

точника нагрева в хвостовой части плавильного пространства начинает преобладать отвод теплоты в массу холодного металла над притоком теплоты и начинается затвердевание — кристаллизация сварочной ванны. В процессе затвердевания по границе сплавления образуются общие кристаллиты, что и обеспечивает монолитность соединения.

Выводы

1. Установлено, что наиболее простым и эффективным способом изучения профиля сварочной ванны при наплавке под флюсом ленточным электродом с принудительными колебаниями торца электрода и без является «выплеск сварочной ванны».

Список использованных источников:

1. Размышляев А.Д. Магнитное управление швов при дуговой сварке / А.Д. Размышляев. – Мариуполь, ПГТУ, 2000. – 240 с.
2. Гулаков С.В. Устройство для удаления жидкого металла из сварочной ванны / С.В. Гулаков, Б.И. Носовский // Автоматическая сварка. – 1980. - № 10. – С.75.
3. Лещинский Л.К. Влияние формы электродной ленты на качество наплавленного слоя стали / Л.К. Лещинский, В.Н. Матвиенко, В.П. Лаврик // Автоматическая сварка. - 1985. - № 9. - С.60-62.
4. Гулаков С.В. Наплавка под флюсом ленточным электродом / С.В. Гулаков, В.Н. Матвиенко, Б.И. Носовский. – Мариуполь, ПГТУ, 2006. – 136 с.
5. Белоусов Ю.В. Особенности формирования металла при дуговой наплавке электродной лентой / Ю.В. Белоусов, К.В. Багрянский, Л.К. Лещинский // Сварочное производство. - 1974. - № 12. - С.32-34.
6. Старченко Е.Г. Особенности формирования валиков при наплавке антикоррозионных покрытий под флюсом двумя ленточными электродами / Е.Г. Старченко, В.Ю.Мастенко // Автоматическая сварка. – 1985. -№9. – С. 56–59.
7. Лещинский Л.К. Форма сварочной ванны при наплавке составными ленточными электродами / Л.К. Лещинский, В.Н. Матвиенко, С.В. Гулаков // Автоматическая сварка. - 1991. - № 11. - С.58-60.
8. Размышляев А.Д. Исследование скорости движения жидкого металла в сварочной ванне при дуговой наплавке под флюсом / А.Д. Размышляев // Сварочное производство. - 1979. - №9. - С. 3-5.
9. Размышляев А.Д. Скорости потоков металла в ванне при дуговой наплавке в продольном поле / А.Д. Размышляев, М.В. Миронова, А.А. Дели // Сварочное производство. – 2009. - №1. – С. 4-7.

Рецензент: А.Д. Размышляев,
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 22.04.2011

УДК 621.791.927

Матвиенко В.Н.*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Полученные результаты показывают, что качество наплавленного металла улучшается и производительность процесса наплавки под слоем флюса возрастает в случае применения профилированного ленточного электрода и плавлено-керамического флюса.

Ключевые слова: дуговая наплавка, ленточный электрод, качество наплавки, геометрические параметры валика, оптимальные параметры режима наплавки.

Матвієнко В. М. Вдосконалення технології наплавлення ущільнювачних поверхонь трубопровідної арматури. Отримані результати показують, що якість наплавленого металу поліпшується і продуктивність процесу наплавлення під шаром флюсу зростає у разі застосування профільованого стрічкового електроду і плавлено-керамічного флюсу.

Ключові слова: дугове наплавлення, стрічковий електрод, якість наплавлення, геометричні параметри валику, оптимальні параметри режиму наплавлення.

* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г.Мариуполь

V.N. Matvienko. Perfection of technology to hardfacing of surfaces of pipeline equipment. The obtained results show that the quality of deposited metal is higher and productivity of the submerged arc process of hardfacing increases, when the profiling strip electrode and melted-bonded flux has been used.

Keywords: arc hardfacing, strip electrode, quality of surfacing, geometrical parameters bead-on-plate welds, surfacing conditions optimum parameters.

Постановка проблеми. Проблема формирования наплавленного слоя металла высокого качества и требуемых размеров определяет эффективность использования легирующих элементов в наплавленном слое, уменьшение отходов при механической его обработке.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам качества наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры (детали затворов и другие элементы арматуры тепловых и энергетических установок, а также нефтехимического оборудования) посвящено большое количество исследований [1 – 4].

Уплотнительные поверхности данных деталей, подверженные износу в результате взаимного трения и динамического воздействия среды, наплавляют твердыми износостойкими, коррозионно-эрозионностойкими сплавами. Для наплавки широкое распространение получили сплавы на Fe-Cr-Ni-Si-основе, например, сплавы типа 15X18H12C4TiO (ЭИ-654), 07X17H8C6Г (ЦН-6), 10X16H8M6C5Г4Б и т.п. Наплавку производят как вручную (например, покрытыми электродами ЦН-6Л, ЦН-12М) так и автоматически (в один слой проволочными или ленточными электродами под легирующим плавлено-керамическим флюсом или в несколько слоев порошковой проволокой или лентой) [1, 2].

Наплавка ведется в условиях высокотемпературного подогрева деталей, необходимого для предупреждения образования трещин в наплавленном металле, что создает определенные трудности в производственных условиях, особенно при изготовлении крупногабаритных деталей арматуры больших условных проходов $D_u > 200 \dots 400$ мм.

Применяемые для наплавки сплавы [2 – 4], отвечают требованиям, предъявляемым к уплотнительным поверхностям арматуры по коррозионно-эрозионной, противозадирной стойкости, технологичности при обработке и т.п. Однако эксплуатационная надежность, долговечность и экономичность энергетической трубопроводной арматуры в значительной мере зависят от герметичности затвора арматуры, которая определяется не только свойствами сплава, но и качеством уплотнительной поверхности. Наплавка может явиться причиной возникновения разнообразных дефектов, количество которых является объективным показателем рациональности принятого технологического процесса наплавки, пригодности используемых наплавочных материалов, технического состояния оборудования и оснастки.

В настоящее время значительно возросли требования к качеству уплотнительных поверхностей деталей арматуры, от работоспособности которых зависит ее эксплуатационная надежность. Поэтому актуальной задачей является совершенствование способов наплавки, обеспечивающих высокую технологичность процесса при требуемом высоком качестве наплавленного металла.

Механизированная наплавка под слоем флюса является наиболее эффективным высокопроизводительным способом нанесения слоя металла заданных свойств и геометрических размеров. В частности электродуговая наплавка ленточным электродом, широко применяемая в энергетическом и химическом машиностроении и других отраслях промышленности, обладает рядом положительных особенностей [5, 6]. Разработки отраслевой лаборатории наплавки ПГТУ позволили осуществить дальнейшее развитие этого процесса, – создать надежную высокопроизводительную технологию наплавки под флюсом с использованием ленточных электродов различных геометрических размеров [6 – 11].

Цель статьи – совершенствование технологии наплавки уплотнительных поверхностей, обеспечивающей условия оптимального формирования высококачественного наплавленного слоя металла.

Изложение основного материала. Разработка технологии нанесения рабочего слоя на горизонтальные поверхности применительно к деталям типа тел вращения (например, уплотнительных поверхностей задвижек) предусматривает обоснованный выбор рациональных параметров режима наплавки для конкретных изделий и применяемых материалов. Особенность наплавки таких поверхностей заключается в необходимости нанесения слоя металла по замкну-

той окружности с различным радиусом вращения. Наиболее оптимальным вариантом считается выполнение однослойной наплавки за один проход. При этом необходимо обеспечить требуемые размеры рабочей поверхности и соответствующее качество формирования наплавленного слоя и зоны сплавления с основным металлом.

На рис. 1 представлена схема взаимного расположения ленточного электрода 1, наплавляемой детали 2 (зона наплавки выделена) и медного кокиля 3, формирующего кромку наплавляемой поверхности, а также указаны основные параметры: Z – расстояние между кокилем и краем ленты; H – вылет электрода; D_B и D_H – внутренний и наружный диаметр наплавляемой поверхности, соответственно.

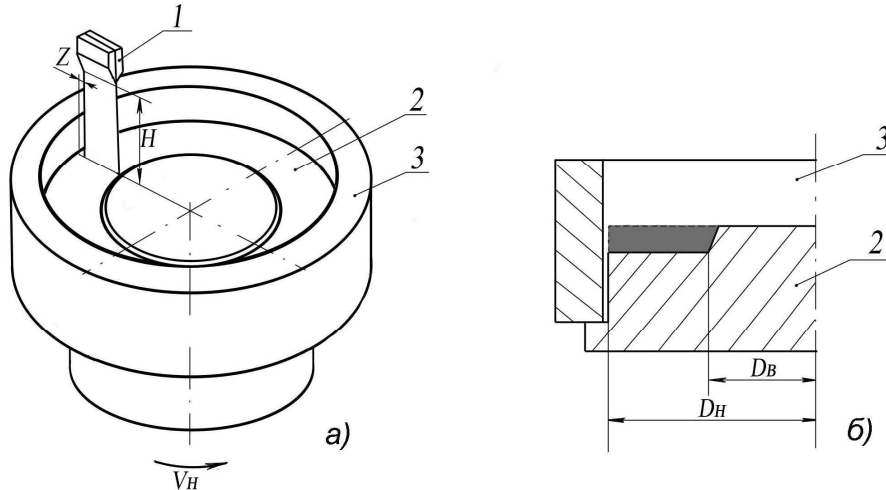


Рис. 1 – Схема наплавки уплотнительной поверхности задвижек (а) и поперечное сечение наплавляемой детали и формирующего кокиля (б)

Величина зазора Z между лентой и кокилем влияет на характер формирования наплавленного слоя и протекание процесса наплавки. Оптимальное значение Z составляет – 4...5 мм.

При его увеличении растет краевой угол валика, следовательно, увеличивается величина припуска на механическую обработку; при меньших его значениях возможно нарушение процесса наплавки.

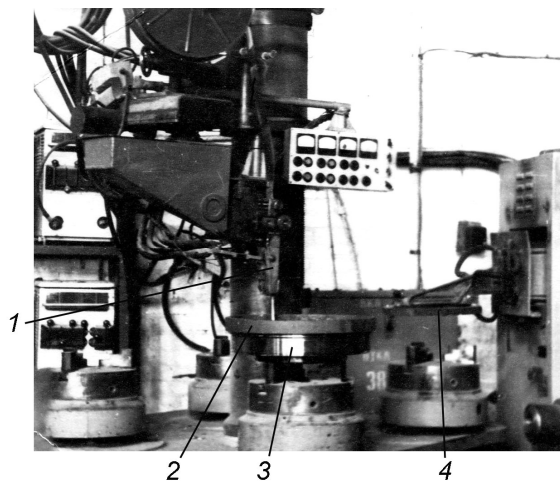


Рис. 2 – Четырехпозиционная установка для наплавки горизонтальных поверхностей тел вращения: 1 – приставка для подачи ленточного электрода с одновременным его профилированием; 2 – медный кокиль; 3 – наплавляемая деталь; 4 – индуктор ТВЧ

Технологический процесс наплавки предусматривает выполнение следующих основных операций: установку детали на вращатель наплавочной установки; предварительный нагрев с использованием ТВЧ; установку медного кокиля, формирующего боковую кромку наплавляемого валика; собственно наплавку (включая подачу флюса и удаление шлаковой корки перед замыканием кольцевого валика); замедленное охлаждение наплавленной детали. Применяемые на промышленных предприятиях установки (рис. 2) обеспечивают одновременное выполнение ряда технологических операций.

С целью повышения качества формирования наплавленного слоя и стабильности протекания процесса наплавки разработан технологический процесс однослойной однопроводной наплавки профилированным ленточным электродом под слоем флюса¹.

Особенность использования процесса профилирования при одновременной подаче ленты

¹ В работе принимал участие доц., канд. техн. наук Белоусов Ю.В.

в зону наплавки заключається в створенні жорсткого профіля ленти, забезпечуючого устійливу рівномірну подачу ленти, а, відповідно, і необхідну стабільність процесу наплавки не залежущою від зовнішніх впливів (наприклад, від опору шару насипаного флюсу). Жорсткість профілюваної ленти дозволяє збільшити вилет до 120 мм і більше, що забезпечує покращення умов праці при установці деталі во вращатель, формуючого кокиля, при удаленні шлакової корки. При цьому забезпечується вільне проходження під подаючим пристроєм наплавленної деталі разом з формуючим кокилем при перемещенні її на другу позицію.

Профілювання ленти дозволяє покращити якість формування наплавленого шару і зони сплавлення з основним металом, а також забезпечити отримання потрібних його геометричних розмірів і хімічного складу, розширити діапазон розмірів використовуваних лент [8]. Профілювання ленти дозволяє перерозподілити теплову потужність, вплив електромагнітних і газодинамічних сил на розплавлений метал сварочної ванни [5, 6].

Профілювання збільшує продольну устійливість (жорсткість) ленти, як на участку вільного вильоту, так і на участку від подаючих роликів до токопідводу, що дозволяє відмовитися від направляючих для ленти в цій зоні приставки і упростити тим самим її конструкцію. Завдяки збільшеній жорсткості ленти з'являється можливість наплавки з збільшеним вильотом і створення потрібного зусилля підтягання токопідводу для забезпечення надійного електричного контакту по всій ширині ленти.

Збільшений вилет забезпечує додаткове підвищення продуктивності процесу наплавки G_n за рахунок нагріву ленти проходять ток, що в результаті підвищує швидкість її плавлення, при цьому зменшується глибина проплавлення основного металу і відповідно частка участя Y його в металі наплавленого шару (рис. 3).

Для одностійної наплавки використовували плавлено-керамічний легируючий флюс і ленточний електрод марки ЕІ-654 (ТУ 14-1-1073-74). В склад флюсу входять наступні складові: ферросиліцій СІ-75 – 8 %, хром металічний – 8 %, ферротитан – 5 %, решткове – плавлений флюс АН-26с.

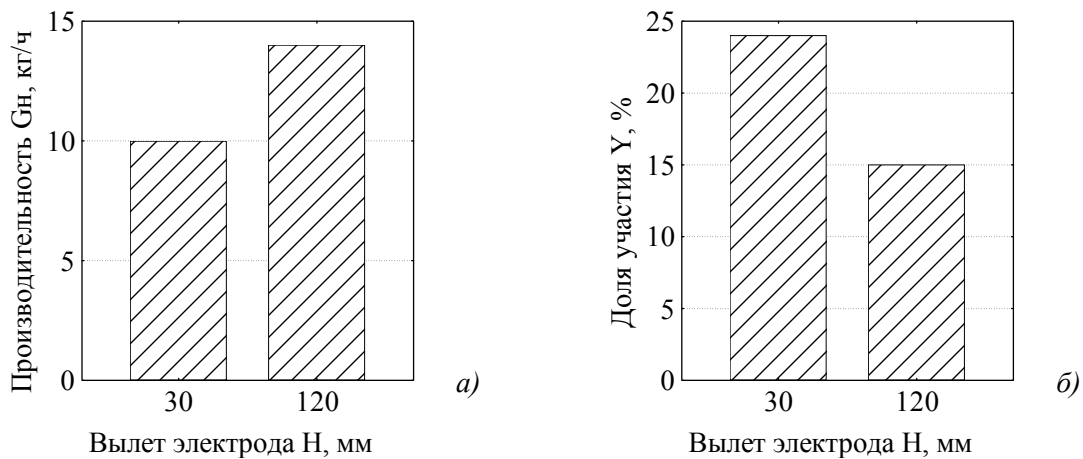


Рис. 3 – Зависимость производительности процесса наплавки G_n (а) и доли участия Y (б) основного металла в наплавленном слое от вылета электрода H . Наплавка лентой ИЭ-654 сечением 0,5×60 мм под флюсом ПКНЛ-128. Параметры режима: $I_n = 600 \dots 650$ А, $U_d = 34$ В с учетом падения напряжения на вылете

Флюс ПКНЛ-128 обладает хорошими сварочно-технологическими характеристиками и обеспечивает стабильность химического состава наплавленного металла. При определении допустимых отклонений от режима наплавки было установлено, что флюс ПКНЛ-128 при изменении напряжения на дуге в диапазоне 30...35 В, сварочного тока – 300...700 А, скорости наплавки – 4,0...5,5 м/ч обеспечивает в наплавленном металле содержание основных легирующих элементов в требуемом диапазоне: 5,3...6,4 % Si, 16,2...18,0 % Cr, 9,5...10,3 % Ni. При этом твердость наплавленного металла составляет 38...45 HRC.

Важным фактором обеспечения требуемого качества наплавленного покрытия (наряду с

образованием бездефектной зоны сплавления) является равномерность формирования поверхности валика и его кромок. Одной из основных причин нарушения равномерности высоты валика в поперечном сечении является качество токоподвода к ленточному электроду, которое оказывает влияние на устойчивость горения дуги, на характер распределения плотности тока по ширине ленты. Нестабильность и локализация контакта токоподвода с лентой приводит к образованию неравномерного по высоте валика. Для обеспечения надежного подвода тока к ленте осуществляют зачистку контактных губок перед наплавкой. Однако, поскольку поджатие губок к плоской ленте ограничено малой ее продольной устойчивостью на участке от подающих роликов до токоподвода, при длительной наплавке надежность контакта с электродом нарушается.

Локальный подвод тока к ленте приводит к увеличенному оплавлению ее торца в области токоподвода и к формированию валика разной высоты в поперечном сечении (рис. 4). Это связано с неравномерностью распределения линий тока в вылете электрода (различной

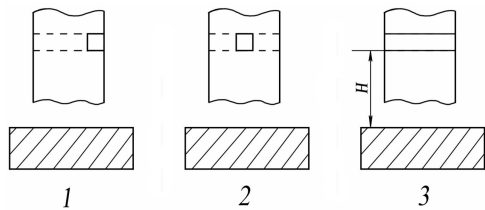


Рис. 4 – Варианты токоподвода: 1, 2 - локальный; 3 – равномерный по ширине ленты, Н – вылет

плотностью тока по ширине ленты), что влечет за собой наведение неоднородных магнитных полей, взаимодействие которых с дугой и сварочной ванной влияет на формирование наплавляемого валика [11, 12]. Обеспечение более равномерного распределения тока по ширине ленты вблизи торца при нестабильном и неравномерном токоподводе возможно за счет увеличения вылета электрода.

Влияние величины вылета Н (30 и 120 мм) для различных условий подвода тока к ленточному электроду на неравномерность высоты валика оценивали, используя токоподвод, обеспечивающий локальный (рис. 4) и равномерный по ширине ленты электрический контакт.

Наплавку производили ленточным электродом марки ИЭ-654 сечением 65×0,5 мм под флюсом ПКНЛ-128. Параметры режима наплавки: ток наплавки $I_n = 650$ А, полярность – обратная, напряжение на дуге $U_d = 34$ В с учетом падения напряжения на вылете электрода, скорость наплавки – 5 м/ч). Результаты замеров высоты h наплавленных валиков в поперечном сечении с шагом 5 мм были подвергнуты статистической обработке. Определены: стандартное отклонение S_x , и коэффициент вариации W (рис. 5, 6). Видно, что увеличение вылета до 120 мм обеспечивает формирование наплавленного валика равномерной высоты даже при неблагоприятных условиях токоподвода к ленте (варианты 1 и 2). При этом при наплавке на увеличенном вылете высота валика h увеличилась на ~1,5 мм.

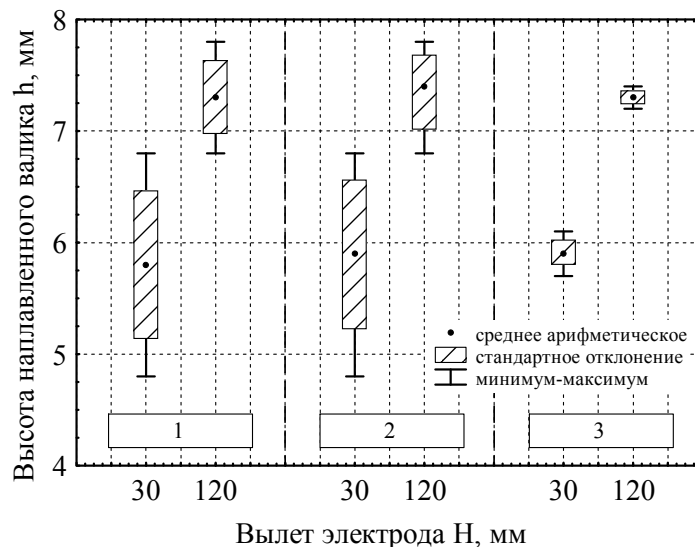


Рис. 5 – Влияние величины вылета Н ленточного электрода на равномерность высоты h наплавленного валика при различных вариантах токоподвода (1, 2, 3 – см. рис. 4)

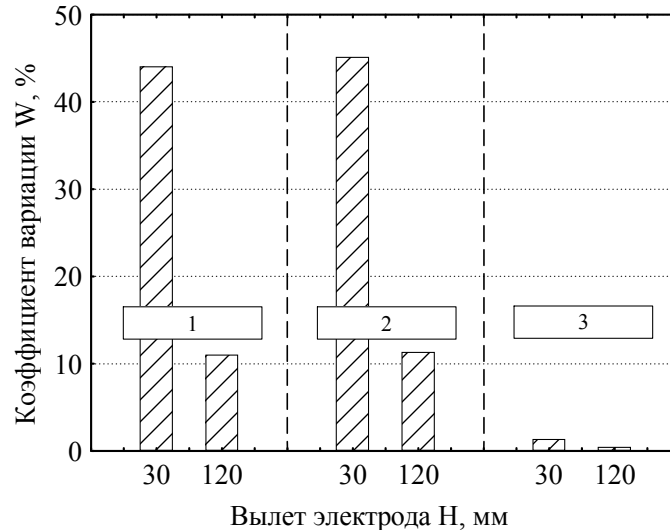


Рис. 6 – Влияние величины вылета Н ленточного электрода на коэффициент вариации W высоты h наплавленного валика (1, 2, 3 – см. рис. 4)

Для реализации процесса наплавки профилированным ленточным электродом рекомендуется применять подающее устройство (приставку к серийным наплавочным аппаратам), разработанное в лаборатории, позволяющее осуществлять процесс профилирования ленты с одновременной ее подачей в зону наплавки (см. рис. 2) [9, 10].

На основании исследований и опытно-промышленных работ был установлен диапазон параметров режима (плотность тока не более 20 А/мм² при напряжении 34...36 В, скорость наплавки 5...6 м/ч, вылет 120 мм) и рекомендована независимая от напряжения на дуге скорость подачи электрода, обеспечивающие стабильное протекание процесса, необходимое по геометрическим размерам формирование наплавленного слоя (высотой 6...8 мм), отвечающего по качеству требованиям, предъявляемым к наплавленным деталям арматуры АЭС и ТЭС. Параметры режима наплавки изделий представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры режима наплавки профилированным ленточным электродом (с увеличенным до 120 мм вылетом)

Ширина ленты, мм	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи ленты, м/мин	Сила тока, А
30	35±1	0,9	300±50
40	35±1	0,9	400±50
65	35±1	0,9	650±50

На выходе из приставки профилированная лента имеет ширину 33 мм (при исходной ширине плоской ленты 40 мм) и 58 мм (при исходной ширине ленты 65 мм) (табл. 2).

Таблица 2

Скорость и время автоматической наплавки профилированным ленточным электродом тарелок задвижек Ду 200...600

Диаметр тарелки, мм		Ширина ленты, мм		Скорость наплавки, м/ч	Время наплавки, мин.
Дн	Дв	исходная	профилированная		
230	155	40	33	4,9	7,5
245	185	30	23	4,8	8,2
350	285	40	33	5,2	10,5
425	355	40	33	5,1	14,5
520	325	65	58	5,0	17,2

Наплавка тарелок и седел Ду 200...600 из стали 10 и 15X1M1Ф производилась на четырехпозиционной установке для наплавки (см. рис. 2). Наплавка выполнялась постоянным током обратной полярности.

Результаты проведенных исследований и испытаний свойств наплавленного металла, а также опытно-промышленного опробования показали существенные преимущества разработанной технологии наплавки профилированным ленточным электродом по сравнению с наплавкой плоской лентой. Качество поверхности наплавленного слоя, состояние его кромок, особенно в зоне замка, выше, чем при наплавке плоской лентой (гладкая поверхность облегчает последующую механическую обработку с минимальными отходами).

Результаты исследования химического состава наплавленного слоя методами рентгеноспектрального и микрорентгеноспектрального анализа подтвердили однородность металла, равномерность значений твердости по полю и объему металла, наплавленного профилированным ленточным электродом под плавлено-керамическим флюсом ПКНЛ-128 (наплавленный металл 15X16H9C6Г), при твердости до 45 ед. HRC.

Результаты проведенных исследований глубины и формы проплавления, зависимости геометрии валиков от скорости наплавки показали, что доля участия основного металла при наплавке профилированной лентой не превышает 15 % (при наплавке электродами и проволокой – около 30 %) при обеспечении равномерного проплавления по ширине наплавленного слоя. Производительность процесса наплавки профилированным ленточным электродом сечением 65×0,5 мм, применяемым для нанесения покрытия на уплотнительную поверхность задвижек Ду 500...600 мм, достигает 12...14 кг/ч.

Разработанная технология однослойной однопроводной наплавки профилированным ленточным электродом уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры обеспечивает повышение стабильности протекания процесса, улучшение качества формирования наплавленного слоя, снижение стоимости изготовления деталей и трудоемкости наплавочных работ.

Выводы

1. Увеличение вылета профилированного ленточного электрода позволяет улучшить качество формирования наплавленного слоя и обеспечить равномерность его высоты, а, следовательно, уменьшить отходы при механической обработке.
2. Увеличенный вылет обеспечивает повышение производительности процесса наплавки, при этом уменьшается глубина проплавления основного металла и соответственно степень участия его в металле наплавленного слоя.
3. Разработанная технология однослойной однопроводной наплавки профилированным ленточным электродом уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры обеспечивает повышение стабильности протекания процесса, расширение диапазона размеров используемых лент, улучшение качества формирования наплавленного слоя и снижение трудоемкости наплавочных работ.

Список использованных источников:

1. Наплавочные материалы стран-членов СЭВ: Каталог / Под ред. И. И. Фрумина. – Киев; Москва, 1979. – 619 с.
2. Рунов А. Е. Использование наплавочных твердых Fe-Cr-Ni-Si-сплавов в энергетическом арматуростроении / А. Е. Рунов, Е. Г. Старченко, В. С. Степин, Н. А. Чертков // Энергомашиностроение. – 1979. – № 7. – С. 24–27.
3. Еремеев В. Б. Выбор сплава для наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры / В. Б. Еремеев, Ю. В. Стреляный // Автоматическая сварка. – 1990. – № 5. – С. 49–52.
4. Степин В. С. Проволоки из хромоникелькремнистых сталей для износостойкой наплавки арматуры / В. С. Степин, С. П. Барабанов, А. Е. Рунов // Энергомашиностроение. – 1983. – № 9. – С. 15–17.
5. Кравцов Т. Г. Электродуговая наплавка электродной лентой / Т. Г. Кравцов. – М.: Машиностроение, 1978. – 168 с.
6. Гулаков С. В. Наплавка под флюсом ленточным электродом. / С. В. Гулаков, В. Н. Матвиенко, Б. И. Носовский. – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 136 с.
7. Белоусов Ю. В. Выбор оптимальной формы ленточного электрода для широкослойной наплавки / Ю. В. Белоусов, Л. К. Лещинский, Б. Б. Сологуб // Автоматическая сварка. – 1976. –

№ 12. – С. 24–28.

8. Лещинский Л. К. Влияние формы электродной ленты на качество наплавленного слоя стали / Л.К. Лещинский, В.Н. Матвиенко, В.П. Лаврик // Автоматическая сварка. – 1985. – № 9. – С. 60–62.

9. Белоусов Ю.В. Устройства для подачи и одновременного профилирования ленточных электродов / Ю. В. Белоусов, Л. К. Лещинский, В. Н. Матвиенко // Автоматическая сварка. – 1981. – № 8. – С. 74–75.

10. Матвиенко В. Н. Опыт промышленного использования технологии наплавки профилированным ленточным электродом / В. Н. Матвиенко, Л. К. Лещинский, Ю. В. Белоусов и др. // Сварочное производство. – 1985. – № 5. – С. 32–33.

11. Белоусов Ю.В. Распределение температуры в вылете ленточного электрода / Ю. В. Белоусов // Автоматическая сварка. – 1978. – № 7. – С. 6–9.

12. Размышляев А.Д. Расчет электрического поля и джоулева тепла в вылете электродной ленты при дуговой наплавке / А.Д. Размышляев // Автоматическая сварка. – 1994. – № 12. – С. 15–18.

Рецензент: А. Д. Размышляев
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 22.04.2011 г.