

# Cavitazione e danneggiamento

La simulazione fluidodinamica permette di prevedere la posizione e l'intensità del fenomeno nelle pompe volumetriche. Inoltre, può indicare con precisione il potenziale danno. Essa aiuta anche a modificare le geometrie e le condizioni operative in modo da migliorare le prestazioni e la durata del componente

MICAELA OLIVETTI

In generale, in qualsiasi sistema a gas o a liquido, la presenza di getti e di onde di pressione può potenzialmente causare dei danneggiamenti. Inoltre, se si hanno parti in movimento, i carichi, i contatti tra i solidi e l'erosione possono anch'essi provocare danneg-

giamenti. Per sistemi a liquido, come le pompe in oggetto, la formazione e il collassamento di bolle di cavitazione inducono una caduta di performance del componente, e possono causare anche un danno fisico ai componenti della pompa. Purtroppo, a oggi, per

avere una predizione del danno, ci si basa principalmente sull'esperienza che permette di identificare le situazioni a rischio, se non proprio prevedere quando e dove si possa verificare il problema. In questo contesto, può venire in aiuto la simulazione fluidodinamica,

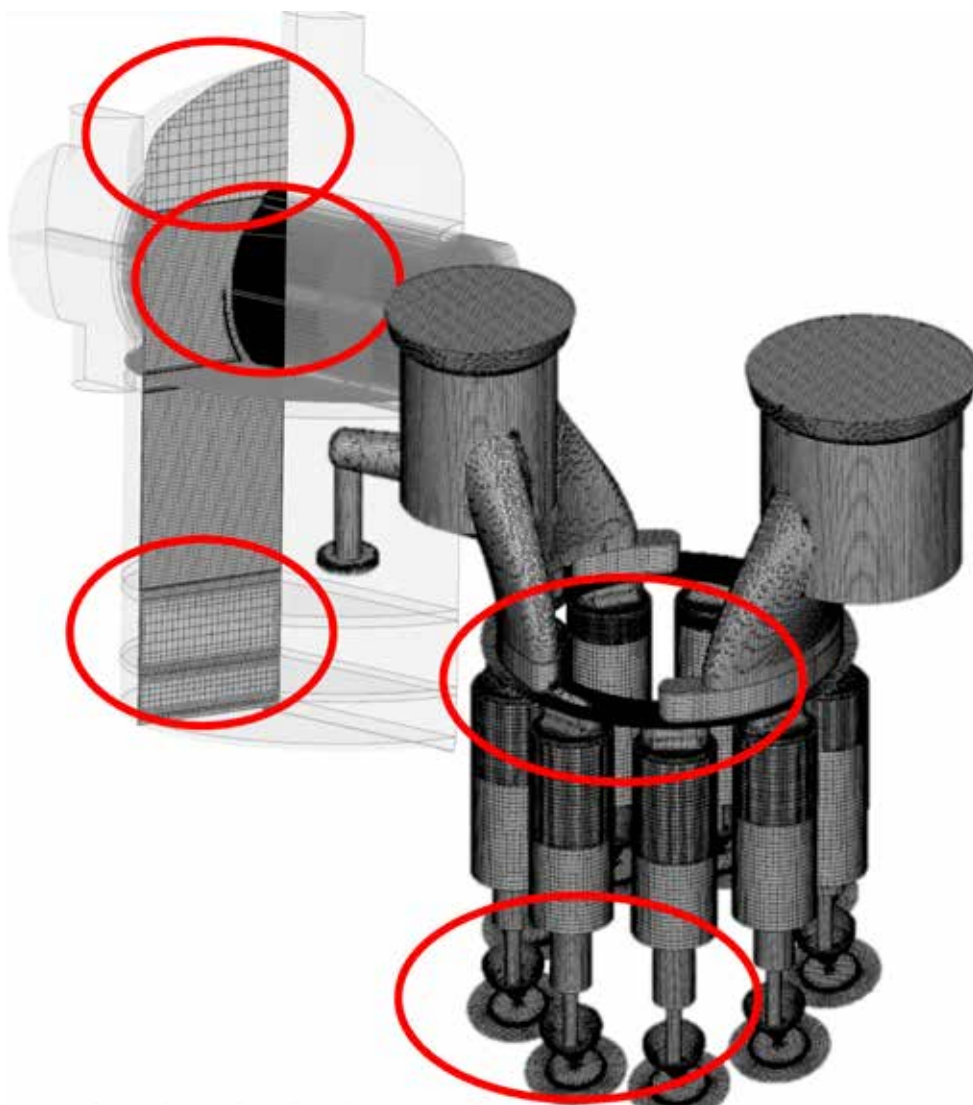


Fig. 1 - Per le pompe volumetriche in particolare, lo strumento CFD più utilizzato è SimericsMP+. Dove si vuole analizzare un particolare fenomeno si procederà con un raffinamento locale.

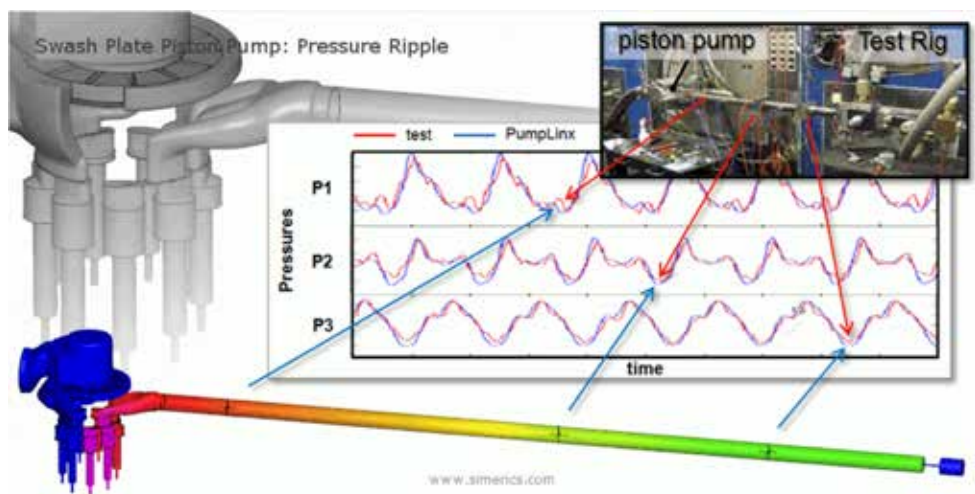


Fig. 2 - Per modellare il condotto di uscita della pompa a pistoni, la valvola presente nei test può essere simulata attraverso una condizione di orifizio con una pressione fissata a valle della valvola.

che permette di prevedere la posizione e l'intensità del fenomeno, può indicare con precisione il potenziale danno e aiuta anche a modificare il design e le condizioni operative in modo da migliorare le prestazioni e la durata del componente.

### ... Software dedicato

Per le pompe volumetriche in particolare, lo strumento CFD più utilizzato è SimericsMP+. Organizzato con una struttura 'a template', SimericsMP+ consente di impostare il calcolo direttamente sul tipo di pompa volumetrica da studiare, in modo semplice e veloce. Anche l'analisi dei risultati è pensata ad hoc e risulta quindi immediata e facilmente comprensibile, proprio per poter identificare e diagnosticare facilmente i problemi. Per essere affidabile nella previsione del danneggiamento, un solutore CFD deve offrire i modelli fisici che descrivono il problema reale, un generatore di griglia specifico e condizioni al contorno che rispecchiano il funzionamento del componente. In questo senso SimericsMP+ è completo sotto tutti i punti di vista. Come costruire un modello virtuale del componente? È necessario generare una griglia di calcolo adeguata al problema. Dove si hanno forti gradienti di pressione, dove ci si aspetta la presenza di bolle gassose, dove si vuole analizzare un particolare fenomeno si procederà con un raffinamento locale (figura 1).

Allo stesso modo, è importante utilizzare condizioni al contorno adeguate. Per modellare il condotto di uscita della pompa a pistoni in figura 2, la valvola presente nei test può essere simulata attraverso una condizione di orifizio con una pressione fissata a valle della valvola stessa. Questo consente alla pressione a monte della strizione di variare e quindi adattarsi alle condizioni di funzionamento. Con una condizione

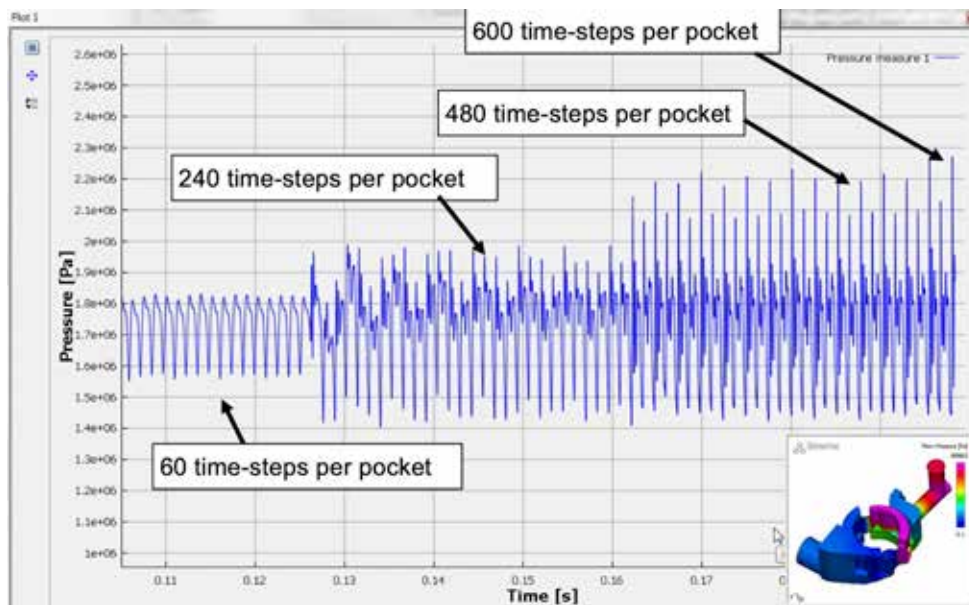


Fig. 3 - Se si vuole studiare l'oscillazione di pressione, bisogna ricordare che più alte sono le frequenze di oscillazione, più piccolo deve essere il passo d'integrazione.

al contorno di pressione costante, le pulsazioni di pressione risulterebbero smorzate artificialmente e il risultato non sarebbe corrispondente alla realtà.

### •• Qualità del risultato

Per questo tipo di componenti, le analisi sono obbligatoriamente transitorie e il passo temporale che si sceglie è importante per la qualità del risultato. Se si vuole studiare l'oscillazione di pressione, bisogna ricordare che più alte sono le frequenze di oscillazione, più piccolo deve essere il passo d'integrazione per riuscire a descrivere le armoniche più alte (figura 3). A fronte della riduzione del passo d'integrazione si ha un maggiore tempo di calcolo; è per questo che un codice CFD deve anche essere veloce nello svolgimento delle analisi. Una potenziale causa di danneggiamento per i sistemi a fluido è la presenza di getti che colpiscono le pareti della macchina. Per catturare questo effetto, è importante avere un'accurata rappresentazione delle proprietà del fluido, una discretizzazione temporale abbastanza fine ed una risoluzione spaziale sufficiente

per prevenire la diffusione numerica del getto. Il danno prodotto dalle onde di pressione è dovuto a pulsazioni di pressione indotte da forze di per sé pulsanti. Se si riesce a descrivere

accuratamente la dinamica delle pulsazioni, si può predire anche il danno. Il livello di danneggiamento dipende sia dall'energia dovuta alle forze di pressione sia dalla rigidità del materiale. Non sempre è possibile avere un valore di soglia noto per il materiale ma è sempre possibile visualizzare sulle superfici solide la potenza istantanea. Si possono quindi fare valutazioni comparative, ovvero stabilire dal confronto di due o più soluzioni progettuali quella che fornisce il minor valore di potenza: a essa è legata una minore probabilità di danneggiamento (figura 4).

I carichi fluidodinamici possono provocare sforzi, ma anche veri e propri spostamenti di un pezzo meccanico. Se tali spostamenti superano le previste tolleranze, si hanno fenomeni di contatto tra le varie parti meccaniche. Per predire questi carichi, sarebbe ideale fare analisi accoppiate fluido-struttura. Spesso questo non è possibile: è quindi

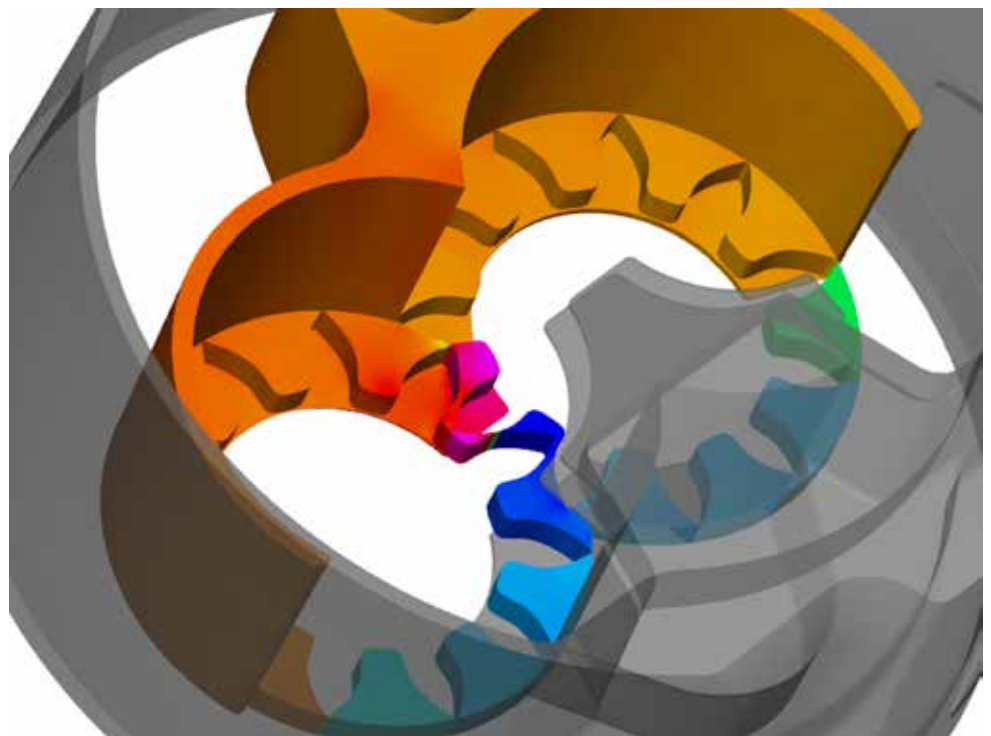


Fig. 4 - Dal confronto di due o più soluzioni progettuali quella che fornisce il minor valore di potenza permette una minore probabilità di danneggiamento.

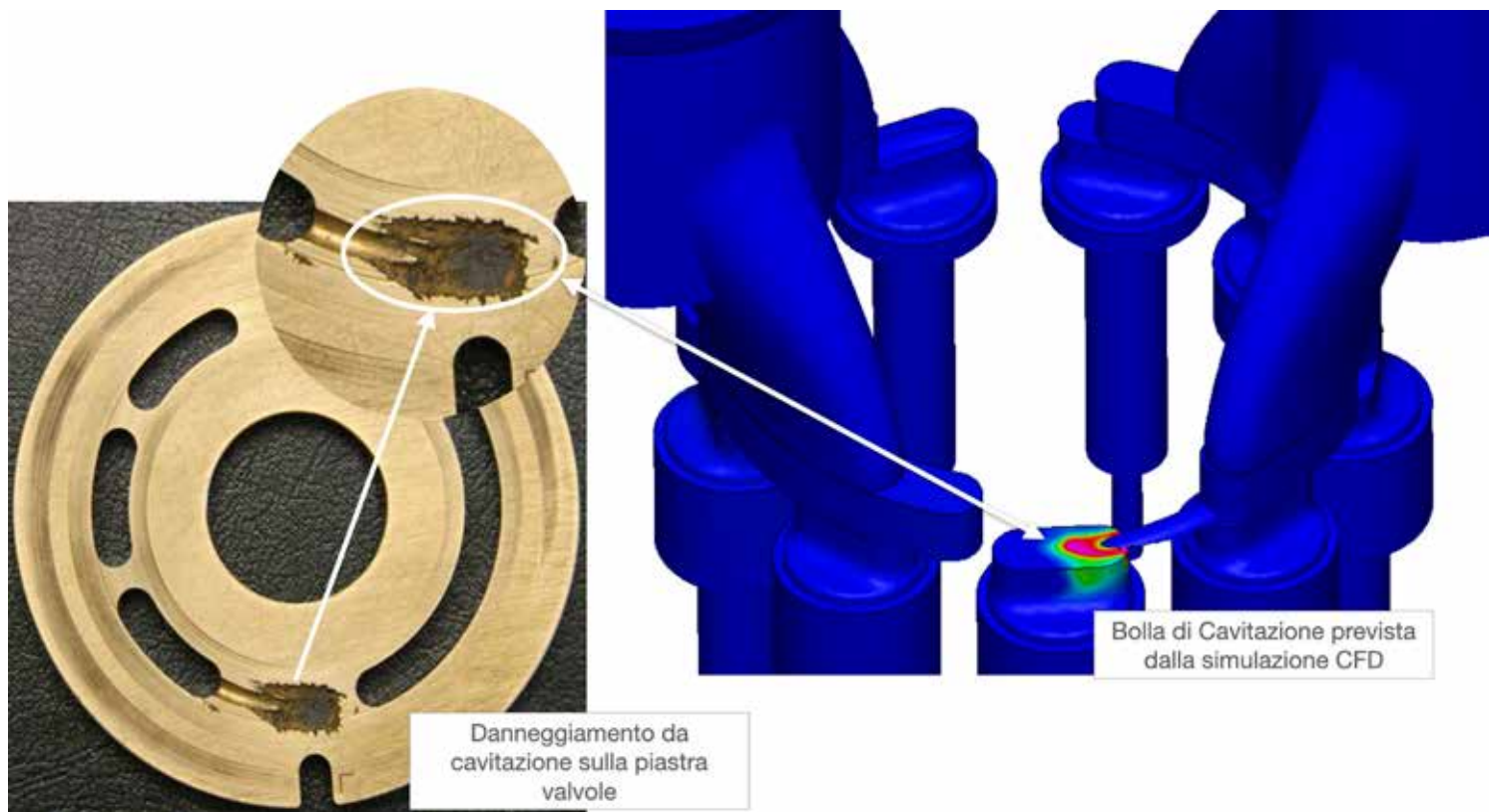


Fig. 5 -Solo pochi codici offrono modelli di cavitazione robusti e affidabili, principalmente a causa della difficoltà di integrarli all'interno di uno schema numerico già consolidato.

fondamentale poter fare una simulazione CFD accurata per valutare il potenziale danno legato ai carichi fluidodinamici. Il modello fluido deve riprodurre accuratamente i fenomeni fisici per poter fornire i carichi corretti ad un modello strutturale. La presenza di particolato solido disperso in un liquido è spesso causa del danneggiamento di componenti a causa dell'erosione che induce sulle pareti. Una corretta previsione di questi effetti può essere d'aiuto per migliorare l'efficienza del sistema e per prolungare la vita operativa del componente. L'indice di erosione si ricava da una simulazione CFD con un modello lagrangiano multifase che gestisca in modo efficiente la massa di particolato trasportata. L'erosione è normalmente funzione della massa del particolato, della sua velocità, dell'angolo di incidenza a parete e del materiale della parete stessa.

#### ... Danni da cavitazione

Infine, per le pompe volumetriche, non si può trascurare la cavitazione. Si parla di danno causato da cavitazione quando, a causa di un abbassamento della pressione, si formano bolle di vapore nel liquido; queste collasano quando il fluido si ricomprime. La rapida ricompressione può provocare danneggiamenti locali molto severi e condizionare la rumorosità della macchina. Un modello accurato di cavitazione che comprenda anche l'aerazione dei liquidi è essenziale per studiare questo tipo di fenomeni. Solo pochi codici offrono modelli di cavitazione robusti e affidabili, principalmente a causa della difficoltà di integrarli all'interno di uno schema numerico già consolidato (figura 5).

I fenomeni fisici che possono provocare un danneggiamento nelle pompe

volumetriche sono complessi e spesso concomitanti; in queste poche righe si è cercato di indicare come sia possibile, utilizzare strumenti di calcolo CFD per la previsione e l'analisi del danneggiamento di queste macchine. Le informazioni che si ottengono dalle analisi dei risultati possono dare un notevole contributo, sia in fase di progettazione sia di 'troubleshooting' e aiutare quindi nel miglioramento delle prestazioni e della durata del componente. Bisogna però ricordare che l'implementazione di procedure validate è fondamentale per un corretto uso della simulazione fluidodinamica: è importante avere modelli fisici che descrivano correttamente il fenomeno al fine di costruire un modello 'conforme alla realtà'.

*M. Olivetti, Omiq.*