «B», полюсами N и S статического магнита и указанием направления полёта электронов «e».

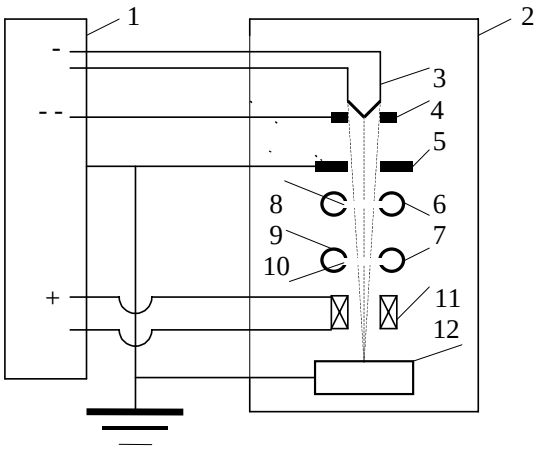

Рисунок 1 – Схема устройства электронно-однолучевой сварки

Устройство электронно-однолучевой сварки содержит высоковольтный источник 1 питания, вакуумную камеру 2, в которой последовательно и симметрично относительно продольной плоскости симметрии вакуумной камеры 2 расположены катод 3, сетка 4 смещения электрического потенциала с отверстием, ускоряющий анод 5 с отверстием. Имеются фокусирующие линзы 6, 7, изготовленные из статических магнитов, преимущественно кольцеобразные по сечениям. Фокусирующие магнитостатические линзы имеют щелевые прорези 8, разделяющие полюса магнитов по наименьшим линиям пересечения магнитов с плоскостями линз 6, 7, перпендикулярными к продольной плоскости симметрии вакуумной камеры 2, полюсные наконечники 9, 10 и электромагнитную отклоняющую систему 11. Электронно-однолучевое

устройство предназначено для сварки изделия 12.

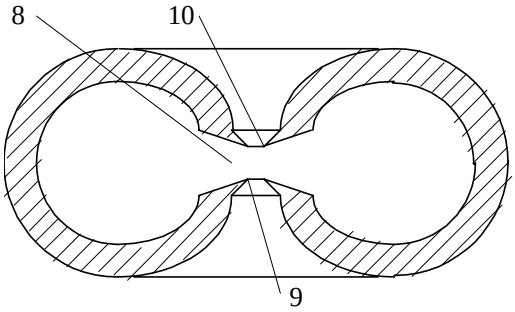

Рисунок 2 – Вертикальное сечение фокусирующей магнитостатической линзы

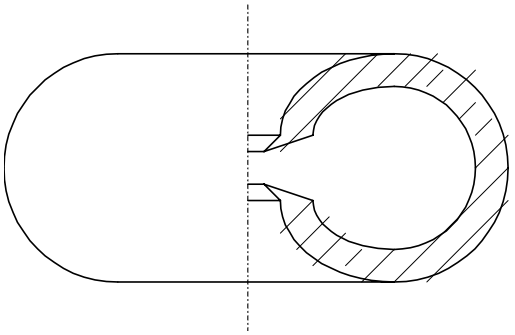

Рисунок 3 – Половинное сечение фокусирующей магнитостатической линзы

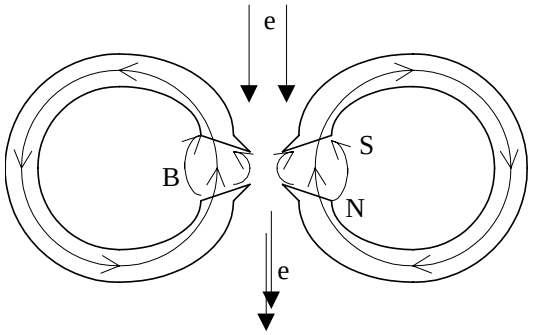

Рисунок 4 – Вертикальное сечение фокусирующей линзы с указанием направлений линий магнитной индукции «B»

Катод 3 выполнен из монокристалла гексаборида лантана и обеспечивает электрический ток в 1 ампер. Фокусирующие линзы 6, 7 выполнены в виде полых торов. В качестве плоскостей фокусирующих линз 6, 7, перпендикулярных к продольной плоскости симметрии вакуумной камеры 2, использованы плоскости симметрии торов. Каждый статический магнит снабжён щелевой прорезью 8, разделяющей полюса N и S статического магнита по наименьшим линиям пересечения полого тора с плоскостью симметрии тора, совпадающей с плоскостью линзы и перпендикулярной к продольной плоскости симметрии вакуумной камеры 2.

Предлагаемое устройство электронно-лучевой сварки работает следующим образом. Высоковольтный источник 1 питания обеспечивает электрической энергией функционирование всех узлов устройства электронно-лучевой сварки, в том числе обеспечивает нагрев расположенного в вакуумной камере 2 катода 3. Катод 3 позволяет непрерывно работать до 30 часов. Из него происходит эмиссия электронов. Выходящие из катода 3 электроны сначала формируются в направленный поток электронов. Затем с помощью электрического поля между катодом 3, сеткой 4 смещения электрического потенциала с отверстием и ускоряющим анодом 5 электроны фокусируются в луч с диаметром, сначала равным диаметру отверстия в сетке 4 смещения потенциала, затем в луч, равным диаметру отверстия в аноде 5. Разность потенциалов между ускоряющим анодом 5 и катодом 3 достигает нескольких десятков тысяч вольт, поэтому испускаемые катодом 3 электроны на пути к аноду 5 приобретают высокую кинетическую энергию. Далее, для увеличения плотности энергии в электронном луче, после выхода электронов из отверстия ускоряющего анода 5 электроны направляются в фокусирующую линзу 6. Электроны «e» направлены противоположно усреднённому направлению линиям магнитной индукции «B» фокусирующего магнитного поля. Формирование фокусирующего магнитного поля осуществляется статическим магнитом, из которого выполнена линза 6. Распределение индукции «B» между полюсами N и S статического магнита по радиусу фокусирующей линзы 6 таково, что в центре каждой линзы получается фокусирующее магнитное поле и зона фокусировки электронов «e», где и осуществляется фокусировка луча электронов «e». В каждой точке пространства вокруг фокусируемого луча индукция «B» фокусирующего статического магнитного поля не изменяется во времени по величине и по направлению в пространстве. Индукция «B» магнитного поля и степень неоднородности магнитного поля получаются в зависимости от формы щелевой прорези 8 и формы полюсных наконечников 9, 10 фокусирующей линзы 6. Магнитный поток приводит к действию силы Лоренца на все пролетающие электроны «e». У направленного электронного луча по оси фокусирующей линзы 6 постоянный магнит-

ный поток осуществляет ещё большую фокусировку. Магнитное поле фокусирующей линзы 6 особенно активно воздействует на электроны «е» в поверхностных слоях потока электронов «е», что и приводит к фокусировке электронного луча. Глубина фокусировки, профиль магнитного поля и параметры электронного луча зависят от конструкции полюсных наконечников 9, 10 и формы щелевой прорези 8. Разделение полюсов N и S статического магнита обеспечивает однородную индукцию «В» магнитного поля вокруг фокусируемого электронного луча. После фокусирующей линзы 6 электроны следуют в такую же фокусирующую линзу 7, где происходят аналогичные процессы, далее в электромагнитную отклоняющую систему 11 и затем к свариваемому изделию 12, размещённому по ходу электронов после электромагнитной отклоняющей системы 11. Перемещение луча по свариваемому изделию 12 осуществляется с помощью электромагнитной отклоняющей системы 11, позволяющей устанавливать луч точно по линии сварки на свариваемом изделии 12.

Предлагаемое новшество повышает фокусировку луча электронов созданием стабильного во времени магнитного поля с помощью фокусирующей линзы; снижает энергопотребление устройства электронно-лучевой сварки, обусловленное использованием фокусирующих линз, не требующих электрического тока; уменьшает габариты устройства электронно-лучевой сварки вследствие исключения витков изолированного немагнитного провода из фокусирующих линз. При использовании предлагаемого устройства электронно-лучевой сварки уменьшаются материальные и финансовые затраты на изготовление и эксплуатацию устройства, т.к. оно не требует применения громоздких и энергоёмких электромагнитов линзы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доронин В.Т. Устройство для электронно-лучевой сварки / Патент РФ на изобретение № 2186665. Опубликовано 10.08.2002. Бюллетень № 22. 8 с.

2. Доронин В.Т. Устройство для электронно-лучевой сварки / Патент РФ на изобретение № 2186666. Опубликовано 10.08.2002. Бюллетень № 22. 8 с.

3. Доронин В.Т. Устройство для электронно-лучевой сварки / Патент РФ на изобретение № 2217280. Опубликовано 27.11.2003. Бюллетень № 33. 6 с.

4. Доронин В.Т., Задонцев В.Ф. Устройство для электронно-лучевой сварки / Патент РФ на изобретение № 2217281. Опубликовано 27.11.2003. Бюллетень №33. 6 с.

5. Доронин В.Т. Устройство для электронно-лучевой сварки / Патент РФ на изобретение №22 17282. Опубликовано 27.11.2003. Бюллетень № 33. 6 с.

6. Доронин В.Т. Разделение и фокусировка заряженных частиц магнитными и электрическими барьерами. – Барнаул: Издательство Алтайского Центра НТИ, 2000 г., ISBN – 5 – 94134-001-X, 292 с.

7. Ковнир Е.А., Доронин В.Т. Сверхпроводники приводят к простым устройствам / Электроэнергия и будущее цивилизации. Материалы международной научно-технической конференции. – Томск: ТПУ. С. 79-82.

8. Доронин В.Т., Ковнир Е.А. Устройство для электронно-лучевой сварки / Электроэнергия и будущее цивилизации. Материалы международной научно-технической конференции. – Томск. ТПУ. С. 58-61, 331-334.

9. Доронин В.Т. Устройство с фокусирующей центробежно-магнитной линзой для электронно-лучевой сварки // Обработка металлов №21231/2004. Спец. вып. по материалам 2-ой Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе». – Новосибирск, 2004. С. 35-36.

10. Доронин В.Т. Устройства для объединения заряженных частиц в электронно-лучевых и ионно-лучевых сварочных устройствах / Материалы международной научно-технической конференции «Электроэнергетика, электротехнические системы и комплексы». – Томск: РауШмбХ.

11. Доронин В.Т. Электрические и магнитные барьеры для разделения веществ в экспериментальной физике. Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, АлтГТУ, 23.12.03. ВАК России. Дело № 0386.

12. Доронин В.Т. Электрические и магнитные барьеры для разделения веществ в экспериментальной физике. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора технических наук Барнаул, АлтГТУ, 23.12.2003 г. ВАК России. Дело № 0386.