

## Approfondimento

# La cavitazione delle pompe

Nel capitolo 22 con riferimento alle pompe è stata definita la **cavitazione**; in realtà è un fenomeno che riguarda in generale gli impianti e le macchine idrauliche e si verifica quando la pressione nel circuito scende fino a raggiungere la tensione di vapore del liquido.

La **tensione di vapore** di un liquido o di una miscela liquida è la pressione parziale del vapore quando si stabilisce l'equilibrio fra liquido e vapore.

Raggiunta tale pressione, il liquido e il vapore si dicono saturi: tante sono le molecole che passano dalla fase liquida a quella di vapore quante sono quelle che compiono il processo inverso.

La tensione di vapore dipende dalla temperatura e cresce con essa; per esempio, per l'acqua è di 4,6 mmHg (0,61 kPa) a 0 °C e di 760 mmHg ( $\approx 100$  kPa) a 100 °C.

Quando la tensione di vapore uguaglia la pressione atmosferica si passa dall'evaporazione all'ebollizione.

### Il fenomeno della cavitazione

La cavitazione consiste in una rapida vaporizzazione, localizzata in una zona della corrente a bassa pressione assoluta, seguita da una rapida ricondensazione; si manifesta con la formazione di piccole bolle di vapore, il cui collasso istantaneo genera microgetti ad altissima pressione, che possono provocare danni anche gravi alla tubazione o alla girante della macchina idraulica.

Per una tubazione i tratti soggetti al rischio di cavitazione sono quelli in cui la linea piezometrica scende al di sotto dell'asse della tubazione stessa, con formazione di una depressione ( $p < p_{atm}$ ) più o meno accentuata.

Per una macchina idraulica (in particolare pompe centrifughe o assiali e turbine) sono a rischio i punti esterni della girante dove maggiore è la velocità e più bassa è la pressione.

### Problemi conseguenti

Il collasso delle bolle da cavitazione può danneggiare pressoché qualunque materiale scavandovi dei fori; se l'implosione avviene in prossimità di una parete solida, essa viene colpita da un microgetto liquido che erode il materiale costituente la parete formando piccole cavità (*pits* erosivi).

In genere la cavitazione è causa di attrito e turbolenza nel liquido; in dispositivi come pompe ed eliche provoca una notevole perdita di efficienza, emissione di rumore, vibrazioni e danneggiamento dei componenti. Si

conviene usualmente considerare una macchina idraulica in fase di cavitazione quando la portata o la prevalenza o la potenza generata calano più del 3% rispetto a condizioni analoghe in assenza di cavitazione.

### NPSH

La tendenza di una pompa alla cavitazione è espressa con la definizione del *Net Positive Suction Head (NPSH)*, in genere espresso in metri.

Il termine **NPSH, R** (NPSH Required) è una caratteristica della pompa ed esprime il carico energetico del fluido richiesto per l'attraversamento della porzione della pompa compresa tra la flangia di aspirazione e la prima girante (perdite di carico, energia cinetica, eventuale dislivello).

L'andamento del parametro NPSH, R è rappresentato in FIGURA 1 insieme alle curve caratteristiche della pompa. Esso viene ricavato con una procedura sperimentale, che consiste nel determinare ogni punto abbassando progressivamente il livello nel serbatoio di aspirazione fino a individuare la situazione per cui insorgono i sintomi della cavitazione: caduta del rendimento, rumore di cavitazione e portata irregolare.

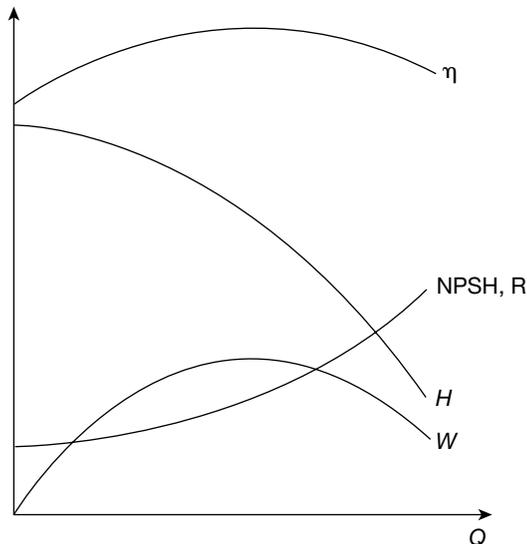


FIGURA 1  
Curve caratteristiche della pompa e andamento di NPSH, R.

In mancanza di dati sperimentali sul valore di NPSH, R esso può essere ricavato con buona approssimazione attraverso la velocità specifica della pompa.

La velocità specifica di una pompa è un parametro adimensionale espresso nel modo seguente in funzione della velocità angolare  $\omega$ , della portata volumetrica  $Q$  e della prevalenza  $H$ :

$$n_s = n \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

In condizioni di cavitazione alla prevalenza  $H$  si sostituisce il valore di NPSH, R. Adottando i seguenti valori di velocità specifica in condizioni limite:

$$n_{sc} = 195 \text{ pompa a singola aspirazione}$$

$$n_{sc} = 175 \text{ pompa a doppia aspirazione}$$

si ricava:

$$\text{NPSH, R} = \left[ \frac{(n \cdot Q)^{1/2}}{n_{sc}} \right]^{1,33}$$

A fronte del valore di NPSH, R richiesto dalla pompa è definito il parametro **NPSH, A** (*Net Positive Suction Head, Available*), espresso in metri, legato all'impianto. Esso esprime il carico energetico del fluido disponibile al livello della flangia di aspirazione, decurtato della quantità  $p_{sat}/\rho g$ .

Per assicurare il funzionamento in assenza di cavitazione deve essere rispettata la condizione:

$$\text{NPSH, A} > \text{NPSH, R}$$

Viene definito un valore-limite per garantire condizioni di sicurezza rispetto alla cavitazione:

$$\text{NPSH, A} \geq \alpha \cdot \text{NPSH, R}$$

$\alpha = 1,15$  per fluidi a bassa densità e per acqua a elevata temperatura;

$\alpha = 1,25$  per fluidi ad alta densità e per acqua a temperatura normale.

Un altro parametro adimensionale definito per evitare condizioni di cavitazione è il seguente, che confronta NPSH, A con la prevalenza della pompa:

$$\sigma = \frac{\text{NPSH, A}}{H}$$

Al di sotto di un valore critico di  $\sigma$  si può prevedere un fenomeno di cavitazione, mentre al di sopra il funzionamento è regolare; i valori di riferimento del parametro possono essere forniti dal costruttore della pompa.

### Condizioni di impianto

La tendenza alla cavitazione di una pompa, è sostanzialmente correlabile ai seguenti fattori:

- alta prevalenza;
- forti perdite di carico idraulico nel condotto di aspirazione;
- elevato dislivello tra pompa e serbatoio di aspirazione (FIGURA 2);
- alto valore della tensione di vapore del liquido aspirato.

Per prevenire la cavitazione le misure pratiche a cui ricorrere, a seconda dei casi e delle possibilità effettive, sono le seguenti:

- ricorrere a pompe in serie o a una pompa multistadio, in modo da ridurre la prevalenza della singola pompa (o stadio);
- aumentare il diametro della tubazione e/o diminuire la lunghezza del percorso di aspirazione;
- utilizzare una pompa sommersa o comunque collocare la pompa al livello più basso possibile.

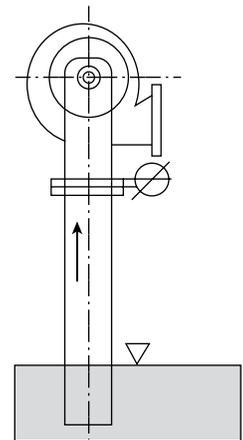


FIGURA 2  
Altezza di aspirazione.