

Заключение:

ООО «Криомаш-БЗКМ» располагает собственной современной производственной базой и мощным научно-техническим потенциалом, позволяющим создавать криотермовакuumные установки и комплексы различного назначения для имитации космического пространства. Разработанные и изготовленные на его базе КТВУ и комплексы отличаются высокими эксплуатационными параметрами и надежностью.

Литература

1. Влияние деформационного упрочнения поверхности нержавеющей стали 12X18H10T на скорость газовой выделености / В.Г. Самоделов [и др.] /Вакуумная техника, материалы и технология. Материалы XI Международной научно-технической конференции, - Москва, 2016 г. С. 17-20.
2. Технология локальных низкотемпературных испытаний на герметичность сварных соединений криогенных трубопроводов / В.Г. Самоделов [и др.] / Вакуумная техника и технология, том 26 №1, 2016 г, с 1-10.
3. Влияние методов обезжиривания поверхности конструкционных материалов на газовой выделености в вакууме / В.Г. Самоделов [и др.] / Вакуумная техника, материалы и технология. Материалы XII Международной научно-технической конференции, - Москва, 2017 г.
4. СТО БЗКМ-052-2016 «Система стандартов безопасности труда. оборудование криогенное. общие требования безопасности к конструкции».

Повышение чувствительности масс-спектрометрического метода течеисскания способом «щупа»

*Е.В. Жировов, В.А. Кобзев, О.Е. Чубаров, *А.В. Ципун*

ЗАО «Криогенмонтаж» Россия, 119019, г. Москва, Староваганьковский пер., д. 23, стр. 1

**МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1*

В статье представлены результаты экспериментальных исследований методов повышения чувствительности испытаний и оценки локальной негерметичности способом «щупа». Исследования проводились на установке, укомплектованной масс-спектрометрическим течеискателем, криоадсорбционным насосом с сферическим модулем, капиллярным шлангом, щупом и газовой завесой, манометрическим преобразователем.

Increasing of the leak detection mass-spectral sensitivity by means of probe. E.V.Zhirovov, V.A.Kobzev, O.L.Chubarov, A.V.Tsipun. The article presents the results of experimental studies of methods to increase the sensitivity of tests and the local leakage assessment of the "probe" method. The studies are conducted at the facility equipped by a mass spectrometer leak detector, a cryosorption pump with a spherical module, a capillary tubing, a probe, a gas veil and a gauge transducer.

Введение

Проблема оценки суммарной негерметичности изделий решена достаточно успешно (чувствительности испытаний достигает $1,33 \cdot 10^{-10}$ Па·м³/с), однако оценка локальной негерметичности остается невысокой. Так, в изделиях, работающих под избыточным давлением, утечки через микронеплотности, фиксируемые щупом-натекателем (способом «щупа») не превышают $6,65 \cdot 10^{-8}$ Па·м³/с). Щуп-натекатель представляет собой «искусственную течь», которая калибруется на определенную величину пропускной способности, либо выполняется регулируемой, путем изменения величины проходного сечения.

Наиболее распространенной конструкцией, используемой при поиске локальных мест течей, является натекатель с игольчатым затвором – дросселирующее устройство, которое состоит из иглы, коаксиально перемещающейся относительно неподвижного седла. При щуповых испытаниях с использованием масс-спектрометрических течеискателей [1] конструкции применяемых щупов-натекателей не позволяют пропускать поток газа больше, чем $2,66 \cdot 10^{-4} \div 4 \cdot 10^{-4}$ Па·м³/с (предел возможности систем откачки течеискания). Это понижает чувствительности испытаний. С другой стороны, попадание в щуп, а, следовательно, в течеискатель, который находится в окружающей атмосфере газов, значительно увеличивает фоновые сигналы.

Постановка задачи

Учитывая вышеизложенное, можно выдвинуть ряд требований к схемам этого способа, основные из которых следующие:

1. Замена дополнительного насоса (механического) на насос с избирательной способностью
2. Изолирование щупа в месте поиска течей от окружающей среды
3. Увеличение газового потока через щуп, значительно превышающего $4 \cdot 10^{-4}$ Па·м³/с за счет уменьшения фоновых сигналов.

Исходя из этих требований необходимо было решить следующие задачи:

1. Повысить чувствительность испытаний способом «щупа»
2. Разработать схемы и конструкцию щупов-натекателей, которые позволяли бы значительно понизить порог чувствительности испытаний способом «щупа»
3. Повышение чувствительности способом «щупа» с применением насосов селективной откачки на базе криоадсорбционных насосов.

Для повышения чувствительности способа «щупа» механический насос был заменен на криоадсорбционный [2] с быстротой действия порядка $s = 0,05 \cdot 10^3$ м³/с., что позволит увеличить газовый поток через щуп от $2,66 \cdot 10^{-2}$ до $6,65 \cdot 10^{-2}$ Па·м³/с.

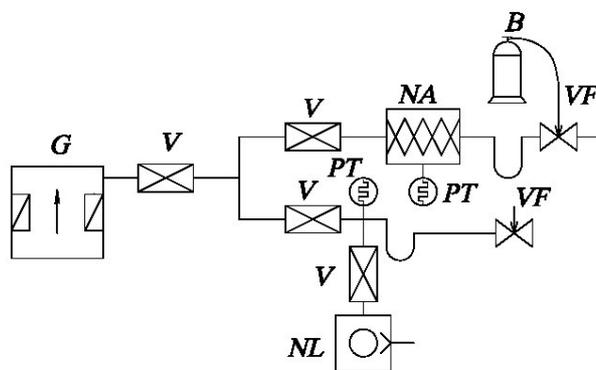


Рис. 1. Схема установки для проведения испытаний на герметичность способом «щупа»
G – течеискатель; NA – криоадсорбционный насос; NL – механический насос; B – баллон с защитным газом; PT – преобразователи манометрические тепловые; VF – щуп-натекатель; V – клапан; T – капиллярный шланг

Была определена зависимость чувствительности испытаний от величины газового потока, наибольшая чувствительность достигается при газовом потоке через щуп $2,66 \cdot 10^{-2} \div 4 \cdot 10^{-2}$ Па·м³/с, чувствительность испытаний возросла в 10 ± 15 раз. Конструкция насоса технологична в изготовлении, непрерывный ресурс работы при газовом потоке $2,66 \cdot 10^{-2} \div 4 \cdot 10^{-2}$ Па·м³/с, $\tau = 50$ часов. Регенерация насоса осуществляется вакуумированием при $T = 293$ К в течение 4–6 часов.

Повышение чувствительности способа «щупа» с применением криоадсорбционного насоса, привело к увеличению фоновых сигналов флюктуаций выходного прибора ВПУ

(выносной пульт управления) течеискателя. Для устранения этого недостатка на щуп-натекатель была изготовлена насадка рис. 2, через которую подавали газообразный азот.

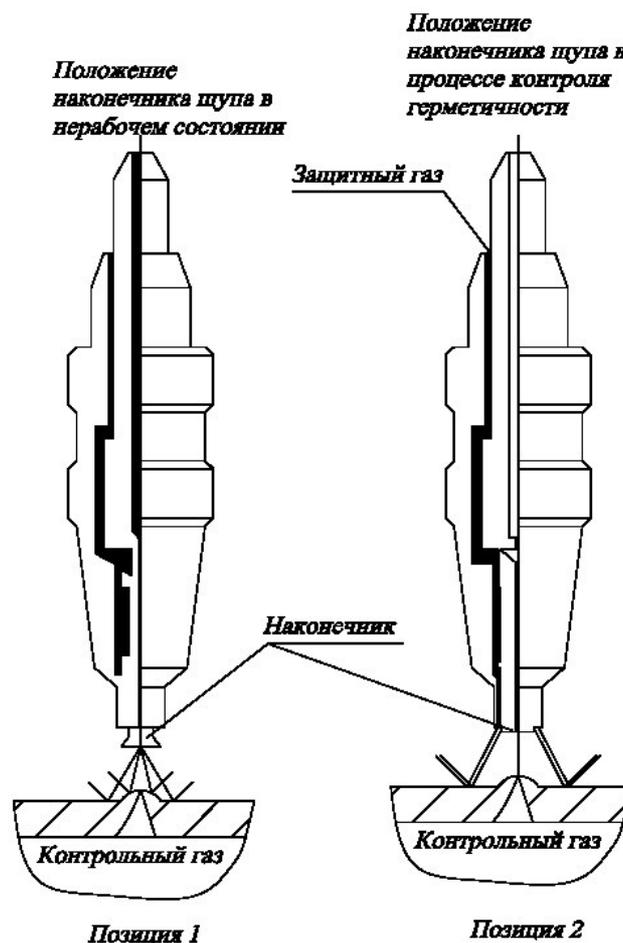


Рис. 2. Щуп-натекатель с газовой завесой.

Повышение чувствительности испытаний способом «щупа» с применением газовой завесы.

Принцип работы щупа основан на создании в процессе испытаний газовой завесы вокруг участка поверхности изделия, подвергающегося проверке.

Газовая занавеса выполняет двойную роль:

1. Является защитной проверяемой зоной от воздействия внешних факторов, т.е. влияния содержания в атмосфере контрольного газа.
2. Завеса позволяет увеличить расход контрольного газа через щуп до $2,66 \cdot 10^{-2} \pm 6,65 \cdot 10^{-2} \text{ Па} \cdot \text{м}^3/\text{с}$.

Возможность увеличения расхода объясняется тем, что основная часть потока через щуп представляет собой используемый для создания завесы газообразный азот, который хорошо поглощается криoadсорбционным насосом, не оказывая существенного влияния на давление в масс-спектрометрической камере течеискателя. При перекрытом выходном отверстии щупа весь подаваемый внутрь щупа азот в виде струи проходит через центральное отверстие и по внешней поверхности наконечника выбрасывается наружу. При открытии входного отверстия щупа до давления порядка 10^{-2} Па , соответствующего показателям 150-200 мка «Вакуумметра магнитного» течеискателя, часть газообразного азота поглощается криoadсорбционным насосом, а остальная часть, в виде той же направленной струи через центральное отверстие и по внешней поверхности наконечника выбрасывается наружу. При

контроле герметичности изделия наконечник, вступая в контакт с проверяемой поверхностью изделия, преодолевает сопротивление пружины (Рисунок 2 позиция 2) и герметично сообщает входное отверстие щупа и центральное отверстие наконечника. Весь поступающий, при этом внутрь щупа газообразный азот выбрасывается наружу по внешней поверхности наконечника и, создавая при этом газовый барьер вокруг проверяемого участка, ограждает зону поиска течи от влияния окружающей среды. Подсоединение щупа к вакуумной системе течискателя, осуществленного с помощью хлорвинилового шланга с внутренним диаметром 1÷2 мм, позволяет свести к минимуму явление «гелиевой памяти», присущее резиновым шлангам. Проведенная нашей мобильной вакуумной лабораторией отработка способа «щупа» с щупом-накателем с газовой завесой и криоадсорбционным насосом, в качестве дополнительного насоса позволила определить преимущества схемы щупа новой конструкции перед ранее используемой. Проведенные сравнительные испытания по определению чувствительности системы (течискатель-щуп) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний.

Применяемый щуп	Поток газа от контрольной течи, Па·м ³ /с				
	6,65·10 ⁻⁸	1,4·10 ⁻⁸	5,7·10 ⁻⁹	1,9·10 ⁻⁹	1,2·10 ⁻⁹
Старая конструкция, α _т , в	0,5	0,25	0,1	0	0
Новая конструкция, α _т , в	4,5	3	2,1	1,0	0,5

Лабораторная отработка схемы конструкции щупа с газовой завесой и криоадсорбционным насосом, в качестве дополнительного насоса, показала, что чувствительность способа «щупа» возрастает до величины 1,33·10⁻⁹ Па·м³/с.

Выводы:

- Применение новой схемы течеискания и щупа с газовой завесой позволяет увеличить суммарный газовый поток через щуп до 2,66·10⁻² Па·м³/с (в 50 раз превышает максимальный расход газа через щуп применяемой конструкции и тем самым повысить чувствительность испытаний способом «щупа» до 1,33·10⁻⁹ Па·м³/с)
- Применение щупа с газовой завесой позволяет стабильно фиксировать течи в диапазоне 1,33·10⁻⁹ до 1,33·10⁻⁵ Па·м³/с с ошибкой ±0,5 мм по длине шва
- Минимально скорость движения при работе с щупом с газовой завесой составляет 20 мм/с, при этой скорости течискатель фиксирует наличие течи практически мгновенно.
- Выполнение требования по обязательной «гелиевой чистоте» помещения, т.е. о максимально допустимом содержании гелия в атмосфере помещения не более чем в 1,5 раза больше концентрации гелия в чистом воздухе – необязательно.

Суммируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что внедрение щупа с газовой завесой будет способствовать значительному снижению трудоемкости процесса испытаний изделий способом «щупа» и повышению качества испытаний.

Литература

1. ГОСТ 28517 Контроль неразрушающий. Масс-спектрометрический метод течеискания. Общие требования.
2. Криоадсорбционный насос НКС-50Т / О.Е. Чубаров [и др.] // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2012. №5 с. 23-24.