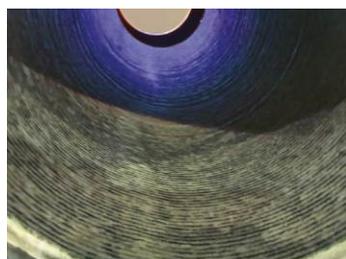


"TIG^{er} - вдвое быстрее"

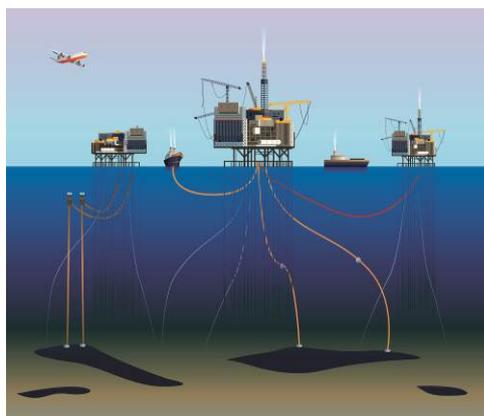
Оборудование для плакирования и сварки TIG/GTAW в шельфовых системах производства. Гарантия отсутствия дефектов. Безопасны во время эксплуатации.



**Плакировка
направлением TIG**



*TIG^{er} - плакирование
направлением TIG/GTAW
с подогретой присадкой
снаружи и изнутри*



Сварка TIG



*TIG/GTAW – сварка
плакированных труб в
щелевую разделку с
подогретой присадкой*

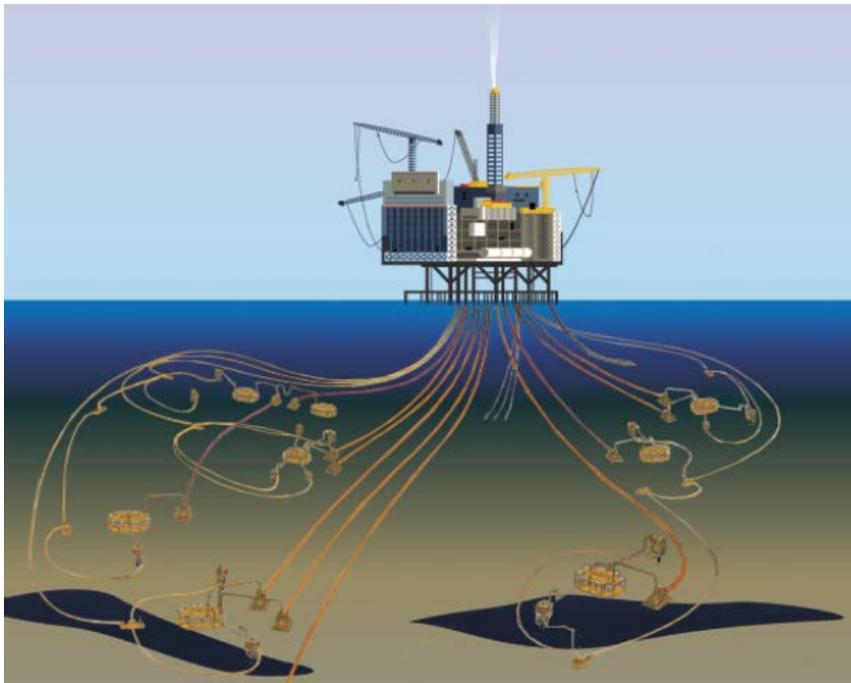
1. Введение

Трубы – важная часть систем шельфовой добычи и разведки сырой нефти. Они используются в качестве структурных элементов платформ, вышек и лебедок, обеспечивая высокую механическую стойкость и долговременную стабильную работу оборудования. Для бурения скважин в морском дне также необходимы комплекты буровых труб. Вращающаяся буровая труба помещается внутрь еще одной вертикальной трубы, называемой морским райзером, и обеспечивает связь скважины с платформой над ней. С внешней стороны на райзер крепятся вспомогательные трубопроводы, обеспечивающие работу и управление системой противовыбросового превентора (ПВП). Его огромные клапаны при бурении пород с высоким содержанием нефти, газа или воды должны быть закрыты, так как в этом случае давление в скважине поднимается выше допустимых пределов.

Зачастую от начала бурения скважины до момента её эксплуатации проходит более трёх лет, поэтому производственное оборудование должно оставаться в рабочем состоянии десятилетиями.

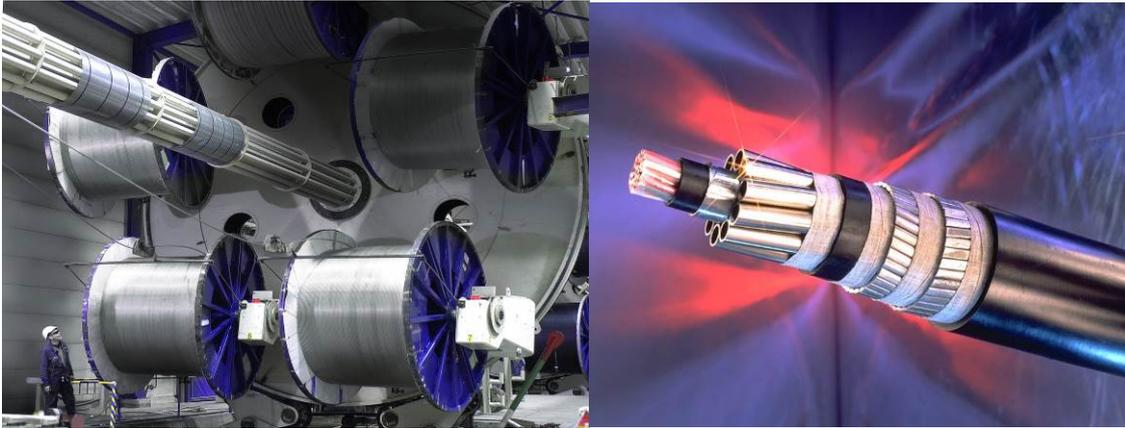
Изначально установленные на устьях скважины ПВП заменяются на подводные устьевые системы, которые называют «ёлочками», с задвижкой для регулировки расхода буровой жидкости, форсункой для впрыска химикатов, дополнительными клапанами, переходниками и аппаратурой удаленного управления и контроля. Райзеры могут обеспечивать прямое подключение для передачи жидкостей от «влажных» ёлочек на морском дне в производственный комплекс. Скважины, которые находятся прямо под платформой, соединяются прямым трубопроводом по вертикальным стоякам.

Производственные среды из нескольких скважин, расположенных на расстоянии от платформы, передаются по трубопроводам, которые возле платформы сходятся в центральный коллектор. Коллектор отделен от платформы трубопроводом для перелива, который крепится ко дну стальным цепным райзером (SCR). Такая система трубопроводов обеспечивает передачу среды со дна на поверхность моря. У платформы трубы стоят почти вертикально, но ближе ко дну они поворачиваются горизонтально.



Шельфовые трубопроводы для добычи и перекачки нефти состоят из сотен километров труб, линий впрыска и так называемых шлангокабелей.

Шлангокабели представляют собой парные трубы из нержавеющей стали или связки электрических кабелей, шлангов и рукавов, помещенных в стальную трубу. По ним передаются электрическая и гидравлическая мощности для осуществления работы устьевых систем, «ёлочек» и трубопроводов, а также химикаты для регулирования текучести, предотвращения образования солевых и известковых отложений в рабочем контуре. Шлангокабели также обеспечивают обмен сигналами между платформами и подводными установками.



Подводные кабели и шлангокабели, изготовленные из спаренных труб, должны выдерживать высокие механические нагрузки во время укладки и иметь стойкость к эксплуатационной коррозии

2. Трубы нефтепромыслового сортамента (ОСТГ)

Сохранившееся с ранних времен нефтедобычи выражение «трубы нефтепромыслового сортамента» (ОСТГ) относится к обсадным и иным трубным изделиям, предназначенным для буровых работ, а также к магистральным трубам, стоякам, шлангокабелям и другим материалам, которые необходимы для добычи и транспортировки сырой нефти.

Бурильные трубы и сопутствующее буровое оборудование разрабатываются с учётом необходимости частой замены. Трубу могут эксплуатировать в течение нескольких циклов, т. е. её вытаскивают из ствола скважины и разбирают на резьбовые соединения, затем, после ремонта или обслуживания, собирают заново и используют при бурении очередной скважины.



Бурильные трубы из разнородных материалов

Подводные производственные системы предназначены для постоянной работы, и ожидаемый срок их службы превышает 30 лет. Модернизация, модификация и ремонт этих установок создают необходимость сложных вмешательств, что ведёт к увеличению расходов и требует найма узких специалистов. Операторы часто предпочитают профилактические меры и с самого начала инвестируют в лучшие материалы, современные технологии и зарекомендовавшее себя производственное оборудование.

2.1 Технологии кольцевой сварки

2.1.1 Ручная сварка

В отличие от бурильных труб с резьбовыми соединениями, трубопроводы в подводных системах имеют неразъемные сварные соединения, выполняемые с применением передовых технологий. Прежде всего, используемый метод сварки должен постоянно обеспечивать высокое качество шва. В то же время, внимание уделяется и таким факторам, как производительность и стоимость.



SMAW: Сварка стержневым электродом с покрытием



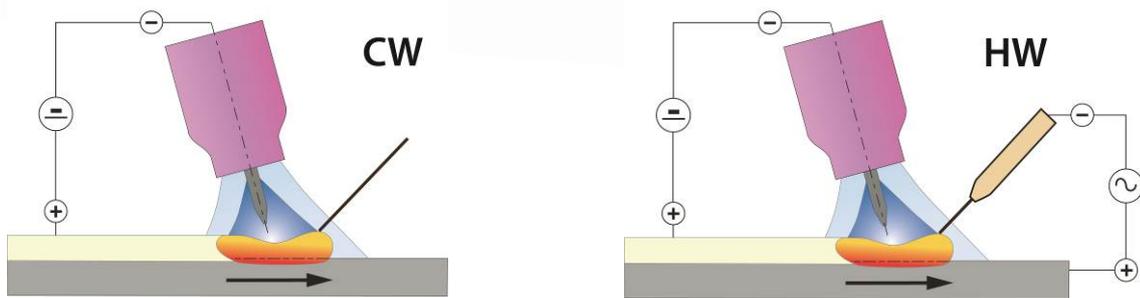
FCAW: Сварка электродом с самоэкранированием и порошковым сердечником или GMAW: сварка со сплошной проволокой MIG/MAG

Умеренные размеры вложений и низкие требования к инфраструктуре позволяют даже в современной промышленности использовать ручную сварку. В частности, при доступности оборудования для машинной сварки выполнение врезок часто проводится вручную, так как сложная геометрия сварного шва потребовала бы использовать различные зажимы, направляющие и устройства слежения.

Если нет необходимости в защитной газовой среде, то высокий уровень качества при хорошей производительности может быть получен и газовой дуговой сваркой (GMAW) со сплошной проволокой. Широко применяется сварка труб при помощи переноса металла силами поверхностного натяжения (STT), т.е. технологии GMAW с современным волновым контролем сварочного тока. Благодаря хорошему прониканию и надежной проварке корня, малому количеству брызг и хорошему контролю позиционирования с любой стороны трубы процесс заслужил широкое признание при сварке трубопроводов.

Перенос холодного металла (CMT) – еще один вариант технологии GMAW. Изначально разработанная для соединения разных материалов, например, стали с алюминием, эта технология применима к широкому диапазону задач. Точные цифровые импульсы управляют сварочным током, высокоскоростное устройство подачи проволоки устанавливается прямо на сварочный пистолет. Устройство периодически отдергивает проволоку назад, вызывая этим отрыв капли. Стабильность, воспроизводимость, экономичность и, наконец, достойное качество корневого прохода – вот причины высокой популярности системы при выполнении кольцевой сварки трубопроводов.

Газоэлектрическая сварка вольфрамовым электродом (GTAW), более известная как сварка ВИГ (вольфрам в инертном газе) это единственный процесс, при котором дуга может поддерживаться независимо от подачи металлического заполнителя. Безупречное начало сварного шва, прерывание или продолжение прохода по необходимости, повторный расплав уже сваренного участка, точечная сварка и прочие высокотехнологичные операции могут выполняться с идеальной точностью. При необходимости ручной сварки с металлическим заполнителем стержень из требуемого сплава вводится непосредственно в точку плавления. Несмотря на наилучшее среди прочих процессов качество швов, производительность технологии ВИГ остается довольно низкой.



Принципы сварки TIG/GTAW со сплошной проволокой: холодной (CW) и горячей (HW)

2.1.2 Машинная сварка

Высокая производительность, экономия времени и денег – все это достижимо, если вышеупомянутые сварочные процессы проходят при использовании полуавтоматического или полностью автоматического оборудования. Например, два участка трубы длиной по 12 метров можно соединить в одно 24-метровое соединение. Это удобно не только при строительстве прямых трубопроводов, но и для комбинированных буровых труб и других изделий. Возможность вращения труб вокруг продольной оси позволяет использовать экономичное соединение машинной сваркой TIG/GTAW с добавлением заполнителя – холодной или горячей проволокой. Технология TIG часто необходима там, где требуется соединение высокопрочных стальных труб или сохранение антикоррозионного покрытия плакированных труб.



Сварка TIG/GTAW С НАГРЕТОЙ ПРОВОЛОКОЙ для заводской сборки труб



Сварка TIG/GTAW с горячей проволокой, бурильные трубы из разнородного материала

При укладке магистрального трубопровода с баржи-трубоукладчика на сварных соединениях вращение отдельных секций невозможно. Автоматическая сварка, обычно GMAW или, при необходимости, TIG/GTAW, выполняется с использованием сварочных кареток, специализированных аппаратов – «жуков» или сварочных головок. Аппараты и головки несут на себе сварочную оснастку, т.е. пистолеты и такие аксессуары, как бегунки для качания и контроля напряжения дуги, катушки проволоки и т.д., а также кабели и рукава для подачи материалов и передачи данных. Аппараты, или головки, перемещаются вокруг трубы по зубчатым направляющим, заранее установленным на свариваемом участке. Параметры цикла сварки задаются заранее, соответствующее программное обеспечение гарантирует полное соблюдение всех технических условий и параметров процесса. Высокая воспроизводимость процесса обеспечивает достоверность результатов и снижает затраты на контроль качества швов. Современные системы автоматической сварки TIG/GTAW спроектированы в соответствии с необходимостью выполнения швов с полным отсутствием таких отбраковывающих дефектов, как поры или непровары любого размера.

Так как береговая сварка значительно дешевле выполняемой на барже, большая часть работ выполняется на производственных площадках на суше. Трубные катушки свариваются, а получившееся длинное соединение сматывается на барабан, зачастую находящийся непосредственно рядом с баржей. Стандартные диаметры трубопровода в барабане – от 2 до 12 дюймов, полная длина – до 80 км. Метод шельфовой укладки заключается в разматывании трубопровода с барабана (укладка с барабана). Большая длина непрерывно укладываемого трубопровода значительно повышает производительность и сокращает время производства работ. Тем не менее, при этом на барабан действуют значительные механические нагрузки, а значит, качество труб и соединяющих их швов имеют важнейшее значение.



Общий вид на типичное базовое хранилище барабанов



Круговая сварка TIG/GTAW с горячей проволокой



Монтаж S-Lay в трубоукладчике



Круговая сварка TIG/GTAW с горячей проволокой твердой двойной высоколегированной или нержавеющей магистральной трубы

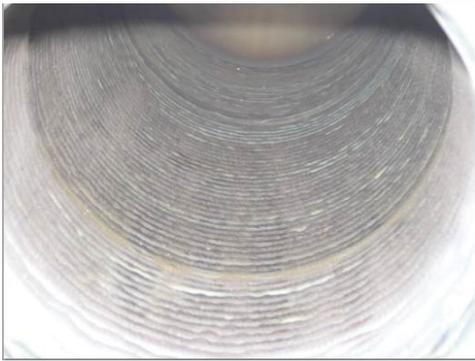
2.2 Коррозионно-стойкие сплавы

Трубные изделия, то есть предназначенные для соединения в трубопроводы, как правило, выполняются из высокопрочной низколегированной стали. То же самое можно сказать и о всевозможных кованных, литых или цельноштампованных коллекторах. Во многих случаях сталь данного сортамента не отвечает требованиям высокой стойкости к коррозионному и абразивному воздействию, обусловленному химическим составом скважинных сред, и ударной нагрузке содержащихся в них частиц породы. Известен целый ряд материалов, хорошо зарекомендовавших себя в качестве эффективного средства защиты от агрессивного воздействия сырой нефти и сопутствующих ей сред. Такие материалы называются коррозионно-стойкими сплавами. В данную группу объединяют как нержавеющие стали аустенитного и мартенситного классов, так и сплавы на основе никеля и титана.

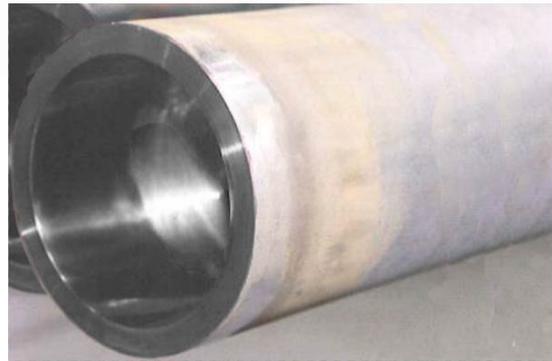


*Установки **POLYSOUDE SAS** для вертикального наплавления плакировки нагретым вольфрамовым электродом в среде инертного газа TIG/GTAW на любые типы коллекторов.*

Выбор коррозионно-стойкого сплава, обеспечивающего долговечную защиту от износа, возможен только при тщательном анализе конкретных условий коррозии. Для трубопроводов, эксплуатируемых в присутствии сернистых соединений, основными абразивными веществами являются ионы хлора, сероводород и двуокись углерода. Естественно, не нужно забывать и о таких факторах, как температура, давление и скорость потока скважинной продукции. Зачастую анализ показывает, что наилучшим вариантом является сплав на основе никеля. В качестве ориентировочного примера можно отметить, что средний износ внутренней стенки трубопровода за 30 лет эксплуатации при правильно подобранном материале составляет около 0,15 мм.



Коррозионно-стойкие трубы с полнопроходной наплавленной плакировкой



Биметаллические трубы - с концевой наплавленной плакировкой

Несмотря на превосходную стойкость к износу, никелевые сплавы однозначно проигрывают высокопрочным низколегированным сталям по механическим характеристикам. Именно поэтому у изготовленных из данного материала труб важнейшим параметром является толщина стенки, обеспечивающая сопротивление возникающим при укладке напряжениям и защиту от глубоководного гидростатического сминания. Наиболее экономичный способ использования преимуществ никелевых сплавов - это применение плакированных труб. При этом внешняя стенка из высокопрочной низколегированной стали будет поглощать большую часть механических напряжений, а внутренний слой из коррозионно-стойкого сплава толщиной всего несколько миллиметров - обеспечивать долговременную защиту от коррозии и истирания.

2.3 Стальная труба с коррозионно-стойкой плакировкой/футеровкой

В целом, различают два типа труб. Если между внешней основой и внутренним коррозионно-стойким слоем существует механическая связь, труба называется футерованной. Если связь между покрытием и основой металлургическая, труба называется плакированной.

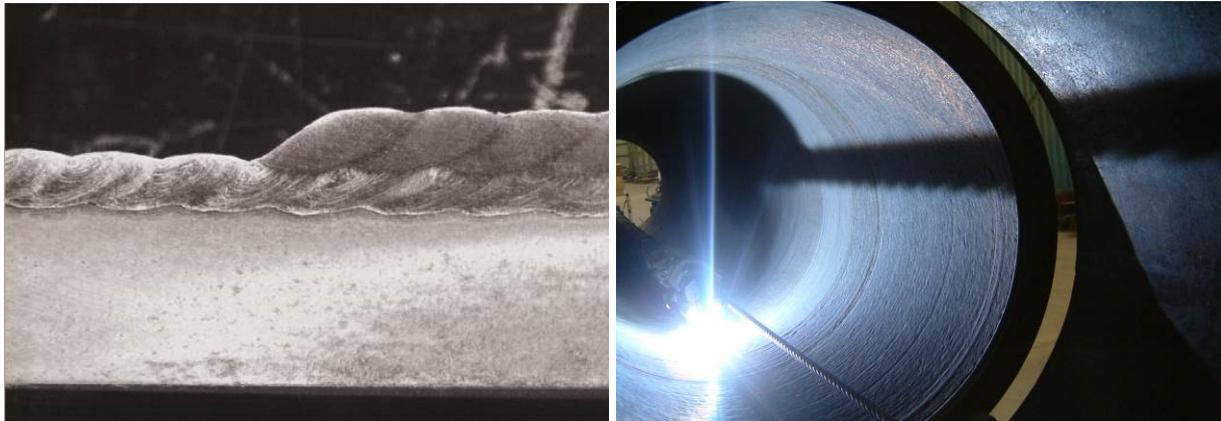


Плакированная труба для подводной эксплуатации.

Технология изготовления футерованных труб подразумевает введение внутреннего слоя в трубу с незначительно большим диаметром и образование механической связи между ними за счет последующего расширения. Получаемые в результате изделия относятся к классу стальных труб с футеровкой из коррозионно-стойких сплавов.

Если связь между стенкой и покрытием - металлургическая, изделие называется плакированной трубой. В качестве исходного полупродукта для их производства применяется горячекатанный лист с коррозионно-стойким плакированием. Так как горячая прокатка не позволяет выполнять плакирование в случае определенных сочетаний материалов, для их соединения применяется технология нанесения взрывным способом.

Кроме того, еще одним широко применяемым способом является наплавление, что означает автоматизированное нанесение слоя коррозионно-стойкого сплава на стальную подложку требуемых характеристик и размеров посредством сварочных технологий.

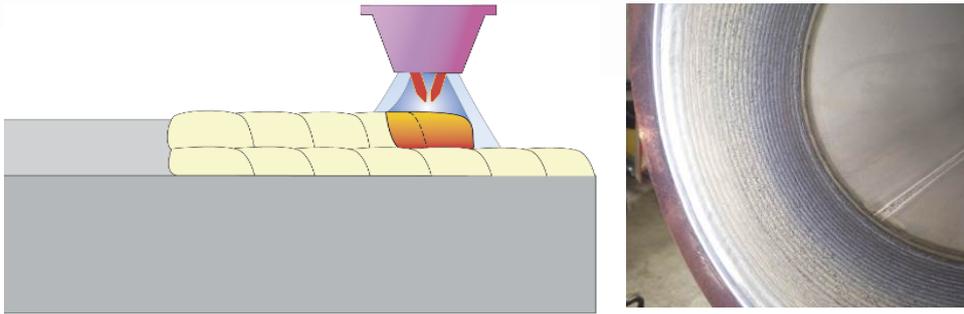


Трубы с металлургически связанным полнопроходным наплавлением по технологии TIG^{er}, разработанной POLYSOUDE SAS (Франция).

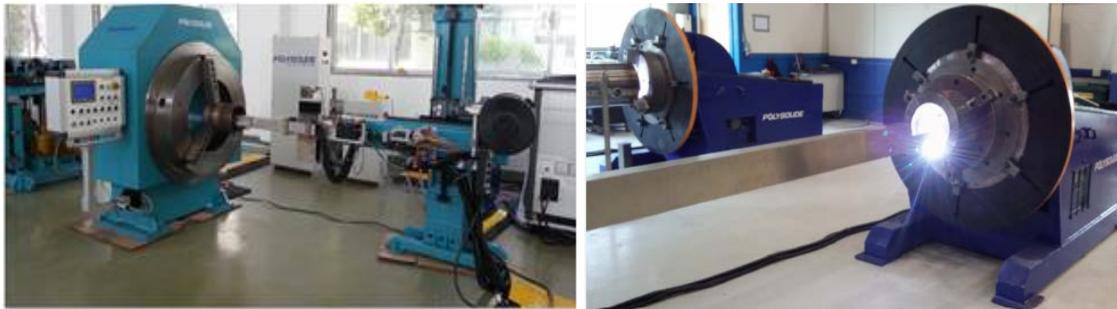
2.3.1 Улучшение характеристик стальной трубы с коррозионно-стойкой футеровкой

Классической технологией изготовления футерованных труб является соединение слоев коррозионно-стойкого сплава и марганцовистой стали. Так как получаемая в результате сила сцепления слоев меньше, чем при образовании металлургической связи между аналогичными материалами, в прошлом такие трубы применялись исключительно при укладке на морское дно. При укладке с барабана трубы подвергаются дополнительному напряжению, а монтаж трубопроводов предъявляет особые требования к усталостно-прочностным характеристикам. Именно поэтому для таких задач общепринятым решением являются плакированные трубы.

Современные технологии позволили значительно улучшить эксплуатационные характеристики труб с механически связанным антикоррозионным покрытием. При их изготовлении концы внутреннего слоя выполняются короче наружных примерно на 100 мм. При этом разница по длине заполняется высококачественным внутренним швом, навариваемым вольфрамовым электродом в среде инертного газа. Благодаря этому механические характеристики узла сопряжения практически идентичны плакированным трубам. Более того, при расширении слоев труба располагается в форме с жесткими допусками, что позволяет четко выдерживать ее наружную геометрию. Получаемая в результате нормализация размеров обеспечивает исключительную точность выравнивания секций трубопровода и, следовательно, высокую усталостную прочность кольцевых швов.



TIG^{er} - наплавление плакировки парой нагретых вольфрамовых электродов в среде инертного газа TIG/GTAW на биметаллические трубы с механической связью слоев, способ разработан компанией **POLYSOUDE SAS** (Франция)



Горизонтальная станция наплавления плакировки по технологии **TIG^{er}**, **POLYSOUDE SAS** (Франция)

2.3.2 Уникальные характеристики стальных труб с коррозионно-стойкой плакировкой

Если внутренние листы приобретаются как полуфабрикат, их кромки должны быть разделаны под будущую сварку. Листы формуется в гильзы горячей прокаткой с заваркой зазора продольным швом. В зависимости от размеров трубы, применяются технологии SAW, GMAW с CMT. Если же требуется исключительно бездефектный шов, применяются технологии внутренней и/или внешней TIG/GTAW сварки или плазменной сварки. При этом повышенная коррозионная стойкость достигается финишной наплавкой с помощью TIG-технологии в зоне сопряжения внутреннего слоя. Контроль и калибровка трубных концов осуществляются специализированными лазерными профилемерными системами (LEMS). Четко регламентированные допуски размеров и геометрии обеспечивают надлежащую центровку собираемых секций и усталостную прочность кольцевых швов.

Такая технология требует наличия определенных сочетаний сопрягаемых листов материала. В свою очередь, редко встречаемые сочетания и малые потребляемые объемы могут стать причиной срыва поставок, особенно в условиях временных ограничений.

Наплавление коррозионно-стойкой плакировки может проводиться на стальных трубах типового сортамента. Расположенные горизонтально трубы вращаются вокруг собственной продольной оси. При этом вдоль внутренней стенки перемещается сварочная форсунка с закрепленными на ней устройствами подачи и подогрева проволоки. Разработанный **POLYSOUDE SAS** (Франция) процесс плакирования парными вольфрамовыми катодами в инертной среде **TIG^{er}** обеспечивает эффективную и долговечную защиту за счет ровной внутренней поверхности и низкой взаиморастворимости слоев. Комбинированная дуга, образуемая парой близко расположенных на одной горелке вольфрамовых электродов, имеет уникальные показатели осаждения материала без какого-либо ущерба качеству шва.



12-метровая горизонтальная установка плакирования **TWIN-TIG^{er}** производства **POLYSOUDE SAS** (Франция).

Независимо от технологии изготовления, стальные трубы с коррозионно-стойкой плакировкой обеспечивают соответствие самым строгим допускам, нормативным требованиям и стандартам безопасности. Они могут применяться как при укладке гибких трубопроводов с барабана и строительстве стояков с верхними прогонами или цепными оттяжками, так и при установке подводных сооружений с длительным сроком эксплуатации.

3. Выводы

Успешность и безопасность шельфовой нефтеразведки и добычи в значительной степени определяются качеством сварки и наплавления плакировки трубных элементов, трубопроводов и коллекторов. Для соединения трубных изделий могут использоваться различные технологии сварки и наплавления. При этом, благодаря усилиям, направленным на повышение производительности автоматизированных методов сварки вольфрамовым электродом в инертной среде, непревзойденное качество прямых и кольцевых швов теперь доступно без значительных затрат. Разработанная компанией **POLYSOUDE SAS** (Франция) современная технология **TIG^{er}** позволяет выполнять внутреннюю плакировку стальных труб коррозионно-стойкими сплавами, получая изделия с высоким сопротивлением к усталости и нагрузкам. Если к качеству швов предъявляются особые требования, ваш выбор - ультрасовременные технологии автоматизированной дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа TIG/GTAW и их варианты.