## § 9.2. СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ. ПОДВОДНАЯ СВАРКА И РЕЗКА ТРУБОПРОВОДОВ

При сооружении подводных трубопроводов обычно применяются те же методы сварки, что и при сооружении линейных сухопутных участков трассы. Сварочно-монтажные работы на подводных переходах включают несколько этапов:

поворотную сварку труб на стенде (трубосварочной базе) в звенья из трех труб;

сварку звеньев труб в плеть на монтажной площадке;

сварку плетей труб в нитку.

При небольшой протяженности подводных переходов сварочно-монтажные работы (сварку поворотных и неповоротных стыков) можно выполнять с применением ручной электродуговой сварки.

При больших объемах сварочно-монтажных работ на переходе целесообразно использовать стационарные и передвижные трубосварочные базы, которые могут быть укомплектованы различными установками и оборудованием.

### Подводная сварка и резка трубопроводов

В настоящее время подводная сварка приобретает все большее значение при строительстве и монтаже, текущем и аварийном ремонте различных подводных металлоконструкций, включая подводные трубопроводы.

Очевиден экономический эффект от внедрения подводной сварки в практику строительства и ремонта морских трубопроводов и переходов магистральных трубопроводов через различные водные преграды. Например, для ликвидации аварии подводного трубопровода с использованием обычной сварки необходимо размыть грунт вокруг трубопровода на сотни метров по его длине, затем поднять его над водой, осуществить ремонт, погрузить вновь на дно с обратной засыпкой или замывом грунтом. Такой ремонт требует применения специальной техники, а также значительные затраты труда и времени.

Как показывает практика, подводную сварку и резку целесообразно применять в строительный период при стыковке и соединении плетей трубопроводов, уложенных на большие глубины, монтаже стояков трубопровода, установке протекторов для защиты конструкций от коррозии, ремонте трубопроводов, буровых установок, нефтяных вышек, плавсредств, свай, при проведении судоподъемных и спасательных работ и др.

В последнее время проводятся исследования различных технологических способов соединения металлов под водой, включая дуговую сварку штучными электродами с защитными покрытиями, полуавтоматическую сварку плавящимся электродом



с непрерывной подачей электродной проволоки, плазменную сварку, а также соединения с помощью пайки твердым припоем, энергией взрыва и различными клеями.

Сварка под водой по сравнению с обычной характеризуется специфическими особенностями: значительным влиянием воды на процесс сварки, невозможностью длительного пребывания водолаза-сварщика на большой глубине, малой видимостью под водой и наличием гидростатического давления.

Подводную сварку можно разделить на два способа: «мокрый» и «сухой». Сварка «мокрым» способом выполняется непосредственно в воде. При «сухом» способе место сварки ограждается от окружающей воды.

Мокрая дуговая сварка — наиболее простой и универсальный способ сварки.

При подводной сварке вследствие выделения тепла от дугового разряда происходит интенсивное испарение и диссоциация воды. Пары воды и газа, образующие вокруг дуги из основного и электродного металлов, создают парогазовый пузырь полусферической формы. Увеличиваясь, парогазовый пузырь деформируется и разрушается с частотой 12—15 пузырей в секунду. Парогазовый пузырь имеет объем 30—100 см³ и состоит из 62—82% $H_2$ от общего объема газа, 11—24% CO, 4—6% $CO_2$, паров металла, кислорода и других компонентов до 2%. Составляющие парогазового пузыря оказывают существенное влияние на характеристику сварочной дуги и процесс сварки. С увеличением глубины места сварки сварочная дуга сжимается, ее характеристики изменяются и для поддержания дуги необходимо повышать силу сварочного тока и напряжение.

Подводная дуговая сварка по сравнению с дуговой сваркой в воздухе имеет следующие недостатки:

повышенное количество водорода в парогазовом пузыре и воде, окружающих сварное соединение, увеличивает хрупкость шва и околошовной зоны;

быстрое охлаждение жидкого металла сварочной ванны вследствие охлаждающего эффекта воды (теплоотдача металла при сварке в открытой воде в несколько раз выше, чем на воздухе) приводит к повышенной твердости и хрупкости сварного шва;

вследствие высокой температуры подводной сварочной дуги появляются газовые пузырьки, которые приводят к образованию большого числа пор в сварных швах.

Различают следующие методы подводной дуговой сварки: штучными электродами с защитным покрытием, полуавтоматическую — плавящимся электродом и полуавтоматическую сварку порошковой проволокой.

Назначение защитного покрытия электродов при подводной сварке штучными электродами — обеспечение водонепроницаемости их обмазки. Обмазка электрода повышает устойчивость дугового разряда. Увлажнение обмазки разрушает ее и