

Уважаемые студенты!

Ниже представлена лекция. Вам необходимо:

1. Внимательно прочесть лекционный материал
2. Законспектировать лекцию, выделяя основные понятия и определения, конспект должен составлять не менее 3-4 страниц тетради.
3. Ответить на вопросы письменно в конце законспектированной лекции.

Законспектированную лекцию и ответы на вопросы подготовить к проверке преподавателю по окончании карантина. Результат выполненного задания прислать на адрес электронной почты преподавателя: **helen-ivanova-1959@mail.ru** -

4. В случае возникновения вопросов в течении времени вашей пары можно обратиться к преподавателю **helen-ivanova-1959@mail.ru** или по телефону **0721689390**

Лекция

Проверка сварочных швов течеисканием

План лекции

1. Капиллярные методы
2. Компрессионные методы
3. Вакуумный метод
4. Перспективы совершенствования методов течеискания

Основным эксплуатационным требованием к конструкциям замкнутого типа (сосудам, трубопроводам) является герметичность (непроницаемость) их стенок и сварных соединений.

Герметичность – это способность конструкции ограничивать проникновение жидкости или газа сквозь ее элементы и через их соединения. Степень герметичности измеряется утечкой жидкости или газа в единицу времени.

Испытание конструкций на герметичность, или контроль течеисканием, выполняют с использованием пробных веществ (жидкостей или газов), которые легко проходят через сквозные дефекты и хорошо

различаются визуально или с помощью приборов – течеискателей и других средств регистрации.

Контроль течеисканием позволяет обнаруживать в сварных соединениях и основном металле сварных узлов и конструкций следующие виды сквозных дефектов: трещины, непровары, поры, свищи, прожоги и др. Размеры сквозных дефектов ввиду невозможности измерения их линейных размеров условно оцениваются потоком пробного вещества, протекающего через дефект в единицу времени.

Согласно ГОСТ 18353 – 79 различают капиллярные, компрессионные и вакуумный методы контроля течеисканием. Все эти методы в зависимости от вида и способа индикации, используемого пробного вещества, применяемой аппаратуры и технологических особенностей имеют свои разновидности.

Выбор метода течеискания определяется степенью необходимой герметичности испытуемых объектов, направлением и значением нагрузки на оболочку и допустимыми к применению пробными веществами.

Желательно, чтобы направление и значение нагрузки при испытаниях герметичности совпадали с аналогичными характеристиками рабочей нагрузки объектов контроля.

1. Капиллярные методы

Эти методы контроля сварных соединений основаны на явлении капиллярного проникновения жидкости, обладающей высокой смачивающей способностью, в сквозные дефекты. Для проверки на одну поверхность сварного соединения, предварительно очищенную от загрязнений, обильно наносят проникающую жидкость, например керосин, а на противоположную – адсорбирующее покрытие в виде меловой обмазки, состоящей из 350 ... 480 г молотого мела (или каолина) и 1 л воды.

После определенной выдержки контролируемое соединение осматривают, выявляя сквозные дефекты по желтым пятнам керосина, появившимся на меловой обмазке. Зачастую для лучшего выявления пятен керосина в обмазку добавляют красители яркокрасного цвета или люминофоры. Метод керосиновой пробы позволяет эффективно обнаружить сквозные дефекты с диаметром более 0,1 мм.

Метод керосиновой пробы применяется для контроля сварных соединений наливных емкостей, нефтяных резервуаров, цистерн и других конструкций, доступ к которым возможен с обеих сторон.

Другие капиллярные методы течеискания основаны на использовании пенетрантов – красок (цветной метод) или люминофоров (люминесцентный метод).

2. Компрессионные методы

Данные методы контроля основаны на создании в испытуемом объекте (замкнутой системе) избыточного давления пробного вещества (жидкости или газа) и регистрации на лицевой поверхности сварного шва участков течи. В зависимости от типа пробного вещества различают жидкостные (гидравлические) и газовые методы течеискания.

Жидкостные методы течеискания применяют для проверки различных замкнутых систем (например, паровых котлов, нефтехимической аппаратуры и др.), работающих под давлением. Контролируемый объект заполняют рабочей жидкостью или водой, герметизируют, с помощью гидравлического насоса создают в нем избыточное давление и некоторое время выдерживают под этим давлением. Затем производят визуальный осмотр наружной поверхности объекта. Признаком наличия дефекта служит появление капель жидкости на поверхности или ее отпотевание. Жидкостные методы контроля позволяют выявлять течи диаметром около 1 мкм.

Гидравлическим испытаниям должен предшествовать радиационный или ультразвуковой контроль, если он предусмотрен техническими условиями.

К жидкостным относится люминесцентно-гидравлический метод контроля, при проведении которого в состав пробного вещества добавляют люминофор, а лицевую поверхность сварного соединения осматривают при воздействии на нее ультрафиолетовым излучением.

Иногда при использовании жидкостных методов контроля для лучшей выявляемости дефектов на лицевую поверхность соединения наносят индикаторное покрытие, в состав которого входит люминофор, например динатриевая соль флуоресцеина, люминесцирующая при попадании на нее воды, и сорбент (крахмал), удерживающий воду в течение длительного времени. Местоположение сквозного дефекта определяется по зеленому свечению участка индикаторного покрытия при воздействии на него ультрафиолетовым излучением.

При проведении гидравлических испытаний важно правильно выбрать давление, создаваемое в сварной конструкции. Обычно испытания на герметичность совмещают с гидравлическими испытаниями конструкции на прочность и производят их при давлении, в 1,1 – 1,5 раза превышающем рабочее. При контроле сварных соединений в условиях серийного производства, например спиральной продольно-шовных труб для газонефтепроводов, применяются специальные испытательные стенды.

Гидравлический метод иногда используется и для испытания открытых сосудов, например отстойников. В этих случаях их заполняют жидкостью, а

затем остукивают и осматривают лицевые поверхности сварных швов.

Газовые методы течеискания обладают большей чувствительностью, чем жидкостные, поскольку газообразные пробные вещества значительно легче проходят через мелкие сквозные дефекты. Газовые методы контроля применяются исключительно для испытания замкнутых сосудов. Самый простой из газовых методов контроля – пузырьковый (рис. 1) – заключается в погружении сварной конструкции в емкость с водой, в которой с помощью воздуха создано избыточное давление. Участки течи выявляют по выделяющимся пузырькам воздуха.

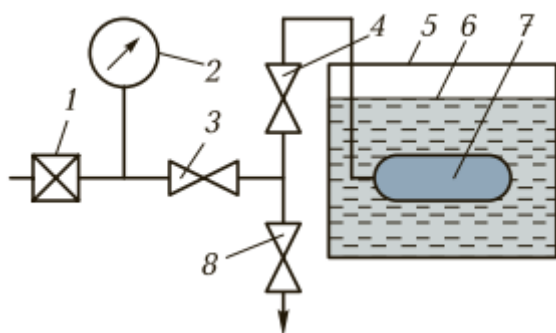


Рисунок 1 - Схема пузырькового метода контроля течеисканием:

1 – редукционный клапан; 2 – манометр; 3 – нагнетательный клапан; 4 – предохранительный клапан; 5 – бак; 6 – жидкость; 7 – контролируемый объект; 8 – вентиль сброса давления

Если размеры сварной конструкции не позволяют поместить ее в емкость, то лицевую поверхность сварного шва покрывают пенообразующим веществом (мыльным раствором) и участки течи фиксируют по мыльным пузырькам. Основой пенного индикатора служат поверхностно-активные вещества («Лотос», «Ладога» и др.) и также влагоудерживающий компонент – глицерин (до 90 %) с хромпиком (0,01 %). Пузырьковый метод контроля позволяет выявлять мелкие течи диаметром до 1 мкм.

Химические компрессионные методы контроля герметичности основаны на применении для индикации течей химических реакций пробного вещества с индикаторным слоем, нанесенным на лицевую поверхность проверяемого шва.

К компрессионным относится метод контроля герметичности с помощью воздушно-аммиачной смеси, заключающийся в том, что лицевую поверхность шва испытуемого объекта покрывают бумажной лентой, смоченной 5%-ным раствором нитрата ртути или раствором фенолфталеина, а в испытуемый объект подают смесь воздуха с 1 ... 10 % аммиака. Бумажную ленту выдерживают в этом положении в течение 1 ... 15 мин. Аммиак, проникая через сквозные дефекты, оставляет на бумаге в местах

течи черные или фиолетовые пятна.

Для покрытия лицевой поверхности шва вместо бумажной ленты можно использовать индикаторную массу следующего состава, выраженного в массовых долях:

- дистиллят – 40;
- агар-агар – 1;
- фенолфталеин – 0,15;
- безводная сода – 0,01.

В этом случае участки течи фиксируются как бесцветные пятна на малиновом фоне массы.

Весьма технологичен газолюминесцентный метод контроля герметичности, заключающийся в следующем. Емкость заполняют обессоленной водой, насыщенной пробным газом (например, CO_2 и аммиаком). На лицевую поверхность проверяемого объекта наносят индикаторную адсорбирующую обмазку, содержащую химические компоненты, которые при контакте с пробным газом образуют новый индикатор, флуоресцирующий при воздействии ультрафиолетового излучения.

Наиболее простым из компрессионных методов контроля является манометрический, который заключается в регистрации изменения давления внутри сосуда, происходящего в случае его негерметичности, с помощью манометров в течение определенного промежутка времени. Данный метод обеспечивает приблизительную оценку герметичности, но зато может применяться для периодической проверки конструкций, работающих под давлением, без каких-либо дополнительных операций.

На практике возможны течи различных сварных конструкций, которые значительно меньше выявляемых указанными ранее методами. Их обнаруживают галогенным методом течеискания. В качестве пробного газа в этом случае используют фреон-12 (химическое соединение на основе фтора), обладающий высокой проникающей способностью.

Индикатором здесь служит электронный прибор с платиновым диодом в качестве чувствительного элемента, анод и коллектор которого, разделенные воздушным или вакуумным промежутком, нагреваются до 800 ... 900 °С. При попадании в этот промежуток молекул фреона электрический ток, протекающий через диод, резко возрастает, что фиксируется электронным стрелочным прибором. Промышленность выпускает переносные галогенные течеискатели моделей ГТИ-6 и БГТИ-5, имеющие некоторые конструктивные различия.

Существует и более чувствительный способ индикации фреона – по

продуктам его распада в атмосферных условиях.

В комплекте с течеискателем БГТИ-5 поставляется измерительный блок со стрелочным прибором и звуковым индикатором – телефоном. Помимо основного атмосферного датчика в нем имеются вакуумный датчик, выносной обдуватель с регулируемым потоком и регистрирующий блок.

Течеискатель БГТИ-5 с автономным питанием от аккумуляторной батареи удобен при испытании сварных конструкций большой протяженности в монтажных и полевых условиях.

На практике при галогенном методе контроля герметичности (рис. 2) обычно используется щуп течеискателя. В контролируемом объекте создают небольшое избыточное давление фреона-12, и щупом течеискателя производят обследование его наружной поверхности вдоль всего шва. Скорость перемещения щупа составляет 10 ... 25 мм/с.

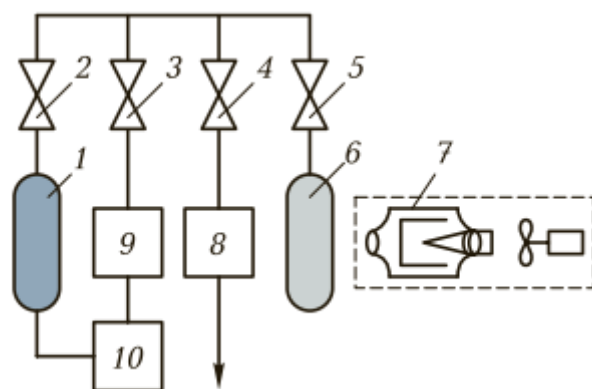


Рисунок 2 - Схема галогенного метода контроля герметичности с применением щупа и заполнением контролируемого объекта чистым фреоном: 1 – баллон с фреоном; 2 ... 5 – вентили; 6 – контролируемый объект; 7 – щуп галогенного течеискателя с атмосферным датчиком; 8 – механический вакуумный насос; 9 – компрессор; 10 – конденсатор

При гелиевом течеискании пробным веществом служит гелий – газ, обладающий малой молекулярной массой и хорошей способностью проникать через мельчайшие каналы. Индикация газа производится масс-спектрометром. Гелий, прошедший через сквозные каналы в испытуемом объекте, попадает в камеру массспектрометра, в которой создан высокий вакуум. Камера массспектрометра, находящаяся в магнитном поле, имеет катод, ионизатор, диафрагму и коллектор, помещенные в латунный корпус.

Молекулы газа, поступающие в масс-спектрометр, под воздействием потока электронов, эмитируемых раскаленным катодом, ионизируются и превращаются в положительные ионы с зарядом, равным заряду электрона. Ионы, ускоряемые электрическим полем при напряжении 300 ... 400 В, под воздействием магнитного поля приобретают круговые траектории движения,

но в зависимости от массы с разными радиусами.

Диафрагмы, расположенные на пути движения ионов, выделяют только ионы гелия, которые попадают на коллектор. При этом происходит усиление ионного тока, что фиксируется миллиамперметром и звуковым индикатором (сиреной). Масс-спектрометр позволяет регистрировать ничтожно малое число атомов гелия, прошедших через каналы контролируемого объекта.

Выпускается несколько типов масс-спектрометрических гелиевых течеискателей, основными элементами которых являются вакуумная система, масс-спектрометр и электронный блок.

Наиболее широко применяются течеискатели передвижного типа ПТИ-7А. Их вакуумная система состоит из механического (ВН-461М) и паромасляного (НВО-40М) насосов, ловушки, охлаждаемой жидким азотом, и вентиляей. Ловушка препятствует прохождению паров масла из насоса в камеру масс-спектрометра.

В настоящее время все более широкое распространение получают передвижные гелиевые течеискатели ПТИ-10, чувствительность которых на порядок выше. Они снабжены электронным автоматическим потенциометром и калиброванными гелиевыми течами (образцами), служащими для настройки.

Весьма перспективны инфракрасные газовые течеискатели, в которых реализован метод индикации газов, основанный на избирательном поглощении инфракрасного излучения анализируемого компонента. Наличие специфических особенностей инфракрасных спектров поглощения разных газов и использование селективных приемников обеспечивает высокие чувствительность и избирательность данного метода. Он также весьма универсален, так как позволяет определять концентрации паров многих веществ и газов. Выполнение измерений этим методом возможно в широких диапазонах концентраций паров с помощью сравнительно простых малогабаритных приборов (ИГТ-1 и -2), быстродействие которых составляет несколько секунд.

Катарометрический (газоаналитический) течеискатель ТП-7102 фиксирует утечку в атмосферу пробных газов (водорода, гелия) по изменению теплопроводности индикаторной среды. Работает он на основе схемы моста Уитстона, в два плеча которого включены два чувствительных элемента, расположенных в датчике течеискателя. Один из них выявляет утечку, а второй – служит элементом сравнения и окружается газовой средой неизменного состава.

При высоких избыточных давлениях в контролируемом объекте и истечении газов через дефекты возникают ультразвуковые колебания,

регистрируемые соответствующими приборами. Ультразвуковые течеискатели имеют относительно невысокую чувствительность, однако они используются для выявления участков течи в магистральных газопроводах.

3. Вакуумный метод

Данный метод течеискания основан на регистрации падения вакуума в замкнутом объеме контролируемого объекта или на индикации молекул пробного газа, появившихся в этом объеме. На чувствительность вакуумного метода существенно влияет степень очистки полости объекта от загрязнений, масел и т.п. Следовательно, поверхность объекта перед контролем необходимо многократно промыть растворителями и протереть, а в отдельных случаях отшлифовать до блеска.

В зависимости от конструкции и конфигурации сварного узла применяют несколько схем контроля герметичности вакуумным методом. Наибольшее распространение получили две схемы контроля: с использованием гелиевой камеры и с использованием вакуумных присосок.

В первой схеме испытуемый объект помещают в заполненную гелием камеру, вакуумируют до необходимого остаточного давления и фиксируют прибором появление ионов гелия внутри объекта при негерметичности последнего. Во второй схеме на наружную поверхность сварного соединения объекта, заполненного гелием под некоторым избыточным давлением, накладывают вакуумную камеру, в которой создают разрежение (рис. 3). Появление в камере ионов гелия, сопровождающееся образованием вздутий в пленке пенообразующего вещества, свидетельствует о наличии течи.

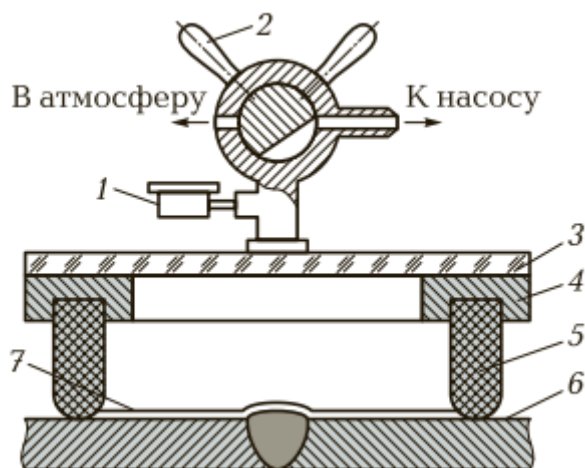


Рисунок 3 - Схема контроля герметичности с помощью вакуумной камеры: 1 – вакуумметр; 2 – трехходовой кран (в двух положениях); 3 – иллюминатор из оргстекла; 4 – металлическая рамка; 5 – уплотнитель (присоска) из губчатой резины; 6 – контролируемое сварное соединение; 7 – пленка пенообразующего вещества

Важное значение имеет выявление зарождающихся микротрещин с крайне малой шириной. Такие микродефекты можно обнаружить с помощью газосорбционного метода. В этом случае сварное соединение помещают в вакуумную камеру для того, чтобы освободить полости поверхностных дефектов от молекул воздуха. Затем в камеру вводят радиоактивный газ ^{85}Kr , являющийся источником β -излучения, молекулы которого адсорбируются поверхностными дефектами. Далее сварное соединение извлекают из камеры и на его поверхность накладывают детектор излучения (например, высокочувствительную рентгеновскую или фотографическую пленку).

На участках скопления радиоактивного газа, содержащих дефекты, пленка засвечивается, и после ее фотообработки на снимке получается изображение поверхностных дефектов.

В перспективе возможно использование этого метода для контроля протяженных сварных соединений крупногабаритных конструкций с применением локальных вакуумных камер.

Контрольные вопросы

1 На чем основан метод течеискания

2 Что служит пробным веществом при гелиевом течеискании