

Verifica della tenuta di una guarnizione mediante FEA

A cura di **Matteo Pellizzoni**, Ing., CAEdevice, Erba, CO (www.CAEdevice.net)

L'articolo presenta uno studio, svolto per il produttore LVF Valve Solutions, in collaborazione con l'ufficio tecnico, per valutare lo stato di compressione della guarnizione di una valvola mediante un modello strutturale ad elementi finiti.

Uno dei problemi critici nel dimensionamento delle valvole, e in generale dei sistemi di tenuta, è la progettazione delle guarnizioni e delle relative sedi di montaggio. Non è sempre possibile ridurre le caratteristiche elastiche delle guarnizioni ai parametri dei materiali isotropi elastici lineari: l'elasticità infatti dipende dallo stato di deformazione (compressione) che nella maggior parte dei casi è notevole (lo schiacciamento rispetto allo spessore indeformato oscilla tra il 10% e il 20% e talvolta oltre). Nota la curva caratteristica del materiale, i parametri su cui è possibile agire sono i diametri interno ed esterno, spesso vincolati da altre esigenze funzionali, e lo spessore. Lo studio svolto per il produttore LVF Valve Solutions (San Paolo d'Argon, BG), in collaborazione con l'ufficio tecnico, ha come obiettivo la valutazione dello stato di compressione della guarnizione mediante un modello strutturale ad elementi finiti.

Interpretazione dei risultati

Per uno studio adeguato delle zone di debolezza della tenuta, è necessario utilizzare un modello geometrico il più vicino possibile a quello reale: non è quindi possibile assimilare a priori il problema a un caso piano assialsimmetrico. Le uniche semplificazioni ammissibili riguardano lo sfruttamento del piano di simmetria della valvola, la semplificazione della flangia di collegamento al circuito

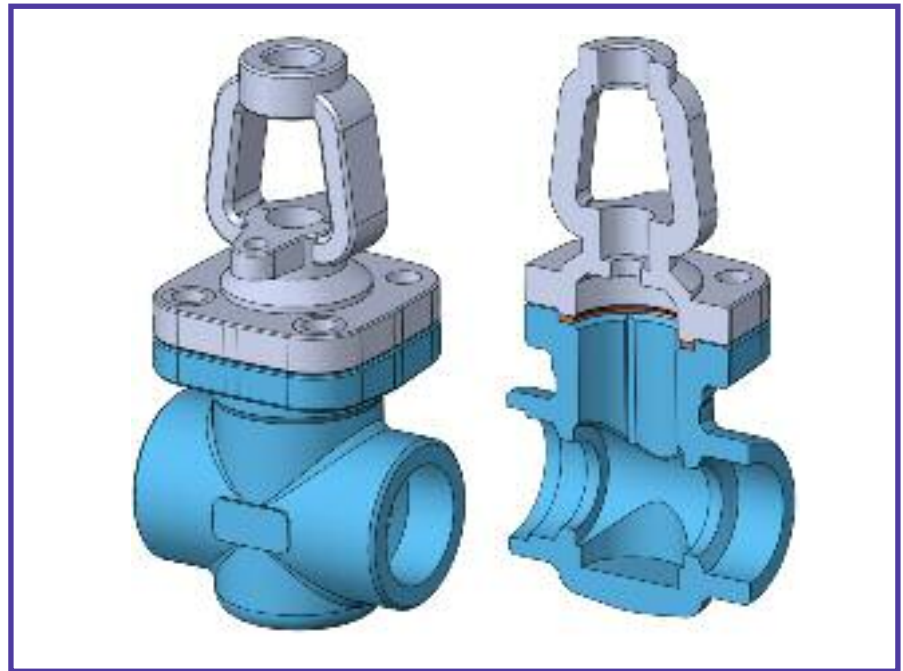


Figura 1: Geometria CAD della valvola.

idraulico e la possibilità di trascurare lo stelo e la baderna. Queste esigenze di dettaglio rendono il modello analitico relativamente pesante dal punto di vista computazionale. La gestione intelligente sia del livello di dettaglio che del numero complessivo di nodi ed

elementi del modello è un aspetto fondamentale per riuscire a risolvere un problema con numerosi gradi di non linearità, quindi con una soluzione da cercare attraverso un procedimento iterativo. Alla non linearità del materiale (prevalente-



Figura 2: Mesh di analisi.

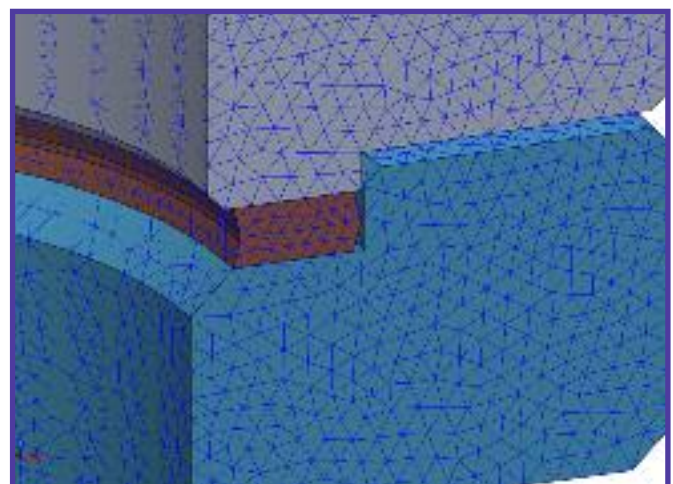


Figura 3: Mesh di analisi (dettaglio).

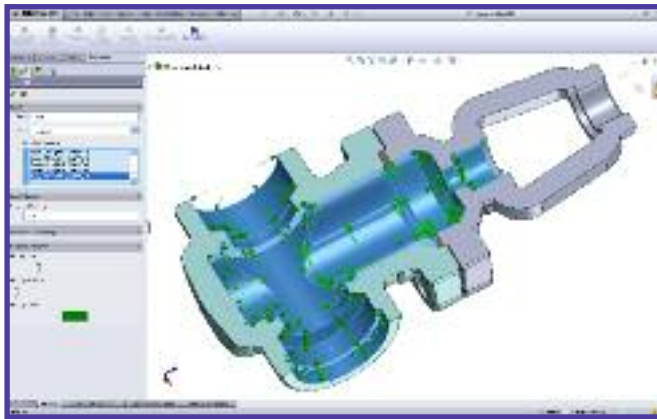


Figura 4: Carichi Applicati.

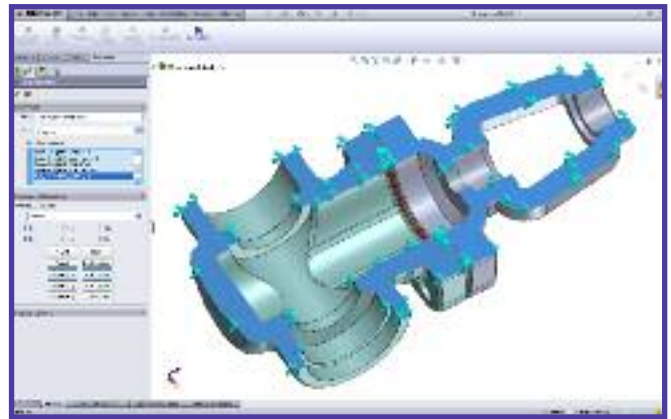


Figura 5: Vincolo di simmetria.

mente della guarnizione ma eventualmente anche di altri componenti) già citata si aggiunge infatti la necessità di considerare il contatto tra le due flange garantito dal serraggio dei bulloni e, soprattutto, il contatto della guarnizione con le relative sedi sul corpo valvola e sul coperchio. In questo ultimo caso in particolare, è necessario introdurre una stima del coefficiente di attrito per simulare il contatto in modo accurato.

La modellazione ad elementi finiti

Lo strumento di calcolo utilizzato da LVF è il solutore NEi Nastran v9.2 di NEi Software. Le fasi di pre e post processing sono state eseguite nell'ambiente integrato di NEi Fusion v1.4 che permette di gestire la modellazione geometrica-fem parametrica e associativa avanzata, la preparazione del modello FEM e la visualizzazione dei risultati.

Di seguito sono indicati alcuni dati principali del problema e del modello di analisi:

- Diametro della guarnizione = 72 mm (esterno) 58 mm (interno).
- Materiale della guarnizione = Spirali di grafite e spirali di acciaio inox.
- Modulo elastico della guarnizione = 300 MPa (media per i primi 0.5mm di compressione), 350MPa (media per i primi 0.25mm di compressione).
- Coefficiente di Poisson della guarnizione = 0.35.
- Materiale della valvola = proprietà mecca-

niche dell'acciaio generico.

- Modello FEM = 123045 elementi parabolici.

Per quanto riguarda l'interazione tra le varie parti, sono state utilizzate formulazioni di contatto superficiale diverse tra le varie zone.

- A) Guarnizione- Corpo Valvola = contatto di scorrimento (slide) con attrito 0.5.
- B) Guarnizione - Coperchio = contatto di scorrimento (slide) con attrito 0.5.
- C) Corpo Valvola - Coperchio = contatto generico (attrito trascurabile).

Al fine di calibrare il modello, sono state svolte inizialmente delle prove su modelli molto semplificati con contatti generici invece dei contatti di scorrimento ma la cedevolezza della guarnizione, precompressa per circa 1 mm, rende impossibili distacchi tra la guarnizione le altre parti.

Il modello è stato vincolato ipotizzando la valvola montata all'interno di un circuito, fissata tramite le flange laterali del corpo valvola e introducendo un vincolo di simmetria per ridurre il numero di elementi necessario, semplificazione lecita in quanto il piano di simmetria è lo stesso sia per i modelli geometrici che per i carichi. I carichi applicati sono di tre tipi.

Pressione interna. La valvola analizzata appartiene alla classe 800 secondo la designazione ANSI. Per questa classe di valvole, la pressione operativa massima è di 137 bar a 37°C. La pressione massima che la valvola

deve sostenere nei test è 1,5 volte la pressione di esercizio, quindi 205,5 bar: questo valore è stato applicato alle superfici interne.

Tensione dei bulloni. In condizioni di esercizio, il carico dei bulloni dipende dal precarico iniziale, dalla pressione interna e dalla rigidità degli elementi elastici in gioco. Il precarico iniziale viene calcolato attraverso la normativa ASME "Boiler and Pressure Vessel Code Division 1, Section VIII, Appendix 2":

$$M = (W - A2P) / A1P$$

Dove:

M = "Maintenance Factor" pari a 3.5 per questo tipo di guarnizione.

W = Precarico dei bulloni (totale) espresso in N.

A2 = Area interna alla guarnizione in mm².

P = Pressione di prova in MPa.

A1 = Area della guarnizione in mm².

Dalla stessa normativa si ricava il contributo di ogni bullone in condizioni di esercizio:

$$N = W + P [K_{\text{bulloni}} / (K_{\text{bulloni}} + K_{\text{guarnizione}})]$$

che vale circa 60KN per ogni bullone.

Carico di compressione della baderna. Il carico necessario a comprimere la baderna è una forza interna del valore di 5000 N per ogni bullone M10.

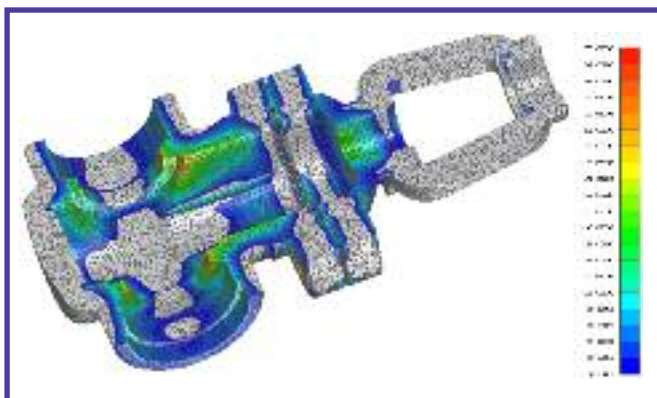


Figura 6: Stress di VonMises [N/mm²].

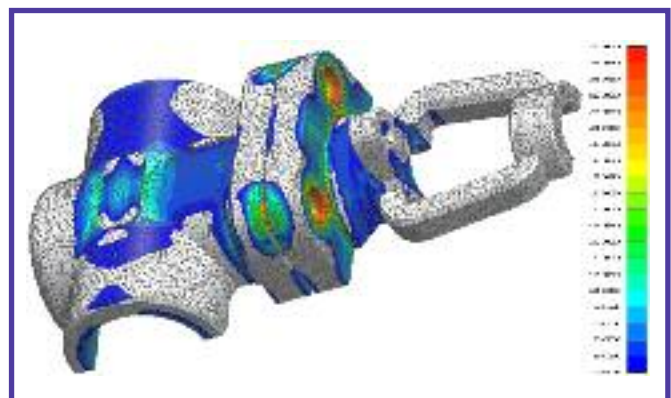


Figura 7: Stress di VonMises [N/mm²].

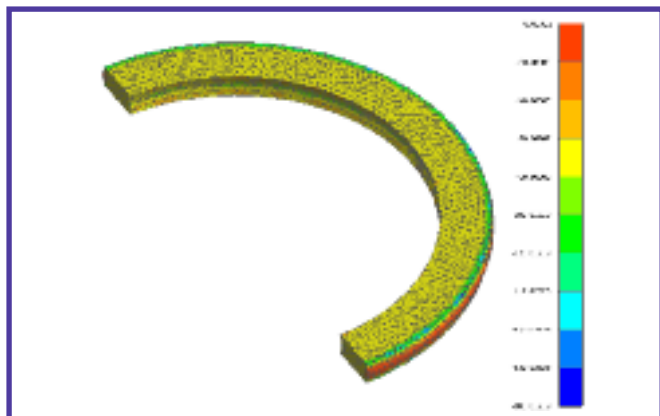


Figura 8: Stress di compressione sulla guarnizione [N/mm²]

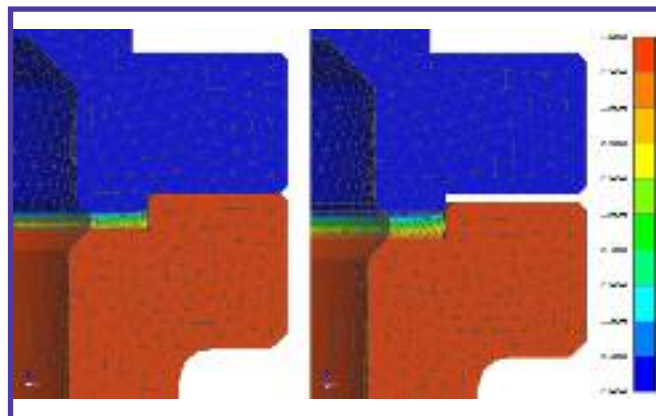


Figura 9: Deformazione della guarnizione [mm].



Figura 10: Confronto tra solutori.

Risultati della verifica

L'analisi strutturale condotta con NEi Fusion ha consentito contemporaneamente la verifica dello stato di sollecitazione delle parti della valvola, che risulta inferiore al valore ammissibile prescritto dalla normativa, e la verifica della tenuta della guarnizione, che risulta in compressione anche dopo l'applicazione dei carichi di collaudo.

I risultati dell'analisi strutturale sono riportati nelle figura 6, 7, 8 e 9.

Prestazioni di calcolo del solutore

In parallelo allo svolgimento dell'analisi strutturale, sono stati sperimentati i diversi algoritmi per la soluzione numerica delle equazioni offerti da NEi Nastran in modo da sfruttare le possibilità offerte dalla piattaforma hardware utilizzata (processore Intel Quad Core, RAM 8 GB con sistema operativo Windows XP x64) e individuare la strategia più efficiente.

I tempi di calcolo sono indicati in figura 10.

NEi Software, precedentemente nota col nome di Noran Engineering Inc., è una società californiana che sviluppa strumenti di analisi strutturale.

Il prodotto di punta di NEi Software è il software NEi Nastran, un solutore ad elementi finiti ad alte prestazioni largamente utilizzato in tutto il mondo.

NEi Nastran costituisce uno dei componenti del pacchetto NEi Fusion, un ambiente di modellazione FEM parametrica intuitivo e pensato per il progettista.

LVF, azienda fondata nel 1984, è un produttore di valvole ad alta qualità in acciaio forgiato per il settore chimico, petrolchimico, energetico, navale, per applicazioni in cui vengano trattati olio, gas e agenti chimici, riconosciuto a livello mondiale. L'azienda è gestita in conformità con le specifiche ISO 9001-2000 ed è certificata secondo la normativa Pressure Equipment Directive 97/23/CE (PED).
<http://www.lvf.it/>

