ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/396

**ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУР ЗОНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ
НЕРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО АВТОМАТИЧЕСКОЙ
СВАРКОЙ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ С ТЕРМИТНЫМ
НАПОЛНИТЕЛЕМ**

¹Абашкин Е.Е., ¹Жилин С.Г., ¹Комаров О.Н.

¹*Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН, Комсомольск-на-Амуре*

Формирование прочного неразъемного соединения стальных элементов конструкций при минимальных энергетических и материальных затратах представляется актуальной производственной задачей. Достижение высоких прочностных характеристик таких соединений возможно в процессе сварки с использованием агрегатов автоматической дуговой сварки под слоем флюса (АДФ), преимуществами которых являются: высокая технологичность, независимость от квалификации исполнителя работ, защищенность сварочной ванны от взаимодействия с окружающей средой, потери на угар и разбрызгивания и др. Для реализации процесса используются непрерывные электроды в виде проволоки сплошного сечения или порошковых проволок в виде трубки с сердечником из смеси минералов, ферросплавов, специальных химических добавок и др.

Однако, в ряде случаев, даже при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей для обеспечения химической однородности, конструктивной прочности и объема наплавленного металла приходится увеличивать энергоемкость и число проходов электродом зон стыка, что приводит к потерям в качестве соединения. Требуемая прочность соединения достигается, как правило, при значительном количестве проходов электрода с уменьшением вводимой энергии электрической дуги, что приводит к образованию множества слоев в структуре шва, отличающегося мелким размером зерна. Теплофизические особенности формирования зоны сплавления в значительной степени определяют иерархию структуры металла зоны термического влияния в направлении от центра шва к периферии с характерными участками перегрева, перекристаллизации и т.д. Существенные различия структур и размеров зерна отмеченных выше участков зоны термического влияния также во многом зависят от скорости отведения тепла при остывании получаемого неразъемного соединения. Традиционно считается, что минимизация протяженности зона сварного шва приводит к формированию надёжного и качественного сварного соединения [1].

Возможность реализации ресурсоэффективного способа получения неразъемного соединения элементов, выполненных из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, с обеспечением требуемых прочностных и материаловедческих характеристик видится в использовании порошковой проволоки с алюмотермитным наполнителем для агрегатов АДФ [2]. Наполнитель такой проволоки преимущественно состоит из смеси фракций металлической окалины и алюминиевого сплава с добавлением лигатур. Значительная доля компонентов порошкового наполнителя является промышленными отходами. Применение такой порошковой проволоки обусловлено возможностью внесения доли тепла в процесс нагрева зоны соединения деталей за счет экзотермической окислительно-восстановительной реакция, в ходе которой происходит восстановление железа из окалины с получением термитной стали [3, 4]. Таким образом реализуется возможность использования энергий электрической дуги и алюмотермитной реакции в ходе получения неразъемного соединения. Дополнительная тепловая энергия экзотермической реакции способствует равномерному наполнению сварочной ванны, а дополнительные теплоизоляционные свойства образовавшегося за счет такой реакции шлака приводят к более медленному, но более равномерному затвердеванию (кристаллизации) материала шва. Кроме того, применение процесса направлено на сокращение производственных издержек, связанных с рядом подготовительных операций: обработкой поверхности, прокатки сварочных материалов и др. Серией предварительных экспериментов установлено, что при использовании АДФ агрегата с

Секция 8. Сварка, родственные процессы и технологии для создания технических систем ответственного и специального назначения, в том числе для эксплуатации в экстремальных условиях и низких климатических температур Арктики и Крайнего Севера

порошковой алюмотермитной проволокой в результате замедленного теплоотведения от соединения возможно снижение уровня остаточных напряжений без потерь прочности металла зоны термического влияния [5].

В связи с отмеченным выше целью эксперимента стало определение эффективного теплового режима воздействия на зону сплавления элементов металлоконструкции из углеродистых сталей, получаемого при совместном электродуговом и алюмотермическом воздействии на формирование структуры и физико-механических свойств наплавленного металла и зоны термического влияния.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

- получение сварного соединения пластин из Ст3сп и стали 45 «за один проход» электрода в виде алюмотермитной порошковой проволоки при различных параметрах теплового воздействия в автоматическом режиме сварки под флюсом;
- исследование структуры зон шва и термического влияния, зонального и химического составов;
- определение физико-механических свойств получаемых соединений;
- на основании комплекса полученных результатов исследований определение наиболее технологически приемлемого теплового режима соединения пластин из углеродистых сталей сваркой АДФ агрегатом проволокой сплошного сечения.

В результате проведенных экспериментов установлено, что достижение прочностных характеристик материала шва $\sigma_b = 360 \div 470$ МПа и $\sigma_t = 250 \div 350$ МПа, наплаваемого на пластины из Ст3сп, достигается при тепловой мощности дуги $q = 7,5 \div 8,8$ кДж/с и скорости перемещения электрода $V = 16 \div 22$ м/ч. В зоне термического влияния образуется феррито-перлитная структура. Длина зоны термического влияния составила 10 миллиметров. Размер зерна структуры металла полученного соединения уменьшается от центра к периферии.

При получении соединений пластин из стали 45 результаты $\sigma_b = 598$ МПа и $\sigma_t = 417$ МПа достигаются при использовании диапазона значений тепловой мощности дуги $q = 9,5$ кДж/с и скорости перемещения электрода $V = 20$ м/ч. Характер разрушения образцов – вязкий. В зоне термического влияния образуется феррито-перлитная структура. Длина зоны термического влияния составила 14 миллиметров. Размер зерна в зоне нормализации резко уменьшается, это обуславливается режимом теплового воздействия и склонностью к самозакаливанию стали 45.

*Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00414-19-00

1. Лившиц, Л.С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений / Л. С. Лившиц, А. Н. Хакимов – 2-е изд. Перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1989. – 336 с.
2. Абашкин Е.Е., Комаров О.Н., Жилин С.Г., Предеин В.В., Ткачева А.В., Панченко Г.Л. Порошковая проволока // патент на изобретение RUS 2675876 29.12.2017
3. Абашкин Е.Е., Жилин С.Г., Комаров О.Н., Богданова Н.А. Влияние теплового режима на напряженно-деформированное состояние элементов неразъемной металлоконструкции, полученных при электродуговом и алюмотермитном воздействиях // Вестник Чувацкого государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2018. № 3 (37). С. 58-68.
4. Абашкин Е.Е., Жилин С.Г., Комаров О.Н., Ткачева А.В. Влияние теплового режима совместного электродугового и алюмотермического воздействия на формирование структуры и свойств наплаваемого металла // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2018. Т. 20. № 2. С. 62-74.
5. Абашкин, Е.Е. Температурные напряжения пластины / Е. Е. Абашкин, М. Каинг, А. В. Ткачева // Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева Серия: Механика предельного состояния, 2016. – № 4 (30). – С. 24 – 32.