Полесский, Олег Александрович. Стабилизация формирования швов при высокоскоростной дуговой сварке неплавящимся электродом : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.10 / Полесский Олег Александрович; [Место защиты: Волгогр. гос. техн. ун-т].- Волгоград, 2011.- 130 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/1180

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Волгоградский государственный технический университет

На правах,рукописи



Полесский Олег Александрович **СТАБИЛИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ШВОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКЕ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ**

Специальность 05.02.10 - Сварка, родственные процессы и

технологии

*Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук*

*Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Лапин Игорь Евгеньевич*

ВОЛГОГРАД - 2011

Оглавление

Введение

Глава 1 Способы повышения производительности сварки неплавящим- ся электродом в инертных газах (литературный обзор)

1. Газодинамическое воздействие дуги на металл сварочной ванны
2. Влияние внешнего магнитного поля на технологические свойства дуги
3. Формирование швов и образование дефектов при сварке неплавящимся электродом
4. Давление сварочной дуги и его влияние на формирование сварного соединения
5. Проплавляющая способность дуги с неплавящимся электр- дом
6. Цель и задачи исследований

Глава 2 Материалы, оборудование и методики выполнения экспери­ментов

1. Материалы и оборудование
2. Оценка проплавляющей способности дуги постоянного то­ка с неплавящимся электродом
3. Методы исследования электромагнитных процессов
4. Определение силового воздействия дугового разряда на расплавленный металл сварочной ванны
5. Методика визуализации катодных процессов и кинетики формирования сварных швов

Выводы к главе 2

Глава 3 Исследование влияния формы рабочего участка электрода на электромагнитное и термосиловое воздействие дуги

1. Исследование нарушения формирования швов при сварке 71 неплавящимся катодом
2. [Математическая модель дугового разряда в инертных газах 75](#bookmark24)
3. [Изучение свойств дугового разряда 86](#bookmark29)
4. [Конструкции неплавящихся электродов 97](#bookmark33)

[Выводы к главе 3 105](#bookmark39)

[Глава 4 Технологические характеристики сильноточной 106](#bookmark40)

сварочной дуги в аргоне

* 1. Проплавляющая способность дуги с электродом с прорезью 106 на рабочем участке
  2. [Формирование швов при сварке сильноточной дугой 111](#bookmark43)
  3. [Стойкость неплавящихся электродов новых конструкции 114](#bookmark44)
  4. Технологические рекомендации по аргонодуговой сварке 116 неплавящимся электродом новой конструкции

Выводы к главе 4 120

Литература 122

Приложения

**Введение**

В настоящее время в машиностроении широкое применение находят высоколегированные стали, цветные металлы и их сплавы, основным спосо­бом соединения которых является сварка неплавящимся электродом. Совре­менные темпы производства обуславливают высокие требования к произво­дительности процесса и качеству формирования шва при сварке.

Исследованиям в области дугового разряда в инертных газах, а также его взаимодействию со свариваемым материалом посвящены работы А. А. Ерохина, А. Д. Размышляева, А. В. Петрова, В. П. Сидорова, JI.M. Лобанова, И. В. Пентегова, И. М. Ковалева, В. Н. Селяненкова, В. А. Косовина, А. В. Савинова, Т. W. Eagar, W. F. Savage, V. P. Kuianpaa, A. Kumar, T. DebRoy, J. F. Key, И. В. Суздалева, В. Л. Руссо и многих других.

Основными путями повышения производительности дуговой сварки являются увеличение силы тока и применение активирующих флюсов и до­бавок галоидосодержащих газов (работы В. П. Прилуцкого, В. Н. Замкова, С. Г. Паршина и др.), обеспечивающих контрагирование дугового разряда, и, как следствие, высокую концентрацию вводимой энергии. Однако реализо­вать на практике первый способ, в большинстве случаев, не удается ввиду нарушения формирования швов и низкой стойкости рабочего участка непла- вящегося электрода традиционной конструкции. Применение активирующих флюсов также негативно сказывается на стойкости катодов и неэффективно при токах свыше 275А вследствие того, что пары флюса уносятся из дуги и перестают влиять на ее строение.

В работах И. М. Ковалева, А. Д. Размышляева, Г. Г. Чернышова пока­зано, что воздействие внешнего электромагнитного поля на дугу при сварке неплавящимся электродом позволяет улучшить формирование и качество ме­талла сварного шва, а также повысить производительность процесса. Однако сложность дополнительного оборудования и минимизация эффекта при свар­ке на высоких значениях силы тока, а также соединении ферромагнитных ма­териалов сдерживает широкое применение данного способа.

В литературе не полностью раскрыты механизмы влияния конструкции неплавящихся электродов на формирование швов, отсутствуют систематизи­рованные данные о взаимосвязях формы рабочего и условий протекания ка­тодных процессов с распределением давления дуги на сварочную ванну, ха­рактер которого в значительной мере определяет гидродинамические процессы в сварочной ванне.

В связи с вышеизложенным, для разработки путей и средств повыше­ния производительности и стабильности процесса сварки неплавящимся электродом необходим комплексный подход, учитывающий влияние конст­рукции неплавящегося электрода на создаваемое протекающим по нему то­ком электромагнитное поле и, как следствие, термосиловое воздействие раз­ряда на расплавленный металл сварочной ванны, определяющее проплавляющую способность дуги и качество формирования сварного шва.

*Целью работы* является повышение производительности сварки непла­вящимся электродом на основе увеличения пространственной устойчивости дуги и стабильности формирования швов.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

1. Обобщены существующие представления о механизмах нарушения формирования швов при сварке неплавящимся электродом в инертных газах.
2. Разработаны методика и математическая модель определения топо­графии напряженности магнитного поля сварочного тока в зоне сварки.
3. Определено влияние электромагнитного поля, создаваемого рабочим участком электрода, на пространственную стабилизацию и положение анод­ного пятна дугового разряда.
4. Выявлена зависимость силового воздействия сварочной дуги от вели­чины и характера распределения напряженности собственного магнитного поля тока.
5. На основе экспериментов и математического моделирования оценено влияние конструкции неплавящегося электрода и параметров режима сварки на электромагнитную составляющую давления дуги.
6. Разработаны пути и средства стабилизации формирования сварных швов при сварке неплавящимся электродом дугой постоянного тока на высо­ких значениях тока и скорости сварки.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использо­ванной литературы и приложения. Работа содержит 130 страниц, 82 рисунка и 6 таблиц. Список литературы содержит 131 наименований.

***Во введении*** дается обоснование актуальности предмета исследований, формулируются цели и задачи диссертационной работы, определяется прак­тическая значимость полученных результатов.

***В первой главе*** рассмотрены и обобщены литературные данные по проблемам улучшения устойчивости дуги и формирования сварных швов, повышения производительности сварки; поставлены задачи исследований и намечены пути их решения.

***Во второй главе*** приведены применяемые методики оценки проплав­ляющей способности дуги в аргоне силового и теплового воздействия разря­да на металл сварочной ванны, нагрева неплавящихся электродов при сварке, а также методики исследования электромагнитных процессов и визуализации кинетики формирования сварных швов.

***Третья глава*** посвящена разработке физико-математической модели горения дуги, получены взаимосвязи формы рабочего участка и характера распределения напряженности магнитного поля тока, приведены новые кон­струкции неплавящихся электродов.

***Четвертая глава*** по результатам исследований выработаны методиче­ские и технологические рекомендации по сварке неплавящимся электродом

***В приложении*** к работе приведен патент на полезную модель.

**Научная новизна работы** заключается в выявлении взаимосвязей фор­мы рабочего участка неплавящегося электрода с особенностями формируе­мого им магнитного поля, характером протекания катодных процессов и про­странственной стабильностью дуги при сварке на повышенных скоростях.

Разработана трехмерная физико-математическая модель процесса горе­ния дуги с неплавящимся электродом, учитывающая геометрию основных элементов системы катод - анод, изменение их теплофизических свойств в зависимости от температуры, взаимодействие магнитного поля, создаваемым электродом, с собственным магнитным полем разряда, а также взаимосвязь этих параметров с пространственной устойчивостью последнего.

Показано, что при взаимодействии несимметричного магнитного поля тока в прикатодной зоне, определяемого формой рабочего участка электрода, с собственным полем разряда, формируются радиально направленные силы Лоренца, изменяющие распределение удельного теплового потока дуги с кругового на эллиптический.

Установлено, что формирование в прикатодной зоне сектора с понижен­ной напряженностью магнитного поля приводит к отклонению оси дугового разряда в направлении этой области, что позволяет компенсировать естест­венное отставание дуги при сварке на скоростях до 70 м/ч и обеспечивает пе­реход к режиму горения дуги с диффузным катодным пятном при низких плотностях тока, не превышающих 25А/мм2.

Основные положения диссертационного исследования **опубликованы** в работах:

**Журнальные статьи из списка ВАК:**

1. Влияние состава защитного газа и конструкции неплавящегося катода на проплавляющую способность дуги и формирование сварных швов / А.В. Савинов, В.И. Атаманюк, И.Е. Лапин, В.И. Лысак, И.Л. Пермяков, О.А. По­лесский // Сварочное производство. - 2009. - №12. - С.39 - 42.
2. Влияние конструкции неплавящегося электрода на формирование шва при аргонодуговой сварке / О.А. Полесский, А.В. Савинов, И.Е. Лапин, В.И. Лысак, И.В. Арефьев // Известия ВолгГТУ. - 2010. - Выпуск 4. - С. 14 - 19.
3. Определение профиля свободной поверхности сварочной ванны при дуговой сварке / А.В. Савинов, И.Е. Лапин, В.И. Лысак, О.А. Полесский // Сварка и Диагностика. - 2010. - №1. - С.24 - 27.
4. Математическая модель давления дуги на сварочную ванну при свар­ке неплавящимся электродом / А.В. Савинов, И.Е. Лапин, В.И. Лысак, О.А. Полесский // Сварка и Диагностика. - 2010. - №2. - С.26 - 30.
5. Основные закономерности изменения энергетических и технологиче­ских характеристик дугового разряда в смесях инертных газов /А.В. Сави­нов, О.А. Полесский, И.Е. Лапин, В.И. Лысак, И.В. Арефьев, // Сварка и Ди­агностика. -2010. -№6. — С.14- 16.
6. Моделирование тепловых процессов локальной электродуговой тер­мообработки сварных соединений неплавящимся электродом / И.В. Арефьев, И.Е. Лапин, В.Н. Стяжин, А.В. Савинов, В.И. Лысак, О.А. Полесский // Сборка в машиностроении, приборостроении. - 2011. - № 3. - С. 44-48

**Остальные публикации:**

1. Пат. №88308 Российская Федерация, МКИ 6 В23К 35/02. Неплавя- щийся электрод для дуговой сварки / Полесский О.А., Савинов А.В., Лапин И.Е., Арефьев И.В., Лысак В.И. ; заявитель и патентообладатель Волгоград­ский гос. техн. ун-т. - заявл. 27.05.09. - опубл. 10.11.09, Бюл. № 31.
2. Проплавляющая способность дуги при сварке неплавящимся катодом в инертных газах / В.И. Атаманюк, А.В. Савинов, И.Е. Лапин, О.А. Полес­ский // Всероссийская научно-техническая конференция "Новые материалы и технологии" - НМТ-2008: сб. статей. Москва, 2008. С. 29 - 31.
3. Кинетика формирования сварных швов при сварке неплавящимся ка­тодом / И.Е. Лапин, О.А. Полесский, А.В. Савинов, В.И. Атаманюк // Всерос­сийская научно-техническая конференция "Новые материалы и технологии" - НМТ-2008: сб. статей. Москва, 2008. С. 38 - 39.
4. Влияние защитного газа и конструкции неплавящегося катода на формирование сварных швов / А.В. Савинов, О.А. Полесский, В.И. Атама­нюк, И.Е. Лапин // Всероссийская научно-техническая конференция "Новые материалы и технологии" - НМТ-2008: сб. статей. Москва, 2008. С. 47 - 49.
5. Математическое моделирование распределения давления дуги на по­верхности сварочной ванны при сварке неплавящимся электродом / И.Е. Ла­пин, А.В. Савинов, В.И. Лысак, О.А. Полесский // Славяновские чтения "СВАРКА -XXI ВЕК": сб. статей, книга 2. Липецк, 2009. С. 150 - 154.
6. Кинетика нарушения формирования сварных швов при сварке дугой с неплавящимся электродом / О.А. Полесский, А.В. Савинов, И.Е. Лапин, Р.В. Алексеев, А.С. Христофоров, By Тхань Луан // Международная научно- техническая конференция "Новые материалы и технологии в машинострое­нии": сб. статей. Брянск, 2010. С. 100 - 103.
7. Влияние состава защитного газа на энергетические и технологиче­ские характеристики дугового разряда / О.А. Полесский, А.В. Савинов, И.Е. Лапин, Р.В. Алексеев, А.С. Христофоров, By Тхань Луан // Международная научно-техническая конференция "Новые материалы и технологии в маши­ностроении": сб. статей. Брянск, 2010. С. 103 - 106.
8. Полесский, О.А. Повышение производительности дуговой сварки неплавящимся электродом / О.А. Полесский, И.Е. Лапин // XIV Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области: тезисы док­ладов. Волгоград, 2010. С. 121 - 124.
9. Полесский, О.А. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом / О.А. Полесский, А.В. Залипаев // Всероссийская научно-практическая кон­ференция "Инновационные материалы и технологии в машиностроительном производстве": сб. статей. Орск, 2011. С. 50 - 53.
10. Распределение давления на поверхности сварочной ванны при сварке дугой постоянного тока неплавящимся электродом / С.С. Комаров, Н.С. Жи- вотенко, О.А. Полесский, А.В. Савинов // Всероссийская научно- практическая конференция "Инновационные материалы и технологии в ма­шиностроительном производстве": сб. статей. Орск, 2011. С. 62 - 63.

Основные положения диссертационной работы *докладывались и об­суждались* на международных и всероссийских научно-технических конфе­ренциях: "Новые материалы и технологии" - НМТ-2008 МАТИ (Москва - 2008), Славяновские чтения "СВАРКА - XXI ВЕК" (Липецк - 2009), "Новые

материалы и технологии в машиностроении" (Брянск - 2010), "Инновацион­ные материалы и технологии в машиностроительном производстве" (Орск - 2011), Заочная всероссийская научно - техническая конференция "Совре­менные проблемы повышения эффективности сварочного производства" (Тольятти - 2011), а также на XIII и XIV региональных конференциях моло­дых исследователей Волгоградской области, ежегодных внутривузовских конференциях ВолгГТУ (2008-2011гг.) и научных семинарах кафедры «Обо­рудование и технология сварочного производства» ВолгГТУ, г. Волгоград.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам кафедры сварки ВолгГТУ за помощь в проведении исследований и подготовке диссертации.

Выводы к главе 4:

1. Электроды предложенных конструкций (с пазом и прорезью на рабочих участках) работают в более благоприятных термических условиях по сравне­нию со стандартными конструкциями, что выражается в более равномерном распределении температуры на рабочем участке. Это обеспечивает максималь­ные значения стойкости и длительной работоспособности.
2. Технологические особенности сильноточной дуги с электродами новых конструкции в аргоне не создают принципиальных трудностей для ее внедре­ния в производство, обеспечив тем самым расширение области применения ар­гонодуговой сварки неплавящимся электродом и увеличения ее производитель­ности.
3. Установлено, что эллиптическое распределение термосилового воздей­ствия дуги с электродом с прорезью на рабочем участке позволяет в значитель­ной мере расширить технологические характеристики процесса. Различная ори­ентация прорези относительно направления сварки существенным образом влияет на форму и размеры шва.
4. Показано, что качество формирования швов при сварке неплавящимся электродом на высоких значениях силы тока и скорости зависит от характера распределения термосилового воздействия на поверхность сварочной ванны. Достаточный прогрев боковых частей ванны обеспечивает качественное фор­мирование швов без подрезов.

Литература

1. Теоретические основы сварки / Под ред. В.В. Фролова. - М.: Высшая школа. - 1970. - 592с.
2. Порицкий П.В., Прилуцкий В.П., Замков В.Н. Влияние защитного газа на контракцию сварочной дуги с вольфрамовым катодом // Автоматическая сварка. - 2004. - № 6. - С. 3 - 10.
3. Бадьянов Б.Н., Давыдов В.А., Иванов В.А. Некоторые характеристики дуги, горящей в аргоне с добавкой галоидосодержащего газа // Автоматическая сварка. - 1974. - № 11. - С. 67.
4. Паршин С.Г. Влияние активирующих флюсов на формирование сварных швов при ручной аргонодуговой сварке // Сварочное производство. — 2000.-№ 10.-С. 23-27.
5. Казаков Ю.В., Корягин К.Б., Потехин В.П. Влияние на проплавление активирующих флюсов при сварке сталей толщиной более 8мм // Сварочное производство. - 1989. - № 9. - С. 38 - 41.
6. Паршин С.Г. Состав и выбор пастообразных флюсов для дуговой сварки энергетического оборудования *И* Промышленная энергетика. - 2000. - №
7. - С. 18-21.
8. Паршин С.Г. Механизм контрагирования дуги и состав активирующего флюса для стохастического режима аргонодуговой сварки теплоустойчивых сталей // Энергосбережение Поволжья. - 2001. - № 1. — С. 32-34.