

VACUUM LEAK TEST CONTROL PROCEDURE WITH MASS SPECTROMETER

PROCEDURA DI CONTROLLO LEAK TEST A VUOTO CON SPETTROMETRO DI MASSA

Scope <i>Scopo</i>	The vacuum leak test with mass spectrometer ensures the integrity of the vacuum system, detecting and locating any gas leaks that could compromise the operation or purity of the controlled environment. <i>Il Leak Test a vuoto con spettrometro di massa garantisce l'integrità del sistema sottovuoto, individuando e localizzando eventuali perdite di gas che potrebbero compromettere il funzionamento o la purezza dell'ambiente controllato.</i>
General specification <i>Specifiche generali</i>	See Chapter 4 and 5 <i>Vedi Capitolo 4 e 5</i>
Acceptance criteria <i>Criteri di accettazione</i>	See Chapter 10 <i>Vedi Capitolo 10</i>
Applicable to <i>Applicabile a</i>	See Chapter 6 <i>Vedi Capitolo 6</i>
Main Reference Standards <i>Principali standard di riferimento</i>	UNI EN ISO 20485 UNI EN ISO 20436

DOCUMENT AUTHORIZATION SIGNATURES
FIRME DI AUTORIZZAZIONE DEL DOCUMENTO

OPERATION OPERAZIONE	NAME NOME	SIGNATURE FIRMA	DATE DATA
Prepared by: Preparato da:			26/03/2024
Checked by: Controllato da:			27/03/2024
Approved by: Approvato da:			29/03/2024

DOCUMENT HISTORY
STORIA DEL DOCUMENTO

REVIEW REVISIONE	DATE DATA	PREPARED BY PREPARATO DA	APPROVED BY APPROVATO DA	ADJUSTMENT MODIFICHE
0.0	29/03/2024			First emission <i>Prima emissione</i>

TABLE OF CONTENTS**TABELLA DEI CONTENUTI**

1	SCOPE (<i>SCOPO</i>).....	7
2	REFERENCE NORMS AND STANDARDS (<i>STANDARD DI RIFERIMENTO</i>)	8
3	ACRONYMS (<i>ACRONIMI</i>)	9
4	COMPANY RESPONSIBILITY (<i>RESPONSABILITÀ DELL'AZIENDA</i>)	10
5	QUALIFICATIONS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING PERSONNEL (<i>QUALIFICHE DEL PERSONALE ADDETTO AI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI</i>).....	11
6	APPLICABILITY (<i>APPLICABILITÀ</i>).....	13
7	LEAK TEST	14
8	TOOLS (<i>STRUMENTI</i>)	16
8.1	Mass Spectrometer (<i>Spettrometro di massa</i>)	16
8.2	Roots Pump or rotating vane (<i>Pompa root o a palette rotante</i>).....	17
8.3	Turbo pump (<i>Pompa turbo</i>).....	19
9	PROCEDURE (<i>PROCEDURA</i>)	21
9.1	Test preparation (<i>Preparazione per il test</i>)	21
9.2	Test execution (<i>Esecuzione del test</i>).....	22
9.2.1	Data evaluation (<i>Valutazione dei dati</i>)	25
9.2.2	End of the test (<i>Fine del test</i>)	26
9.2.3	Analysis of results and reporting (<i>Analisi dei risultati e report</i>)	26
10	ACCEPTABILITY CRITERIA (<i>CRITERI DI ACCETTABILITÀ</i>)	28
11	FINAL REPORT (<i>REPORT FINALE</i>)	29
12	ANNEX A (<i>ALLEGATO A</i>).....	30

INDEX OF FIGURES AND TABLES**INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE**

Fig. 1 Leak Test Certificate (<i>Certificato di Leak Test</i>)	12
Fig. 2 Mass spectrometer (<i>Spettrometro di massa</i>)	17
Fig. 3 Rotary pump (<i>Pompa rotative</i>)	18
Fig. 4 Turbo pump (<i>Pompa turbo</i>)	19
Fig. 5 Pump mounting system (<i>Sistema di fissaggio delle pompe</i>) 1	20
Fig. 6 Pump mounting system (<i>Sistema di fissaggio delle pompe</i>) 2	20
Fig. 7 Calibrated fugue (<i>Fuga calibrata</i>)	21
Fig. 9 Helium injection (<i>Immissione di elio</i>)	23
Fig. 8 Procedure for Leak Testing Individual Parts of Machinery (<i>Procedura di Leak Test su singole parti di un macchinario</i>)	23
Fig. 10 Barrier bag on entire machine (<i>Sacco barriera su intero macchinario</i>) 1	24
Fig. 11 Barrier bag on entire machine (<i>Sacco barriera su intero macchinario</i>) 2	24
Fig. 12 Final report for vacuum tightness test (<i>Report finale per la prova di tenuta a vuoto</i>) 1	30
Fig. 13 Final report for vacuum tightness test (<i>Report finale per la prova di tenuta a vuoto</i>) 2	30

1 SCOPE (SCOPO)

The purpose of the leak test is to verify the integrity of a sealed container or system, such as pipes, tanks, or packaging, to detect any leaks from the pressurized container using a helium tracer and a mass spectrometer. Through the leak test, it is possible to ensure compliance with the quality and safety standards imposed by industry regulations and required by the customer.

Lo scopo del leak test è quello di verificare l'integrità di un contenitore o di un sistema sigillato, come ad esempio tubi, serbatoi o imballaggi, al fine di rilevare eventuali perdite del contenitore in pressione utilizzando un tracciante di elio e uno spettrometro di massa. Attraverso il leak test è possibile garantire la conformità agli standard di qualità e sicurezza imposti dalle normative di settore e richiesti dal cliente.

2 REFERENCE NORMS AND STANDARDS (STANDARD DI RIFERIMENTO)

ISO 3530:1979	Mass-spectrometer-type leak-detector calibration <i>Calibrazione del rilevatore di perdite del tipo spettrometro di massa</i>
UNI EN ISO 9712:2022	Non Destructive Tests – Qualification and Certification of NDT personnel, detailing the requirements for the personnel employed for the NDT tests. <i>Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove NDT, che illustra i requisiti del personale impiegato per le prove NDT.</i>
UNI EN 1779:2004	Non-destructive testing - Leak detection - Criteria for method and technique selection <i>Prove non distruttive - Ricerca delle perdite - Criterio per la selezione del metodo e della tecnica</i>
UNI EN ISO 20485:2018	Non-destructive testing - Leak detection - Tracer gas method <i>Prove non distruttive - Rivelazione di fughe - Metodo del gas tracciante</i>
UNI EN ISO 20436	Non-Destructive Testing - Leak Detection - Gas Reference Leak Calibration <i>Prove non distruttive - Rivelazione di fughe - Calibrazione delle fughe di riferimento per gas</i>
UNI ISO 27895:2020	Vacuum technology — Valves — Leak test <i>Tecnologia del vuoto - Valvole - Test di tenuta</i>
ASTM E493:2022	Standard Practice for Leaks Using the Mass Spectrometer Leak Detector in the Inside-Out Testing Mode <i>Pratica standard per le perdite che utilizzano il rilevatore di perdite con spettrometro di massa in modalità di test Inside-Out</i>

Periodically, all standards are updated to their latest version.

Periodicamente, tutti gli standard vengono aggiornati alla loro versione più recente.

3 ACRONYMS (ACRONIMI)

ISO: International Organization for Standardization (*Organizzazione internazionale per la standardizzazione*)

EN: European Norm (*Norma europea*)

UNI: Italian National Unification Body (*Ente Nazionale Italiano di Unificazione*)

ASTM: American Society for Testing and Materials (*Società americana per le prove e i materiali*)

QCP: Quality Control Plan (*Piano di Controllo Qualità*)

4 COMPANY RESPONSIBILITY (*RESPONSABILITÀ DELL'AZIENDA*)

Dal Ben S.p.A. is committed to ensuring full compliance with the regulations and standards relevant to this procedure. Dal Ben S.p.A. diligently records the obtained results and takes corrective actions in case of deviations from the technical specifications and quality standards required by the end customer.

La Dal Ben S.p.A. si impegna per garantire il pieno rispetto delle normative e degli standard pertinenti la presente procedura. La Dal Ben S.p.A. registra accuratamente i risultati ottenuti e intraprende azioni correttive in caso di deviazioni rispetto alle specifiche tecniche e standard qualitativi richiesti dal cliente finale.

5 QUALIFICATIONS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING PERSONNEL (QUALIFICHE DEL PERSONALE ADDETTO AI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI)

The vacuum test operators must possess a series of qualifications and specific skills to ensure the accuracy and reliability of measurements. In order to guarantee the quality levels required by the customer, the company provides adequate internal training for the involved personnel, using suitable equipment. Personnel must be aware of industry standards and receive specific technical training. Personnel performing the leak test using the gas tracer method must be qualified and certified according to the UNI EN ISO 9712 standard, with a minimum level of 2. The technical updating of employees is organized and carried out by the designated Responsible Manager through specific informational reports or meetings.

Below is an example of a certificate issued for an operator of Dal Ben S.p.A.

Gli operatori delle prove a vuoto devono possedere una serie di qualifiche e competenze specifiche per garantire l'accuratezza e l'affidabilità delle misurazioni. Al fine di garantire i livelli di qualità richiesti dal cliente, l'azienda esegue un'adeguata formazione interna del personale coinvolto, attraverso idonea strumentazione. Il personale deve essere a conoscenza degli standard di settore e ricevere una formazione tecnica specifica. Il personale che esegue il test di tenuta mediante il metodo del tracciante gassoso deve essere qualificato e certificato secondo la norma UNI EN ISO 9712, con un livello minimo di 2. L'aggiornamento tecnico degli addetti viene organizzato ed eseguito dal Responsabile preposto alle attività per mezzo di relazioni o incontri informativi specifici.

Di seguito viene riportato un esempio di certificato rilasciato per un operatore della Dal Ben S.p.A.

NDT OPERATOR QUALIFICATION CERTIFICATE



Operator	
Born in	on
Employed by	DAL BEN S.P.A.
Located in	San Stino Di Livenza (VE)

THIS IS TO CERTIFY that the non destructive test operator is qualified by examinations at the LEVEL 2 according to UNI EN ISO 9712:2012 standard and to RINA Rule RC/C 14

in the method:

LEAK DETECTION

for the sectors:

Pre-service and in service testing of equipment, plants and structures

This certificate is valid from	11 June 2021	to	10 June 2026
Issued at	GENOVA	on	11 June 2021

Filippo Lago
(Italy Welding & Pressure Equipments,
Personnel
Certification & Laboratories Director)

Operator

RINA Services S.p.A.
Via Corsica 12 - 16128 Genova

This certificate consist of 1 page



PRS N° 066 C

Membro degli Accordi di Mutuo
Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC
Mutual Recognition Agreements

Fig. 1 Leak Test Certificate (Certificato di Leak Test)

6 APPLICABILITY (APPLICABILITÀ)

This procedure is applied to all vacuum leak test checks with mass spectrometer conducted at Dal Ben S.p.A. facilities, following the prescriptions of Group A techniques (tracer gases flowing into the object). This procedure is applicable to all components designed by Dal Ben S.p.A. and manufactured at its own facilities.

The vacuum leak test procedure with mass spectrometer can be applied to:

- Helium Leak Testing (LT);
- Leak testing of components under pressure, vacuum, and high vacuum conditions.

La presente procedura viene applicata a tutti i controlli di leak test a vuoto con spettrometro di massa eseguiti presso gli stabilimenti Dal Ben S.p.A., secondo le prescrizioni delle tecniche del Gruppo A (gas traccianti che fluiscono nell'oggetto). La presente procedura è applicabile a tutti quei componenti progettati dalla Dal Ben S.p.A. e realizzati presso i propri stabilimento.

La procedura di controllo LT a vuoto con spettrometro di massa può essere applicata a:

- Prova di Tenuta con Elio (LT);
- Prova di tenuta di componenti in pressione e in vuoto e alto vuoto.

7 LEAK TEST

The leak test is a non-destructive examination suitable for detecting leaks (through defects) in components that require high sensitivity examination. The principle of this test is based on the potential migration of gas through a passage between two separate regions (e.g., internal and external of the component) subjected to a positive or negative pressure differential.

The vacuum leak test procedure is applied in an internal region of the component on which the test is to be performed. Unlike the pressure test, in which the component under examination is pressurized to the test pressure, in the vacuum control procedure, vacuum is created using pumping groups. For this procedure, the mass spectrometer (reading instrument) is directly connected to the region where vacuum is desired. Then, the opposite region (external) is exposed to atmosphere so that, if there are leaks, helium will pass through and be detected by the spectrometer.

The sensitivity of the vacuum test is approximately 10^{-6} mbar.l/s up to 10^{-12} mbar.l/s.

The main advantage of this test is that it allows the detection of very small capillaries and leaks that otherwise could not be detected by other methods.

The use of helium as a tracer gas in leak tests and leak detection is particularly practical and offers significant advantages such as:

- it is a noble and inert gas, so it does not bond with any other molecules;
- it is not explosive;
- it is present in the air in small quantities (about 5 ppmV);
- it offers excellent instrumental sensitivity because helium has a molecular mass of 4;
- it has great capillarity, allowing it to flow through escape paths more easily than other types of gases with larger molecules;
- it is relatively inexpensive.

To distinguish between the two causes, it is possible to use partial pressure analysis with a mass spectrometer or the pressure increase test correlated with time. Since it is possible to determine the existence of a leak but not its location within the system when using the pressure increase test, it is recommended to use a helium leak detector so that leaks can also be localized significantly faster.

The standard helium leak rate is necessary for the unequivocal definition of a leak and the prevailing pressures on both sides of the wall (of the vessel) and the nature of the medium passing through that wall (viscosity, molar mass). Helium is defined at a standard leak rate when the test is performed with helium mass 4 at a pressure difference of 1 bar from atmospheric pressure (external) to vacuum ($p < 1$ mbar, internal). To indicate the rejection rate for a test using helium under standard helium conditions, it is necessary to first convert the actual test conditions into standard helium conditions.

La prova di tenuta è un controllo non distruttivo adatto alla rilevazione di fughe (difetti passanti) su componenti che richiedono sensibilità d'esame elevata. Il principio di questo test si basa sulla possibile trasmigrazione di un gas attraverso un passaggio fra due regioni separate (es. interno e esterno del componente) poste ad un differenziale di

pressione positiva o negativa.

La procedura di controllo della prova di tenuta a vuoto viene applicata in una regione interna del particolare sul quale si vuole effettuare il test. A differenza della prova in pressione, nel quale il componente in esame viene pressurizzato alla pressione di prova, nella procedura di controllo a vuoto, per mezzo di gruppi di pompaggio, si esegue il vuoto. Per questa procedura lo spettrometro di massa (strumento di lettura), viene collegato direttamente alla regione in cui si vuole effettuare il vuoto. Quindi si pone la regione opposta (esterno) in atmosfera, di modo che, qualora vi fossero perdite, l'elio passerà e verrà rilevato dallo spettrometro.

La sensibilità del test a vuoto è di circa 10^{-6} mbar.l/s fino ad arrivare a 10^{-12} mbar.l/s.

Il vantaggio principale di questo test deriva dal fatto che permette di rilevare piccolissime capillarità e fughe che altrimenti non potrebbero essere rilevabili con altri metodi.

L'utilizzo dell'elio come gas tracciante nelle prove di tenuta e nella ricerca di perdite è particolarmente pratico e offre notevoli vantaggi quali:

- è un gas nobile e inerte quindi non si lega con nessuna altra molecola;*
- non è esplosivo;*
- è presente in aria in quantità esigua (circa 5 ppmV);*
- ottima sensibilità strumentale perché l'elio ha massa molecolare 4;*
- grande capillarità che gli consente di fluire nelle vie di fuga con più facilità di altri tipi di gas con molecole di maggiore grandezza;*
- piuttosto economico.*

Al fine di distinguere tra le due cause, è possibile utilizzare un'analisi della pressione parziale con uno spettrometro di massa o il test di aumento della pressione correlato al tempo. Poiché è possibile determinare l'esistenza di una perdita e non la sua posizione nel sistema quando si utilizza il test di aumento della pressione, si consiglia di utilizzare un rilevatore di perdite di elio in modo che le perdite possano essere localizzate anche in modo significativamente più veloce.

Il tasso di perdita standard dell'elio è necessario per la definizione inequivocabile di una perdita e le pressioni prevalenti su entrambi i lati della parete (del vaso) e la natura del mezzo che passa attraverso quella parete (viscosità, massa molare). L'elio viene definito a tasso di perdita standard, nel caso in cui il test venga eseguito con massa di elio 4 a una differenza di pressione di 1 bar dalla pressione atmosferica (esterna) al vuoto ($p < 1$ mbar, interno). Al fine di indicare il tasso di rigetto per un test che utilizza l'elio in condizioni standard di elio, è necessario prima convertire le condizioni d'uso reali del test in condizioni standard di elio.

8 TOOLS (STRUMENTI)

8.1 MASS SPECTROMETER (SPETTROMETRO DI MASSA)

The mass spectrometer is used in leak tests to detect any helium leakage (used as the tracer gas) through welds, seals, gaskets, and various components. This instrument is by far the most sensitive leak detection method and the most widely used in the industry. The tracer gas is usually a substance not present in the surrounding environment and easily detectable through analysis with the mass spectrometer.

Mass spectrometers developed for this purpose enable the quantitative measurement of leak rates over a range that extends over many powers of ten, with the lower limit being around 10^{-12} mbar · l/s.

For leak detection, Dal Ben S.p.A. uses the PFEIFFER VACUUM ASM 340 200/240 V configurable I/O, interface board, Ethernet Leak detector. This spectrometer is a robust and versatile unit, easy and safe to handle for vacuum leak detection and sniffing methods using Helium (4He, 3He), and Hydrogen (H2).

This leak detector is characterized by:

1. High sensitivity. Minimum calibration for helium leak detection:
 - a. Vacuum mode: 5×10^{-12} mbar l s⁻¹
 - b. Sniffing mode: 5×10^{-9} mbar l s⁻¹
2. Rapid localization of leaks, even in the case of large leaks, maximum inlet pressure: 25 hPa; Massive mode: 100 hPa. Calibrated leak: 5×10^{-8} mbar l s⁻¹

Lo spettrometro di massa viene utilizzato nei leak test per rilevare l'eventuale perdita di elio (usato come gas di tracciamento) attraverso saldature, guarnizioni, organi di tenuta e componentistica varia. Questo strumento è di gran lunga il metodo di rilevamento delle perdite più sensibile e quello più utilizzato nel settore. Il gas di tracciamento è solitamente una sostanza non presente nell'ambiente circostante e facilmente rilevabile tramite analisi con lo spettrometro di massa.

Gli spettrometri di massa sviluppati a tale scopo rendono possibile la misurazione quantitativa dei tassi di perdita in un intervallo che si estende su molte potenze di dieci per cui il limite inferiore è di circa 10^{-12} mbar · l/s.

Per la rilevazione di perdite la Dal Ben S.p.A. utilizza lo strumento PFEIFFER VACUUM ASM 340 200/240 V configurabile I/O, interface board, Ethernet Leak detector.

Questo spettrometro è un'unità robusta e versatile, facile e sicura da maneggiare per il rilevamento delle perdite sottovuoto e con il metodo del fiuto utilizzando Elio (4He, 3He) e Idrogeno (H2).

Questo rilevatore di perdite si caratterizza per:

1. Alta sensibilità. Taratura minima per il rilevamento delle perdite di He:
 - a. Modalità vuoto: 5×10^{-12} mbar l s⁻¹
 - b. Modalità fiuto: 5×10^{-9} mbar l s⁻¹

2. Localizzazione rapida delle perdite, anche in caso di grandi perdite, pressione massima di ingresso, 25 hPa; Modalità Massiva 100 hPa. Perdita tarata 5×10^{-8} mbar $l\ s^{-1}$



Fig. 2 Mass spectrometer (Spettrometro di massa)

8.2 ROOTS PUMP OR ROTATING VANE (POMPA ROOT O A PALETTE ROTANTE)

Dal Ben S.p.A. has the PFEIFFER HENA 302 pump. The single-stage high-performance rotary vane pump features the following characteristics:

- Pumping speed at 50 Hz: 300 m³/h
- Pumping speed at 60 Hz: 360 m³/h
- Ultimate pressure: 5×10^{-1} hPa
- Protection class: IP55
- Flange (inlet): female G2
- Flange (outlet): female G2
- Power supply requirements at 50 Hz: voltage 190-200/220-230/380-400 V
- Power supply requirements at 60 Hz: voltage 208/220/230/440/460 V
- Motor version: three-phase motor

La Dal Ben S.p.A. dispone della pompa PFEIFFER HENA 302. La pompa a palette rotante ad alta performance monostadio presenta le seguenti caratteristiche:

- Velocità di pompaggio a 50 Hz: 300 m³/h
- Velocità di pompaggio a 60 Hz: 360 m³/h
- Pressione ultima: 5×10^{-1} hPa
- Categoria di protezione: IP55

- *Flangia (ingresso): femmina G2*
- *Flangia (uscita): femmina G2*
- *Requisiti di alimentazione: tensione 50 Hz: 190-200/220-230/380-400 V*
- *Requisiti di alimentazione: tensione 60 Hz: 208/220/230/440/460 V*
- *Versione motore: motore trifase*



Fig. 3 Rotary pump (Pompa rotative)

8.3 TURBO PUMP (POMPA TURBO)

Regarding the turbo pump, Dal Ben S.p.A. has the PFEIFFER HiPace 700, equipped with the DN 160 ISO-K clamping flange and a DCU 400 display control unit. A schematic view and a diagram of the apparatus for performing the helium leak test are shown in the following figures.

Per quanto riguarda la pompa turbo, la Dal Ben S.p.A. dispone della PFEIFFER HiPace 700, equipaggiata con la flangia di serraggio DN 160 ISO-K e un'unità di controllo a display DCU 400. Una vista schematica e un diagramma dell'apparato per eseguire il test di perdita di elio sono mostrati nelle seguenti figure.

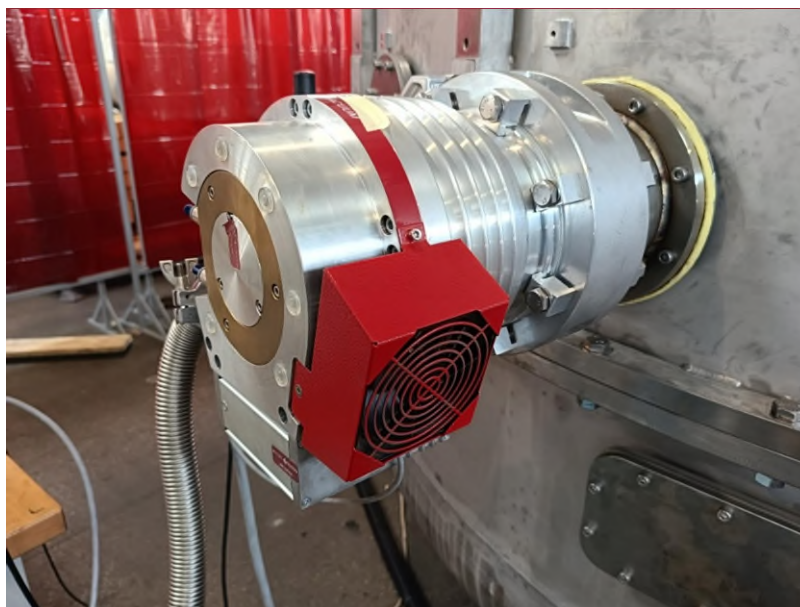


Fig. 4 Turbo pump (Pompa turbo)

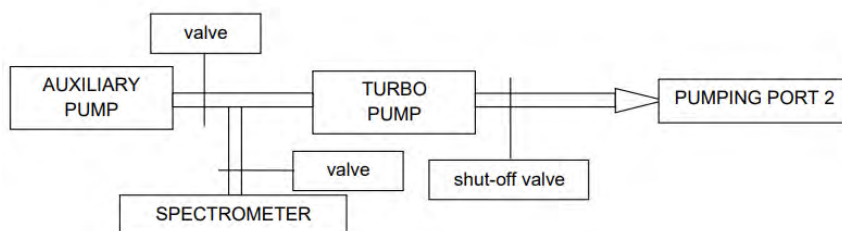
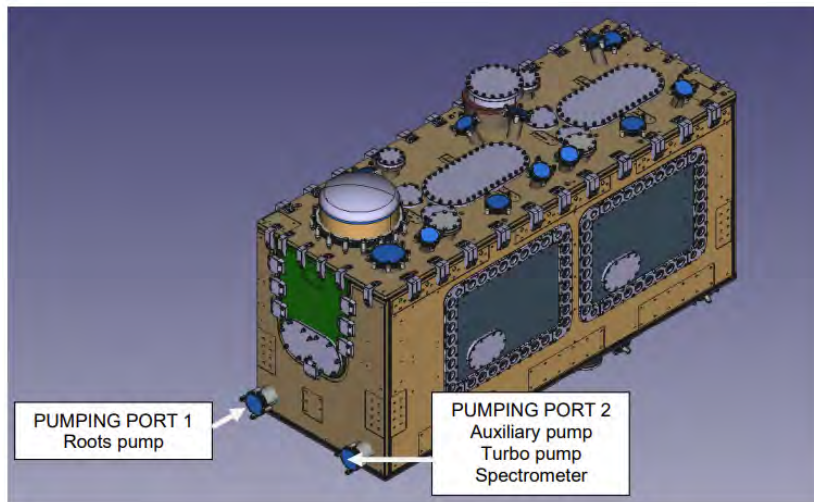


Fig. 5 Pump mounting system (Sistema di fissaggio delle pompe) 1

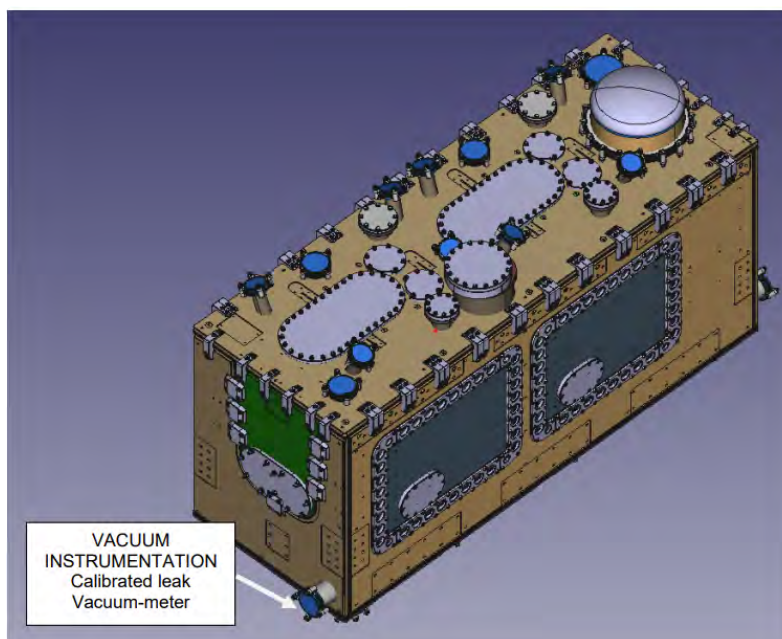


Fig. 6 Pump mounting system (Sistema di fissaggio delle pompe) 2

9 PROCEDURE (PROCEDURA)

9.1 TEST PREPARATION (PREPARAZIONE PER IL TEST)

Once all openings and fittings are closed with flanges, the Roots pump is activated until the internal pressure reaches the value of 10^{-1} mbar. The pressure is read on the vacuum meter, positioned on the opposite side of the pump. Subsequently, the turbo pump and the calibrated leak are activated, while the Roots pump is still running and the turbo pump shut-off valve is closed. Once the turbo pump reaches 50% rotation, the turbo pump valve is opened. As soon as the turbo pump reaches 100% rotation, the valve in front of the Roots pump can be closed. The Roots pump and the turbo pump can operate in parallel for a short period of time, after which the turbo pump shut-off valve can be opened and the Roots pump turned off. The turbo pump and the calibrated leak continue to operate until the final pressure inside the vessel is reached. Subsequently, the mass spectrometer is turned on, its valve opened, and the calibrated leak valve closed. Once it is verified that the background noise is lower than one-tenth of the limit leak rate, the calibration phase can begin.

Una volta che tutte le aperture e i raccordi sono chiusi con flange, la pompa Roots viene attivata fino a quando la pressione interna raggiunge il valore di 10^{-1} mbar. La pressione viene letta sul vacuum-meter, posizionato sul lato opposto della pompa. Successivamente, vengono attivate la pompa turbo e la fuga calibrata, mentre la pompa Roots è ancora in funzione e la valvola di chiusura della pompa turbo è chiusa. Una volta che la pompa turbo raggiunge il 50% di rotazione, la valvola della pompa turbo viene aperta. Non appena la pompa turbo ha raggiunto il 100% di rotazione, la valvola di fronte alla pompa Roots può essere chiusa. La pompa Roots e la pompa turbo possono funzionare in parallelo per un breve periodo di tempo, dopodiché la valvola di chiusura della pompa turbo può essere aperta e la pompa Roots spenta. La pompa turbo e la fuga calibrata continuano a operare fino a quando non viene raggiunta la pressione finale all'interno del recipiente. Successivamente, lo spettrometro viene acceso, la sua valvola aperta e la valvola della fuga calibrata chiusa. Una volta verificato che il rumore di fondo sia inferiore a un decimo del tasso di perdita limite, può iniziare la fase di taratura.



Fig. 7 Calibrated fugue (Fuga calibrata)

A visual and mechanical verification of the compliance of the system and individual components with the applicable technical documentation is performed. Visual inspection of integrity and assembly is carried out using bench equipment, fittings, and test equipment, with a final check on the correct tightening of bolts (sleeve tightening equal to 1.5 times the diameter). Ensure that all system components are correctly installed and operational, including the mass spectrometer, vacuum system, and helium introduction system. Make sure that all valves, tubes, and connections are tight and sealed to prevent leaks during the test. Check that the mass spectrometer is properly configured to detect helium and that parameters are optimized for sensitivity and resolution.

Viene eseguita una verifica visiva e meccanica della conformità dell'impianto e dei singoli componenti con la documentazione tecnica applicabile. Verifica visiva dell'integrità e del montaggio, utilizzando l'attrezzatura di banco, della raccorderia ed attrezzature di prova con verifica finale del corretto serraggio dei bulloni (avvitamento dei manicotti pari a 1.5 volte il diametro). Verificare che tutti i componenti del sistema siano correttamente installati e funzionanti, compreso lo spettrometro di massa, il sistema di vuoto e il sistema di introduzione dell'elio. Assicurarsi che tutte le valvole, i tubi e le connessioni siano stretti e sigillati per evitare perdite durante il test. Controllare che lo spettrometro di massa sia correttamente configurato per rilevare l'elio e che i parametri siano ottimizzati per la sensibilità e la risoluzione.

9.2 TEST EXECUTION (ESECUZIONE DEL TEST)

The leak test proceeds with the spray technique on both welds and flanged parts. The first welds and flanges to be sprayed (from the outside) with helium gas are those positioned furthest from the mass spectrometer. Gas spraying on welds and flanges will proceed from the top to the bottom of the assembly. Since this is a tracing method, any leaks can be temporarily sealed to continue the test. If a leak is identified, it must be sealed. After sealing, a reasonable amount of time should be dedicated to restoring the initial conditions by the control system. Once the pressure conditions are restored, the test proceeds with covering all welds and flanges with small plastic films sealed with tape, which are then checked one by one. Gas is introduced under the tape for a time equal to the maximum between double the response time and 10 minutes. When any signal appears, it is necessary to wait for the signal to reach its maximum value to calculate the leak rate. If this signal exceeds the limit allowed by the acceptability criteria, the test may be terminated. The vacuum leak test procedure with mass spectrometer can be performed on individual parts by isolating only the part of the machinery involved using bags. Helium will then be introduced into each bag. In case the test needs to be performed on the entire machinery, a barrier bag will be used to cover the entire object.

L'esecuzione del test di tenuta procede con la tecnica dello spruzzo sia sulle saldature e sia sulle parti flangiate. Le prime saldature e flangiature da spruzzare (dall'esterno) con Elio gassoso sono quelle posizionate più lontane dallo spettrometro. Lo spruzzo del gas sulle saldature e flangiature procederà partendo dalla parte superiore verso quella inferiore dell'assemblaggio. Essendo questo un metodo di tracciamento, qualsiasi perdita può essere temporaneamente sigillata al fine di continuare il test. Se viene identificata una perdita, questa deve essere sigillata. Dopo tale sigillatura, si deve dedicare un tempo ragionevole al ripristino delle condizioni iniziali da parte del sistema di controllo. Una volta ripristinate le condizioni di pressione, il test procede con la copertura di tutte le saldature e flangiature con piccole pellicole di plastica sigillate con nastro adesivo per poi essere controllate una per una. Il gas viene introdotto sotto il nastro per un tempo pari al massimo tra il doppio del tempo di risposta e 10 minuti. Quando appare un qualsiasi segnale, è necessario attendere il raggiungimento del valore massimo, per calcolare il tasso di perdita. Se tale segnale supera il limite consentito dal criterio di accettabilità, il test può essere interrotto.

La procedura di leak test a vuoto con spettrometro di massa può essere eseguita sulle singole parti andando a isolare tramite sacchetti solo la parte del macchinario interessata. All'interno di ciascun sacchetto verrà poi immesso dell'elio. Nel caso in cui il test debba essere eseguito su tutto il macchinario, verrà utilizzato un sacco barriera allo scopo di coprire l'intero oggetto.



Fig. 9 Procedure for Leak Testing Individual Parts of Machinery (Procedura di Leak Test su singole parti di un macchinario)



Fig. 8 Helium injection (Immissione di elio)

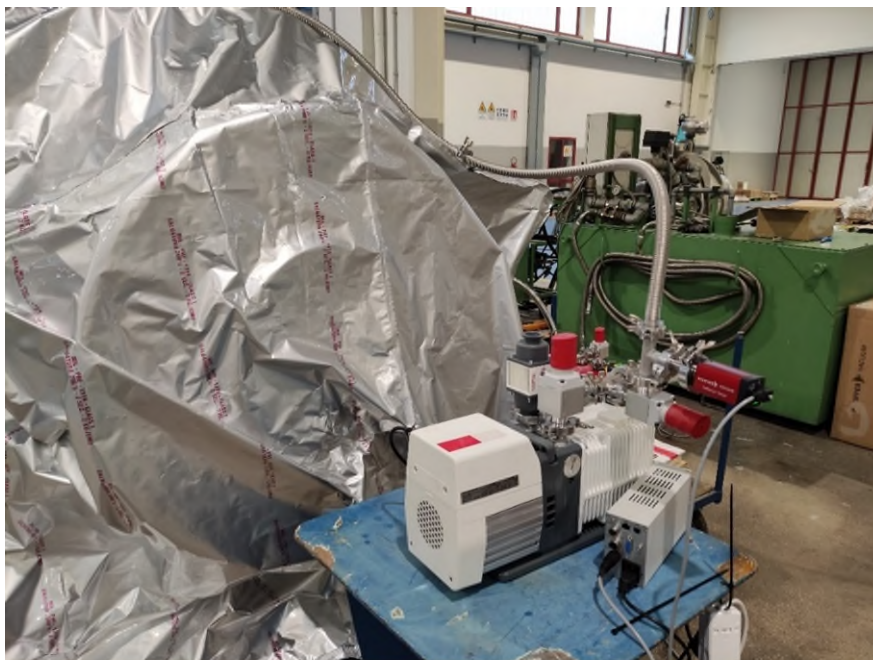


Fig. 10 Barrier bag on entire machine (*Sacco barriera su intero macchinario*) 1



Fig. 11 Barrier bag on entire machine (*Sacco barriera su intero macchinario*) 2

9.2.1 DATA EVALUATION (VALUTAZIONE DEI DATI)

Analyzing the collected data during the test to determine the extent and location of any leaks in the sample. The helium pressure variation is read on the gauges prepared for the test and must fall within acceptable criteria. The data to be considered include:

- Test date
- Component pressure
- Temperature
- Correct value of calibrated leak
- Helium concentration
- Background signal FC1
- Calibrated leak signal 1
- Response time
- Background signal
- Signal with helium in bags
- Test duration
- Background signal FC2
- Calibrated leak signal 2
- Internal CF background
- Sensitivity
- Maximum sensitivity
- Test stability
- Test conformity
- Minimum detectable leak
- Maximum allowable leak
- Detectable leak
- Component conformity

Analizzare i dati raccolti durante il test per determinare l'entità e la localizzazione delle eventuali perdite nel campione. La variazione di pressione dell'elio viene letta sui manometri predisposti per la prova e deve rientrare entro i criteri di accettabilità.

I dati da tenere in considerazione sono:

- *Data test*
- *Pressione del componente*
- *Temperatura*
- *Valore corretto di fuga calibrata*
- *Concentrazione elio*
- *Segnale background FC1*

- Segnale di fuga calibrata 1
- Tempo di risposta
- Segnale di background
- Segnale con elio nei sacchetti
- Durata test
- Segnale background FC2
- Segnale di fuga calibrata 2
- Background interno CF
- Sensibilità
- Sensibilità Max
- Stabilità del test
- Conformità del test
- Fuga minima rilevabile
- Massima fuga ammessa
- Fuga rilevabile
- Conformità componente

9.2.2 END OF THE TEST (FINE DEL TEST)

Stop the introduction of helium once the test is complete. Verify that all residual gases have been properly removed from the system before performing any further tests or procedures. The test is concluded by relieving the pressure from the circuit tested in accordance with Environmental and Safety Standards to pressure '0' (zero). After concluding the test, restore atmospheric pressure inside the vessel.

Interrompere l'introduzione di elio una volta completato il test. Verificare che tutti i gas residui siano stati adeguatamente rimossi dal sistema prima di eseguire ulteriori test o procedure. La prova si conclude con lo scarico della pressione dal circuito esaminato in accordo alle Norme di sicurezza ambientali ed antinfortunistiche fino alla pressione "0" (zero). Dopo aver concluso il test, ripristinare la pressione atmosferica all'interno del recipiente.

9.2.3 ANALYSIS OF RESULTS AND REPORTING (ANALISI DEI RISULTATI E REPORT)

Evaluate the test results and determine whether the sample meets the acceptance criteria for leaks. Document the test results, including sample details, leak test results, and any corrective actions taken if necessary. Communicate the results to responsible parties and stakeholders through a detailed report.

The measurements identified by the test must be recorded in a final report, documenting all measurement results, including raw data, calculations, and conclusions. (See Chapter 11)

Valutare i risultati del test e determinare se il campione soddisfa i criteri di accettazione per le perdite. Documentare i risultati del test, inclusi i dettagli del campione, i risultati del leak test e le azioni correttive intraprese se necessario.

Comunicare i risultati ai responsabili e alle parti interessate attraverso un report dettagliato. Le misure individuate dal test devono essere registrate in un report finale, documentando tutti i risultati delle misurazioni, inclusi dati grezzi, calcoli e conclusioni. (Vedi Capitolo 11)

10 ACCEPTABILITY CRITERIA (CRITERI DI ACCETTABILITÀ)

The acceptability criteria are defined by the technical specifications and drawing indications provided by the customer. All acceptability criteria and parameters will then be set out in the QCP.

I criteri di accettabilità sono definiti dalle specifiche tecniche e dalle indicazioni a disegno forniti dal cliente. Tutti i criteri e parametri di accettabilità verranno poi riportati nel QCP.

11 FINAL REPORT (REPORT FINALE)

For each LT (Leak Test) conducted, a report must be compiled (See Annex A) containing the following information:

- Identification through numbers and references of the work order and the drawing of the manufactured item.
- Information and parameters adopted in the execution of the leak test related to the adopted test method and types of equipment:
 - Component drawing and its designation.
 - Quantity and serial numbers of the components (if applicable).
 - Type of leak test.
 - Pressure and test duration.
 - Acceptance criteria.
 - References to QCP (if applicable).
- Outcome of the inspection with any indications of the types of defects found and the result (acceptable or not acceptable).
- Name, date, and signature of the operator and, where applicable, second-level personnel who conducted the leak test.
- Name, date, and signature of the Dal Ben S.p.A. inspector who attended the inspection. Additionally, a sketch of the manufactured item with the positioning of the flanges and inspection tools can be provided.

Per ogni prova di tenuta LT eseguita deve essere compilato un report (Vedi Allegato A) che riporti:

Identificazione mediante numeri e riferimenti della commessa di lavoro e del disegno del manufatto.

- *Informazioni e parametri adottati nell'esecuzione della prova di tenuta relativi al metodo di prova adottato e ai tipi di attrezzature:*
 - *Disegno del componente e sua denominazione.*
 - *Quantità e numeri di matricola della componentistica (se applicabile).*
 - *Tipo di prova di tenuta.*
 - *Pressione e tempo di prova.*
 - *Criterio di accettabilità.*
 - *Riferimenti a QCP (se previsto).*
- *Esito del controllo con eventuali indicazioni dei tipi di difetti riscontrati ed il risultato (accettabile o non accettabile).*
- *Nome, data e firma dell'operatore e nei casi previsti del personale di 2° livello che ha condotto la prova di tenuta.*
- *Nome, data e firma dell'ispettore Dal Ben S.p.A. che ha presenziato al controllo. In aggiunta può essere fornito uno schizzo del manufatto con il posizionamento delle flangiate e degli strumenti di controllo.*



12 ANNEX A (ALLEGATO A)

VACUUM TIGHTNESS TEST

Test di tenuta a vuoto

Mod. V.T.T. Rev.01

	STRUMENTO /Instrument	PRODUTTORE/Producer	N.SERIE (s/n)
PI02	Trasduttore di pressione / Pressure Transducer	pfeiffer	44877682
MS	Cercafughe / Mass Spectrometer	pfeiffer	hld2101395
TI01	Termometro / Thermometer	uni-t	ut320d
CL	Fuga Calibrata / Calibrated Leak	pfeiffer	fc21005054
	VALORE NOMINALE / Nominal Value	q_NOM	2,80E-09
	TEMPERATURA DI CALIBRAZIONE / Calibration Temperature	T_cal	23
	FATTORE CORREZIONE TEMPORALE / Correction Factor for Ageing	d%	2
	FATTORE CORREZIONE TEMPERATURA / Correction Factor for Temperature	T%	3
	DATA CALIBRAZIONE / Calibration date	d_CAL	18/03/2024
	INCERTEZZA FATTORE COPERTURA 2 (95%) / Uncertainty with coverage factor 2 (95%)	U(alfa)	30

Fig. 12 Final report for vacuum tightness test (Report finale per la prova di tenuta a vuoto) 1

d	DATA TEST / Test date		-
PI02	PRESSIONE NEL COMPONENTE / Pressure of the specimen		mbar(a)
TI01	TEMPERATURA / Temperature		°C
q_CL	VALORE CORRETTO FUGA CAL / Corrected Value Cal. Leak $q_{CL} = q_{NOM} \cdot \left\{ 1 - c_{data}\% \cdot \frac{(data_{TEST} - data_{CAL})}{365} \right\} \cdot \{ 1 + c_{t}\% \cdot (T_{TEST} - T_{CAL}) \}$		mbarL/s
c	CONCENTRAZIONE ELIO / Helium %	>	%
R_CL1	SEGNALE BACKGROUND FC 1 / Background Signal CL 1		mbarL/s
S_CL1	SEGNALE FUGA CALIBRATA 1 / Calibrated Leak Signal 1		mbarL/s
t_resp	TEMPO DI RISPOSTA / Reaction time	<	s
R_L	SEGNALE BACKGROUND / Background Signal		mbarL/s
S_L	SEGNALE CON ELIO NEI SACCHETTI / Signal with helium in the bags		mbarL/s
t_test	DURATA test / Test duration - (t_min=3t_resp, t_max=10min)	>	min
R_CL2	SEGNALE BACKGROUND FC 2 / Background Signal CL 2		mbarL/s
S_CL2	SEGNALE FUGA CALIBRATA 2 / Calibrated Leak Signal 2		mbarL/s
R_MS	BACKGROUND INTERNO DI MS internal background		mbarL/s
K1	SENSIBILITA' / Sensitivity - K1 = q_CL / (S_CL1 - R_CL1)		-
K2	SENSIBILITA' / Sensitivity - K2 = q_CL / (S_CL2 - R_CL2)		-
K	SENSIBILITA' MAX / Max Sensitivity K = max { K1; K2 }		-
TEST	STABILITA' DEL TEST / Test drift - K1-K2 / K1 < 20%		%
	CONFORMITA' DEL TEST / Conformity of the test		-
q_MIN	FUGA MINIMA RILEVABILE / Minimum detectable leak $q_{MIN} = K \cdot \max \{ 20\% \cdot q_{CL}; 10^{\log R_L - 1} \}$		mbarL/s
q_MAX	MASSIMA FUGA AMMESSA / Max allowed leak		mbarL/s
q_TOT	FUGA RILEVABILE / Detectable leak * $q_{TOT} = \max \left\{ K \cdot (S_L - R_L) \cdot \frac{1}{c}; q_{MIN} \right\}$	<	mbarL/s
TEST	CONFORMITA' COMPONENTE / Conformity of the component		PASS
OPERATOR / TECHNICIAN II LEV EN 9712		QUALITY CONTROL / CONTROLLO QUALITA'	CLIENTE / CUSTOMER

Fig. 13 Final report for vacuum tightness test (Report finale per la prova di tenuta a vuoto) 2