



CONSORTIUM KZU HOLDING GROUP

CONSULTING ✦ ENGINEERING ✦ TRADING
✦ SUPERVISING COMPANY

„Современные тенденции развития монтажно-сварочных работ” **Д-р инж. М. Белоев**

В сварочном производстве в годовом разрезе монтажно-сварочные работы занимают большой объем.

Вопреки усилиям уменьшить их часть на самом строительном-монтажном объекте путем предварительных заготовок больших монтажных блоков и модулей, заготовленных по изометрической схеме трубных узлов и транспорта негабаритного оборудования, их доля в общем объеме все еще остается достаточно большой. Одновременно с этим при выполнении этих работ имеются специфические особенности, которые делают их еще более сложными и трудоемкими. Например:

- выполнение в условиях большого влияния климата и атмосферных условий;
- приложение механизированных способов и технологий затруднено вследствие различных пространственных положений сварных швов;
- слежение и управление качеством в процессе сварки затруднено;
- для их выполнения требуется более опытный персонал по сравнению с заводскими условиями.

Основные виды конструкций и сооружений, являющихся объектом монтажно-сварочных работ

I. Строительная арматура железобетонных конструкций – в основном арматура профильная класса А-III. Посредством их сварки изготавливаются арматурные каркасы железобетонных конструкций, подлежащих замоноличиванию бетоном, или производится сварка готовых железобетонных элементов в т. н. сборные железобетонные конструкции. Все арматурные сетки и закладные детали поставляются из специальных цехов. При монтаже используются сварки методом РЭД и давно используемые термитная и ванная сварки. Учитывая простоту метода РЭД при выполнении монтажной сварки в стесненных участках, особенно для более малых размеров арматуры, он остается основным методом сварки, независимо от использования полуавтоматических методов сварки порошковой проволокой при так называемой ванной сварке.

II. Магистральные трубопроводы, насосные и компрессорные станции.

В настоящий момент наблюдается настоящий бум строительства этих сооружений. Монтажно-сварочные работы выполняются в любых условиях. В

районах вечной мерзлоты, в пустынях, на кораблях при укладке в подводную траншею, в скалистых местностях и разумеется при проходе земельных земель и рек. Основными методами, которые используются, являются:

1. РЭД с корнем, выполненным электродами с целлюлозным покрытием, горячей проходкой и заполнением электродами с основным покрытием. Для трубопроводов до Ø500мм этот метод является предпочтительным. Гарантируется качество полного провара корневого шва, а благодаря горячей проходке снижается содержание водорода в наплавленном металле до 10 мл/100г наплавленного металла.

В близкие 10 лет этот метод останется основным, особенно для труб малых размеров.

2. MIG-MAG сплошной и порошковой проволокой. Этот метод сварки тоже достаточно распространен. Особенно полуавтоматическая сварка труб на спуск самозащитной порошковой проволокой.

Компания Линкольн Электрик разработала группу порошковых проволок марки Innershield, рекомендованных для сварки стыков магистральных и промышленных трубопроводов.

Проволока Innershield предназначена, в частности, для сварки широко применяемых сегодня высокопрочных трубных сталей. Она способна обеспечить постоянство качества выполняемых сварных швов на большинстве низколегированных сталей до класса X-80 (K-65).

Проволока значительно проще справляется с ситуациями плохой сборки соединения, часто возникающими при работе на трассе и позволяет сократить общее время сварки.

Самозащитная порошковая проволока значительно более устойчива к негативному влиянию ветра и экстремальных температур.

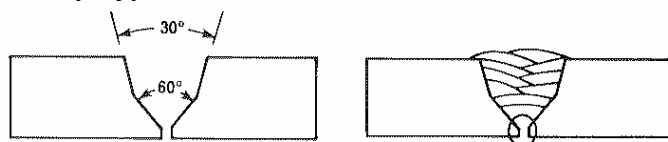
Проволока Innershield соответствует стандарту API Std. 1104, а также некоторым международным требованиям. Практически это означает постоянство качества, минимум брака и значительно более высокую производительность.

Проволока марки Innershield NR-204H рекомендована исключительно для сварки корневого слоя шва. Марки Innershield NR-207, NR-207H и NR-208H предназначены для сварки горячего, заполняющих и облицовочного слоев.

Альтернативный вариант разделки

При работе с проволокой Innershield возможно использование комбинированной разделки кромок соединения. Техника прокладочных швов рекомендована при выполнении заполняющих и облицовочного слоев для упрощения процесса сварки и улучшения механических свойств соединения. Для достижения трещиностойкости и оптимизации уровня твердости необходимо применять подогрев и контроль переходной температуры. Это особенно важно при многопроходной сварке труб большой толщины.

Условия работы, специфические требования применяемых стандартов, напряженное состояние соединения, уровень легирования и другие условия могут, так же, привести к необходимости использования подогрева и контроля переходной температуры.



РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТА ПО AWS

Электрод	Кол-во проходов	Предел прочности, МПа (psi)	Предел текучести, МПа (psi)	Относит. удлинение- %	Ударная вязкость K_{CV} , Дж/см ²		Твердость по шкале R_b
					-20°F(-29°C)	-40°F(-40°C)	
NR-204H E71T-GS	один	539-560 (77-80,000)	Не требуется	Не требуется	Не требуется	Не требуется	---
NR-207/207H ¹ E71T8-K6	несколько	525-560 (75-80,000)	420-497 (60-71,000)	22-30	68-289	51-170	85-90
NR-208H E91T8-G	несколько	630-651 (90-93,000)	567-574 (81-82,000)	25-27	68-187	42-170	90-95

(1) Образцы подвергнуты старению в течение 48 часов при T=220°F (105°C)

**ТИПИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТОВ
НА СОДЕРЖАНИЕ ДИФфуЗИОННОГО ВОДОРОДА В МЕТАЛЛЕ ШВА
по AWS A4.3-86 (Mercury Method)**

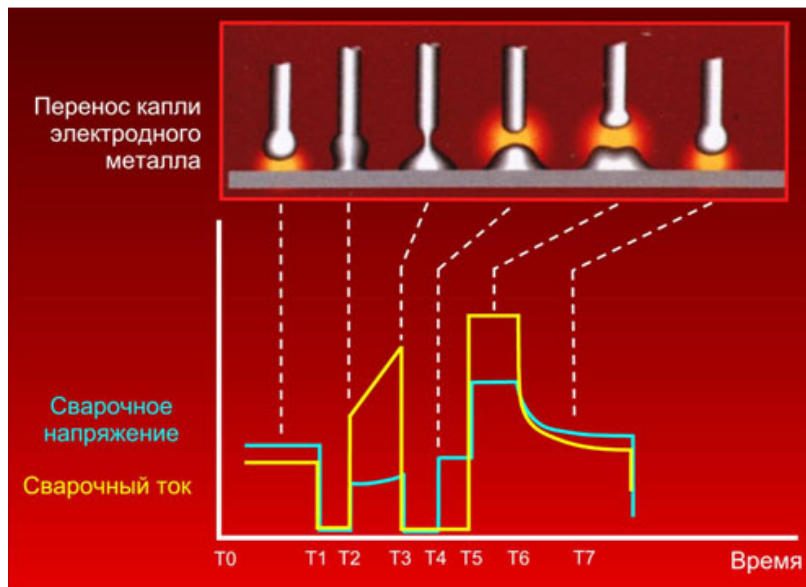
Диаметр и марка проволоки	мл/100 г
.068" (1,7 мм) и 5/64" (2,0 мм) NR-207	6 - 13
.068" (1,7 мм) и 5/64" (2,0 мм) NR-207H	5 - 8
.068" (1,7 мм) NR-208H	4 - 5
5/64" (2,0 мм) NR-208H	5 - 7

Крупные газостроительные фирмы используют сварочные колонны для автоматической сварки монтажных стыков. Таковой является колонна фирмы CRC, которая уже много лет используется болгарской фирмой ГАЗСТРОЙМОНТАЖ.



В последние годы стратегически приоритетным направлением при полуавтоматической и автоматической сварке трубопроводов является внедрение STT- сварочной технологии, которая дает ряд преимуществ особенно при строительно-монтажных работах.

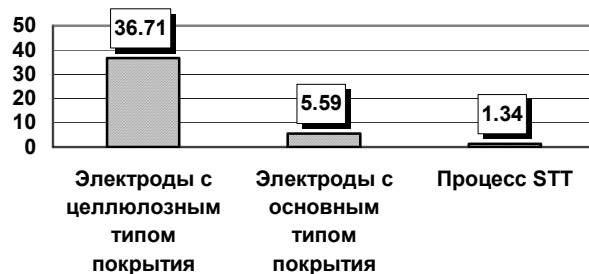
Коротко сущность STT – процесса заключается в переносе наплавляемого металла в сварочную ванну за счет сил поверхностного натяжения.



Процесс STT полуавтоматической и автоматической сварки реализован на базе разработанного фирмой Линкольн источника тока **INVERTEC STT II**, который имеет ряд преимуществ: при сварке труб метод STT (процесс переноса металла силами поверхностного натяжения) делает менее трудоемкой задачу выполнения корневого шва стыка труб по открытому зазору и обеспечивает лучшее формирование обратного валика и сплавление кромок, а также снижает разбрызгивание и задымление. Данный процесс отличается от традиционной сварки короткой дугой в среде защитных газов тем, что сварочный ток в этом процессе контролируется независимо от скорости подачи проволоки. Кроме этого, не происходит характерного для традиционных методов сварки выплеска жидкой сварочной ванны при переносе металла. Это уменьшает степень смешивания сварочной ванны с основным металлом, разбрызгивание и задымление; и обеспечивает более точный контроль сварочной ванны и проплавления со стороны оператора.

СВАРКА КОРНЕВОГО ШВА ПРОЦЕССОМ STT

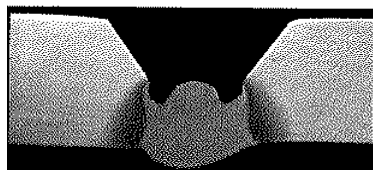
Концентрация диффузионного водорода в металле шва, мг/100 г



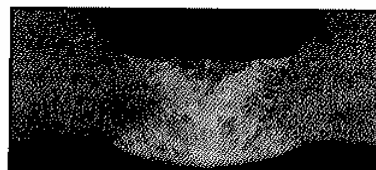
Выводы:

1. В отличие от ручной дуговой сварки штучными электродами данный процесс обеспечивает более высокий обратный валик с большим объемом наплавленного металла. Это позволяет убрать центратор сразу же после выполнения корневого шва.

Ручная дуговая сварка штучными электродами



Автоматическая сварка STT



2. Низкое содержание водорода в металле шва.
3. Высокая производительность, скорость и эффективность наплавки, а также величина ПВ.

В лабораторных условиях ведущие фирмы проводят испытания сварки магистральных трубопроводов лазерными технологиями. В этом случае подготовка кромок и непосредственно сам процесс сварки исключительно быстр и гарантирует высокое качество. Также решаются и проблемы с надежностью аппаратуры.

На настоящем этапе применяется гибридный метод лазерной сварки.

Фирма **ESAB** предлагает высокотехнологические системы гибридной лазерной сварки (HLAW), обеспечивающие высокую производительность сварки строительных балок, труб, сосудов и панельных изделий.

Обеспечивается:

- Контроль процессов в реальном времени путем обратной связи.
- Постигание исключительно высокого качества сварки материалов больших толщин для различных видов сварных соединений.
- Повышение качества выполнения сварки, понижение расходов, связанных с уменьшением деформаций.

Гибридная сварка HLAW сочетает преимущества лазерной сварки с преимуществами традиционной сварки MIG-MAG.

Лазерная сварка – преимущества:

- глубокое проплавление
- снижение погонной энергии
- узкая зона термического влияния

MiG-MAG - преимущества:

- большое разнообразие сварных соединений; заполнение зазоров загрязненных поверхностей
- Контроль металлургии сварного шва
- Низкая скорость охлаждения, предотвращающая хрупкость сварного шва

III. Технологические трубопроводы – сварка при монтаже в энергетике и химии.

Это в основном сварка низколегированных и теплоустойчивых сталей в теплоэнергетике и нержавеющей сталей в химической и пищевой промышленности.

В настоящий момент основным методом их сварки является аргодуговой WIG процесс или корневой шов аргодуговым процессом, а заполнение электродами. Ряд фирм разработали и орбитальные сварочные машины, которые могут использоваться в монтажных условиях. Например, ESAB предлагает A21 PRD Orbital.

A21 PRD орбитальный аппарат

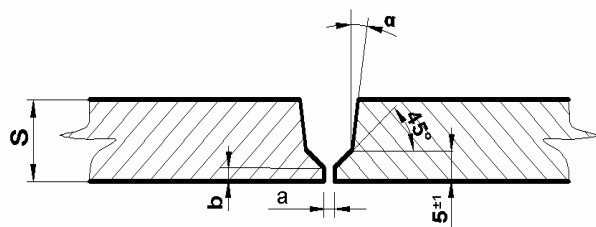


Схема трубы ТЭС с корнем, выполненным TIG/WIG

Конструкции сварных стыковых соединений труб

Способ сварки	Конструктивные размеры				Наружный диаметр трубы $D_{н}$, мм
	S, мм	a, мм	b, мм	α , градусы	
РАД	< 5	-	-	$30^{\pm 3}$	> 100
К(РАД)	> 10	≤ 0.5	1.5	$10^{\pm 2}$	> 133
К(ААД)	> 10	≤ 0.5	1.5	$10^{\pm 2}$	> 133

Примечание: РАД – ручная аргодуговая

К(РАД) – комбинированная: корень- ручная аргодуговая

К(ААД) – комбинированная: корень- автоматическая аргодуговая

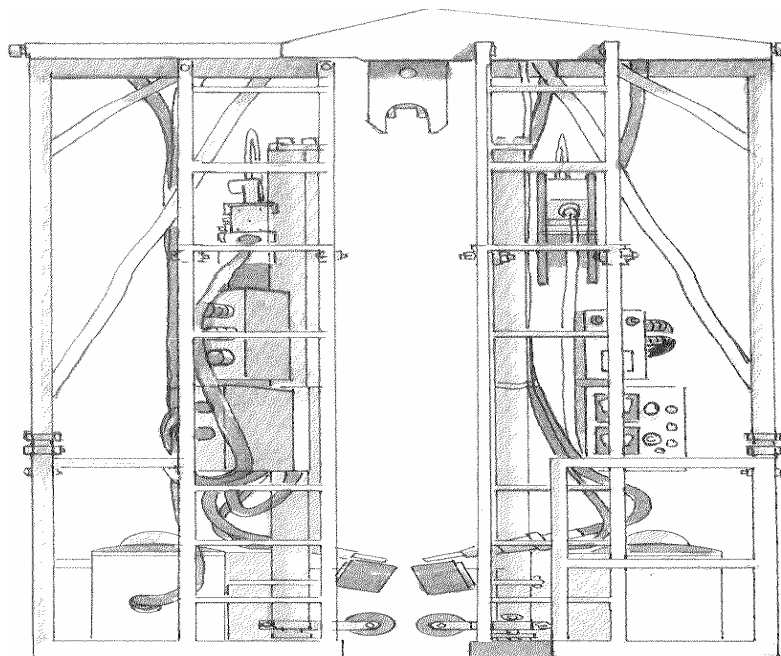
II. Крупногабаритные конструкции и сооружения, такие как: цилиндрические и сферические резервуары, колонное оборудование в химии, доменные печи, силосы и печи в цементной индустрии.

Это исключительно интересные в сварочном отношении конструкции. Для небольших резервуаров и сооружений с толщиной стенки до 10 мм используемыми сварочными методами являются РЭД или MIG/MAG сплошной и порошковой проволокой. Однако для крупных сооружений как, например, для резервуаров на нижепоказанных фотографиях, обязательно применяется автоматическая сварка горизонтальных швов.

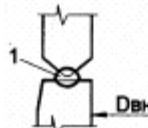
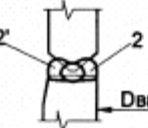
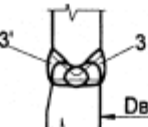


Корпусные стенки резервуаров, подготовленные для автоматической сварки при монтаже

Схема установки для автоматической сварки под флюсом горизонтальных стыков резервуаров



Режим подфлюсовой сварки горизонтальных швов стенки резервуара с подваром корня шва

Слой шва	Схема раскладки слоев	Диаметр проволоки, мм	Сила тока, А и полярность	Напряжение, В	Толщина корневого слоя, мм	Вылет электрода, мм
Режимы полуавтоматической сварки в защитном газе						
Корневой		1,2	150 ... 190 Постоянный; обратная	18 -22	2...4	10 -15
Режимы автоматической сварки под слоем керамического флюса						
Слой шва	Схема раскладки слоев	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение, В	Скорость сварки, см/мин	Вылет электрода, мм
Заполняющие (сварка одновременно с двух сторон)		2,4 (2,5)	350-500	24-28	45-75	25-35
		3,0 (3,2)	430-520	24-32	50-70	30-35
Облицовочные (сварка одновременно с двух сторон)		2,4 (2,5)	300-400	24 -28	50-80	25-35
		3,0 (3,2)	350-450	24 ±30	60-80	30-35

- Примечания: 1. Сварка под флюсом может выполняться проволокой 2.4 мм или 3.0 мм
 2. Угол наклона электрода вниз от нормали к плоскости в пределах 0 ...30°
 3. Угол наклона электрода вперед от нормали в пределах 010°

Преимущества новой технологии автоматической сварки горизонтальных швов:

- упрощенная подгонка поясов при монтажной сборке;
- обеспечение полного провара корня шва предварительным подваром;
- достижение более высокой производительности при гарантированном качестве.

В заключение можем сказать, что, в зависимости от типа сооружения, технологической вооруженности исполнителей монтажно-сварочных работ, прилагаются различные методы сварки: РЭД, полуавтоматическая или автоматическая сварка.

В перспективе доля РЭД будет уменьшаться за счет более широкого использования MIG/MAG процессов, а особенно расширенного внедрения STT процесса и гибридной сварки.

В будущем роль монтажно-сварочных работ будет являться решающим фактором для эффективного исполнения инвестиционных объектов.