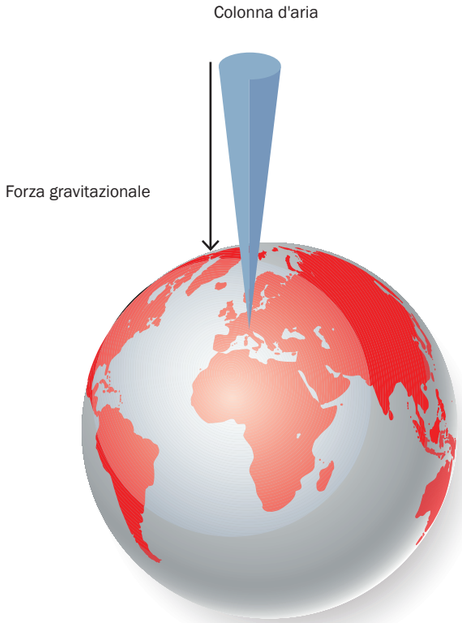
DEFINIZIONE DI PRESSIONE ATMOSFERICA

Prima di definire cos'è il Vuoto e quelle che sono le terminologie corrette da utilizzare in questo ambito è bene conoscere il significato di pressione atmosferica.

La terra è circondata da strati di miscele di gas (atmosfera) che circondano il pianeta.

L'atmosfera che circonda la terra ha un suo peso. La pressione atmosferica è il rapporto tra la forza peso della colonna d'aria e la superficie su cui grava. Ed è proprio questa la grandezza con cui lavoriamo quando utilizziamo il vuoto. É una grandezza limitata: non si può aumentare la pressione atmosferica. Viene misurata nel Sistema Internazionale in Pascal e con uno strumento di misura chiamato barometro.



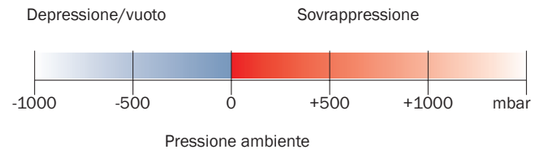
La pressione atmosferica è maggiore in corrispondenza del livello del mare rispetto ad un punto preso sulla sommità di una montagna, questo perché la massa d'aria che sovrasta il punto sulla montagna è minore rispetto alla massa d'aria sovrastante il punto posto a livello del mare.

DEFINIZIONE DI VUOTO

Nel settore del vuoto industriale, si utilizzano termini e unità di misura differenti con riferimento alla pressione e alla portata d'aria. A tale scopo è opportuno chiarire il significato di queste grandezze.

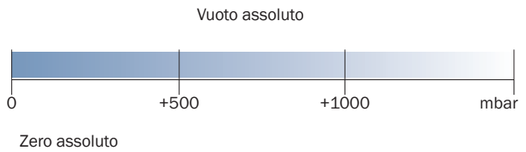
VUOTO COME VALORE RELATIVO

Nel settore della tecnica del vuoto, il vuoto viene indicato come valore relativo, questo significa che la depressione viene indicata in relazione alla pressione ambiente. Il valore del vuoto indicato è preceduto da un segno negativo perché la pressione ambiente viene indicata, come punto di riferimento, con 0 mbar.

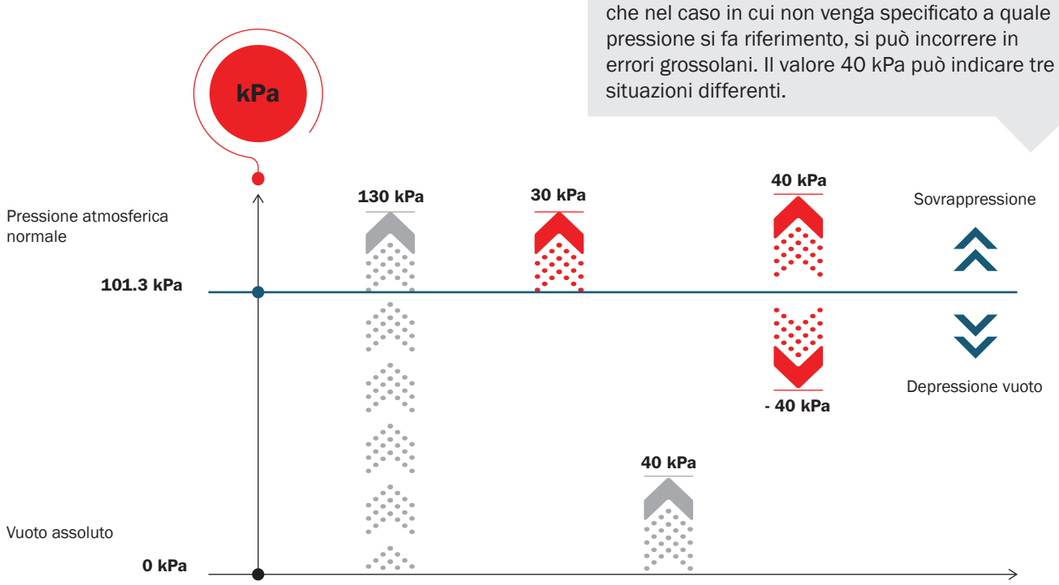


VUOTO COME VALORE ASSOLUTO

Nel campo scientifico il vuoto viene indicato come valore assoluto. Come punto di riferimento si usa in questo caso lo zero assoluto, quindi lo spazio senza aria (ad es. lo spazio cosmico). In questo modo il valore del vuoto ha sempre segno positivo. Il "vuoto assoluto" è considerato come assenza di materia in un volume, ma non è realizzabile poiché non è possibile eliminare completamente tutti i gas. Visto che un valore zero di pressione è praticamente irraggiungibile, l'indicazione del valore di vuoto sarà un decimale con tanti zero dopo la virgola quanto è più basso il valore di pressione cioè "alto" il valore di vuoto.



Il diagramma mostra la relazione tra pressione assoluta, relativa e negativa. Da ciò si evidenzia che nel caso in cui non venga specificato a quale pressione si fa riferimento, si può incorrere in errori grossolani. Il valore 40 kPa può indicare tre situazioni differenti.



DEFINIZIONE DI PRESSIONE

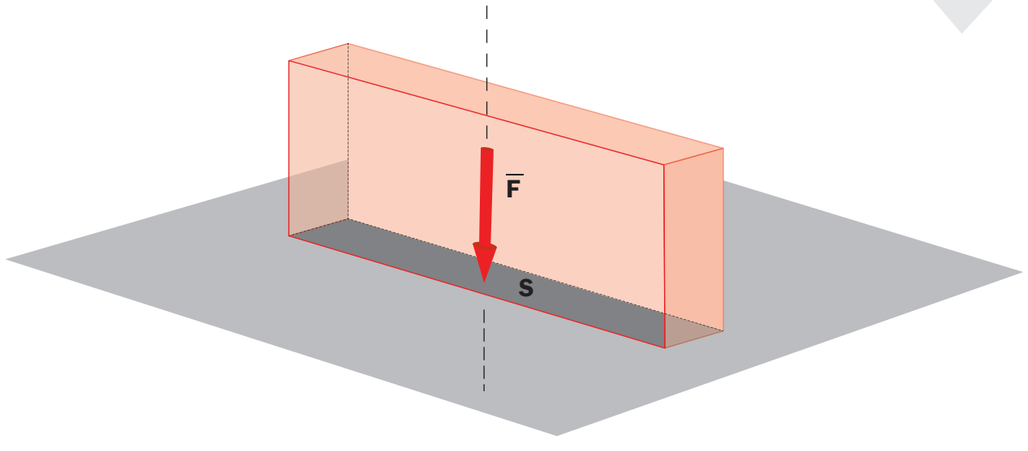
Definiamo pressione il risultato di una forza che agisce perpendicolarmente sull'unità di superficie. I gas sono costituiti da un gran numero di particelle, che sono continuamene in movimento. Quando queste collidono su una superficie, tali collisioni generano una spinta, misurabile come forza. La pressione è la somma di tutte le forze prodotte dalle particelle sull'unità di superficie. Le particelle che compongono i gas, quando si trovano nell'equilibrio termodinamico, si distribuiscono uniformemente nello spazio, così la pressione e la composizione del gas è uniforme in ogni punto dell'area di riferimento. Occorre quindi sottolineare, che esiste un solo tipo di pressione, il cui valore di partenza è 0 (vuoto assoluto). Tutti i valori al di sopra dello 0 vengono indicati come pressione assoluta. Come detto precedentemente, il valore della pressione atmosferica al livello del mare è 101,3 kPa e viene utilizzato come punto di riferimento quando si parla di pressione relativa, che può essere negativa (depressione) o positiva (sovrapressione).

UNITÀ DI MISURA DELLA PRESSIONE

L'unità di misura della pressione nel S.I. è il Pascal (con simbolo Pa):
1 Pascal corrisponde alla forza di 1 N che agisce su una superficie di 1 m².
Multipli sono il kPa ed il MPa.

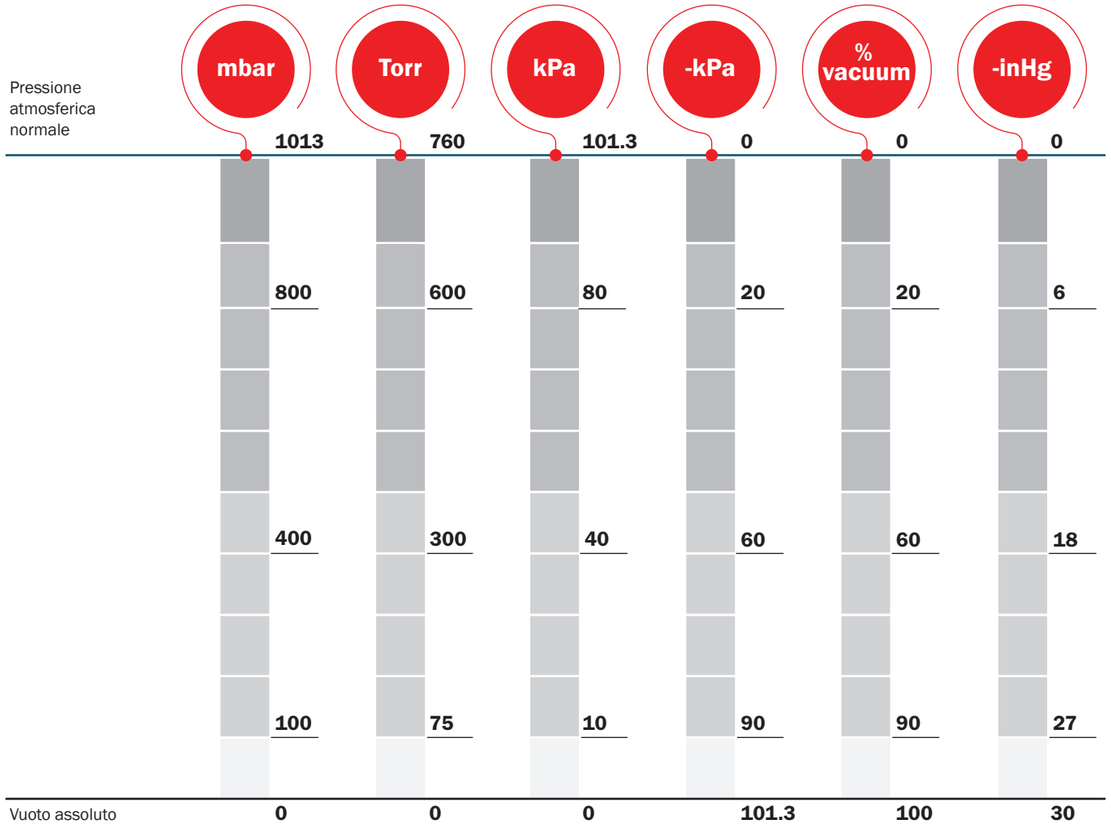
Consideriamo una superficie S, disposta orizzontalmente su cui agisce una forza F perpendicolare ad essa.
Si definisce pressione il rapporto tra la forza F e la superficie su cui essa agisce:

$p = F / S$



UNITÀ DI MISURA NEL VUOTO

Nel settore del vuoto industriale, si utilizzano termini e unità di misura differenti con riferimento alla pressione e alla portata d'aria.



CORRETTA TERMINOLOGIA DA ADOTTARE NEL VUOTO INDUSTRIALE

La terminologia utilizzata nel campo del vuoto deve essere coerente sia nel caso dei sistemi elettromeccanici che ad aria compressa. Solo parlando la stessa lingua si possono fare paragoni reali. I più importanti termini da comprendere e utilizzare nell'esecuzione di un circuito di vuoto sono i seguenti:

PORTATA

La velocità di evacuazione della pressione atmosferica all'interno di un sistema, oppure la quantità d'aria che fluisce attraverso una pompa. Q = V/t
La portata determina anche la capacità di compensare eventuali perdite. La velocità di evacuazione è inversamente proporzionale al grado di vuoto.

PORTATA ARIA LIBERA

Determina la quantità di aria evacuata ad una pressione pari a quella atmosferica. Il termine viene spesso utilizzato dai costruttori di pompe a vuoto per indicarne le caratteristiche.

GRADO DI VUOTO

Il termine definisce il livello di pressione all'interno di un circuito, che viene solitamente misurato in kPa.
Il grado di vuoto determina la forza di sollevamento di una ventosa, o la quantità di atmosfera residua.
Con l'aumento del grado di vuoto, si ha una diminuzione della velocità di evacuazione.

ARIA COMPRESSA

É la fonte di energia che alimenta una pompa a vuoto pneumatica. L'aria compressa è paragonabile all'elettricità che alimenta una pompa a vuoto elettromeccanica.
Essa, viene erogata da un compressore e distribuita mediante delle tubazioni correttamente dimensionate.

PRESSIONE DELL'ARIA COMPRESSA

La pressione dell'aria compressa viene misurata in bar.
Le prestazioni ottimali di una pompa ad aria compressa si ottengono mediante il bilanciamento tra la pressione erogata dal compressore ed il grado di vuoto richiesto.

TEMPO DI EVACUAZIONE

Il tempo che intercorre per evacuare un dato volume d'aria ad un grado di vuoto prestabilito misurato in s/l.

$$\text{Tempo di evacuazione} = \frac{\text{Tempo di presa richiesto}}{\text{Volume del sistema}}$$

CONSUMO

Nel vuoto industriale il consumo di una pompa pneumatica si misura in Nl/min o Nl/s

NORMAL LITRO (NI)

Il Normal litro è il volume che occuperebbe una certa quantità (massa) di gas se questa venisse riportata alla pressione atmosferica.
Possiamo quindi dire, che il Normal litro serve a misurare la massa di un gas.
I gas sono comprimibili, per cui non è possibile indicarne la quantità indicando solo il volume che occupano, ma è necessario specificare anche la pressione a cui si trovano.
Ragionare in Normal litro è utile per confrontare volumi di gas che si trovano a pressioni differenti.
Nel caso delle pompe per vuoto meccaniche serve per indicare in maniera univoca la portata di aria aspirata.
Nel caso delle pompe per vuoto pneumatiche serve anche per indicare in maniera corretta il consumo di aria compressa che genera il vuoto.

FORZA DI SOLLEVAMENTO

La capacità di sollevamento di una ventosa viene determinata mediante il rapporto tra la pressione e l'area della superficie di contatto.

VOLUME

L'area totale di un circuito comprendente tutti gli spazi inclusa l'area di applicazione.

CLASSIFICAZIONE DEL VUOTO

Il vuoto viene solitamente suddiviso in tre aree applicative, che dipendono dal grado di vuoto richiesto.

BASSO VUOTO

Impiegato in tutte quelle applicazioni dove è necessario una elevata portata d'aria. Il grado di vuoto solitamente è compreso tra 0 e -20 kPa.
In questo segmento solitamente vengono utilizzate delle pompe elettromeccaniche del tipo a girante. La serigrafia sui tessuti rientra tra le applicazioni tipiche che necessitano di un basso grado di vuoto e di una elevata portata aspirata. (Applicazione per ventilazione, raffreddamento o pulizia).

VUOTO INDUSTRIALE

Con il termine vuoto industriale si intende un vuoto compreso tra -20 e -99 kPa. Questo range comprende la maggior parte delle applicazioni. Il vuoto industriale viene utilizzato in tutte quelle applicazioni di manipolazione, sollevamento e tenuta dei materiali.

VUOTO DI PROCESSO

Trattasi di applicazioni dove il grado di vuoto raggiunto può essere superiore a -99 kPa. Solitamente l'unità di misura utilizzata è il Torr. La portata aspirata è minima e le applicazioni di tipo scientifico comprendono simulazioni spaziali. (Rivestimento con deposito molecolare)
Il più alto livello di vuoto raggiunto sulla terra si discosta notevolmente dal valore di vuoto assoluto che rimane un valore puramente teorico. Anche nello spazio e quindi in assenza di atmosfera vi è una minima presenza di atomi.

PRODOTTI DEL VUOTO
COME CREARE IL VUOTO

Sebbene esistano diversi modi per creare il vuoto, possiamo dire che i due metodi principali per generarlo sono attraverso:

POMPE PNEUMATICHE AD EIETTORE

POMPE AD ARIA COMPRESSA

Le pompe a vuoto definite solitamente come generatori di vuoto, utilizzano il principio di Bernoulli basato sull'esistenza di una relazione tra pressione e velocità: l'alta velocità di un fluido (come aria o acqua) corrisponde ad una bassa pressione e viceversa.

EIETTORE

Il principio di funzionamento dei generatori di vuoto ad aria consiste nell'iniezione di aria compressa all'interno di un ugello conico chiamato eiettore. L'aria compressa, attraverso l'ugello conico raggiunge una velocità supersonica che attira delle molecole a bassa pressione.
La pressione atmosferica esterna fluirà, cercando di riportare il sistema in equilibrio. Il mix di aria compressa passante tra l'eiettore e l'aria a pressione atmosferica esterna fluiscono attraverso lo scarico.
Il grado di vuoto che un eiettore può raggiungere dipende dalla configurazione dell'eiettore.

EIETTORE SINGOLO STADIO

EIETTORE MULTISTADIO

EIETTORE MULTISTADIO GIMATIC

Gimatic sviluppa e produce (in Italia) eiettori di tipo multistadio, essi vengono identificati con l'acronimo EJ.
I nostri eiettori a cartuccia sono disponibili in tre taglie (EJ-SMALL, EJ-MEDIUM, EJ-LARGE). Tali eiettori assicurano performance eccellenti sia ad alte che a basse pressioni di alimentazione.

POMPE MECCANICHE

La caratteristica fondamentale, comune a tutte le pompe meccaniche, consiste nel fatto che convogliano, un certo volume di aria dalla zona di aspirazione alla zona di scarico ed in questo modo creano una depressione. Le pompe meccaniche generalmente sono azionate da un motore elettrico, talvolta da un motore a combustione interno, idraulico o pneumatico.

POMPE VOLUMETRICHE

Le pompe volumetriche muovono meccanicamente attraverso il sistema i volumi di fluido intrappolati. Sul lato della presa di aspirazione il volume si espande, mentre sul lato di uscita (scarico) il volume si contrae. Pertanto il volume per giro risulta fissato, e in teoria costante, a prescindere dalla pressione di uscita, dalla depressione di entrata o dalle proprietà dei fluidi. Le pompe volumetriche sono inoltre autoadescanti, vale a dire che creano forti depressioni all'entrata. Il comportamento delle pompe volumetriche è molto diverso da quello delle pompe centrifughe, le quali si basano sull'impulso del fluido accelerato per fornire portata alla pressione e sono molto sensibili ai cambiamenti di pressione. Fanno parte delle pompe volumetriche le pompe a palette e le pompe a lobi.

A PALETTE

A LOBI

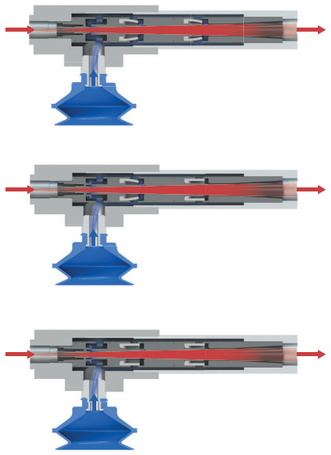
POMPE SOFFIANTI

La soffiante centrifuga è composta da un condotto di aspirazione che convoglia il gas aspirato all'ingresso, coassiale all'albero della girante, da una girante chiusa a ingresso assiale e uscita radiale.
All'interno vi è un diffusore radiale che ha il compito di convertire l'energia cinetica in uscita dalla girante in energia di pressione. Queste pompe lavorano a gradi di vuoto molto bassi, sono in grado di muovere elevate masse d'aria ed hanno elevata portata aspirata.

PRODOTTI DEL VUOTO
PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

EIETTORE MULTISTADIO GIMATIC

Gli eiettori “EJ” Gimatic sono composti da più ugelli di De Laval disposti in serie che sfruttano l’aria di scarico dell’ugello precedente per alimentarsi, così da ridurre il rumore ed aumentare l’efficienza della pompa.
Il diametro di passaggio dell’ugello è proporzionale alla capacità di aspirazione dell’aria ed è inversamente proporzionale al grado di vuoto generato.
Le migliori prestazioni dovute al maggior numero di stadi con relativo eiettore, consentono di ottimizzare i rendimenti della pompa. Ogni stadio è in grado di raggiungere un diverso livello di vuoto.
Quando la pressione presente nello stadio comune a causa dell’azione combinata dei vari eiettori raggiunge un valore superiore all’eiettore di riferimento causa la chiusura in sequenza delle singole membrane in gomma (flaps) lasciando aperto solo lo stadio dell’alto vuoto.
L’atmosfera esterna, fluisce attraverso lo stadio comune nel tentativo di riequilibrare la pressione nel sistema. L’aria compressa e l’atmosfera esterna si miscelano fluendo attraverso lo scarico.



EIETTORE SINGOLO STADIO	VS	EIETTORE MULTISTADIO EJ GIMATIC
CONSUMO DI ARIA COMPRESSA Il rapporto tra aria consumata e portata d’aria aspirata è raramente superiore a 1:1. Storicamente questo ha portato ad una considerazione di inefficienza del sistema.		**CONSUMO DI ARIA COMPRESSA** Viene sfruttata l’energia cinetica dell’aria compressa abbinata ad ugelli di De Laval che attraversando una serie di eiettori opportunamente dimensionati permette una espansione graduale dell’aria. In questo caso il rapporto tra consumo e portata d’aria aspirata risulta mediamente tre volte più efficiente, con un rendimento pari a 3:1.
LIVELLO DI RUMOROSITÀ 90 decibel.		**LIVELLO DI RUMOROSITÀ** Nel caso del multi stadio Gimatic viene ridotto a valori compresi tra 55 e 75 decibel.

POMPE MECCANICHE

POMPE VOLUMETRICHE A PALETTE

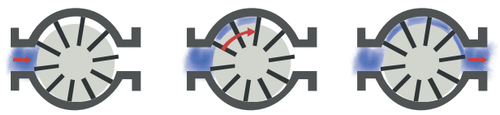
Le pompe a palette hanno soltanto un elemento rotante rivolto in direzione eccentrica alla cavità della pompa. L’elemento rotante contiene diverse palette in grado di scivolare o di deformarsi per adattarsi al profilo della parete a intercapedine. Le palette formano una guarnizione scorrevole a tenuta posizionata contro la parete a intercapedine, trattenendo il volume del fluido all’ingresso e facendolo defluire verso l’uscita. Le pompe a palette sono particolarmente insensibili ai cambiamenti di pressione, in quanto le palette sono a contatto con la parete a intercapedine. Tuttavia, il movimento di scivolamento tra le palette e la parete crea rumore, rischio di inquinamento del fluido convogliato e una frequente richiesta di manutenzione. (Figura 1)

POMPE SOFFIANTI

In questa tipologia di pompe, il gas viene aspirato nella camera dall’apertura di carico. Quando il gas entra nel canale laterale il movimento della girante trasmette una certa velocità al gas nella direzione di rotazione. La forza centrifuga delle palette della girante accelera il gas verso l’esterno e la pressione aumenta. Ogni rotazione fa aumentare l’energia cinetica, con un ulteriore incremento della pressione nel canale laterale. Il canale si restringe verso il rotore, trascinando il gas lontano dalle palette della girante per scaricarlo attraverso il silenziatore di scarico. (Figura 3)

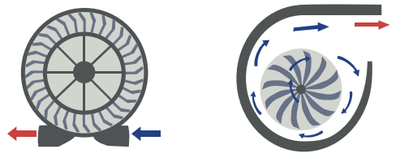
POMPE VOLUMETRICHE A LOBI

Questa tipologia di pompe presentano elementi a forma di lobo al posto degli ingranaggi. Ciascun elemento a forma di lobo è azionato da un motore. Ciò elimina il contatto tra i due lobi, riducendo l’usura e riducendo al minimo l’attrito dei fluidi. Solitamente questa tipologia di pompe ha una elevata emissione di calore ed elevata rumorosità. (Figura 2)



1. Funzionamento pompe volumetriche a palette

2. Funzionamento pompe volumetriche a lobi



3. Funzionamento pompe soffianti

DIMENSIONAMENTO DEI SISTEMI DI VUOTO

Per ottenere una maggiore efficienza ed un buon risparmio energetico è importante che i sistemi siano espressamente studiati per la specifica applicazione, così come devono essere scelte in funzione dell'applicazione anche le ventose con i relativi attacchi, il modello, la taglia delle pompe a vuoto, e relativi accessori e tubazioni.
Estremamente importante è fissare il coefficiente di sicurezza durante il dimensionamento di un sistema di vuoto e la tipologia del circuito che si intende adottare.

COEFFICIENTE DI SICUREZZA

Nella manipolazione di qualsiasi tipo di oggetto, la condizione più importante da rispettare è legata alla sicurezza della presa. È necessario, infatti, avere la certezza che l'oggetto non si stacchi dalle ventose prima del punto previsto per il rilascio. Per questo motivo è sempre necessario moltiplicare il peso (più l'eventuale forza d'inerzia) dell'oggetto da movimentare per un appropriato coefficiente di sicurezza:
- 2 nel caso di applicazioni statiche o movimentazioni a bassa velocità,
- 2.5 o più in caso di movimentazioni a media ed alta velocità.

Un parametro che molto spesso viene sottovalutato durante il dimensionamento è la scelta della ventosa. Essa è il dispositivo che, fisicamente, "collega" l'oggetto da manipolare al sistema di presa.

TIPOLOGIA DI CIRCUITO

SISTEMI A TENUTA

Per realizzare questo circuito occorre considerare il volume, il grado di vuoto ed il tempo di evacuazione.
Nei sistemi a tenuta, la capacità della pompa è determinata dalla velocità con cui il circuito viene evacuato ad un certo grado di vuoto.
Questa capacità viene definita tempo di evacuazione ed è normalmente specificata in s/l.
Moltiplicando questo valore per il volume dell'intero sistema, si ottiene il tempo di evacuazione in funzione del grado di vuoto desiderato.

SISTEMI CON PERDITE

Nei sistemi con perdite, dove è necessario manipolare scatole di cartone lamiere forate o oggetti con micro fori, la situazione è differente. Per mantenere il livello di vuoto desiderato, la pompa deve avere una maggior capacità così da compensare le perdite. Una volta determinato il flusso di perdita, si sceglie la pompa più idonea consultando le curve caratteristiche dei vari modelli. Nel caso di perdita attraverso un foro di sezione nota, si può stabilire la portata della perdita. Per ottenere il flusso di perdita totale occorre moltiplicare il valore ricavato, per l'area complessiva.
Quando si devono manipolare materiali porosi o quando non si conosce la geometria del percorso della perdita, la portata può essere ricavata con una prova pratica da eseguire con una pompa ed un vacuometro.

INFORMAZIONI GENERALI PER UN CORRETTO DIMENSIONAMENTO DI VUOTO

Un circuito di vuoto può essere dimensionato in maniera centralizzata o decentralizzata.

SISTEMA CENTRALIZZATO

Un sistema centralizzato è caratterizzato da una pompa per vuoto collegata a più ventose. Spesso utilizzato per manipolare materiali a tenuta come la lamiera o il vetro.

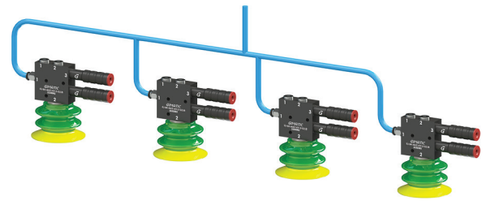
VANTAGGI

- Unica fonte di vuoto
- Semplice realizzazione controsoffio
- Facile controllo livello vuoto

SVANTAGGI

- Tubazioni lunghe e di diametro maggiore
- Possibilità di perdite di carico
- Necessità di valvola di controsoffio o di rompivuoto per il distacco

SISTEMA DECENTRALIZZATO



Un impianto decentralizzato è progettato in modo che ogni ventosa abbia un generatore di vuoto dedicato, questo significa che tutte le ventose sono indipendenti una dall'altra, solitamente utilizzato in applicazioni porose.

VANTAGGI

- Volumi da svuotare ridotti al minimo >Elevata velocità di presa e di rilascio
- Azzeramento delle perdite di carico >Dimensioni compatte delle pompe
- Ogni ventosa è indipendente
- Tubazioni di alimentazione ridotte

SVANTAGGI

- Gestione del controsoffio più complicata (richieste valvole di non ritorno)
- Rilevamento dell'avvenuta presa più complicata
- Possibili problemi derivanti da sporcizia sull'impianto

SCELTA DELLA POMPA

Selezionati i componenti che la precedono occorre dimensionare la pompa considerando alcuni tra i seguenti parametri:

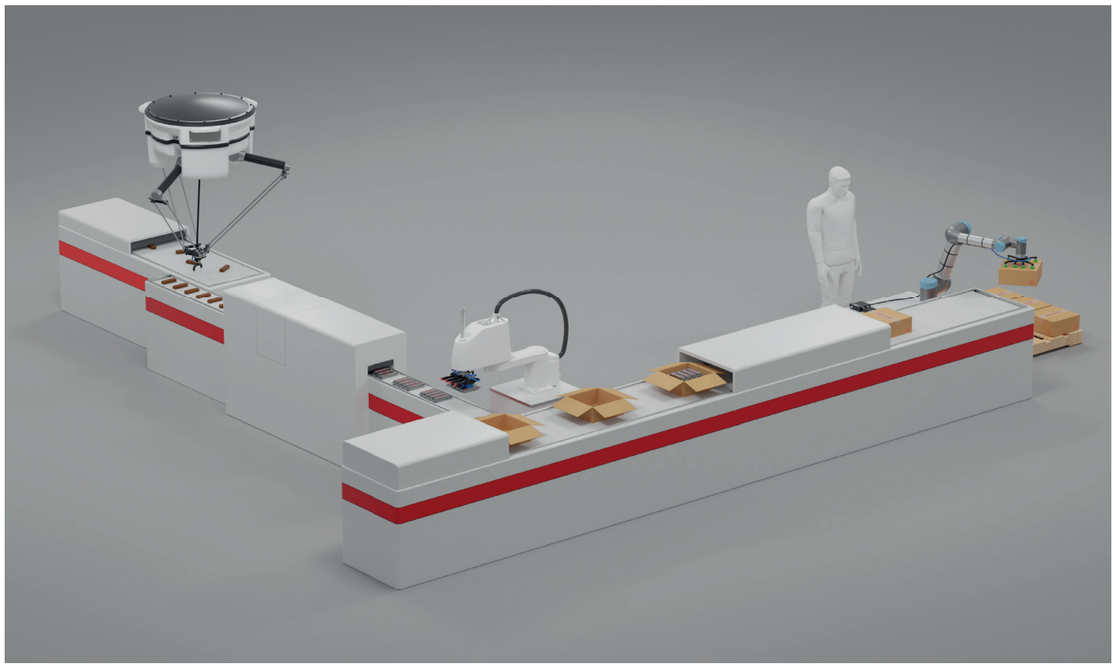
IL CIRCUITO È CENTRALIZZATO O DECENTRALIZZATO?

QUALE È LA VELOCITÀ DELL'APPLICAZIONE?

POROSITÀ DEL MATERIALE?

QUALE È IL VOLUME DA EVACUARE?

QUALE È IL GRADO DI VUOTO RICHIESTO?



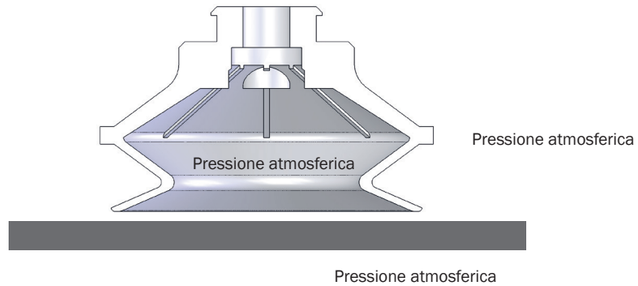
VENTOSE

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DELLA VENTOSA

Quando si realizza un sistema di manipolazione basato sul vuoto occorre sviluppare le forze necessarie ad una movimentazione sicura. La ventosa svolge un ruolo fondamentale in questa fase.
Vanno considerati, principalmente, due fattori:
- La forma della ventosa;
- Le caratteristiche del labbro.

Una ventosa di forma adatta è fondamentale per adattarsi alla geometria dell'oggetto. Il labbro, invece, deve essere in grado di seguire con precisione e ripetibilità le rugosità e le alterazioni che la superficie dell'oggetto può presentare (le ondulazioni di una scatola in cartone o la rugosità di un pannello di legno).

La ventosa aderisce alla superficie nel momento in cui la pressione circostante (pressione atmosferica) è maggiore della pressione esistente tra la ventosa e la superficie. Al fine di creare una depressione all'interno della ventosa, quest'ultima viene collegata ad una pompa a vuoto. Maggiore è la depressione all'interno della ventosa, maggiore è la forza esercitabile con la ventosa.
È necessario tenere presente che una ventosa sviluppa tanta più forza quanto più:
- Sarà estesa la sua superficie;
- Elevato il grado di vuoto;
- Adatta alla presa da effettuare.



DIMENSIONAMENTO DELLE VENTOSE

La forza di sollevamento, oltre che dal grado di vuoto, è fortemente influenzata dal modello di ventosa.
Per progettare il circuito occorre partire dal punto di contatto tra ventosa e oggetto per poi risalire fino alla pompa a vuoto. Il metodo consente il corretto dimensionamento dei componenti e le migliori prestazioni.
Prima di selezionare una ventosa occorre considerare la superficie, la conformazione, la direzione di sollevamento, il peso e la porosità dell'oggetto.

MAGGIORE È IL GRADO DI VUOTO, MAGGIORE È IL FABBISOGNO DI ENERGIA

Creando il vuoto all'interno di una ventosa appoggiata ad una superficie, questa non aderisce da sola alla superficie, ma è fissata ad essa dalla maggior pressione circostante esterna. La forza di sollevamento è proporzionale alla superficie di contatto ed al grado di vuoto. Se il grado di vuoto passa dal 60% al 90%, la forza di sollevamento aumenta al massimo di 1,5 volte. Per limitare il consumo di energia è preferibile limitare il grado di vuoto ed aumentare invece la superficie della ventosa.

SUPERFICIE E CONFORMAZIONE

Una valutazione visiva oltre a evidenziarne le dimensioni identifica se l'oggetto è curvo o piano.
Utilizzare la ventosa che meglio si adatta alla superficie è essenziale. Un ulteriore contributo potrebbe venire dall'analisi della conformazione dell'oggetto.
Un esame più accurato potrebbe evidenziare una certa rugosità che oltre a limitare l'impiego delle ventose rappresenta una potenziale perdita.

POROSITÀ

Qual è la porosità del materiale? Questa domanda risulta essere molto importante per la definizione del formato delle ventose e per il dimensionamento della pompa. La porosità viene definita come quantità di aria a pressione atmosferica che passa attraverso un materiale sottoposto ad una depressione. Il vetro non consente il passaggio d'aria, mentre ad esempio la carta è piena di minuscoli pori.

MATERIALE

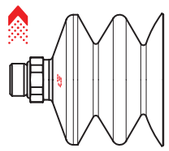
Spesso occorre verificare la temperatura di lavoro necessaria ad eseguire quella particolare applicazione.
Temperature troppo elevate come nella termoformatura, o troppo basse impongono l'uso di ventose con mescole speciali. Il silicone rappresenta la soluzione migliore anche se esiste il rischio del rilascio di piccole particelle (alone) che rende difficile un eventuale successiva verniciatura. In questo caso le nostre ventose in HNBR sono la soluzione ideale.

SCELTA DELLA VENTOSA

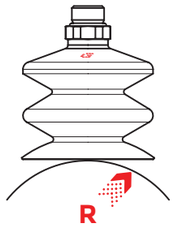
Una volta determinati peso e dimensione dell'oggetto, si devono stabilire tipo e diametro della ventosa. Utilizzare sempre la ventosa più grande possibile ci permette di diminuire il grado di vuoto.
Questa soluzione offre una serie di vantaggi tra cui minore tempo di evacuazione, ridotti consumi e maggiore durata della ventosa.

PARAMETRI

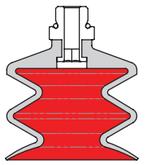
Forza [N] di sollevamento perpendicolare alla superficie, a diversi gradi di vuoto



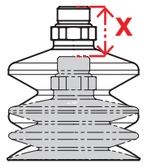
Forza [N] di sollevamento parallela alla superficie, a diversi gradi di vuoto



Raggio minimo curvatura



Volume



Movimento verticale massimo

PARAMETRI UTILI DA VERIFICARE

- Utilizzare la ventosa idonea all'applicazione
- Fare attenzione al tipo di materiale ed alla conformazione della superficie
- Determinare il tipo di materiale della ventosa adeguato all'applicazione
- Progettare il sistema con un fattore di sicurezza idoneo
- Conoscere le eventuali forze dinamiche che potrebbero influenzare l'applicazione
- Distribuire le ventose in relazione al centro di gravità
- Utilizzare gli accessori idonei all'applicazione
- Considerare il tipo di finitura della superficie