

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Чинахова Дмитрия Анатольевича

«Развитие теоретических и технологических основ динамического воздействия струи активного защитного газа на процессы в зоне сварки плавящимся электродом», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы

Представленная диссертационная работа Чинахова Д.А. посвящена совершенствованию процесса сварки плавящимся электродом в среде защитных газов, путем усиления динамического воздействия активного защитного газа на кинетику плавления и переноса электродного металла в сварочную ванну, стабильность тепломассопереноса, структуру и свойства неразъемных соединений. Данная тема является актуальной в связи с повышением требований к качеству и обеспечению стабильности процесса сварки плавящимся электродом и получаемых свойств неразъемных соединений в условиях струйной газовой защиты.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Содержание изложено на 224 страницах основного текста, включая 156 рисунков, 29 таблиц и 230 наименований библиографических ссылок. По структуре и содержанию диссертации замечаний нет.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследования, показана степень разработанности темы, определены цель исследований и задачи, решение которых необходимо для ее достижения, сформулирована научная новизна и ценность работы, показана практическая значимость и связь с государственными программами и НИР, описаны методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, представлена структура диссертации.

В первой главе приведен литературный обзор известных способов совершенствования процесса сварки плавящимся электродом в среде защитных газов и управления свойствами сварных соединений. Дана условная классификация известных подходов к решению проблемы повышения эксплуатационной надежности и управления свойствами сварных конструкций.

Во второй главе определено взаимодействие струи активного защитного газа (CO_2) с каплей электродного металла, описана методика расчета газодинамического воздействия струи защитного газа на каплю электродного металла при механизированной сварке плавящимся электродом. Предложена методика прогнозирования содержания марганца в металле шва при сварке плавящимся электродом в среде CO_2 в зависимости от скорости истечения защитного газа и содержания марганца в электродной проволоке и основном металле.

В третьей главе рассмотрено взаимодействие струи активного защитного газа (CO_2) с поверхностью сварочной ванны, проведена оценка

газодинамического влияния струи защитного газа на ее поверхность. Предложена модель газодинамического воздействия струи защитного газа на гидродинамические процессы в сварочной ванне при сварке плавящимся электродом с двухструйной газовой защитой в среде CO_2 . Описано влияние струи защитного газа на параметры сварочной ванны и геометрию сварного шва.

Четвертая глава посвящена изучению газодинамического влияния струи защитного газа на распределение тепла в изделии при сварке плавящимся электродом в активном защитном газе. Описана уточненная методика расчета распределения тепла в пластине при автоматической сварке плавлением в среде CO_2 за один проход при двухструйном истечении защитного газа.

В пятой главе приведены результаты экспериментальных исследований и закономерности изменения химического состава, структуры и свойств металла шва и зоны термического влияния сварных соединений при варьировании технологических приемов и параметров их получения, состава и скорости истечения защитного газа как одного из основных способов управления характеристиками тепломассопереноса и физическими условиями существования дугового разряда. Показана корреляционная взаимосвязь эксплуатационных свойств сварных соединений и химического состава металла шва с технологическими параметрами режима сварки плавящимся электродом с двухструйной газовой защитой.

В заключении приведены основные результаты и выводы диссертационной работы.

К основным новым научным результатам работы можно отнести:

1. Сформулированы принципы управления газодинамическим воздействием струи активного защитного газа процессами, протекающими в зоне сварки, и свойствами соединений при сварке в условиях двухструйной газовой защиты.
2. Определено влияние параметров газовой защиты на кинетику формирования и эксплуатационные свойства неразъемных соединений при сварке плавящимся электродом с двухструйной газовой защитой.
3. Разработана методика расчета силы газодинамического воздействия струи активного защитного газа на каплю электродного металла при механизированной сварке плавящимся электродом. Показано, что применение двухструйной газовой защиты приводит к увеличению силы действия струи активного защитного газа на каплю электродного металла, которая способствует увеличению частоты и стабильности переноса капель. Частота переноса капель при двухструйной защите по сравнению с традиционной возрастает в среднем в 1,6 раза, при этом наблюдается уменьшение размера капель и повышение качества неразъемного соединения.
4. Предложена методика прогнозирования содержания марганца в капле электродного металла и металле шва при сварке плавящимся электродом в среде CO_2 в зависимости от скорости истечения защитного газа, содержания марганца в электродной проволоке и основном металле. Установлена

убывающая линейная зависимость содержания марганца в металле шва от скорости истечения защитного газа. Разработанная методика позволяет выполнить расчет содержания марганца в металле шва при сварке плавящимся электродом в среде CO_2 конструкционных сталей в щелевую разделку с погрешностью не более 10 %.

5. Теоретически и экспериментально установлены закономерности влияния скорости истечения активного защитного газа на газо- и гидродинамику процессов в зоне дугового разряда и сварочной ванне при сварке плавящимся электродом.

6. Предложена модель газодинамического воздействия струи защитного газа на динамику жидкого металла сварочной ванны при сварке плавящимся электродом с двухструйной газовой защитой в среде CO_2 . Описана физическая природа взаимодействия струи газа с поверхностью сварочной ванны и причины изменения глубины проплавления.

7. Разработана методика расчета распространения температурных полей на поверхности изделия при автоматической сварке плавящимся электродом пластин за один проход в условиях двухструйной газовой защиты, которая позволяет определить термический цикл точки и скорость охлаждения на поверхности свариваемых пластин с погрешностью не более 10 %.

8. Теоретически и экспериментально доказано, что управление параметрами струи защитного газа при сварке плавящимся электродом является дополнительным инструментарием управления стабильностью тепломассопереноса и характера протекания металлургических процессов в зоне дугового разряда, обеспечивающим стабильное структурно-фазовое состояние шва и стабильные механические свойства неразъемных соединений.

9. Экспериментально доказано положительное влияние двухструйной газовой защиты на химический состав, микроструктуру и свойства сварных соединений из склонных к закалке сталей. Установлено, что разработанный способ сварки плавящимся электродом многослойных соединений из легированных сталей с щелевой разделкой в условиях двухструйной газовой защиты стационарной дугой обеспечивает уменьшение химической и структурной неоднородности, измельчение структуры металла шва, плавный переход от наплавленного металла к основному, эксплуатационную надежность и равнопрочность сварных соединений.

10. Разработаны рациональные технологические рекомендации для сварки легированных сталей с щелевой разделкой кромок, обеспечивающие надежное сплавление кромок с наименьшим тепловложением. Разработанный способ сварки легированных сталей в щелевую разделку перспективен для применения в машиностроении, судостроении, оборонной промышленности, для ремонта и строительства трубопроводов.

Значимость работы для науки заключается в развитии теории влияния динамики истечения активного защитного газа на газо- и гидродинамику процессов в зоне дугового разряда и сварочной ванне при сварке плавящимся электродом. Результаты выполненных комплексных теоретических и

экспериментальных исследований легли в основу разработки новых технологических способов сварки плавящимся электродом в условиях струйной газовой защиты. Установлено доминирующее влияние параметров газовой защиты на стабильность и кинетику формирования неразъемных соединений из сталей, склонных к закалке, при сварке плавящимся электродом с двухструйной газовой защитой и их эксплуатационные свойства. Предложена методика расчета силы газодинамического воздействия струи защитного газа на каплю электродного металла при механизированной сварке плавящимся электродом. Предложена методика прогнозирования содержания марганца в капле электродного металла и металле шва при сварке плавящимся электродом в зависимости от скорости истечения защитного газа CO_2 и содержания марганца в электродной проволоке. Разработана методика расчета распределения тепла при автоматической сварке пластин за один проход на основе анализа результатов экспериментальных и теоретических исследований термических циклов при сварке плавлением в CO_2 . Экспериментально доказано положительное влияние параметров двухструйной газовой защиты при сварке плавящимся электродом на химсостав, микроструктуру и свойства сварных соединений из сталей, склонных к закалке. Установлена корреляционная взаимосвязь эксплуатационных свойств сварных соединений и химического состава металла шва с технологическими параметрами режима сварки плавящимся электродом с двухструйной газовой защитой.

Результаты исследований, разработанный способ сварки и технологические рекомендации его применения при производстве сварных металлоконструкций из сталей, склонных к закалке, использованы на ОАО «Сибметаллургмонтаж» (г. Юрга), ОАО «Сургутнефтегаз» (г. Сургут). Результаты исследований успешно используются в учебном процессе и научно-исследовательской работе студентов специальности «Оборудование и технология сварочного производства» в Юргинском технологическом институте Национального исследовательского Томского политехнического университета в течение нескольких лет.

Достоверность основных положений, выносимых на защиту, результатов и выводов работы подтверждается представительным объемом экспериментальных данных, высокой степенью воспроизводимости результатов экспериментов, использованием статистических методов обработки экспериментальных данных, а также эффективностью предложенных технических решений, подтвержденной результатами лабораторных испытаний и внедрением в производство.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию, отражает актуальность работы, ее цель и задачи, научную новизну, практическую значимость, обоснованность и достоверность научных положений, результатов и выводов.

Результаты научных исследований, представленных в диссертации опубликованы в 175 печатных работах, из них 22 в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных Высшей аттестационной комиссией, 19

в журналах, индексируемых базой данных Scopus, 3 монографии, 1 патент на изобретение, 4 свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ. Работа прошла апробацию на международных и всероссийских конференциях.

Замечания по работе

1. Из материалов работы непонятно влияет ли изменение диаметра контактного наконечника на параметры истечения защитного газа из двухструйного сопла.
2. Расчеты не определяют, при каких условиях сила действия струи защитного газа становится соизмерима с основными силами, действующими на каплю расплавленного электродного металла.
3. Не показано какие изменения претерпевает структура металла сварного шва при воздействии двухструйной газовой защиты.
4. По оформлению работы замечены следующие отступления:
 - 4.1. Ряд аббревиатур не расшифровывается. На с. 19 не приведена расшифровка «ВХМН».
 - 4.2. Надстрочные и подстрочные знаки. На с.71 уравнение 2.18 и 2.19, цифра «2» должна быть в подстрочном знаке (SiO_2 , а не SiO2).
 - 4.3. Графики без обозначения осей или с частичным обозначением. На с.75 рис 2.18, на с. 91 рис 3.9, 3.10, на с.176-178 рис 5.19.
 - 4.4. На с.89 рис 3.7 и 3.8, не понятно, почему шкала-линейка начинается с различных цифр.
 - 4.5. На с.109. таблица 4.4. – не понятно, в какой из интервалов входят граничные значения. Например, 1100°C входит и в интервал $1600-1100^\circ\text{C}$ и в интервал $1100-740^\circ\text{C}$.
 - 4.6. Описание изложенного в главах диссертационной работы обычно не приводится, либо все описание должно быть приведено в автореферате.
5. В автореферате абзац с количеством публикаций почему-то размещен не на с. 6-7, а на с.27, а количество приведенных источников в работе (24 источника из списка ВАК) не соответствует количеству источников в автореферате (22 источника).
6. В автореферате не указана величина силы действия струи защитного газа на каплю электродного металла без учета диссоциации углекислого газа.
7. Не совсем понятно, что представлено на рис. 8 автореферата и что обозначают числа (05, 030 и др.) под снимками.

Сделанные замечания не ставят под сомнение общую положительную оценку работы и не опровергают ее основные результаты.

Диссертация Чинахова Дмитрия Анатольевича «Развитие теоретических и технологических основ динамического воздействия струи активного защитного газа на процессы в зоне сварки плавящимся электродом» представляет собой законченную научно-квалификационную работу в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, позволяющие с помощью усиления динамического воздействия активного защитного газа на кинетику плавления и переноса электродного металла в сварочную ванну, обеспечивать стабильность тепломассопереноса, структуру и свойства неразъемных соединений, что соответствует п. II.9 «Положения о присуждения ученых степеней».

По своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы п.15 «Тепломассоперенос в газах и жидкостях» и п.17. «Экспериментальные методы исследования динамических процессов в жидкостях и газах», а ее автор Чинахов Дмитрий Анатольевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент,
Зав. кафедрой материаловедения,
литейного и сварочного производства
Лауреат премии правительства РФ,
заслуженный изобретатель РФ,
д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет»,
654007, Кемеровская обл., г. Новокузнецк,
ул. Кирова, 42
kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru
тел. 8-3843-784315

Козырев
Николай
Анатольевич

Я, Козырев Николай Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Козырев Николай Анатольевич

Подпись Козырева Николая Анатольевича
удостоверяю

Начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет»

Т.А. Миронова

26.12.2020

Председателю
диссертационного совета
Д 003035.02
академику В.М. Фомину

ЛИЧНОЕ СОГЛАСИЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Я, Козырев Николай Анатольевич, даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Чинахова Дмитрия Анатольевича на тему: Развитие теоретических и технологических основ динамического воздействия струи активного защитного газа на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы.

О себе сообщаю:

Доктор технических наук. Диплом ДК № 025088 11 марта 2005 г
05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»
Профессор. Диплом ПР № 009040 16 февраля 2011 г

Тел: 8-905-916-70-78,

E-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru

Заведующий кафедрой «Материаловедения, литейного и сварочного производства»,
Директор научно-производственного центра «Сварочные процессы и технологии»
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
654007, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, Центральный район, Кирова ул.,
д. 42,

Тел.: (3843) 77-79-79.

Факс (3843) 46-57-92

E-mail: rector@sibsiu.ru

<http://www.sibsiu.ru>

По теме рассматриваемой диссертации имею 25 научных работ, в том числе 16 в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (список 10 из них прилагается).

Не являюсь членом экспертного совета ВАК

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело соискателя и их дальнейшую обработку.

Зав. кафедрой материаловедения,
литейного и сварочного производства
Лауреат премии правительства РФ,
заслуженный изобретатель РФ,
д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет»,

Козырев
Николай
Анатольевич

Подпись Козырева Н.А. удостоверяю
Начальник отдела кадров
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет»

Т.А. Миронова

Список основных публикаций **Козырева Николая Анатольевича оппонента**
по теме диссертации Чинахова Дмитрия Анатольевича на тему: «Развитие теоретических и технологических основ динамического воздействия струи активного защитного газа»

в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет,

1. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Никитин А.Г. / Исследование и разработка новых составов порошковой проволоки системы С – Si – Mn – Cr – V – Mo для наплавки прокатных валков// Известия вузов. Черная металлургия. – 2016. – т. 59. – № 10. – С. 727-733.

2. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Башенко Л.П. / Совершенствование состава порошковых проволок системы С – Si – Mn – Cr – W – V с целью повышения качества и эксплуатационных характеристик наплавленного слоя// Известия вузов. Черная металлургия. – 2016. – т. 59. № 11. – С. 806-813.

3. Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Соколов П.Д. / Повышение качества наплавленного слоя прокатных валков за счет оптимизации состава порошковых проволок// Сварочное производство. – 2017. - № 7. – С. 29-34.

4. Разработка новых порошковых проволок для наплавки деталей, работающих в условиях ударно-абразивного износа / Н.А. Козырев, А.И. Гусев, Р.Е. Крюков, А.А. Усольцев, Л.П. Башенко // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018.– Вып.7(1423). - С.70-77.

5. Разработка новых порошковых проволок для наплавки. Порошковая проволока на основе пыли газоочистки силикомарганца / Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Непомнящих А.С., Усольцев А.А., Попова М.В.// Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018.– Вып.9(1425). - С.101-106.

6. Влияние увеличения содержания хрома и углерода в порошковой проволоке системы Fe–C–Si–Mn–Cr–Ni–Mo–V на физико-механические свойства наплаваемого металла / Козырев Н.А., Прудников А.Н., Михно А.Р., Осетковский И.В., Комаров А.А // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2020.– т.76.-№5 - С.488-495.

7. Influence of Filler Metals in Welding Wires on the Phase and Chemical Composition of Weld Metal/ N A Kozyrev, I V Osetkovskiy, O A Kozyreva, E A Zernin and D S Kartsev//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 125 (2016) - pages 1-7: doi:10.1088/1757-899X/125/1/01/012027.

8. A study on the properties of the deposited metal by flux cored wires 40GMFR and 40H3G2MF/ A I Gusev, N V Kibko, N A Kozyrev, M V Popova, I V Osetkovsky// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 150 (2016) 012033- pages 1-9| doi:10.1088/1757-899X/150/1/012033

9. Development of a new wear-resistant flux cored wire for welding armor on the buckets of mining equipment/N A Kozyrev, R E Kryukov, A A Usoltsev, N V Kibko, A S Nepomnyashchikh //IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 206 (2018) 012035. P. 1-5. doi :10.1088/1755-1315/206/1/012035.

10. Operational factors of new flux cored wires of the Fe–C–Si–Mn–Cr–Ni–Mo system for surfacing of protective plates of shearer cutting drums / N A Kozyrev, A A Usoltsev, R E Kryukov, A I Gusev, I V Osetkovskiy //IOP Conf. Series: Earth and Environmental 377 (2019) 0121022. P. 1-12. doi :10.1088/1755-1315 /377 /1 /012022.

Зав. кафедрой материаловедения,
литейного и сварочного производства
Лауреат премии правительства РФ,
заслуженный изобретатель РФ,
д.т.н., профессор
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный
индустриальный университет»,

Козырев
Николай
Анатольевич

Дата

11.11.2020