

## ОБЛАДНАННЯ ТА РЕМОНТИ

УДК 330.15.332

Чигарев В.В.<sup>1</sup>, Коваленко И.В.<sup>2</sup>

### СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В статье приведена усовершенствованная технология сварки двухслойной стали ВСт3сп5+10Х13 автоматической сваркой под слоем флюса. Предложены технологические приемы позволяют вести сварку без предварительной и последующей термообработки. Данный технологический прием позволяет продлить период эксплуатации желоба скреперного механизма до 2,5 раз по сравнению с применением низколегированной стали.*

**Ключевые слова:** сварка биметаллов, скреперный механизм, сварочный флюс.

**Чигарев В.В., Коваленко И.В.** *Спосіб збільшення строку служби металургійного обладнання. У статті наведена вдосконалена технологія зварювання двошарової сталі ВСт3сп5+10Х13 автоматичним зварюванням під шаром флюсу. Наведені технологічні прийоми, що дозволяють вести зварювання без попередньої та подальшої термічної обробки. Даний технологічний прийом дозволяє продовжувати період експлуатації жолоба скреперного механізму до 2.5 разів з порівнянням випробування низько легованої сталі.*

**Ключові слова:** зварювання біметалів, скреперний механізм, зварювальний флюс.

**Chigarov V.V. Kovalenko I.V.** *Method of extension of metallurgical equipment lifetime. Here is given an improved welding technology for double-sheet steel ВСт3сп5+10Х13 through automatic hidden arc welding. Suggested technological methods enable the welding without preliminary and subsequent application of heat treatment. This technological method makes it possible to extend the lifetime of the scraper shute up to 2,5 times compared to low-alloy steel used.*

**Keywords:** bimetal welding, scraper, welding flux.

**Постановка проблемы.** Постоянное повышение требований к качеству изготовления металлургических агрегатов, выполнению их ремонтов, с применением сварки биметаллов, обуславливают появление новых технологий процесса их соединения. Особую роль играет длительность эксплуатации оборудования. В связи с этим, разработки в указанном направлении являются весьма актуальными.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Биметаллическая сталь ВСт3сп5 + 10Х13, была разработана [3] с целью применения в качестве коррозионной стойкого, и термостойкого материала, при изготовлении деталей работающих в воде, разбавленных растворах солей, агрессивных термических средах, в нефтеперерабатывающей промышленности при условиях, в которых не наблюдается местной коррозии и скорость общей коррозии стали 10Х13 не превышает 0.1 – 0.3 мм/год.

В Украине имеется опыт ее применения в виде листовых заготовок проката, при обшивке разгрузочных галерей засыпных металлургических аппаратов, в частности на ОАО «ДМКД им. Дзержинского им. Дзержинского» г. Днепропетровск. Обычно сварка листовых заготовок выполнялась в среде CO<sub>2</sub>, механизированным способом аустенитной проволокой Св 08Х20Н9Г7. Разработчики данного способа отметили особенность, в результате анализа, и механического испытания образцов – образование 1-2 % α – мартенсита. Его появлению способствуют значительные остаточные напряжения в зоне сварки возникающие под действием сварочного термо-

<sup>1</sup> д-р. техн. наук, профессор, Приазовский государственный технический университет г. Мариуполь

<sup>2</sup> аспирант, Приазовский государственный технический университет г. Мариуполь

динамического цикла [3]. По мере вылеживания сварных заготовок отмечалось снижение  $\alpha$  – мартенсита, в металле ЗТВ соединений в результате восстановления в них напряжений и потери стабильности геометрических размеров. В результате механического перемешивания в процессе сварки и кристаллизации возникают пониженные прочностные и пластические свойства, по пределу прочности, текучести, а также циклических испытаний.

Для устранения данных пониженных значений механических свойств необходимо применение сопутствующего подогрева при сварке до 250 °С, и поэтапного охлаждения. Вышеуказанные термические приемы при сварке в монтажных производственных условиях выполнить практически невозможно.

**Цель статьи** – разработка технологических приемов сварки двухслойной стали 10X13 + ВстЗсп5 исключающей применение предварительного и сопутствующего подогрева в монтажных производственных условиях.

**Изложение основного материала.** Для проведения исследований по теме были использованы пластины размером 30x100x600 мм из, биметалла марки ВстЗсп+10X13, поставляемой по ТУ I4-I-1670-86.

Пластины вырезали из листа № 5074 плавки № 6704832, который имел следующие механические свойства: предел текучести – 43 кгс/мм<sup>2</sup>, предел прочности – 56 кгс/мм<sup>2</sup>, относительное удлинение – 30%.

Пластины вырезали способом автоматической плазменной резки, а разделку кромок выполняли механическим способом.

В качестве сварочных материалов использовали для плакирующего слоя сварочную проволоку марки Св-10X16H25M6 диаметром 4 мм, поставляемую по ГОСТ 2246-88, в сочетании с флюсом подобным флюсу АН-18, поставляемым по ГОСТ 9087-89. Для сварки основного металла применяли проволоку Св-08А, и флюс АН-348А.

Сборку пластин под сварку и подварку корневого шва выполняли ручной электродуговой сваркой с использованием электродов марки УОНИ 13/55А, поставляемых по ГОСТ 9467-80.

Сварку производили на автомате АДФ- 800 снабженным устройством для подачи дополнительной проволоки. Это устройство представляет собой подающий механизм от другого автомата АДФ - 800 и имеет свой пульт управления.

Сварку опытных пластин осуществляли на постоянном токе обратной полярности. В качестве источника питания использовали выпрямитель ВДУ-1000.

На первой стадии исследования подбирали режимы сварки при наплавке валиков на поверхность пластин, принимая за критерии оценки стабильность процесса сварки и качество формирования наплавляемого валика.

Подача в зону дуги дополнительной проволоки потребовало увеличения силы тока и напряжения, т.к. при сварке на режимах, рекомендованных ОСТ 5.9083-82, дополнительная проволока не расплавлялась. Увеличение силы тока определялась скоростью подачи присадочной проволоки.

Опробованные режимы сварки (сила тока 650-750А, напряжение 35-50В, скорость сварки 12,5-25 м/час) позволяли подавать дополнительную проволоку со скоростью не более 96 м/ч, В этом случае объем расплавленной дополнительной проволоки доходил до 47% от объема электродной проволоки.

Режимы, обеспечивающие стабильный процесс сварки при подаче в сварочную ванну холодной дополнительной проволоки, ведут к увеличению эффективной тепловой мощности дуги в 1,5-2,5 раза по сравнению с режимами, рекомендуемыми ОСТ 5.9083-82. Для расплавления и нагрева до температуры сварочной ванны металла дополнительной проволоки расходуется только 8-10% тепловой мощности дуги.

Таким образом, погонная энергия сварки при подаче дополнительной проволоки значительно превышает погонную энергию при сварке на режимах, рекомендуемых ОСТ 5.9083-82 для автоматической сварки под слоем флюса.

Как установлено при металлографическом исследовании в этом случае в металле шва появляется феррито-перлитная структура с величиной зерна, соответствующей баллам 7 и 8 (рис. 3.2, а). При сварке в соответствии с рекомендациями ОСТ 5.9083-82 металл шва имеет более мелкозернистую структуру с величиной зерна, оцениваемой по фото (рис. 3.2, б).

Это обстоятельство заставляет обратить особое внимание на качество сварных соединений из сталей, используемых в отрасли, учитывая, что для ряда сталей величина погонной

енергии сварки ограничена [2].

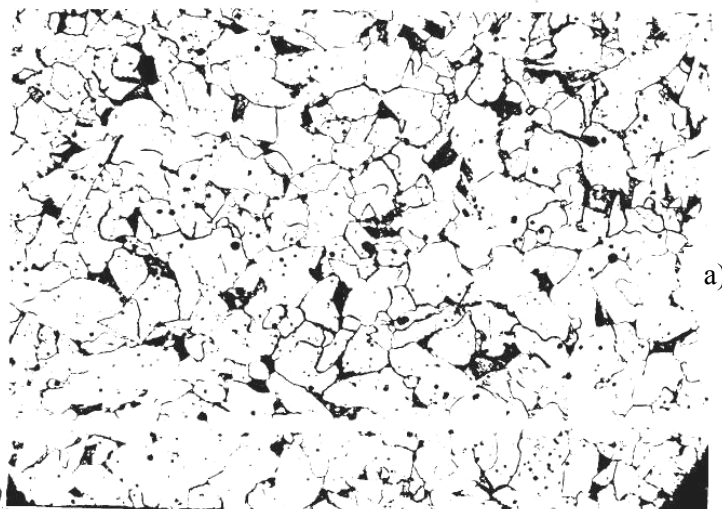
При подборе режимов сварки определяли влияние места подачи дополнительной проволоки (впереди или сзади сварочной дуги) на стабильность процесса. Более стабильный процесс наблюдали при подаче дополнительной проволоки перед дугой. Этот факт можно объяснить тем, что при дополнительной подаче дополнительной проволоки сзади дуги она встречает на своем пути затвердевающий шлак, который изолирует ее от сварочной ванны и затрудняет плавление. При подаче дополнительной проволоки перед дугой плавление ее происходит более равномерно.

В основном металле стыкового шва термически упрочненных пластин наблюдается типичная структура упрочнения, т.е. относительно мелкие зерна феррита и крупные и мелкие зерна псевдоэвтектоида. Переход от основного металла к зоне термического влияния резкий и микроструктура этой зоны характеризуется очень мелким зерном феррита и псевдоперлита. В структуре хорошо выражена полосчатость.

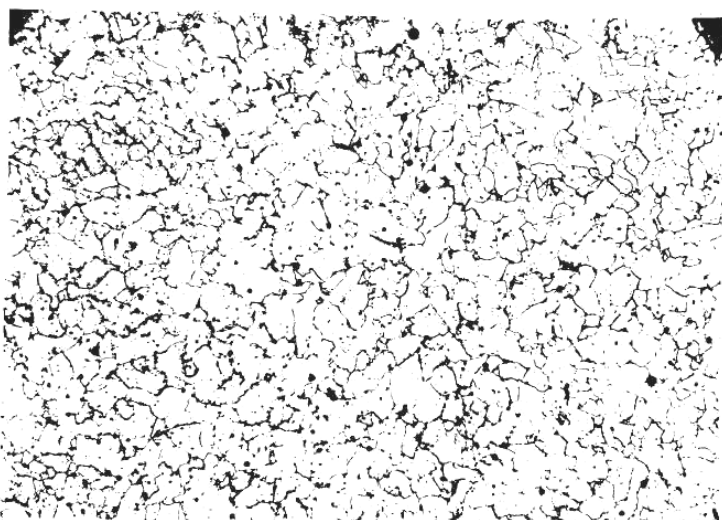
Металл шва имеет типичную структуру литого металла. Характер микроструктуры зоны термического влияния стыковых швов пластин из термически упрочненной стали с отпуском аналогичен ранее описанной.

Затем выбранные режимы были проверены при сварке стыковых соединений, имеющих угол раскрытия основного слоя  $30^\circ$  плакирующего  $50^\circ$  и  $60^\circ$ , как рекомендовано в работе [2], как рекомендовано ГОСТом 8713-80.

Проверка возможности сварки стыковых соединений с данным углом раскрытия основного слоя  $30^\circ$  (узкая разделка) представляло интерес, т.к. в этом случае имело место повышение производительности сварки за счет уменьшения сечения шва.



а)



б)

При сварке пластин с узкой разделкой было установлено, что качество сварного шва зависит от скорости сварки. Так, скорость сварки 20 м/ч при силе тока 670-720А и напряжении на дуге 48 - 50В позволяет получать сварные швы без дефектов (рис. 1).

При нагревах в интервале температур 500 – 900с происходит значительное перераспределение концентрации ванадия, железа, хрома, в металле шва у границы сплавления со смежным сплавом. Содержание хрома при нагреве повышается до 16 – 18% при его содержании в шве 6 – 12%; содержание железа снижается до 34% , хрома – до 6% при содержании их в шве соответственно 75 и 14%. Также исследование структуры металла шва и зоны

сплавления с высокохромовым сплавом показало, что с повышением температуры и времени нагрева происходит увеличение диффузионной прослойки на границе сплавления и рост ее микротвердости причем микротвердость не одина-

Рис. 1 - Микроструктура металла шва: а) сварка по стандартной технологии; б) сварка по новой технологии, с применением дополнительной проволоки

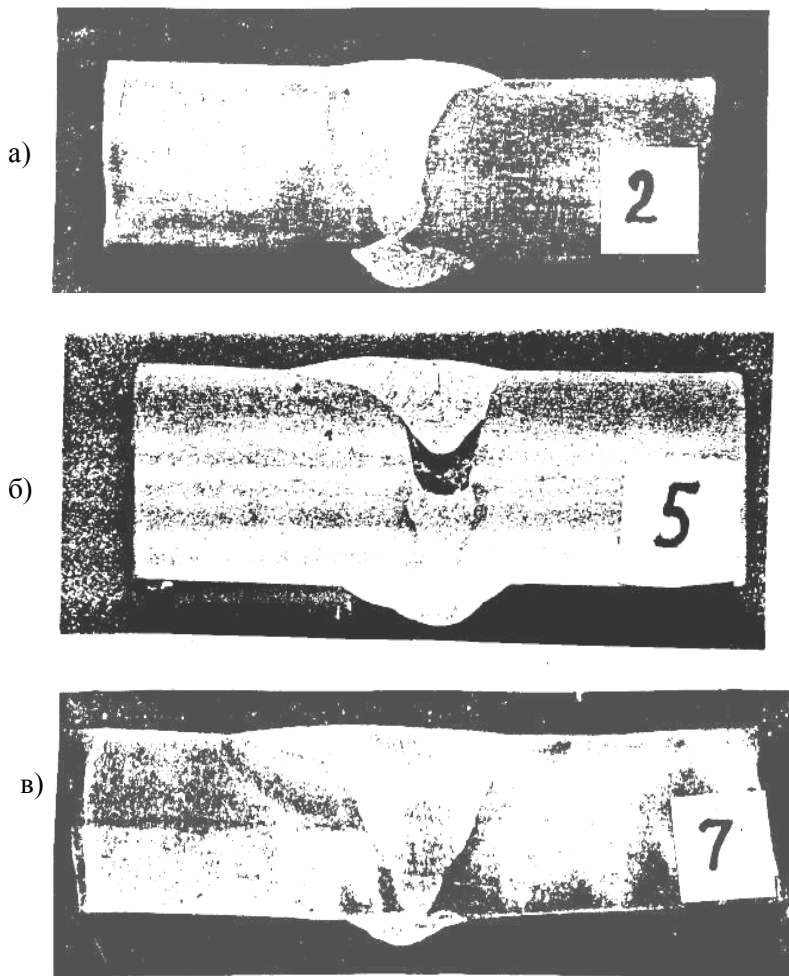


Рис. 2 - Макрошлифы сварных соединений, выполненных с применением дополнительной проволоки: а) угол раскрытия кромок 30° и 60° Сила тока 670-720А, напряжение на дуге 48-50В, скорость сварки 20м/час; б) то же, скорость сварки 17м.ч.; в) угол раскрытия кромок 80° и 90° тока 670-720А, напряжение на дуге 48-50В, скорость сварки 17 м/час

№2 не дает хороших результатов. Валики, наплавленные на никеле под флюсом Ф-2 отлично формируются, шлаковая корка отделяется удовлетворительно. Имеются поперечные трещины.

Недостаточная изученность физико-химических процессов автоматической сварки металлов, особенно биметаллов и разнородных металлов не позволяет разрабатывать составы флюсов на основе теоретических расчетов. Поэтому оптимальный состав флюса находится в результате длительных опытов, требующих много средств и времени.

Особое внимание в исследованиях обращалось на технологические стороны флюсов, такие как: устойчивое горение дуги; формирование наплавленного металла; наличие пор и трещин в наплавленном металле и кратере; свариваемость наплавленного металла с основанием; - равномерность покрытия валика шлаком; легкость удаления шлаковой корки и т.д.

Режим сварки биметалла толщиной 200 мм с разделкой кромок был принят следующий:

сила сварного тока	$I_{св} = 500-600 \text{ А};$
напряжение дуги	$U_з = 30-32 \text{ В};$
скорость сварки	$V_{св} = 20-25 \text{ м/ч};$
диаметр электрода	$d = 4-5 \text{ мм}.$

Снижение скорости сварки до 17 м/ч при сохранении остальных параметров режима неизменными приводит к зашлаковке корня шва (рис. 2, б). При разделке кромок под углом 60° и 80° снижение скорости сварки не ухудшает качества шва (рис. 2, в).

Наибольшую микротвердость имеет часть диффузионной прослойки расположенная непосредственно у границы сплавления хромовым сплавом.

По-видимому это обусловлено тем, что при сварке в узкую разделку происходит шунтирование сварочной дуги на стенки разделки. При этом малые скорости сварки способствуют образованию толстой прослойки жидкого металла, зависающего в узкой щели и препятствующего проникновению дуги вглубь разделки, что ведет к образованию непровара. Увеличение скорости сварки способствует уменьшению толщины жидкой прослойки, что позволяет надежно проварить корень шва. Применяемый технологический прием основывается на разработанных режимах сварки, обеспечивающих прохождение всех реакций в сварочной ванне, тем самым обеспечивая качественное сварное соединение.

Использование малоуглеродистой проволоки дало отрицательные результаты: плохо отделяется шлак при сварке на плакирующем слое.

Аустенитная нержавеющая проволока марки 10Х16Н25М6 применялась при сварке под флюсом №2. Флюс

На выбранных режимах сварки выполнены стыковые соединения толщиной 30 мм с углом раскрытия  $30^\circ$  и  $50^\circ$  за два прохода, а с углом раскрытия  $60^\circ$  – за четыре прохода. При выполнении подобных соединений без дополнительной проволоки в соответствии с ОСТ 5.9083-82, для заполнения разделок требовалось десять проходов [3]. Следовательно, производительность сварочных работ при сварке в разделку с углом раскрытия  $30^\circ$  и  $60^\circ$  повысилась в 5 раз, а при сварке в разделку с углом раскрытия  $60^\circ$  и  $80^\circ$  – в 2,5 раза.

Для определения механических свойств наплавленного металла были сварены пластины на оптимальных режимах.

Из сварных соединений изготовили образцы на статическое растяжение (тип I по ГОСТ 6996-86; и ударный изгиб (типы VI и IX по ГОСТ 6996-86). Для сравнения были сварены аналогичные пластины без использования дополнительной проволоки на режимах, рекомендованных ОСТ 5.9083-82 [4].

Режимы сварки и результаты испытаний механических свойств металла шва опытных пластин приведены в таблице, из данных которой видно, что металл шва сварных соединений с углом раскрытия разделки  $30^\circ$  и  $50^\circ$ , выполненных с присадочной проволокой, обладает механическими свойствами, удовлетворяющими требованиям ОСТ 0Н9-І73-89 для биметаллов, и находится на уровне механических свойств соединений, выполненных с дополнительной проволокой в разделку  $60^\circ$  и  $80^\circ$  в соответствии с требованиями ОСТ 5.9083-82.

Соединения, выполненные с присадочной проволокой и имеющие угол раскрытия разделки  $60^\circ$  и  $80^\circ$ , удовлетворяют требованиям ОСТ 0Н9-І73-89 лишь при сварке на повышенных режимах. Понижение силы тока ведет к повышению ударной вязкости, однако при этом резко снижаются прочностные характеристики металла шва.

#### **Выводы**

1. Экспериментальным путем подобраны режимы автоматической сварки под флюсом биметаллических узлов из стали марки ВстЗсп5 + 10Х13 толщиной 20 мм, с применением дополнительной сварочной проволоки, обеспечивающие получение сварных соединений без дефектов.
2. Сварка с изменением угла скоса кромок позволяет повысить производительность за счет уменьшения числа проходов, необходимых для заполнения V-образной разделки с углом раскрытия  $60^\circ$  и  $80^\circ$ ,  $30^\circ$  и  $50^\circ$  соответственно в 2.5 и 5 раз.
3. Приведенные данные позволяют проводить экспериментальные исследования по отработке режимов сварки и определению качества сварных соединений в промышленных условиях.

#### **Список использованных источников:**

1. *Земзин В.Н.* Сварные соединения разнородных сталей /*В.Н. Земзин.* - Л.: Машиностроение, 1966.-190с.
2. *Мовчан Б.А.* Микроскопическая неоднородность в литых сплавах / *Б.А.Мовчан* – К.: Гостехиздат УССР, 1968.- 230с.
3. *Медовар Б.И., Саенко В.Я., Медовар Л.Б.* Получение заготовок коррозионно – стойкого биметалла методом электрошлаковой наплавки // Пробл. Спец. Электromеталлургии. – 2000. - № 2. – С. 3 – 11.
4. *Патон Б.Е., Медовар Л.Б., Саенко В.Е.* Новые возможности автоматической сварки в машиностроении // Металлургия машиностроения. – 2003. - № 1.- С. 2 – 5.

Рецензент: В.И. Щетинина  
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 10.04. 2010