

MOTO DEL FLUIDO NEI CONDOTTI

Il moto di un fluido in un condotto, cioè un tubo la cui sezione trasversale può anche essere variabile sia come forma che come area, può essere studiato con delle equazioni semplificate grazie ad una ulteriore **ipotesi detta di unidimensionalità del flusso**.

Tale ipotesi consiste in quanto segue. Le proprietà fisiche del fluido all'interno del condotto, cioè la pressione, la velocità ecc., nella realtà variano da punto a punto, cioè variano lungo le tre dimensioni individuate dalle tre coordinate x , y , z . Se il condotto è abbastanza lungo rispetto al diametro, diciamo che la lunghezza deve essere almeno 10 volte il diametro, allora si può fare l'ipotesi che le grandezze subiscano variazioni solamente lungo l'asse del condotto. Questo costituisce una sola dimensione mentre le grandezze restano costanti nel piano della generica sezione trasversale, cioè nelle altre due dimensioni.

Si definisce **portata in massa di fluido attraverso una sezione di un condotto**, la massa di fluido che attraversa la sezione nell'unità di tempo.

Se ad esempio volessimo determinare la portata di acqua che attraversa la sezione del rubinetto del lavandino della cucina, possiamo eseguire le seguenti operazioni: disponiamo un recipiente per contenere l'acqua sotto il rubinetto, apriamo il rubinetto lasciando scorrere l'acqua per un tempo prefissato, che possiamo misurare con un cronometro. Al termine pesiamo il contenitore pieno di acqua, sottraiamo il peso del contenitore vuoto, ottenendo così il peso dell'acqua che ha attraversato il rubinetto. Questo peso, riportato in kilogrammi, coincide numericamente con la massa di acqua. La massa diviso il tempo ci dà la portata in massa di acqua attraverso il rubinetto.

Indicati con:

A : l'area di una sezione di un condotto. Sezione che deve essere perpendicolare all'asse del tubo.

ρ : la densità del fluido che attraversa la sezione considerata del condotto.

V : la velocità del fluido nella sezione considerata.

La portata in massa di fluido attraverso la sezione considerata, può essere calcolata con la relazione:

$$m = \rho A V$$

L'equazione di conservazione della massa o di continuità indica che la portata in massa di fluido attraverso un certo volume è costante, pertanto, con le ipotesi di:

Moto unidimensionale e moto permanente, essa assume la seguente forma semplificata:

$\rho A V = \text{costante in ogni sezione del condotto}$

La forma più utile nei calcoli è la seguente:

considerate due sezioni qualsiasi del condotto indicate con i pedici 1 e 2, $\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$

Con l'ulteriore ipotesi di fluido incompressibile, come ad esempio i liquidi o i gas che si muovono nel condotto a velocità inferiori a 500-600 km/h, si ha che $\rho_1 = \rho_2$ quindi si può semplificare nella precedente espressione che diventa: $A_1 V_1 = A_2 V_2$

La conseguenza intuitivamente immediata di questa equazione è che, se il condotto si stringe, cioè $A_1 > A_2$ allora deve essere $V_1 < V_2$, cioè, se il condotto va stringendosi nella direzione del moto, la velocità aumenta. Viceversa, se il condotto va allargandosi nella direzione del moto, la velocità diminuisce.

Altra equazione fondamentale del moto del fluido in un condotto è la cosiddetta **equazione o teorema di Bernoulli**, essa mette in relazione la velocità con la pressione.

Diamo delle definizioni di base:

La pressione statica di un fluido in una certa sezione di un condotto è la pressione misurabile con un manometro la cui presa di pressione è parallela, cioè tangente alla velocità del fluido. Questa orientazione della presa di pressione, fa in modo che le particelle di fluido non trasmettano allo strumento una energia sotto forma di pressione conseguente alla loro velocità. Per tale motivo la pressione misurata è statica.

La pressione dinamica di un fluido in una certa sezione di un condotto è il termine $q = \frac{1}{2} \rho V^2$. Questa è l'energia cinetica per unità di volume di fluido, non è una vera e propria pressione, lo diventa quando la particella di fluido rallenta fino a fermarsi e quindi l'energia cinetica si trasforma in pressione. Il fenomeno è analogo a quello di una pallina lanciata verso una salita: inizialmente la pallina possiede velocità e quindi possiede energia cinetica, man mano che sale perde velocità ma guadagna altezza lungo la salita, l'altezza è rappresentata dalla pressione.

La pressione dinamica non può essere misurata direttamente con un manometro, poiché questo strumento misura sempre anche la parte di pressione statica.

La pressione totale, p_t , di un fluido in una certa sezione di un condotto è la somma della pressione statica e di quella dinamica. Questa pressione può essere misurata con un manometro la cui presa di pressione è perpendicolare alla velocità del fluido. La parte di pressione statica viene misurata qualunque sia l'orientazione della presa di pressione, il fatto che la presa sia perpendicolare alla velocità, fa in modo che tutta l'energia cinetica del fluido sia trasmessa allo strumento che quindi va a rilevare la somma delle due pressioni.

Con le ipotesi di:

Moto unidimensionale e permanente e subsonico

Fluido adiabatico, incompressibile e non viscoso

L'equazione di Bernoulli indica che la somma della pressione statica e della pressione dinamica è costante lungo il condotto, in altre parole la pressione totale è costante in ogni sezione del condotto:

$$p + \frac{1}{2} \rho V^2 = p_t$$

Indicate con i pedici 1 e 2 due generiche sezioni del condotto, la forma utile dell'equazione di Bernoulli è:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

Da questa equazione si capisce che se andando dalla sezione 1 verso la sezione 2, la velocità del fluido aumenta, la pressione diminuisce e viceversa.

Combinando il significato dell'equazione di continuità con quello dell'equazione di Bernoulli, se nella direzione del moto il condotto si riduce di sezione, allora la velocità va ad aumentare lungo il condotto e la pressione va a diminuire.