

Termodinamica e Laboratorio

Esperienza 6: Misura della velocità di pompaggio efficace di una pompa da vuoto

La misura della velocità di pompaggio di una pompa da vuoto è effettuata misurando il tempo di evacuazione di un recipiente di volume V . Ricaviamo l'andamento nel tempo della pressione di un recipiente di volume V , quando ad esso è connessa una pompa avente una velocità di pompaggio nominale S costante e quindi indipendente dal tempo.

Supporteremo il gas contenuto nel recipiente in condizioni isoterme e che segua la legge dei gas perfetti. Avremo quindi

$$kT dn/dt = d(pV) / dt = p dV/dt + V dp / dt = V dp / dt$$

L'ultimo passaggio di questa serie d'equazioni deriva dall'osservare che il gas occupa sempre il volume V del recipiente in qualunque momento del pompaggio.

Il numero di molecole del gas che nel tempuscolo dt di tempo abbandonano il recipiente è $-dn$; esse entrano nella pompa di portata Q alla pressione P , per cui formalmente scriveremo:

$$Q = PS_{\text{eff}} = kT dn_p/dt = -kT dn/dt = -V dp/dt$$

avendo indicato con dn_p il numero di molecole estratte dalla pompa ed avendo assunto per ovvie ragioni di conservazione della materia $dn_p = -dn$.

Ne segue che $PS = -V dp/dt$

Questa equazione può essere risolta per separazione di variabile ottenendo

$$P(t) = P(0) \exp(-t/\tau)$$

Dove $\tau = V/S_{\text{eff}}$

è il tempo caratteristico di svuotamento e $P(0)$ il valore della pressione all'istante iniziale.

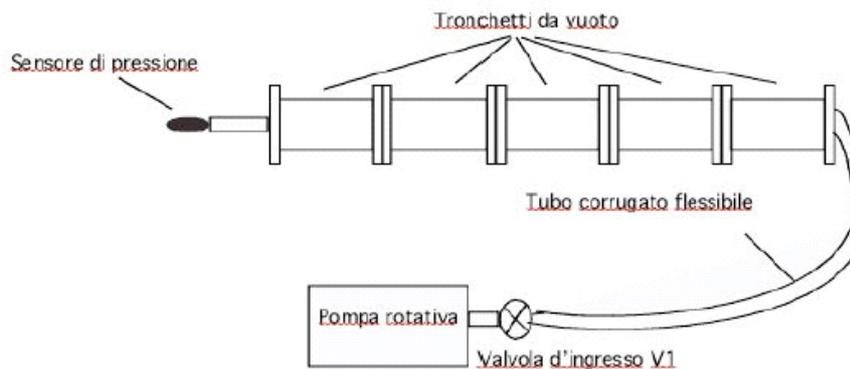
Notiamo che τ cresce linearmente con il volume V da vuotare. Dedurremo allora S_{eff} misurando i τ relativi ai diversi andamenti di $P(t)$ ottenuti vuotando contenitori di diverso volume.

Nota la velocità di pompaggio efficace e quella nominale S_n , si può determinare la conduttanza C dei connettori utilizzando

$$1/S_{\text{eff}} = 1/S_n + 1/C$$

DESCRIZIONE DELL'APPARATO SPERIMENTALE.

PREPARAZIONE



Abbiamo a disposizione il seguente materiale:

1) Misuratore assoluto di pressione della Pfeiffer Vacuum. Si tratta di un sensore di tipo piezoresistivo APR 250 che viene letto tramite una unità di trasmissione dati DPG 101. Il materiale piezo-resistivo ha la proprietà che, se sottoposto a sforzo meccanico, cambia la sua resistività elettrica. Un piccolo volume pressurizzato a bassa pressione è chiuso a tenuta da un diaframma; su di esso è depositato il materiale piezo-resistivo in modo da formare un ponte di Wheatstone di resistenze. Il display digitale dello strumento riporta la misura della pressione assoluta sul sensore in millibar (mbar). Questo strumento è molto sensibile e poco preciso. Quindi, ai fini della misura della pressione assoluta, il display a cinque cifre è ridondante, visto che dovremo associare un errore di misura di ± 1 mbar. Tale sistema di misura è molto sensibile e poco preciso. Esso è generalmente

affetto da un errore di calibrazione della pressione assoluta che a pressione atmosferica può essere valutato attorno a 5 mbar.

2) Cronometro digitale.

3) Pompa da vuoto Leybold (o Varian). Si tratta di una pompa rotativa monostadio dotata di *gas ballast*. Durante tutta l'esperienza si eviti accuratamente di toccare il *gas ballast*, perchè questa azione può determinare un cambiamento significativo del valore di $S_n=1.75 \text{ m}^3/\text{h}$ (o $1.80 \text{ m}^3/\text{h}$).

4) Valvola da vuoto (a scatto) del tipo NW 16 ad apertura controllata. Essa è posta all'ingresso del volume da vuotare ed è attaccata all'estremità del tubo corrugato da vuoto connesso alla pompa.

5) Ciascun banco è dotato di 5 tronchetti cilindrici di acciaio inox, le cui dimensioni possono variare da banco a banco (da misurare). (Soltanto uno dei banchi è dotato di tronchetti di ugual volume: diametro $D=110.0 \pm 0.3$ mm, lunghezza $L=250.0 \pm 0.1$ mm. Gli altri banchi hanno tronchetti tutti dello stesso diametro, $D=100 \pm 0.3$ mm, ma di diversa lunghezza, $L=250.0 \pm 0.1$ mm oppure $L=100.0 \pm 0.1$ mm.)

6) O-ring montati su anelli di centraggio d'alluminio. Questi O-ring si utilizzano quando si montano insieme più moduli; essi garantiscono la tenuta da vuoto. I relativi anelli di centraggio allontanano di ~ 2.0 mm un tronchetto dal successivo. È opportuno tener conto di questa lunghezza aggiuntiva quando si calcola il volume del recipiente da vuotare.

7) 2 flange di acciaio inox, munite di O-ring ed utilizzate per la chiusura degli estremi del contenitore

PROCEDIMENTO

1. Montare il primo tronchetto con le due flangie di chiusura. Ad una flangia è connesso il tubo da vuoto corrugato connesso a sua volta alla pompa. Sull'altra flangia è montato il sensore di pressione.

2. Assicurarsi che il sensore sia in funzione e misuri la pressione atmosferica.

3. Aperta la valvola V_1 (apertura massima) si fa partire il cronometro. Si misuri l'andamento di P in funzione del tempo: si suggerisce di prendere un dato ogni 5-10 s. Nel limite di tempo disponibile si ripeta l'operazione più volte così da avere più di una serie di dati per l'andamento $P(t)$.

4. Si elaborino i dati riportandoli in un grafico semilogaritmico: si controlli di aver ottenuto un buon andamento esponenziale. Avendo più andamenti si deduca il τ come media della pendenza delle rette ottenute nel grafico semilogaritmico.

5. Si aumenti il volume da pompare accoppiando un secondo modulo al primo. Il volume è quasi raddoppiato. Si misuri di nuovo $P(t)$ e si ricavi il nuovo valore di τ .

6. Si proceda quindi montando progressivamente gli altri tronchetti. Ad ogni nuovo incremento di volume si misuri τ .

7. Riportare su un grafico a scala lineare i valori di τ in funzione di V . Applicando il metodo dei minimi quadrati, si calcoli la retta di regressione e si deduca dal coefficiente angolare il valore sperimentale di S_{eff} .

8. Si noti che la retta di regressione ottenuta interseca l'asse delle V in punto diverso dall'origine del sistema di riferimento scelto. Il valore di V_0 corrispondente è una misura di quella parte di volume evacuato che non è stata inclusa nella valutazione numerica di V basata soltanto sulle dimensioni interne dei tronchetti.

8. Si noti che la retta di regressione ottenuta interseca l'asse delle V in punto diverso dall'origine del sistema di riferimento scelto. Il valore di V_0 corrispondente è una misura di quella parte di volume evacuato che non è stata inclusa nella valutazione numerica di V basata soltanto sulle dimensioni interne dei tronchetti.

9. Ricavare la conduttanza dei connettori utilizzando S_{eff} e S_n .

10. Ripetere l'esperimento con un'apertura variabile (diversi scatti) per il volume massimo e ricavare la variazione della conduttanza della valvola.

11. Misurare le perdite tramite un foro sottile per il volume massimo; dopo aver svuotato il sistema, aprire la valvola di uscita collegata prima del sensore di pressione e misurare l'andamento della pressione con il tempo.