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: 10.17223/9785946218412/394

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ НАПЛАВКИ С ПОДОГРЕВОМ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЕВ

¹Крампит М.А., ¹Кузнецов М.А., ²Данилов В.И., ³Крампит А.Г., ²Шляхова Г.В.

¹ *Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, Юрга*

² *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

³ *АО «НПП «Исток» им. Шокина», Фрязино*

Одним из самых доступных способов нанесения защитных и упрочняющих слоев из материалов с особыми свойствами на широко распространенные недорогие углеродистые стали является дуговая наплавка в среде защитных газов плавящимся электродом, сочетающая в себе доступность оборудования, высокую производительность и возможность автоматизации. Но существует проблема с фазовым совершенством наплавленного слоя, так как для повышения производительности необходимо увеличивать силу сварочного тока, что в свою очередь приводит к усилению перемешивания и загрязнению слоя основным металлом. Задача может быть решена путем предварительного подогрева электродной проволоки, что позволит снизить силу сварочного тока, а следовательно, уменьшить перемешивающее воздействие дуги на сварочную ванну.

Исследовался процесс наплавки MIG-сваркой антикоррозионного слоя из стали 12Х18Н9Т на сталь 20. Наплавка производилась с обратной связью по напряжению в паузе. Импульс тока накладывался на дежурную дугу при снижении порогового напряжения ниже 16 В или спустя 25 мс. Сначала был наплавлен контрольный валик без подогрева электродной проволоки при следующих параметрах: средний ток - 73.8 А, среднее напряжение - 22.2 В, скорость подачи проволоки - 108 м/ч, что обеспечивало коэффициент расплавления 16.8 г/А·ч., глубину проплавления – 0.57 мм и долю основного металла в наплавке - 15%.

В последующих сериях эксперимента сварочная проволока подогревалась токами 19 А и 22 А до 250 °С и 400 °С соответственно. Варьировались ток и длительность импульса сварочной дуги.

Параметры процессов наплавки при подогреве током 19 А представлены в таблице 1. Подогрев сварочной проволоки позволил увеличить скорость ее подачи в среднем на 35%. При этом удалось в среднем на 50% увеличить коэффициент расплавления и снизить тепловложение: средние значения напряжения и тока заметно уменьшились. Исследование макроструктуры наплавленных валиков показало, что режимы наплавки с подогревом сварочной проволоки позволяют решить основную задачу – повысить фазовое совершенство наплавленных слоев.

Таблица 1. Режимы наплавки. Подогрев 19 А

Номер эксперимента	Средняя сила тока, А	Среднее напряжение, В	Ток импульса, А	Длительность импульса, мс	Скорость подачи проволоки, м/ч	Доля включений основного металла, %	Коэффициент расплавления, г/А ч
1	69.9	20.9	70	5.0	154.8	5.39	25.4
2	68.4	20.9	80	4.0	144	4.83	24.0
3	70.1	21.3	80	5.0	144	4.56	23.5
4	56.8	26.8	100	3.0	144	14.4	29.0

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

Так доля включений основного металла в наплавленном слое, уменьшилась, исключая режим 4, почти в три раза. Кроме того, исследуемые режимы обеспечивают малую глубину проплавления < 0.5 мм и небольшую ширину зоны термического влияния (ЗТВ) ≤ 2 мм. Наилучшие результаты получены при использовании режима 3. Здесь доля включений основного металла наименьшая - 4.56 %, наименьшая глубина проплавления - 0.34 мм, приемлемая ширина ЗТВ - 2.0 мм и достаточно высокий коэффициент расплавления - 23.5 г/А ч. Использование режима 4 нерационально, так как процесс наплавки нестабилен, происходит выгорание легирующих элементов, и значительное перемешивание основного и наплавленного металла, глубина проплавления достигает 0.71 мм.

В таблице 2 приведены параметры процессов наплавки при подогреве сварочной проволоки током 22 А. По сравнению с предыдущей серии экспериментов ожидаемо увеличились средняя сила тока и среднее напряжение, что позволило увеличить скорость подачи проволоки. При этом коэффициент расплавления практически не изменился, а перемешивание с основным металлом заметно усилилось.

Таблица 3. Режимы наплавки. Подогрев 22 А

Номер эксперимента	Средняя сила тока, А	Среднее напряжение, В	Ток импульса, А	Длительность импульса, мс	Скорость подачи проволоки, м/ч	Доля включений основного металла, %	Коэффициент расплавления, г/А ч
5	73.9	21.4	70	5.0	154.8	8.1	24
6	69.4	22.9	80	4.0	154.8	12.1	25.5
7	69.7	23.1	80	5.0	154.8	8.9	25.4
8	66.1	24.4	100	3.0	144	20.0	24.7

Глубина проплавления при подогреве током 22 А оказалась в полтора-два раза больше, чем в режимах с подогревом током 19 А. Увеличилась и ширина ЗТВ в среднем до 2,5 мм. Наилучшим в данной серии представляется режим 5, где наименьшая глубина проплавления - 0,55 мм, наименьшая ширина ЗТВ - 1,8 мм, наименьшая доля основного металла в наплавленном слое - 8,1 % и достаточно высокий коэффициент расплавления - 24 г/А ч. Однако и он уступает режиму 3, особенно по доле включений основного металла. Режим 8 (сварка с током импульса 100 А), как и в предыдущей серии характеризуется нестабильностью, выгоранием легирующих элементов, большой глубиной проплавления, превышающей 1 мм, и самым большим (20 %) загрязнением наплавленного слоя основным металлом, которое больше чем в контрольном эксперименте без подогрева. Поэтому данный режим не может быть рекомендован к применению.

Таким образом, наплавка с подогревом электродной проволоки током 19 А позволяет повысить коэффициент расплавления электродного металла в среднем на 40% в сравнении с аналогичным режимом, но без подогрева. Ввод дополнительной энергии для подогрева электродной проволоки снижает необходимую энергию для плавления проволоки и формирования капли. При одинаковой частоте каплепереноса в режимах без подогрева проволоки в импульсе будет происходить как окончательное формирование капли, так и перенос. В режиме с подогревом электродной проволоки капля будет сформирована на этапе паузы, так что требуются меньшие энергетические параметры импульса, который служит только для переноса электродного металла. Эти факторы позволяют увеличить скорость подачи проволоки, уменьшить перемешивание с основным металлом и улучшить геометрические параметры наплавленного слоя.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.1.2, при частичной поддержке грантом РФФИ № 19-38-50015.