**1. Технология монтажа трубопроводов из цветных металлов.**

**1.1. Общие сведения о трубопроводах.**

Трубопроводами называются устройства, которые служат для транспортирования жидких, газообразных и сыпучих веществ. Трубопроводы состоят из плотно соединённых между собой прямых участков труб, деталей, запорно-регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики, опор и подвесок, крепежа, прокладок и уплотнений, а также материалов, применяемых для тепловой и антикоррозионной изоляции.

К технологическим трубопроводам относятся все трубопроводы промышленных предприятий, по которым транспортируются: сырьё, полуфабрикаты и готовые продукты; пар, вода, топливо, реагенты; отходы производства и др.

Технологические трубопроводы работают в сложных условиях. В процессе работы отдельные части трубопровода находятся под давлением транспортируемого продукта, которое может быть от 0,01 до 2500кгс/см2 и выше, под воздействием температур в пределах от –170 до +700оС и более, под постоянной нагрузкой от массы труб и деталей, нагрузок теплового удлинения, вибрационных, ветровых и давления грунта.

Кроме того, в элементах трубопровода могут возникать периодические нагрузки от неравномерного нагрева, защемления подвижных опор и чрезмерного трения в них.

Сложность изготовления и монтажа технологических трубопроводов определяется:

* + характером и степенью агрессивности транспортируемых продуктов (вода, нефть, пар, газ, спирты, кислоты, щелочи и др.);
  + конфигурацией обвязки аппаратов и оборудования, большим количеством разъёмных и неразъёмных соединений, трубопроводов, компенсаторов, контрольно-измерительных приборов, средств автоматики и опорных конструкций;
  + расположением трубопроводов в траншеях, каналах, лотках, на стойках, эстакадах, этажерках, на технологическом оборудовании, а также на разных высотах и часто в условиях, неудобных для производства работ.

По территориальному признаку технологические трубопроводы разделяют на внутрицеховые, соединяющие отдельные аппараты и машины в пределах одной технологической установки или цеха и размещённые внутри здания или на открытой площадке, межцеховые, соединяющие отдельные технологические установки и цехи.

**1.2. Трубы и детали трубопроводов из цветных металлов и их сплавов.**

Трубы и детали трубопроводов из цветных металлов ввиду их сравнительно высокой стоимости для технологических трубопроводов используют сравнительно редко и по возможности заменяют трубами из неметаллических материалов.

В таблице приведена техническая характеристика труб из цветных металлов и сплавов.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трубы | ГОСТ, нормаль | Наружный диаметр, мм | Толщина стенки, мм | Длина труб, мм | Пределы применения | |
| температура, оС | давление, кгс/см2 |
| Из алюминиевых сплавов и алюминия: |  | | | | | |
| тянутые и канатные | ГОСТ 18475-73 | 6 – 120 | 0,5 – 5 | 2 – 5,5 | От –196 до +150 | По расчёту |
| прессованные | ГОСТ 184882–73 | 25 – 280 | 5 – 32,5 | 2 – 5,5 | От –196 до +150 | По расчёту |
| Сварные из алюминиевых сплавов: |  | | | | | |
| медные | МН 1112–60 | 103 – 1012 | 1,5 – 6 | – | От –196 до +120 | Рраб до 2,5 |
| тянутые и канатные | ГОСТ 617–72 | 3 – 360 | 0,5 – 10 | 1 – 6 | От –196 до +120 | По расчёту |
| прессованные | ГОСТ 617–72 | 30 – 280 | 5 – 30 | 0,5 – 6 | От –196 до +120 | По расчёту |
| сварные | МН 1166–60 | 410 – 510 | 5 | – | От –196 до +120 | Рраб до 6 |
| Медные и латунные тонкостенные | ГОСТ 11383 – 65 | 1,5 – 28 | 0,15 | – | – | – |
| Латунные: |  | | | | | |
| тянутые и прессованные | ГОСТ 494–69 | 3 – 196 | 0,5 – 42,5 | 0,5–7,5 | От –196 до +250 | По расчёту |
| сварные | МН 1135–60 | 103 – 1012 | 1,5 – 6 | 1 | От –196 до +120 | Рраб до 6 |
| Бронзовые и прессованные | ГОСТ 1208–73 | 50 – 220 | 5 – 50 | – | – | – |
| Свинцовые | ГОСТ 167–69 | 15 – 166 | 2,5 – 8 | 2 – 6 | До +140 | Ру до 2,5 |
| Титановые | МРТУ 14–4–7–65 | 32 – 133 | 1,5 – 3,5 | 2 – 5 | До +350 | По расчёту |

Трубы из алюминия и его сплавов применяют в химической, пищевой и других отраслях промышленности. Они имеют небольшую плотность (92,7г/см2) и относительно высокую устойчивость против коррозии в крепкой и слабой азотной, разбавленной серной, фосфорной, уксусной и многих других кислотах при комнатной температуре. С повышением температуры химическая стойкость и прочность труб резко снижается.

Детали трубопроводов из алюминиевых сплавов нормализованы на рабочее давление 2,5 кгс/см2 и изготовляются с условным диаметром от 100 до 1000мм.

Медные трубы применяются в технологических процессах промышленности органического синтеза и органических кислот для транспортирования агрессивных продуктов, а также в установках глубокого охлаждения.

В технологических трубопроводах используют главным образом твердые медные трубы М3 и М3С (МЗС отличается от МЗ более ограниченным содержанием примесей – кислорода, свинца и фосфора).

Латунные трубы в технологических трубопроводах обычно служат для транспортирования инертных газов при низких температурах. Использование их для транспортирования агрессивных продуктов ограничено вследствие возможного растрескивания труб в результате коррозии.

Детали трубопроводов из латуни нормализованы на рабочее давление 6 или 200кгс/см2.

Свинцовые трубы обладают очень высокой коррозионной стойкостью; их применяют преимущественно для транспортирования серной кислоты различной концентрации (9холодной – до 80%, горячей – до 40%), слабой (до 10%) холодной соляной кислоты, хлора.

В технологических трубопроводах свинцовые трубы используют сравнительно редко – в тех случаях, когда их нельзя заменить трубами из легированных сталей, стекла, пластмасс.

Титановые трубы применяют для трубопроводов, транспортирующих агрессивные продукты, в том числе азотную кислоту. Титан очень прочный и легкий сплав (плотность его 4,5г/см2). Применяемый для труб сплав ВТ1 имеет предел прочности при растяжении 45 – 60 кгс/мм2.

**1.3. Подготовительные работы.**

Успешное и качественное выполнение монтажных работ зависит от своевременной подготовки производства. При монтаже трубопроводов необходимо строго соблюдать технические условия и правила производства работ, тщательно контролировать качество поступающих на монтаж труб, деталей и узлов трубопроводов, арматуры и других материалов.

До начала монтажа трубопроводов производитель работ, мастер и бригадир подбирают рабочие чертежи, спецификации, проект производства работ и другую техническую документацию по трубопроводам данного объекта.

Перед монтажом организуют площадки для промежуточного складирования и укрупнения узлов и элементов трубопроводов, в местах производства работ оборудуют сварочные посты.

Для временных сооружений применяют инвентарные контейнерные и сборно-разборные конструкции. Инструментальные кладовые располагают в непосредственной близости к рабочим местам.

До начала монтажа должны быть закончены общестроительные работы, а также установлены конструкции и оборудование (в случае, если их монтаж не ведётся совместно с обвязочными трубопроводными работами), проходы и проезды освобождают от строительного мусора и посторонних предметов, чтобы обеспечить свободный и безопасный доступ к рабочим местам.

Прежде чем приступить к монтажу трубопроводов, необходимо ознакомиться с местами их прокладки и проверить строительную готовность объекта под монтаж: проверяют наличие предусмотренных проектом закладных частей.

После этого намечают, какие временные леса и подмости потребуются при монтаже трубопровода. Леса и подмости необходимо применять инвентарные сборно-разборных конструкций.

Перед монтажом подбирают монтажные механизмы, приспособления и инструмент (по проекту производства работ); подают узлы, прямые участки трубопроводов и другие комплектующие изделия и материалы в зону монтажа; знакомят бригады с объектами, проводят инструктаж по технике безопасности.

**1.4. Монтаж трубопроводов из цветных металлов и их сплавов.**

При монтаже трубопроводов из цветных металлов – меди, латуни, алюминия и свинца – соблюдают те же требования, что и для трубопроводов из углеродистой стали.

К монтажу таких трубопроводов следует приступать только после окончания всех работ по монтажу оборудования и стальных трубопроводов.

Относительно небольшая прочность и высокая пластичность металла этих труб, особенно свинцовых, ограничивает возможность предварительного укрупнения элементов и узлов в блоки. Поэтому на монтажную площадку поступают детали, элементы и узлы, из которых собирают блоки небольших размеров. При транспортировании, укладке и монтаже таких трубопроводов требуется особая осторожность, чтобы предохранить их от механических повреждений.

Трубопроводы из цветных металлов разрешается сваривать при температуре окружающего воздуха не ниже –5оС. Для трубопроводов из алюминия, меди и латуни применяют газовую, электродуговую сварку (угольным, графитным или металлическим электродами) и сварку в среде защитных газов. Для трубопроводов из меди и латуни используют также пайку в случаях, указанных в проекте.

К прихватке и сварке трубопроводов из цветных металлов и их сплавов допускаются сварщики, сдавшие испытания (заварившие пробные стыки) и имеющие удостоверение о допуске к сварке.

К пайке трубопроводов, работающих под избыточным давлением более 0,7 кгс/см2, допускаются медники и паяльщики, имеющие удостоверения на право пайки сосудов и трубопроводов.

Перед сваркой или пайкой концы стыкуемых трубопроводов зачищают (внутри и снаружи), обезжиривают и промывают. Очистку травлением производят только при специальных указаниях в проекте.

Газовую сварку труб из меди и латуни выполняют ацетиленокислородным пламенем в поворотном положении. Для предупреждения пористости металла шва медь сваривают строго нормальным, а латунь – окислительным пламенем. Для улучшения механических свойств шва рекомендуется сварные стыки труб с толщиной стенки до 5мм проковывать в холодном состоянии, свыше 5мм – в горячем состоянии при температуре 300–400оС. Прокованные из меди швы подвергают отжигу, нагревая до 500–550оС, и быстрому охлаждению в воде. Трубы из латуни отжигают при температуре 600–650оС и охлаждают на воздухе.

Газовую сварку труб из алюминия и его сплавов обычно выполняют ацетиленокислородным строго нормальным пламенем. Для растворения и удаления в шлак окиси алюминия при сварке применяют специальный флюс АФ-4А, который также предохраняет жидкий металл от окисления.

После сварки остатки флюса и шлака во избежание коррозии тщательно удаляют с поверхности шва, промывая его сначала 2%-ным раствором хромовой кислоты, нагретым до 80оС, затем водой и просушивая.

После электродуговой сварки медных и латунных труб производят термическую обработку швов так же, как и после газовой.

Электродуговую сварку в среде защитных газов (азота или аргона) труб из меди и ее сплавов с толщиной стенки 0,8–15мм производят в поворотном положении вольфрамовым электродом на постоянном токе прямой полярности. Перед сваркой подогревают стык до 550оС.

Электродуговую сварку алюминия и его сплавов осуществляют обмазанными металлическими электродами ОЗА-1, ПФ-4аКр, А2 на постоянном токе обратной полярности и обычно применяют для трубопроводов с толщиной стенки более 3мм.

Дуговую сварку в среде защитных газов (аргоне) выполняют неплавящимся (вольфрамовым) электродом вручную и механизированным способом, если толщина стенки трубопровода достигает 8мм; плавящимся электродом – автоматами и полуавтоматами сваривают трубопроводы с толщиной стенки более 4мм. С внутренней стороны шов защищают от окисления остающимися или съемными подкладками, а также поддувая аргон.

Перед сборкой и сваркой труб из алюминия и его сплавов предварительно подогревают кромки до 200–250оС. После наложения прихваток их поверхность непосредственно перед сваркой зачищают при аргоно-дуговой сварке металлическими щетками; при других способах сварки кромки промывают водой.

Сварка свинцовых трубопроводов представляет некоторые трудности, так как свинец плавится при температуре 327оС, а пленка окиси, покрывающая его поверхность, при температуре 850оС.

Свинцовые трубы под сварку собирают с разбортовкой одной из труб, а также встык.

Кромки труб, подлежащие сварке перед сборкой, зачищают с двух сторон стальным шабером-скребком для удаления окисной пленки. Сваривают (паяют) свинцовые трубы водородным и ацетиленовым пламенем. В первом случае для сварки применяют специальные горелки-февки, во втором – обычные ацетиленовые горелки. Присадочным материалом служит свинцовая проволока или пруток, нарезанный из листового свинца.

Получил распространение также способ электродуговой сварки встык и внахлестку (рис.1) свинцовых трубопроводов модулированной дугой с помощью установки ВС-1 в среде аргона неплавящимся вольфрамовым электродом.

Разделка кромок труб и деталей из цветных металлов под сварку зависит от материала, толщины стенки и способа сварки.

Наиболее удобны при пайке соединения с большой поверхностью прилегания, например, внахлестку, в раструб, с надвижной муфтой. Трубопроводы паяют, как правило, твердыми припоями.

К твердым припоям относятся медно-цинковые и серебряные; температура их плавления 750–1200оС. Припои разделяются по маркам: медно-цинковые ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54 и др.; серебряные – ПСр-12М, ПСр-25 и др. цифры указывают процент содержания в припое меди и серебра.

Основой большинства флюсов для твердой пайки является бура, которая плавится при 783оС, или смесь буры (70%) с борной кислотой (30%).

При паянии твердыми припоями величину зазора выбирают не более 0,5мм. При паянии кромки нагревают ацетиленокислородным пламенем газовой горелки. Торцы труб или деталей посыпают флюсом и нагревают, пока их цвет не станет вишнево-красным (700-800оС). Флюс при этом расплавляется и растекается по поверхностям, подлежащим пайке. После этого вводят припой. Затем место пайки медленно охлаждают на воздухе. Охлаждение водой не применяют, так как могут образоваться трещины.

Пайка твердыми припоями по полуде или вблизи луженых мест запрещается.

На алюминиевых трубопроводах с условным давлением транспортируемого продукта 6 кгс/см2 для присоединения к штуцерам аппаратов и фланцевой арматуре применяют фланцевые соединения (рис.2.) на отбортованной трубе.

Для крепления трубопроводов используют сплошные желоба из досок или уголков, уложенные на опоры и подвески. В желобах в местах расположения фланцев или арматуры оставляют минимальные разрывы. Уложенные в желоб трубы через каждые 700–1000мм закрепляют лентой из свинца.

При изготовлении и монтаже свинцовые трубы предварительно правят. Это связано с невысокой твердостью труб и повреждениями при транспортировании и разматывании (свинцовые трубы малых диаметров поставляют в бухтах).

Свинцовые трубы правят механическим или гидравлическим способом.

При механическом способе правки через трубу протягивают стальные конические оправки, прикрепленные к тросу (рис.3). Диаметр оправок должен соответствовать внутреннему диаметру трубы.

Гидравлический способ правки более производителен. До заполнения водой в оба конца трубы впаивают трубки небольшого диаметра. Воду подают ручным или приводным насосом под давлением от 2 до 10 кгс/см2 в зависимости от толщины стенки, диаметра трубы и вида вмятин. При гидравлическом способе правки не следует допускать давлений, при которых происходит выпучивание стенки трубы.

После правки оба конца трубы отрезают. В некоторых случаях при больших вмятинах правку выполняют и гидравлическим, и механическим способами.

Свинцовые трубы можно легко резать ручной или приводной ножовкой. Отверстия в трубах вырезают газовой горелкой (февкой). В качестве горючего газа используют водород. Горелка состоит из медной трубки с оттянутым концом, в которую через смеситель подают водород и кислород.

Смонтированные трубопроводы подвергают испытаниям на прочность и плотность, а в случае необходимости – дополнительному пневматическому испытанию на плотность с определением падения давления на время испытания.

К испытаниям смонтированных трубопроводов разрешается приступать только после детального изучения технологической документации и только после письменного разрешения подрядчика и заказчика на основе оформленных актов технической готовности трубопроводов или их участков к испытаниям. Перед испытаниями необходимо: провести проверку состояния изоляции и заземления электрической части, наличия и исправности пусковых и тормозных устройств, контрольно-измерительных приборов и заглушек; оградить и обозначить соответствующими предупредительными знаками зону испытаний; осмотреть временные заглушки, люки и фланцевые соединения; определить места и условия безопасного пребывания лиц, занятых испытанием; привести в готовность средства пожаротушения и обслуживающий персонал. К проведению испытаний смонтированных систем трубопроводов допускаются только лица, прошедшие соответствующую подготовку и инструктаж на рабочих местах о способах удаления воздуха из системы, порядке постепенного повышения и снижения давления, недопустимости исправлений в системе, находящейся под давлением, и повышении давления против установленного проектом, о приёмах простукивания сварных швов.

Испытание трубопроводов на прочность и плотность производят одновременно гидравлическим или пневматическим способом. Как правило, трубопроводы испытывают гидравлическим способом. Пневматическое испытание на прочность и плотность применяют только в следующих случаях: для газопроводов с условным проходом от 250мм и более, если строительные конструкции и газопровод не рассчитаны на заполнение водой; при температуре окружающего воздуха, ниже 0оС; когда проведение гидравлического испытания недопустимо или невозможно (например, по технологическим требованиям).

При проведении гидравлических и пневматических испытаний трубопроводов необходимо принимать меры предосторожности; в противном случае могут внезапно разрушиться отдельные детали или узлы, а также расположенные поблизости сооружения, деформироваться трубопроводы.

Устранение недоделок, обнаруженных в процессе испытаний, необходимо производить под непосредственным руководством ответственного инженерно-технического работника после отключения системы и полной остановки оборудования

Испытательное давление для трубопроводов из цветных металлов принимается равным 1,25 рабочего, но не менее 1 кгс/см2.

Сварные швы при осмотре трубопровода во время испытания обстукивают молотком массой не более 0,8кг.