

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

КОНТРОЛЬ ПРОНИКАЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности*

*1-54 01 02 «Методы и приборы контроля качества и диагностики
состояния объектов» очной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 615.47
ББК 53.6
К15

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «01» сентября 2023 г.,
протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, доц. С. С. Сергеев

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов
специальности 1-54 01 02 «Методы и приборы контроля качества и диагностики
состояния объектов» очной формы обучения.

Учебное издание

КОНТРОЛЬ ПРОНИКАЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Ответственный за выпуск	А. В. Хомченко
Корректор	А. Т. Червинская
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84 /16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Цветной метод капиллярной дефектоскопии	4
2 Лабораторная работа № 2. Люминесцентный метод контроля материалов, изделий, сварных соединений.....	7
3 Лабораторная работа № 3. Катарометрический метод контроля герметичности	9
4 Лабораторная работа № 4. Плазменный метод контроля герметичности.....	15
5 Лабораторная работа № 5. Вакуумный метод контроля герметичности.....	18
6 Лабораторная работа № 6. Масс-спектрометрический метод контроля герметичности.....	22
Контрольные вопросы.....	25
Список литературы.....	26

1 Лабораторная работа № 1. Цветной метод капиллярной дефектоскопии

Цель работы: изучить физические основы метода, оборудование и освоить технологию капиллярной дефектоскопии.

1.1 Основные теоретические положения

Капиллярный метод контроля (КМК) основан на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полость несплошностей материала объекта контроля (ОК) и регистрации образующихся индикаторных следов визуально или с помощью преобразователя. Метод позволяет обнаруживать поверхностные (т. е. выходящие на поверхность) и сквозные (т. е. соединяющие противоположные поверхности стенки ОК) дефекты, которые могут быть обнаружены также при визуальном контроле.

Наиболее важной характеристикой индикаторных жидкостей, применяемых в капиллярной дефектоскопии, является их способность к смачиванию материала изделия. Смачивание вызывается взаимным притяжением атомов и молекул жидкости и твердого тела.

Как известно, между молекулами среды действуют силы взаимного притяжения. Молекулы, находящиеся внутри вещества, испытывают со стороны других молекул в среднем одинаковое действие по всем направлениям. Молекулы же, находящиеся на поверхности, подвергаются неодинаковому притяжению со стороны внутренних слоев вещества и со стороны внешних слоев, граничащих с поверхностью среды.

Поведение системы молекул определяется условием мини-шума свободной энергии, т. е. той части потенциальной энергии, которая изотермически может обратиться в работу свободной энергии молекул на поверхности жидкости и твердого тела больше, чем внутренних, когда жидкость или твердое тело находится в газе или вакууме. В связи с этим они стремятся приобрести форму с минимальной наружной поверхностью. В твердом теле этому препятствует явление упругости формы, а жидкость в невесомости под влиянием этого явления приобретает форму шара. Таким образом, поверхности жидкости и твердого тела стремятся сократиться, и возникает давление поверхностного натяжения.

Величину поверхностного натяжения определяют работой (при постоянной температуре), необходимой для образования единицы площади поверхности раздела двух находящихся в равновесии фаз. Ее часто называют силой поверхностного натяжения, понимая под этим следующее. На границе раздела сред выделяют произвольную площадку. Натяжение рассматривают как результат действия распределенной силы, приложенного к периметру этой площадки. Направление сил – по касательной к границе раздела и перпендикулярно периметру. Силу, отнесенную к единице длины периметра, называют силой поверхностного натяжения. Два равновесных определения

поверхностного натяжения соответствуют двум применяемым для его измерения единицам: $\text{Дж}/\text{м}^2 = \text{Н}/\text{м}$.

Для воды в воздухе при температуре $20\text{ }^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении сила поверхностного натяжения $\sigma = (7,25 \pm 0,025) \times 10^{-2} \text{ Н}/\text{м}$. Это значение уменьшается с увеличением температуры. В различных газовых средах поверхностное натяжение жидкостей практически не изменяется.

Растворение состоит в распределении молекул растворяемого вещества среди молекул растворителя. В капиллярном методе контроля растворение применяют при подготовке объекта к контролю (для очистки полости дефектов). Растворение газа (обычно воздуха), собравшегося у конца тупикового капилляра (дефекта), существенно повышает предельную глубину проникновения пенетранта в дефект.

Для оценки взаимной растворимости двух жидкостей применяют эмпирическое правило, согласно которому «подобное растворяется в подобном», например, углеводороды хорошо растворяются в углеводородах, спирты в спиртах и т. д. Взаимная растворимость жидкостей и твердых тел в жидкости, как правило, увеличивается при повышении температуры. Растворимость газов, как правило, уменьшается с повышением температуры и улучшается при повышении давления.

Сорбция – это физико-химический процесс, в результате которого происходит поглощение каким-либо веществом газа, пара или растворенного вещества из окружающей среды. Различают адсорбцию – поглощение вещества на поверхности раздела фаз, и абсорбцию – поглощение вещества всем объемом поглотителя. Если сорбция происходит преимущественно в результате физического взаимодействия веществ, то ее называют физической. При капиллярном методе контроля для проявления используют главным образом явление физической адсорбции жидкости (пенетранта) на поверхности твердого тела (частиц проявителя). Это же явление вызывает оседание на дефекте контрастных веществ, растворенных в жидкой основе пенетранта.

Диффузия – движение частиц (молекул, атомов) среды приводящее к переносу вещества и выравнивающее концентрацию частиц разного сорта. При капиллярном методе контроля явление диффузии наблюдается при взаимодействии пенетранта с воздухом, сжатым в тупиковом конце капилляра.

Диспергирование – тонкое размельчение какого-либо тела в окружающей среде. Диспергирование твердых тел в жидкости играет существенную роль при очистке поверхности от загрязнений.

Эмульгирование – образование дисперсной системы с жидкой дисперсной фазой, т. е. диспергирование жидкости. Эмульгирование играет существенную роль при очистке, удалении излишков пенетранта, приготовлении пенетрантов, проявителей.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – вещества способные накапливаться на поверхности соприкосновения двух тел (сред, фаз), понижая ее свободную энергию. ПАВ добавляют в основном для очистки поверхности ОК, вводят в пенетранты, очистители.

Важнейшие ПАВ растворяются в воде. Их молекулы имеют гидрофобную и гидрофильную части, т. е. смачиваемую и несмачиваемую водой. Обычно вода не смачивает и не удаляет масляную пленку. Молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности пленки, ориентируются к ней своими гидрофобными концами, а гидрофильными к водной среде. В результате происходит резкое усиление смачиваемости, и жировая пленка смывается.

Суспензия – грубодисперсная система с жидкой дисперсной средой и твердой дисперсной фазой, частицы которой достаточно крупны и довольно быстро выпадают в осадок или всплывают. Суспензии обычно готовят механическим размельчением и размешиванием.

Люминесценция – свечение некоторых веществ (люминофоров), избыточное над тепловым излучением, обладающее длительностью 10^{-10} с и больше. Указание на конечную длительность нужно, чтобы отличать люминесценцию от других оптических явлений, например, от рассеяния света.

В капиллярном методе контроля люминесценцию используют как один из способов контраста для визуального обнаружения индикаторных пенетрантов после проявления. Для этого люминофор либо растворяют в основном веществе пенетранта, либо само вещество пенетранта является люминофором яркостной и цветовой контрасты в КМК рассматривают с точки зрения возможности глаза человека фиксировать люминесцентное свечение, цветные и темные индикации на светлом фоне. Возможность различать степень яркости объекта называют контрастной чувствительностью. Ее определяют по различимому глазом изменению коэффициента отражения. В цветном методе контроля вводят понятие яркостно-цветового контраста, одновременно учитывающее яркость и насыщенность следа от дефекта, который нужно контролировать.

Способность глаза различать мелкие объекты, обладающие достаточным контрастом, определяют минимальным углом зрения. Установлено, что объект в виде полосы (темной, цветной или люминисцирующей) глаз способен заметить с расстояния 200 мм при ее минимальной ширине более 5 мкм. В рабочих условиях различают объекты на порядок больше – 0,05...0,1 мм.

1.2 Приборы и оборудование

- 1.2.1 Индикаторная жидкость (пенетрант).
- 1.2.2 Очиститель от пенетранта.
- 1.2.3 Гаситель пенетранта.
- 1.2.4 Проявитель пенетранта.
- 1.2.5 Источники ультрафиолетового облучения.

1.3 Порядок выполнения работы

- 1.3.1 Изучить физико-химические процессы капиллярной дефектоскопии.
- 1.3.2 Произвести капиллярный контроля по следующей методике:

1.3.2.1 Очистить поверхность ОК и полости дефекта от загрязнений.

1.3.2.2 Пропитать дефекты индикаторной жидкостью.

1.3.2.3 Удалить с поверхности изделия излишки пенетранта.

1.3.2.4 Произвести осмотр ОК с целью выявления индикаторных следов и анализа индикаторного рисунка.

1.3.3 Произвести расшифровку результатов контроля.

1.4 Требования к отчету

1.4.1 Привести описание схем проведения контроля.

1.4.2 Нарисовать эскиз объекта контроля и отметить места расположения дефектов.

2 Лабораторная работа № 2. Люминесцентный метод контроля материалов, изделий, сварных соединений

Цель работы: изучить физические основы метода, оборудование и освоить технологию люминесцентного метода контроля.

2.1 Основные теоретические положения

Задача капиллярной (пенетрационной) дефектоскопии заключается в обнаружении поверхностных дефектов при использовании средств, позволяющих изменить светоотдачу дефектных участков. Тем самым искусственно меняют контрастность дефектного и неповрежденного мест.

Капиллярная дефектоскопия базируется в основном на следующих явлениях: капиллярном проникновении, сорбции и диффузии, световом и цветовом контрастах. Заполнение дефектных полостей, открытых с поверхности, специальными свето- и цветовконтрастными индикаторными веществами – первый этап капиллярной дефектоскопии. Микроскопическое сечение и макроскопическая протяженность поверхностных дефектов уподобляют их капиллярным сосудам, обладающим своеобразной особенностью всасывать смачивающие их жидкости под действием капиллярных сил.

В качестве жидкостей-пенетрантов, смачивающих полости дефектов, используют растворы органических люминофоров и красителей в смесях с необходимыми добавками. Избыток окрашенных жидкостей удаляют с помощью специализированных очищающих составов различными способами. После этого при освещении детали ультрафиолетовым светом можно четко выявить поверхностный дефект по яркому свечению следов заполняющего его люминесцирующего раствора (люминесцентный метод). Этот метод развивается в трех вариантах проявления: сорбционном, диффузионном и без проявления.

Сорбционный вариант люминесцентного метода – старый и наиболее распространенный. На деталь, очищенную от излишков индикаторной жидкости и следов очищающего состава, наносят сорбент в виде порошка («сухой» способ) или в виде суспензии порошкообразного сорбента в жидкости («мокрый» способ). Сорбент выдерживают на контролируемой поверхности заданное время для извлечения индикаторного раствора, сохранившегося в дефектах. Время проявления для случая сухого сорбента отсчитывается от момента нанесения, а для мокрого – от момента испарения дисперсионной среды.

Затем контролируемую поверхность осматривают при облучении ультрафиолетовым светом. Люминесценция индикаторного раствора, поглощенного сорбентом, дает четкую и контрастную картину расположения дефектов.

Сорбционный вариант метода повышает чувствительность контроля не только за счет свечения участка дефектной поверхности, но и за счет искусственного «расширения» устья дефекта в результате скопления массы частиц сорбента. Это приводит к образованию люминесцирующей индикаторной полосы значительно большей ширины, чем истинная ширина дефекта у поверхности.

Растворяющий или диффузионный способ проявления использует диффузию люминесцирующего раствора в слой специального лакового покрытия, не обладающего собственной люминесценцией. Этот способ люминесцентной дефектоскопии обеспечивает наибольшую чувствительность к мельчайшим дефектам.

Люминесцентный метод без проявления может быть в двух вариантах – беспорошковом и самопроявляющемся. Беспорошковый (кристаллофлуорофорный) вариант состоит в погружении детали в раствор органических кристаллов люминофора в летучем растворителе. Если в детали имеется дефект, то вместе с растворителем в него заносится растворенный люминофор.

После извлечения детали из индикаторной жидкости растворитель легко испаряется, а люминофор в виде скопления кристаллов остается на кромках дефекта. При облучении ультрафиолетовым светом скопления кристаллов ярко люминесцируют, обнаруживая дефект.

Самопроявляющийся вариант заключается в том, что после пропитки и очистки деталь нагревают, заменяя проявление. Специальная индикаторная жидкость при нагревании выходит из полости дефекта, затвердевает и образует индикаторную полосу, люминесцирующую под действием ультрафиолетового излучения.

Люминесцентно-цветной метод. Этот метод, представляющий собой сочетание люминесцентного и цветного в диффузионном варианте. Для получения наибольшей чувствительности деталь осматривают в ультрафиолетовом свете, а для понижения чувствительности – в дневном свете. При этом применяют особые дефектоскопические материалы – АЭРО. Используют слабоконцентрированный раствор спирто- водорастворимого красного флуорокрасителя в смеси спирта и неионогенного поверхностно-активного вещества. В качестве проявляющего лака применяют флуоресцирующее

в ультрафиолетовом свете, быстросохнущее белое пигментированное покрытие. Проявляющее покрытие образует твердый раствор, светящийся в ультрафиолетовом освещении красным светом, а в дневном свете – дающий видимый красный след.

2.2 Приборы и оборудование

2.2.1 Индикаторная жидкость (керосин, трансформаторное масло).

2.2.2 Образцы для контроля.

2.2.3 Облучатель ультрафиолетовый Хеллинг Super UV-2005.

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Приготовить люминесцирующий раствор следующего состава: 15 % трансформаторного масла и 85 % керосина. Люминесцирующей жидкостью является трансформаторное масло, для увеличения жидкотекучести раствора добавляется керосин.

2.3.2 Очистить поверхность контролируемого изделия, нанести раствор люминесцирующий и дать выдержку 10...15 мин.

2.3.3 Смыть люминесцирующий раствор, вытереть изделие насухо и покрыть места контроля порошком углекислого магния.

2.3.4 Через 5...10 мин удалить порошок с поверхности изделия. Включать УФ-установку и после установления рабочего режима лампы (1...2 мин) осмотреть изделие под УФЛ, закрыв предварительно его от действия дневного света.

2.3.5 Выявить дефекты и зарисовать эскиз изделия, отметив места расположения дефектов.

2.4 Требования к отчету

2.4.1 Описать технологию контроля.

2.4.2 Нарисовать эскиз объекта контроля и отметить места расположения дефектов.

3 Лабораторная работа № 3. Катарометрический метод контроля герметичности

Цель работы: изучить принципы и освоить технику контроля герметичности с применением катарометрического течеискателя.

3.1 Основные теоретические положения

3.1.1 Основы метода. Катарометрический метод контроля герметичности основан на индикации утечек пробных газов, прошедших сквозь течи объекта контроля, теплопроводность которых отличается от теплопроводности воздуха.

На основе метода возможно построение течеискательных устройств, которые можно использовать как самостоятельные переносные течеискатели или как датчики в автоматизированных системах обнаружения утечек рабочей среды технологического оборудования.

Несмотря на наличие более чувствительных методов, катарометрический метод течеискания находит применение благодаря невысокой стоимости течеискателя, простоте в эксплуатации, портативности, возможности применения рабочих сред в качестве пробных веществ при контроле оборудования прямо на месте эксплуатации без его остановки. Кроме того, этим методом можно проводить предварительный контроль объектов перед применением высокочувствительных методов контроля.

Перспективно использование катарометрических течеискателей для проверки газопроводов с горючими и взрывоопасными газами (водородом, природным газом, пропаном, бутаном и т. д.).

3.1.2 Схемы промышленных катарометрических газоанализаторов и течеискателей. В промышленных термокондуктометрических газоанализаторах чувствительные элементы и схемы измерений выполняются в соответствии с рисунком 3.1.

Анализируемый и вспомогательный газы поступают из блока подготовки газов 9 с постоянными объемными расходами в соединенные последовательно камеры 2, 6 и 8, 7 соответственно (см. рисунок 3.1, а).

Размещенные в этих камерах измерительные $R_{И}$ и сравнительные $R_{ср}$ терморезисторы включены в неравновесный мост, для питания которого служит стабилизированный источник питания 11.

Напряжение питания подбирают таким, чтобы терморезисторы были нагреты до температуры 50 °С...200 °С. Резистор R_0 служит для настройки начального уровня сигнала неравновесного моста, резистор $R_{д}$ для настройки коэффициента передачи.

Тепловая энергия, выделяющаяся на терморезисторах $R_{И}$, отводится в общем случае за счет теплопроводности через слой газа, конвекции, излучения и теплопроводности в тонких креплениях терморезистора. Режим работы терморезисторов подбирают так, чтобы теплопередача в камерах детектора происходила практически полностью за счет теплопроводности через слой газа.

Когда теплопроводности анализируемого и сравнительного газов одинаковы, с помощью резистора R_0 на измерительной диагонали моста устанавливается нулевое значение сигнала. При изменении теплопроводности смеси условия теплопередачи в камерах 2 и 6 изменяются, а в камерах 7 и 8 остаются прежними. Это вызывает изменение сопротивлений терморезисторов $R_{И}$. В результате на измерительной диагонали моста возникает разбаланс, часть которого с резистора $R_{д}$ поступает в промежуточный преобразователь 12, вырабатывающий унифицированный сигнал. Этот сигнал воспринимается автоматическим потенциометром 13.

Камеры 2, 6, 8 с размещенными в них чувствительными элементами (ЧЭ) 3 расположены в массивном корпусе 1. Необходимое электропитание подается через токовводы 4, смонтированные в изоляторах 5.

В термокондуктометрических анализаторах аналитическое устройство 10 обычно термостатируется либо применяются дополнительные устройства, корректирующие показания анализатора в зависимости от его температуры. Иногда камеры 7 и 8 выполняются герметичными и заполняются газом с теплопроводностью, соответствующей нижнему пределу измерений газоанализатора.

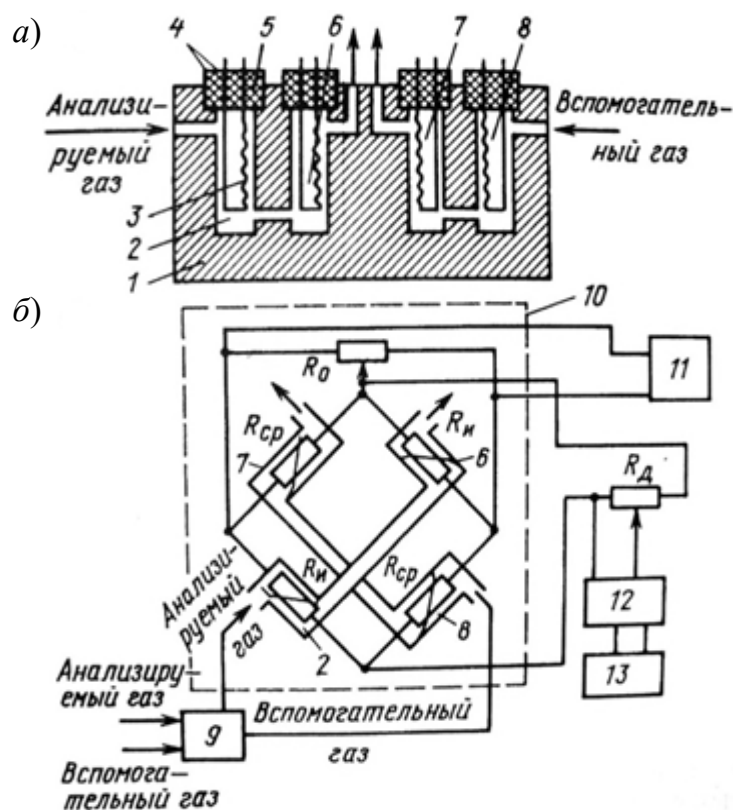


Рисунок 3.1 – Схемы термокондуктометрического детектора

В качестве примера промышленного термокондуктометрического газоанализатора можно привести прибор типа «Диск-ТК» (ЗАО «Энал», г. Москва).

Преобразователь «Диск» представляет собой унифицированный стационарный прибор непрерывного действия. Он предназначен для измерения водорода в смесях водорода с аммиаком на химических, нефтехимических и металлургических производствах, а также для использования в системах автоматического экомониторинга. Диапазон измерения — 0...1 об. доля с погрешностью 10 %.

Промышленность до недавнего времени выпускала катарометрический течеискатель типа ТП-7101, в котором в качестве ЧЭ были использованы

спирали из платиновой проволоки, которые включались в плечи мостовой измерительной схемы. Чувствительность течеискателя по гелию составляла $1,8 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$. Постоянная времени – 1,5 с. Течеискатель, к сожалению, был снят с производства без замены на новую конструкцию. Работы по созданию катарометрических течеискателей продолжаются.

Разработан детектор по теплопроводности, в котором в качестве ЧЭ использован полевой бескорпусной транзистор с р-п-переходом типа 2П201. Размеры кристалла $1 \times 1 \text{ мм}$ с гибкими золотыми выводами. Его использование позволяет обеспечить высокое быстродействие, большую чувствительность к температурным измерениям. Кристалл полевого транзистора (ПТ) не имеет кристаллодержателя, который может нагреваться в процессе работы. В ПТ приняты меры для стабилизации и защиты поверхности структуры от воздействия внешней среды. Созданный датчик течеискателя состоит из латунного корпуса, в котором размещены проточные ячейки с ПТ.

На рисунке 3.2 приведена дифференциальная схема датчика, включающая ПТ 1 и 2, расположенные в измерительной 3 и сравнительной 4 проточных камерах.

Чувствительные элементы включены симметрично в два каскада сравнительного и измерительного каналов, которые составляют дифференциальную измерительную схему. В цепи тока каждого из ЧЭ включены резистивные делители 5 и 6 управления коэффициентом преобразования по температуре, а также нагрузочные сопротивления $R4$ и $R5$. Схема дополнительно снабжена резистивным делителем симметрирования схемы 7, состоящем из сопротивлений $R1-R3$, служащих для первоначальной установки параметров режима работы схемы. В измерительную диагональ схемы включено устройство обработки информации 8 с предварительными усилителями 9.

При подаче в измерительную камеру 3 смеси газа с компонентами, концентрацию которых необходимо измерить, теплоотвод от рабочего и измерительного ЧЭ 1, 2 становится разным вследствие различия теплопроводности воздуха и газовой смеси. Это сопровождается изменением температуры измерительного ЧЭ 1, а следовательно, и его электрических параметров, что приводит к разбалансу измерительной схемы.

На основе рассмотренной схемы создан термокондуктометрический течеискатель типа ТТК-34В, имеющий:

- порог чувствительности по водороду $5,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$; по гелию – $8 \cdot 10^8 \text{ м}^3 \cdot \text{Па}/\text{с}$;
- время отклика 0,5 с;
- диапазон рабочих температур $-20 \text{ }^\circ\text{C} \dots +35 \text{ }^\circ\text{C}$.

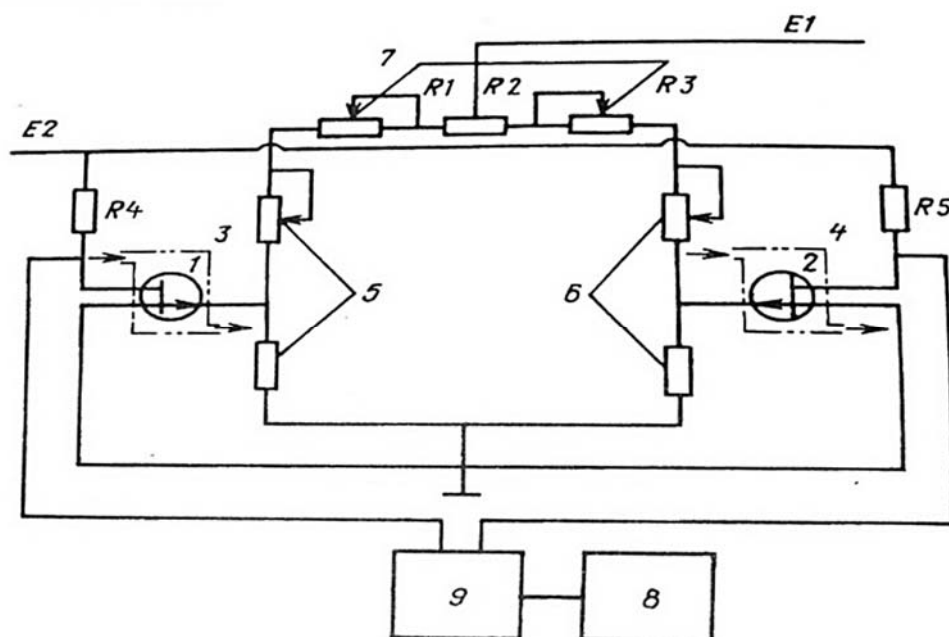


Рисунок 3.2 – Принципиальная схема термокондуктометрического течеискателя

Катарометрические течеискатели в силу их простоты и удобства в эксплуатации достаточно перспективны, а область применения их расширяется. В ближайшие годы на рынок течеискателей поступят новые разработки катарометрических течеискателей.

3.2 Приборы и оборудование

3.2.1 Катарометрический течеискатель.

3.2.2 Баллон.

3.3 Порядок выполнения работы

3.3.1 *Выбор зонда для работы.* Откройте коробку для хранения и извлеките течеискатель. Течеискатель поставляется с установленным на нем коротким зондом и насадкой. Длинный зонд поставляется с установленным на нем коротким зондом и насадкой. Длинный зонд поставляется в коробке для хранения. В обычных случаях течеискатель используется с коротким зондом и насадкой. Для увеличения чувствительности удалите насадку и уберите символ Nozzle (Насадка) с дисплея.

Определите, какой зонд, длинный или короткий, нужно использовать, и нужна ли вам насадка, следующим образом.

Задействуйте течеискатель вместе с коротким зондом без насадки для регистрации небольших скоростей утечки порядка $1 \cdot 10^{-4}$ ml/sec и ниже. Нажмите кнопку Nozzle для очистки индикатора установленной насадки. В некоторых случаях серый колпак зонда может ограничивать доступ исследуемым зонам, поэтому серый колпак зонда может быть удален стягиванием его с прибора. Когда серый колпак удален, необходимо проявлять большую осторожность при использовании прибора и следовать предписаниям:

- не удаляйте полупрозрачную манжету зонда, данная манжета обеспечивает удержание на расстоянии 1 мм внутреннего металлического зонда от исследуемой поверхности, тем самым предотвращая случайное попадание грязи и влаги вовнутрь;

- не прикасайтесь к зонду и особенно к латунному кожуху сенсора. Тепло пальцев может привести к значительным искажениям сигнала, вызванным помехами;

- избегайте размещать зонд на сырых или грязных поверхностях, закупорка зонда приводит к прекращению работы прибора. В некоторых случаях может потребоваться длинный зонд для доступа к пневматическим соединениям и швам для тестирования. Течеискатель также снабжается 300 мм зондом для замены пользователем. Для смены зондов внимательно выполните следующие действия:

- выключите прибор;

- снимите внешний серый колпак;

- наденьте торцевой гаечный ключ (поставляется с прибором) на существующий зонд таким образом, чтобы он установился на латунной гайке, открутите зонд против часовой стрелки;

- снимите ключ вместе с зондом.

Для того, чтобы вновь установить короткий или длинный зонд, проделайте вышеописанные действия в обратном порядке.

3.3.2 Включение течеискателя. Нажмите на кнопку и дождитесь, когда прибор подаст светозвуковой сигнал, загорится дисплей и появится надпись *zeroing detector*. Когда не производится обнаружение утечки газа, течеискатель периодически подает светозвуковой сигнал, для указания того, что он включен.

Течеискатель сохраняет настройки после включения прибора, таким образом оператору не приходится часто менять их.

3.3.3 Рекомендуемый метод поиска утечек. Основной метод. Следующий метод проверки предполагает, что вы установили короткий зонд. Время увеличивается от одной минуты или меньше при установленном малом зонде, до 9 с при установленном длинном зонде. Если вы используете длинный зонд для нахождения утечек, необходимо намного медленнее перемещать конец зонда вдоль области, в которой вы ищете утечки. Убедитесь, что тестируемый объект содержит необходимое количество рабочего газа, отличающегося от атмосферного. Перемещайте торец зонда или насадки вокруг той области, в которой вы подозреваете утечку и следите за дисплеем (или звуковыми сигналами, или частотой мерцания светодиодной подсветки на течеискателе) для определения местоположения утечки.

При необходимости:

- используйте режимы наиболее оптимальных параметров и автодиапазон для продолжения поиска утечек, чтобы не отображались большие утечки, зарегистрированные ранее;

- если вы хотите выставить течеискатель на ноль, уберите торец зонда (насадки) подальше от любой возможной утечки, в область с чистым воздухом, затем нажмите кнопку ручной установки на ноль.

Регистрация утечек вдоль швов. Перемещайте торец зонда (или насадки) течеискателя вдоль всей длины шва так, чтобы он был направлен только на шов. Скорость, с которой вы перемещаетесь вдоль шва, зависит от размеров утечки, которую вы ищете:

– если утечка большая, вы можете быстро перемещать течеискатель вдоль шва со скоростью приблизительно 25 мм/с;

– если утечка небольшая, перемещайте течеискатель вдоль шва со скоростью примерно 10 мм/с.

Регистрация утечек на стыках труб. Используйте тот же самый метод, как и в случае утечек вдоль швов, однако перемещайте зонд (насадку) вокруг соединения со скоростью 1 см/с. Легкие газы (такие как водород или гелий) быстро диффундируют в атмосферу, поэтому явная утечка на боковой или верхней части соединения в реальности может оказаться утечкой с нижней части соединения.

3.4 Требования к отчету

3.4.1 Кратко описать схемы проведения контроля герметичности.

3.4.2 Нарисовать эскиз объекта контроля и отметить места дефектов.

4 Лабораторная работа № 4. Плазменный метод контроля герметичности

Цель работы: изучить принципы и освоить технику контроля герметичности с применением плазменного течеискателя.

4.1 Основные теоретические положения

4.1.1 Принципиальные основы методов. Электронно-захватный и плазменный методы контроля герметичности основаны на регистрации проникающего через течи электроотрицательного пробного вещества. Реализация методов обеспечена разработкой и выпуском электронно-захватных течеискателей (13ТЭ-9-001, ТИЭ-2) и плазменных (ТПЗ, ТП4).

Физическая основа этих течеискателей состоит в том, что параметры низко-температурной плазмы, возбужденной электрическим полем между двумя электродами в камере ионизации, существенно зависят от концентрации газов, имеющих сродство к электрону, молекулы которых способны захватывать свободные электроны, превращая их в электроотрицательные ионы. В роли пробных веществ используются элегаз (SF_6), фреоны и другие электроотрицательные газы.

Элегаз в качестве пробного наиболее предпочтителен, т. к. чувствительность течеискателей к этому газу максимальна, что позволяет создать высокочувствительную технологию испытаний на герметичность.

С использованием элегаза течеискатели обеспечивают возможность обнаружения течей до $10^{-10} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ с точностью установления местоположения течей до 0,5...1 мм. Чувствительность при использовании фреонов на один-полтора порядка хуже. Электронно-захватные и плазменные течеискатели обладают высоким быстродействием, стабильностью работы, простотой эксплуатации, экономичностью, малыми размерами и массой, быстрой подготовкой к работе.

4.1.2 Техника контроля герметичности электронно-захватным и плазменным методами. Принципиальные схемы испытаний на герметичность способами щупа и накопления при атмосферном давлении с использованием плазменного ТП2 и электрозахватного 13ТЭ-9-001 течеискателей не отличаются друг от друга.

Испытания способом щупа осуществляют следующим образом.

Подготавливают течеискатель к работе согласно инструкции по эксплуатации и оценивают его чувствительность к потоку пробного газа Q для чего:

- устанавливают переключатель «Ослабление» в положение «1 : 1»;
- подносят щуп к капиллярной контрольной течи типа ТК с потоком пробного газа в 5–10 раз больше пороговой чувствительности; записывают показания выходного прибора α_1 ;
- подносят щуп к капиллярной контрольной течи типа ТК с потоком пробного газа в 100–150 раз больше пороговой чувствительности, при необходимости загрубив чувствительность, т. е. установив переключатель «Ослабление» в положение, при котором стрелка выходного прибора установится в пределах 13...50 мкА; записывают значение α_2 ;
- строят в логарифмических координатах график $\alpha = f(Q)$ (зависимость $\alpha = f(Q)$ линейна);
- оценивают по графику чувствительность течеискания к потоку пробного газа при значении $\alpha = 5$ мкА, для плазменного течеискателя или минимальное достоверное значение для электронно-захватного.

Затем ищут места негерметичности объекта, перемещая щуп на расстоянии 1...2 мм от контролируемой поверхности объекта, заполненного пробным газом или смесью пробного газа с воздухом. Значение величины не герметичности при заполнении объекта пробным газом определяют по построенному графику; при заполнении смесью пробного газа с воздухом значение, полученное по построенному графику, умножают на значение, обратно пропорциональное концентрации смеси.

По окончании работы прибор выключают согласно инструкции по эксплуатации.

При испытаниях способом накопления при атмосферном давлении для оценки чувствительности часто используют контрольную концентрацию пробного газа в смеси контрольного (γ).

Контрольную концентрацию можно приготовить следующим образом.

1 Промыть любым моющим средством и просушить емкости для приготовления смеси и заполнить их воздухом.

2 Для приготовления концентрации смеси более $1 \cdot 10^{-3}$ об. долей ввести в

емкость объемом более $0,003 \text{ м}^3$ объем пробного газа, вычисленный по формуле

$$V_{np} = \frac{C \cdot V}{C_{np}}, \quad (4.1)$$

где V_{np} – объем пробного газа, вводимого в емкость, м;

C – концентрация приготовляемой смеси, об. доли;

V – объем емкости, м;

C_{np} – концентрация вводимой смеси, об. доли.

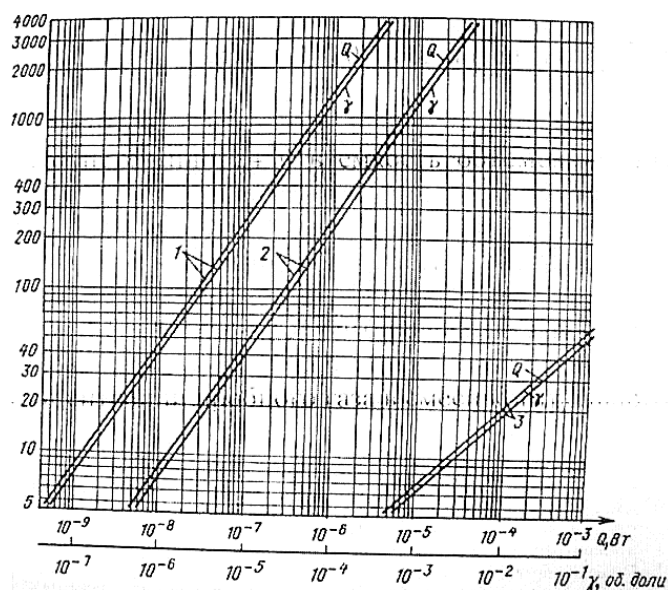
По истечении 24 ч контрольная концентрация смеси готова к применению.

3 Концентрацию смеси менее $1 \cdot 10^{-3}$ об. Долей можно приготовить в следующем порядке.

3.1 Приготовить промежуточную концентрацию смеси по п. 2.

3.2 По истечении 24 ч в ёмкость объемом более $0,003 \text{ м}^3$ ввести объем промежуточной концентрации смеси, приготовленной по п. 3.1, вычисленный по формуле (1). Через 24 ч концентрация смеси готова к применению. Число проб не более 30.

На рисунке 4.1 приведены ориентировочные зависимости показаний микроамперметра плазменного течеискателя (α) от потока пробного газа Q и величины концентрации пробного газа в смеси контрольного газа (γ).



1 – для элегаза; 2 – для фреона-22; 3 – для сжиженного нефтяного газа

Рисунок 4.1 – Типовые графики $\alpha = f(Q)$ и $\alpha = f(\gamma)$

4.2 Приборы и оборудование

4.2.1 Плазменный течеискатель.

4.2.2 Контролируемый образец.

4.2.3 Вакуумный насос.

4.3 Порядок выполнения работы

4.3.1 Изучить принцип плазменного метода контроля, методику настройки и работы с течеискателем ТП-2.

4.3.2 Произвести контроль герметичности сварных швов баллона.

4.4 Требования к отчету

4.4.1 Кратко описать методику контроля.

4.4.2 После обнаружения дефектов, сделать эскиз баллона, отметив места расположения дефектов.

5 Лабораторная работа № 5. Вакуумный метод контроля герметичности

Цель работы: Изучить физические основы, оборудование и освоить технологию контроля герметичности сварных соединений листовых конструкций, резервуаров, сосудов, баллонов.

5.1 Основные теоретические положения

Течеискание относится к виду неразрушающего контроля качества изделий проникающими веществами (ГОСТ 18353-79).

Техника течеискания – это область техники, выявляющая нарушения герметичности, связанные с наличием течей (ГОСТ 26790-85). Рассмотрим и прокомментируем некоторые принципиальные термины, приведенные в этом государственном стандарте.

Герметичность – свойство изделия или его элементов, исключающее проникновение через них газообразных и (или) жидких веществ. Абсолютная герметичность изделий недостижима и неконтролируема. Применяемые в технике материалы имеют те или иные дефекты. Поэтому герметичными принято считать изделия и конструкции, элементы которых содержат дефекты, не влияющие на сохранение технических характеристик герметизированного изделия в течение всего срока службы.

Норма герметичности – установленный нормативно-технической документацией наибольший суммарный расход вещества через течи герметизированного изделия, обеспечивающий его работоспособное состояние и учитывающий назначение, конструкцию, срок службы, условия эксплуатации герметизированного объекта. По норме герметичности устанавливают методы и средства контроля с учетом чувствительности, надежности, производительности.

Степень герметичности изделия – характеристика герметизированного изделия, определяемая суммарным расходом вещества через его течи. Следовательно, чтобы повысить степень герметичности изделия, необходимо более строгий выбор материалов при его разработке (с малой проницаемостью, высокой прочностью, хорошей свариваемостью и т. п.), а технология изготовления должна быть на высоком, соответствующем поставленной задаче уровне.

Сквозные микродефекты в технике течеискания называют течами.

Течь – канал или пористый участок изделия либо его элементов, нарушающий их герметичность.

Определение геометрических размеров течей – весьма трудная и, как правило, неразрешимая задача, поскольку течь – это канал совершенно неопределенной формы. Поэтому в технике течеискания о наличии течей судят по количеству газа или жидкости, протекающему через них в единицу времени.

Количество газа q определяется как произведение давления газа p на занимаемый им объем V :

$$q = p \cdot V. \quad (5.1)$$

В зависимости от направленности потока газа в технике течеискания различают понятия «натекание» и «утечка».

Натекание – проникновение вещества через течи внутрь герметизированного изделия под действием перепада полного или парциального давления.

Утечка – проникновение вещества из герметизированного изделия через течи под действием перепада полного или парциального давления.

Натекание и утечка оцениваются потоком газа и имеют его размерность.

В технике течеискания в зависимости от назначения объекта, его конструкции, этапа технологического процесса и условий его проведения различают контроль герметичности и испытание на герметичность.

Контроль герметичности – технический контроль с целью установления соответствия изделия норме герметичности.

Испытания на герметичность – испытания на предмет оценки характеристик герметичности изделия как результата воздействия на него при его функционировании или моделировании воздействий на него.

В процессе испытаний изделий на герметичность используют пробные, индикаторные и балластные вещества.

Пробное вещество – вещество, проникновение которого через течь обнаруживается при течеискании.

Индикаторное вещество – вещество, в результате взаимодействия которого с пробным веществом формируется сигнал о наличии течи.

Балластное вещество – вещество, используемое для повышения полного давления с целью увеличения расхода пробного вещества через течь.

В качестве пробных веществ используются, как правило, газы с малой молекулярной массой, с низким их содержанием в атмосферном воздухе, с низкой сорбционной способностью, нетоксичные, пожаробезопасные.

В ряде случаев роль пробного вещества выполняет рабочее вещество, заполняющее герметизированный объект при эксплуатации или хранении, например фреон в холодильных агрегатах. Рабочее вещество в сочетании с пробным иногда может усилить эффект индикации. В других случаях технические условия на изделия не допускают контакта рабочего вещества с пробным, и тогда процесс испытаний таких изделий усложняется.

Контрольная среда – среда, содержащая установленное количество пробного вещества. Она, как правило, представляет собой смесь пробного вещества с балластным или рабочим.

Рабочее вещество – вещество, заполняющее герметизированное изделие при эксплуатации или хранении.

При контроле герметичности изделий и объектов применяются различные аппаратура и оборудование. Основным прибором для аппаратурных методов течеискания является **течеискатель** – прибор или устройство для обнаружения течей. В настоящее время применяются различные течеискатели, отличающиеся областью применения, принципом действия, габаритными размерами, чувствительностью.

Чувствительность течеискателя – отношение изменения сигнала течеискателя к вызывающему его изменению расхода пробного вещества через течи.

Порог чувствительности течеискателя – наименьший расход пробного вещества или наименьшее изменение давления, регистрируемые течеискателем.

Соответствующие определения имеют место для чувствительности и порога чувствительности течеискания как процесса обнаружения течей в целом.

Для определения чувствительности течеискателя и оценки регистрируемых течей или суммарной негерметичности изделий применяются калиброванные течи.

Калиброванная течь – устройство, воспроизводящее определенный расход вещества через течь.

Назначение установки для контроля герметичности.

Стенд лабораторный для контроля герметичности предназначен для контроля герметичности стыковых, нахлесточных и угловых сварных соединений листовых конструкций с односторонним доступом (днища и кровли резервуаров, подземных сосудов и др.), изделий и сооружений, в которых невозможно или нецелесообразно создавать повышенное давление или раздражение по всей конструкции в целом. Обнаружение сквозных дефектов происходит при наблюдении за непрерывным образованием и лопанием пузырьков пенообразующей жидкости в местах течей (вакуумно-пузырьковый метод).

5.2 Приборы и оборудование

5.2.1 Стенд лабораторный для контроля герметичности.

5.2.2 Образцы.

5.2.3 Индикаторные жидкости.

5.3 Порядок выполнения работы

5.3.1 Подготовка стенда лабораторного для проверки герметичности:

- стенд лабораторный должен находиться снаружи объекта контроля;
- подключить заземление к стенду лабораторному медным кабелем сечением не менее 1,5 мм²;
- проверить уровень масла в насосе;
- подключить электрическую вилку стенда лабораторного к сети напряжением 380 В;
- открыть клапан на вакуумном насосе для выхода воздуха;
- сделать пробный пуск вакуумного насоса на холостом ходу, кнопкой «Off – On». На щите управления – кран вакуумной рамки положение «открыть» (если насос работает, а давление на вакуумном манометре ВП-100 отсутствует, необходимо выключить насос кнопкой «Off – On», отключить электрическую вилку и поменять местами две фазы на вилке подключения стенда лабораторного, при этом произойдет смена фаз электродвигателя;
- включить насос на холостом ходу;
- подготовить необходимое количество индикаторного раствора;
- сделать пробный контроль на образце для проверки индикаторного раствора (убедиться, что образуются мыльные пузырьки в местах с искусственными дефектами и рабочее давление на вакуумном манометре ВП63 соответствует рабочему).

5.3.2 Подготовка поверхности изделия к контролю:

- механическая обработка (щетками, шлифовальными машинками, мойка моющими растворами);
- сварной шов и околошовная зона (не менее 100 мм в каждую сторону от шва) не должны иметь лакокрасочных и антикоррозионных покрытий, механических загрязнений, твердых отложений (накипи), коррозионных отложений, остатков масла, нефтепродуктов и других веществ.

5.3.3 Нанесение индикаторного раствора на поверхность контроля:

- индикаторный летний раствор (на 1 л воды – 25 г хозяйственного мыла);
- индикаторный зимний раствор: до –5 °С (на 1 л воды – 80 г соли хлористого натрия и 25 г концентрированного раствора лакричного корня; до –10 °С (на 1 л воды – 160 г соли хлористого натрия и 25 г концентрированного раствора лакричного корня);
- контроль производится при температуре наружного воздуха и объекта контроля в диапазоне:
 - от 0 °С до 30 °С – с применением летнего раствора. Допускается проводить контроль при температуре от 30 °С до 45 °С, если предусмотреть принудительное охлаждение вакуумного насоса;
 - от 0 °С до –10 °С – с применением зимнего раствора;
- контролируемый участок смачивается индикаторным раствором ровным слоем.

5.3.4 Проведение контроля:

– на смоченный участок устанавливается вакуумная рамка, плотно прижимается к поверхности и перекрывается кран, в камере создается разряжение. Величину разряжения контролируют по вакуумному манометру на рамке. Контроль за давлением должен производиться при каждой установке рамки на участок контроля. При перемещении на следующий участок сварного шва необходимо обеспечить перекрытие камерой на 5...10 см предыдущего участка сварного шва в зоне контроля с тем, чтобы предотвратить возможность пропуска дефектных мест. Места выявления течей отмываются мелом или краской на сварном соединении.

5.3.5 Признаки обнаружения дефекта. В процессе создания в камере разряжения внимательно наблюдают через прозрачное стекло за сварным соединением. В местах течи непрерывно образуются и лопаются пузырьки. Над большими течами появление больших пузырьков может прекратиться при достижении в камере значительного разряжения. Над малой течью появляется скопление мелких нелоплющихся пузырьков, напоминающих «кокон».

Размер сквозной поры в узкой ее части можно приближенно определить по формуле

$$d = \frac{3,6 \cdot 10^{-4}}{p}, \quad (5.2)$$

а ширину раскрытия трещины либо непровара определяем по формуле

$$d = \frac{0,9 \cdot 10^{-4}}{p}, \quad (5.3)$$

где p – перепад давления в момент образования индикаторного пузырька в месте течи, МПа.

5.4 Требования к отчету

5.4.1 Представить и кратко описать схемы проведения контроля герметичности.

5.4.2 Нарисовать эскиз объекта контроля и отметить места дефектов.

6 Лабораторная работа № 6. Масс-спектрометрический метод контроля герметичности

Цель работы: изучить физические основы, принцип работы и методику с применением масс-спектрометрического течеискателя ПТИ-10.

6.1 Основные теоретические положения

Метод контроля герметичности и течеискание с применением масс-спектрометрических течеискателей получил наибольшее распространение в

технике. Принцип действия масс-спектрометрического течеискателя состоит в регистрации прохождения через течи пробного газа с помощью масс-спектрометра. Масс-спектрометрия – это метод разделения с помощью электрических и магнитных полей сложной смеси газов или паров на компоненты в зависимости от отношения молярной массы M иона каждого компонента к заряду e соответствующего иона. Масс-спектрометрический течеискатель по существу представляет собой газоанализатор, настроенный как правило, на регистрацию содержания в газовой смеси какого-либо одного газа, обычно инертного. В большинстве случаев пробным газом является гелий, поэтому масс-спектрометрические течеискатели часто называют гелиевыми. Иногда применяют аргон, неон, водород или их смеси.

Применение гелия в качестве пробного газа позволяет создать течеискатель сравнительно простой конструкции, что связано с малой молярной массой гелия и малым содержанием этого газа в атмосфере (примерно $5 \cdot 10^{-4} \%$).

Масс-спектрометрический анализ газов, осуществляемый в условиях высокого вакуума, сводится к следующим процессам:

- превращение молекул анализируемого газа в положительные ионы с зарядом e ;
- создание моноэнергетического ионного пучка путем ускорения полученных ионов электрическим полем;
- разложение пучка заряженных ионов на компоненты в зависимости от отношения M/e ;
- регистрация и измерение интенсивности выделенного ионного пучка.

Контроль герметичности и поиск течей с помощью масс-спектрометрических течеискателей осуществляют различными способами: накопления пробного газа при атмосферном давлении, обдувания, щупа, барокамеры и вакуумных камер или присосок. Способ накопления. Контроль способом накопления пробного газа при атмосферном давлении применяют для определения общей герметичности замкнутых объектов, работающих под давлением. Контролируемый объект помещают в герметичный кожух, имеющий специальное отверстие диаметром 1...1,5 мм для ввода в кожух полого тонкого наконечника (иглы Льюера), соединенного со щупом течеискателя.

После введения в кожух иглы измеряют фон гелия через время накопления. После этого объект заполняют гелием или газовой смесью с определенной концентрацией гелия в смеси. При проведении испытаний способом накопления необходимо обеспечивать равномерность концентрации гелия по всему объему объекта. Для этого применяют различные методы заполнения объекта пробным газом:

- заполняют объект при атмосферном давлении сначала гелием, затем воздухом или азотом;
- заполняют объект чистым гелием или заранее приготовленной смесью гелия с воздухом или азотом;
- заполняют объект, предварительно откачанный до давления 10 Па, гелием или смесью гелия с воздухом и азотом.

Способ обдувания. Такой способ применяют при испытаниях вакуумных систем, имеющих собственные средства откачки, а также их элементов. В этом случае на наружную поверхность контролируемого объекта подают пробный газ, а во внутренней полости создают разрежение и фиксируют проникновение в нее пробного газа. Течеискатель рекомендуется подключать в низковакуумную линию установки, что обеспечивает максимальную чувствительность испытаний. Контролируемый объект соединяют с высоковакуумным насосом, а в объекте создают рабочее давление. При разрежении в вакуумной системе трубопровод, соединяющий эту систему с течеискателем, также должен быть откачан. После этого устанавливают рабочее давление в масс-спектрометрической камере течеискателя. Затем направляют весь поток откачиваемого высоковакуумным насосом газа через вакуумную систему течеискателя, после чего включают ток накала катода ионного источника масс-спектрометрической камеры и обдувают гелием контролируемый объект, начиная с точки наиболее удаленной от низковакуумного насоса. Обдувание осуществляют с помощью обдувателя. На первой стадии испытаний обдувание рекомендуется выполнять сильной струей гелия, охватывающей сразу большую площадь объекта или его элемента; при обнаружении течей струю уменьшают. Наибольшая эффективность контроля обеспечивается при скорости перемещения обдувателя до 10 мм/с. Если в объекте имеются большие течи и достижение требуемого для испытаний вакуума невозможно, то поиск течей проводят при включенной системе откачки установки и закрытом клапане течеискателя. После обнаружения больших течей и их устранения объект контролируют повторно на отсутствие мелких течей. Чувствительность контроля способом обдувания составляет $6,6 \cdot 10^{-7} \dots 6,6 \cdot 10^{-8} \text{ мм}^3 \cdot \text{МПа/с}$.

Способ щупа. Способ щупа применяют при поиске течей в закрытых крупногабаритных объектах – емкостях, гидравлических и газовых системах или их элементах, работающих под давлением. Контролируемый объект заполняют контрольным газом (гелием или гелиево-вакуумной смесью) до давления, указанного в ТУ на изделие. Затем проводят испытание, перемещая щуп по поверхности изделия. При этом насадка щупа должна перекрывать контролируемую поверхность по ширине не менее чем на 5 мм с каждой стороны. При обнаружении течи на щуп устанавливают насадку меньшего размера для отыскания места течи. Чувствительность испытаний зависит от концентрации гелия в смеси и от скорости перемещения щупа. Повышение концентрации гелия в смеси с 10 % до 90 % повышает чувствительность контроля с 10^{-5} до $10^{-6} \text{ мм}^3 \cdot \text{МПа/с}$. Оптимальной скоростью перемещения щупа считают скорость 2...5 мм/с. Чувствительность контроля способом щупа составляет $6,6 \text{ мм}^3 \cdot \text{МПа/с}$.

Способ барокамеры. При испытаниях способом барокамеры контролируемый объект заполняют пробным или контрольным газом и помещают в барокамеру, в которой сначала создают разрежение, а затем подключают к течеискателю. Таким способом осуществляют контроль общей герметичности объекта. Чувствительность контроля способом барокамеры

составляет $5 \cdot 10^{-7} \dots 5 \cdot 10^{-8}$ мм³·МПа/с. Способ испытаний достаточно сложен в применении, однако достаточно широко используется при испытаниях элементов ядерной энергетики.

6.2 Приборы и оборудование

6.2.1 Описание и инструкция по применению масс-спектрометрического течеискателя.

6.2.2 Электрические и структурные схемы.

6.3 Порядок выполнения работы

6.3.1 Изучить принцип работы масс-спектрометрического течеискателя.

6.3.2 Изучить способы контроля герметичности масс-спектрометрическими течеискателями.

6.3.3 Дать рекомендации по контролю герметичности различных объектов.

6.3.4 Дать предложения по усовершенствованию автоматизации и механизации контроля герметичности.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое герметичность?
- 2 Чем отличаются термины герметичность и течеискиание?
- 3 Для чего применяют индикаторное вещество при контроле герметичности изделий?
- 4 Что такое чувствительность течеискиания и пороговая чувствительность течеискателя?
- 5 Для чего используются контрольные течи?
- 6 Назовите элементы вакуумной техники.
- 7 Какие существуют способы откачки газов?
- 8 Как разделяются по принципу действия вакуумные насосы?
- 9 Назовите основные параметры и области применения механических и пароструйных вакуумных насосов.
- 10 Какие вакуумметры используются в технике контроля герметичности?
- 11 По каким показателям можно оценить герметичность изделия?
- 12 Как оценивают герметичность вакуумных конструкций при применении керосинового и люминесцентного методов контроля герметичности?
- 13 Каков принцип действия цветного метода контроля герметичности?
- 14 Каков принцип действия вакуумного метода контроля герметичности?
- 15 В чем состоит принцип действия катарометрического течеискателя?
- 16 В чем состоит принцип действия галогенного течеискателя?
- 17 В чем состоит принцип действия плазменного и электрозахватного течеискателя?
- 18 Из каких блоков состоит масс-спектрометрический течеискатель?

- 19 Как осуществляется контроль масс-спектрометрическим течеискателем способом шупа и накопления?
- 20 Как осуществляется выбор методов контроля герметичности изделий?
- 21 Какие методы капиллярной дефектоскопии относятся к основным?
- 22 Как выполняют комплексную проверку свойств дефектоскопических материалов?
- 23 Каковы классы чувствительности капиллярной дефектоскопии?
- 24 Что входит в состав дефектоскопического комплекта?
- 25 Что представляет собой буквенно-цифровая система обозначений дефектоскопических материалов?
- 26 Назовите манометрические методы контроля герметичности.
- 27 Для каких объектов применяют способ дифференциального манометра контроля герметичности?
- 28 В чем сущность контроля герметичности при применении микро-манометрического способа?
- 29 Назовите физико-химические методы контроля герметичности.
- 30 Какие детекторы применяются при контроле герметичности радиоактивным методом?
- 31 Как рассчитать размер течи при вакуумном методе контроля?
- 32 Для контроля каких объектов на герметичность применяется искровой метод?
- 33 Какие требования необходимо соблюдать для обеспечения пожарной и электробезопасности при работе на установках при контроле проникающими веществами?
- 34 Как обеспечивается защита органов человека от ультрафиолетового излучения?

Список литературы

- 1 **Борисов, В. И.** Источники и приемники физических полей и излучений: учебное пособие / В. И. Борисов, В. А. Новиков, С. С. Сергеев. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 368 с.
- 2 **Маслов, Б. Г.** Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учебное пособие для студентов высших учеб. заведений / Б. Г. Маслов. – Москва: Академия, 2008. – 272 с.
- 3 **Алешин, Н. П.** Физические методы неразрушающих сварных соединений / Н. П. Алешин. – 2-е изд. перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2013. – 576 с.
- 4 Методы контроля качества в машиностроении: учебное пособие / Е. Г. Кравченко [и др.]. – Старый Оскол: ТНТ, 2017 – 132 с.