

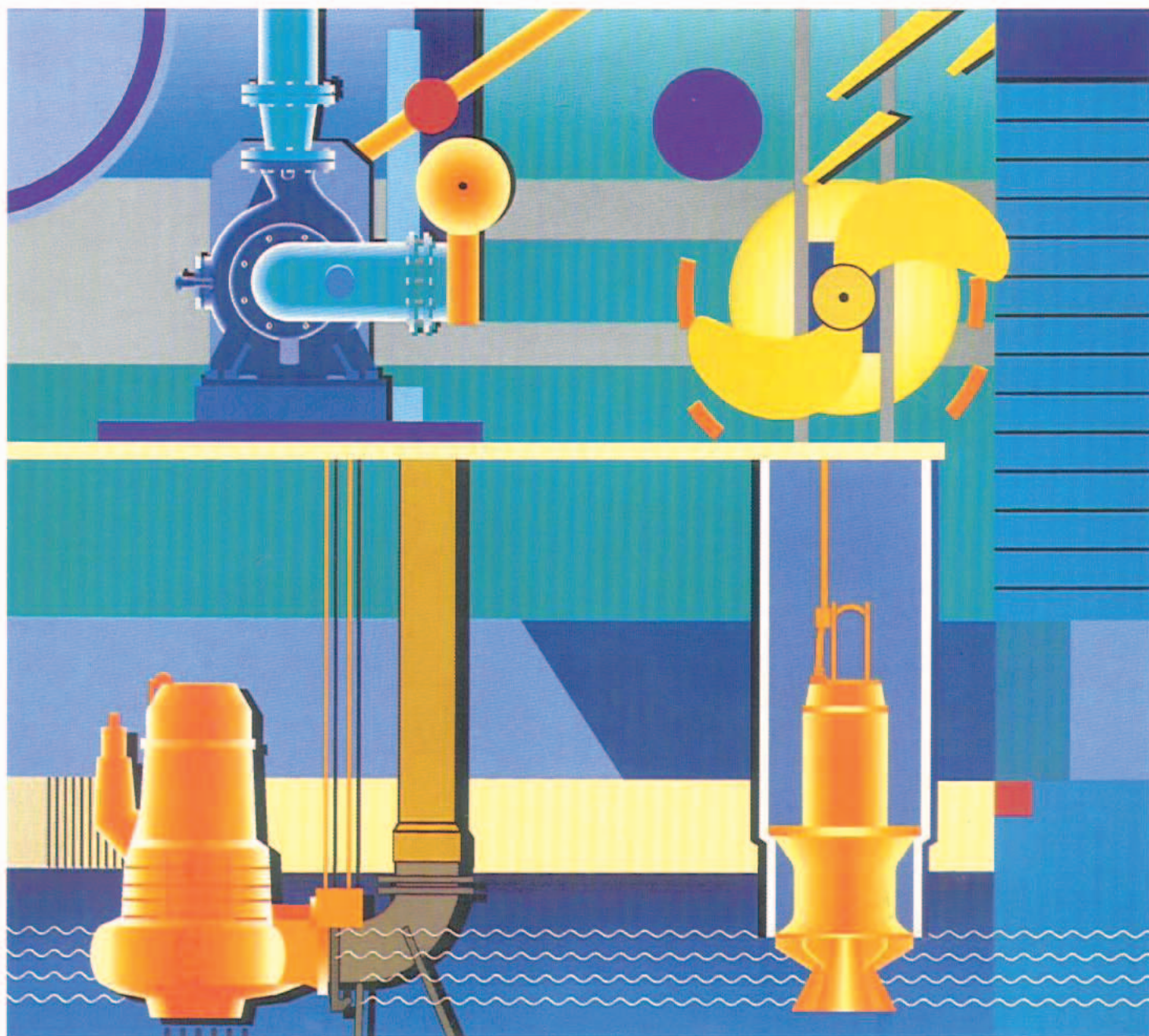
L'installatore ^{EUROPEO}

MENSILE DI INFORMAZIONI TECNICHE ED AGGIORNAMENTI NORMATIVI PER INSTALLATORI E PROGETTISTI DI IMPIANTI TECNOLOGICI E IDROTERMOSANITARI

Spedizione in abb. post. - 45% - art. 2 comma 20/b legge 662/96 - Filiale di Milano
In caso di mancato recapito restituire al mittente che si impegna a pagare la relativa tassa



Anno 16 - N. 10 - OTTOBRE 2002





La valvola a sfera si rinnova

di Raffaele Angelini e Roberto Fant

Ebbene si cedo, cediamo, alla tentazione; breve sproloquio sulle valvole, da parte di qualcuno che ha passato la vita occupandosi di questi congegni: divagazione strettamente riservata ai colleghi più o meno "malcapitati" che redigono specifiche, fanno funzionare impianti, tagliano trucioli, avvitano bulloni, sempre dietro alle valvole, automatiche, manuali, motorizzate, di sicurezza, ritengono, sfiore, eccetera.

Si tratta di apparecchiature, diciamo così, con una storia trascorsa, e con un futuro illimitato: le valvole dell'antica Roma, sicuramente neanche le prime nel tempo, hanno magari duemila anni, e funzionano ancora*, più longeve del "piping" dove erano state montate, mentre per gli impianti a venire non si vede proprio che cosa potrà sostituire questo tipo di apparecchi, almeno per un tempo oggi stimabile. Qualche volta sono anche drammatiche: noi delle valvole ricordiamo tutti più di un salvataggio operato con apparecchiature che per fortuna hanno funzionato, e purtroppo abbiamo ancora nella memoria qualche disastro effettivamente dovuto, o dalla stampa attribuito, alla perdita, al blocco, o magari alla mancanza, di una valvola.

* "Tubi e valvole dell'antica Roma", *Petrolieri d'Italia editore, 1972*

La costruzione delle valvole si basa oggi su teorie provate e dati sperimentali diffusi, ma come per ogni apparecchiatura primaria di processo, la funzione pretesa oltrepassa talvolta le possibilità dello stato dell'arte, e si pongono problemi di ardua soluzione. Crediamo di non sbagliare affermando che il problema più frequente e insidioso dipende da un fatto lapalissiano, e cioè che la valvola funziona o aperta o chiusa, e che quando deve chiudere dopo essere stata aperta, perde in linea, mentre quando deve aprire dopo essere stata

chiusa, perde verso l'esterno. Questo, naturalmente in condizioni di processo abbastanza impegnative, condizioni che si verificano su una ristretta percentuale della quantità di pezzi installati, ma con frequenza notevole rispetto ai diversi tipi di impiego, che poi sono le alte pressioni differenziali, le alte o basse temperature, i fluidi difficili da trattare.

Le valvole a sfera, per capacità di portata e facilità di manovra, sono ideali su un vasto campo di applicazioni, ma sono tagliate fuori da una restante gamma di

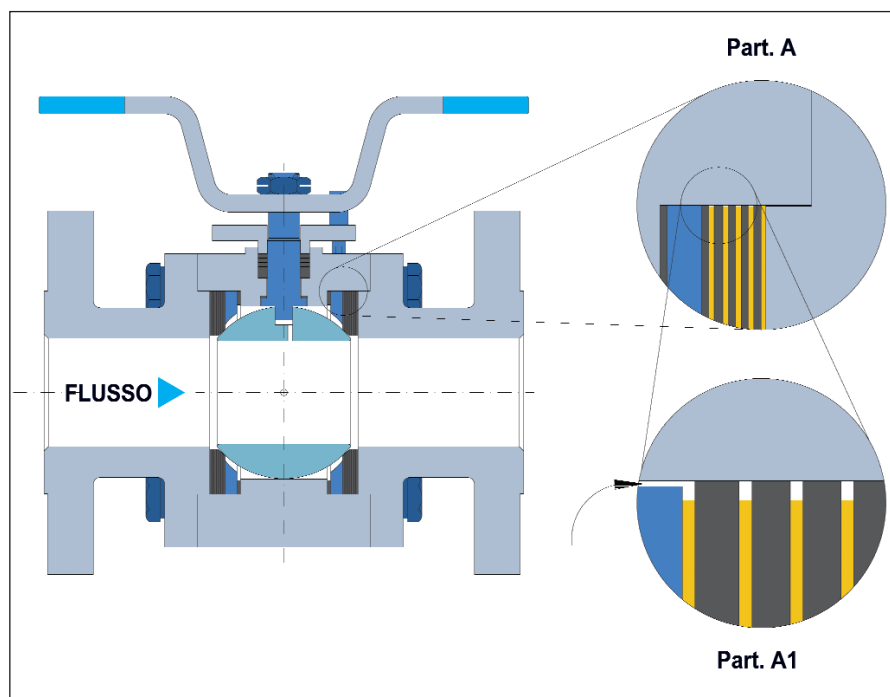


Fig. 1

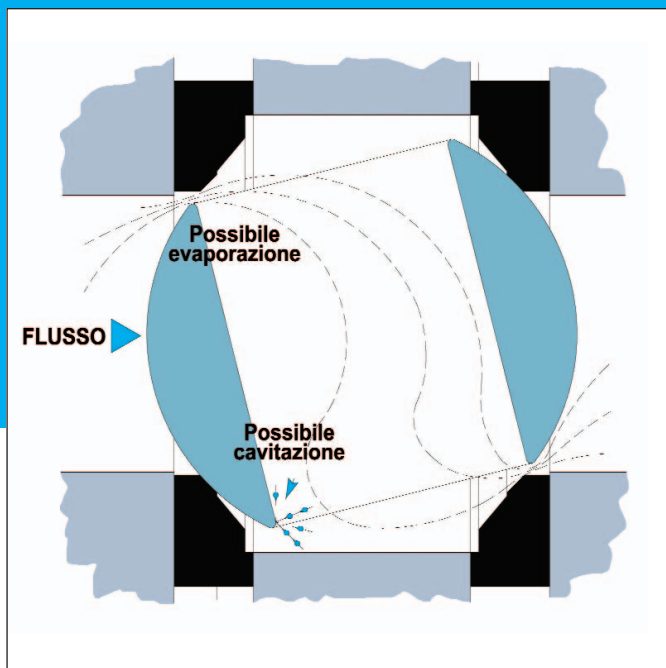


Fig. 2

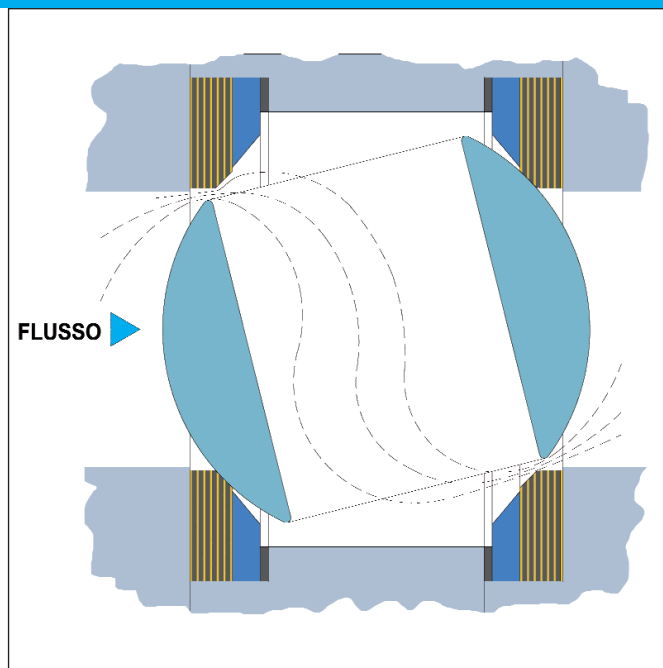


Fig. 3

impieghi, possibili dal punto di vista della funzionalità teorica, e tuttavia esclusi per la mancanza di sicurezza: si tratta appunto di quelle pressioni, contenute sì, all'interno del rating di costruzione, però tali da produrre erosione nella tenuta, se operanti come pressione differenziale in apertura, e/o di quelle temperature che possono deteriorare le guarnizioni di sede in una o più condizioni di funzionamento. Se ci fosse una valvola a sfera capace di affrontare queste condizioni, e quindi *a fortiori* adatta per il resto dell'installazione, si potrebbe aumentare l'omogeneità delle apparecchiature montate, con evidenti vantaggi costruttivi e gestionali dell'impianto. D'altra parte noi, sempre "quelli delle valvole", in certi processi poco mansueti diffidiamo all'idea che si possa imbrigliare un fluido minaccioso, o liberare un flusso scatenato, semplicemente rotando di novanta gradi un perno, e preferiamo i molteplici giri di un volantino o di un motore.

Perché in una valvola a sfera la manovra, e la variazione della distribuzione della pressione, impegnano direttamente le guar-

nizioni di contenimento, e perché aprendo e chiudendo, è probabile l'erosione delle sedi, e perché allora non c'è più niente da serrare, stringere, forzare con lo strangolino: la valvola a sfera o tiene, o non tiene.

Dunque, per superare questa diffidenza ci vuole una valvola sicura, con una tenuta in linea e verso l'esterno sempre perfetta, sia dopo lunghi periodi nello stesso stato di apertura o chiusura, sia dopo numerosi cicli di azionamento, sia a caldo, sia a freddo, e soprattutto dopo aver funzionato parzialmente chiusa, con pressioni differenziali dell'ordine della pressione a monte. (Alcune o tutte queste condizioni si verificano con vari fluidi nelle produzioni a ciclo, come nel caso dell'acqua evaporante, nell'industria alimentare, in particolare casearia, e quello dell'acqua satura più vapore, nell'industria della gomma).

Se il problema sta nelle guarnizioni e nelle sedi, qui sta anche la soluzione.

Ultimamente, ormai da qualche anno, si è sviluppata una tecnologia che ha dato ottimi risultati anche in altre applicazioni con problemi simili a quello che si è

visto, in particolare altri tipi di valvole, ma non solo.

Si tratta delle guarnizioni a strati alterni di grafite espansa (ed elasticamente precompressa) e metallo, di cui abbiamo illustrato aspetti teorici e funzionali in altri scritti precedenti, e che riprenderemo sommariamente per quanto specificamente riguarda il caso presente.

Nella valvola che intendiamo descrivere (nominiamola anglossassone, secondo l'uso corrente: *HTB, High Temperature Ball valve*), la tecnologia in questione è applicata con una specie di astuzia topologica:

l'apparecchiatura si presenta come una normale valvola a sfera in tre pezzi, ma incorpora una innovazione duplice, che intanto comincia col ridurre da due a uno i particolari costruttivi determinanti (sede e guarnizione diventano lo stesso unico pezzo), mentre il secondo aspetto innovativo è naturalmente la sede a strati alterni di grafite espansa precompressa e acciaio inossidabile (Figura 1, Particolare A).

Sbrighiamo subito il versante più prevedibile della nostra analisi, e cioè la tenuta verso l'ester-

VALVOLE A SFERA

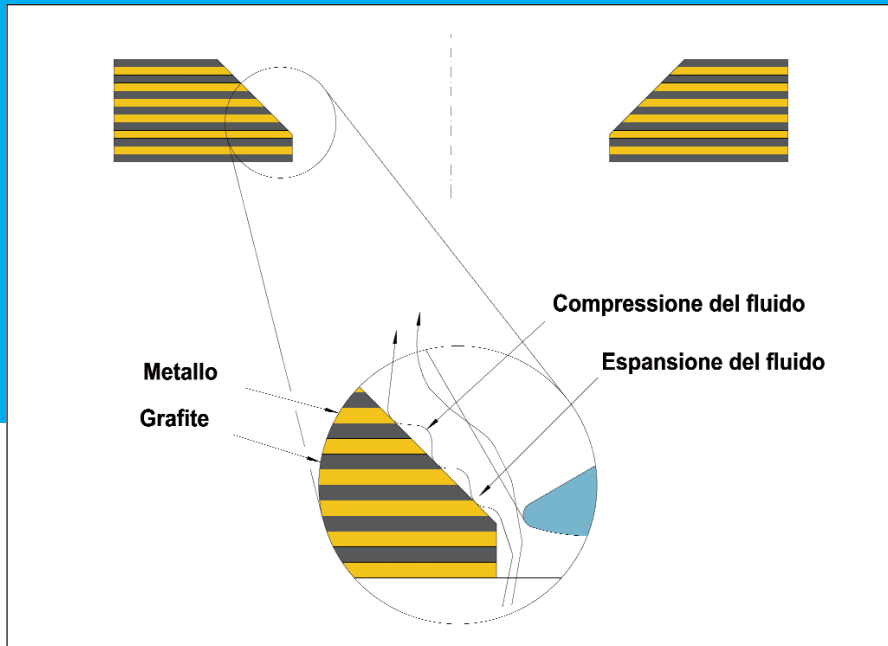


Fig. 4

no. Questa è operata sulla parete cilindrica interna del corpo valvola, dalla sporgenza micrometrica della grafite rispetto agli anelli metallici (Figura 1, Particolare A.1). La resistenza meccanica a taglio di questa parte della grafite, corrispondente all'unica sollecitazione originata dalla pressione del fluido, è maggiore della sollecitazione stessa per fattori dell'ordine della decina e più (esistono numerose trattazioni dell'argomento, per esempio il già citato "dimensionamento ecc." sul numero di giugno della presente rivista), le tolleranze di lavorazione normalmente raggiunte, sempre assai più fini dell'elasticità della grafite, permettono un'aderenza costante lungo tutto il cerchio di contatto dell'anello verso il corpo valvola; e infine le parti di connessione alla tubazione (flange o altri tipi di attacchi) non appoggiano sulla guarnizione, bensì direttamente sul corpo: l'adesione della guarnizione al corpo, e dunque la tenuta verso l'esterno, è indipendente dalle sollecitazioni di manovra, dalla sollecitazioni provenienti dalle tubazioni, e in pratica dalle variazioni della temperatura e della pressione. Ora, que-

st'aspetto non è esclusivo, tuttavia è determinante per quel livello di sicurezza della cui necessità prima si è detto.

Inoltre, questo stesso particolare costruttivo è anche la sede valvola che deve assicurare la tenuta in linea, e qui vale la pena di fare qualche considerazione. Riferendoci alle figure 2 e 3, ci occupiamo soltanto della condizione di funzionamento più critica in tutte le valvole e particolarmente nelle valvole a sfera: inizio dell'apertura o termine della chiusura (apertura fortemente parzializzata, condizioni di laminazione). Consideriamo i filetti fluidi scorrenti nell'"unghia" di passaggio fra la sede e la bocca della sfera, il loro proseguire all'interno della valvola, e l'uscita attraverso la seconda "unghia":

Abbiamo pressappoco un andamento di questo genere:

- leggera compressione prima dell'ingresso,
- aumento della velocità e riduzione della pressione in corrispondenza dell'ingresso nell'otturatore cavo,
- poi, contemporaneamente, brusco aumento tendenziale della pressione con diminuzione tendenziale della velocità,

- e immediatamente la situazione inversa, di aumento della velocità e diminuzione della pressione in corrispondenza dell'uscita dall'otturatore cavo.

Naturalmente questo vale per l'andamento medio del flusso, ma diverso e importante è quanto avviene dei filetti fluidi periferici a contatto via via con i bordi degli strati della sede (figura 4). Gli strati alternati di metallo e grafite impongono al fluido, localmente, una serie di compressioni ed espansioni, con la formazione di un velo fluido quasi fermo, come abbiamo visto descrivendo la stessa tecnologia applicata ad altre apparecchiature. Ma qui il fenomeno è particolarmente accentuato: dato l'andamento crescente delle aree delle sezioni di passaggio offerte ai filetti fluidi all'ingresso nella sfera (e rispettivamente in diminuzione all'interno della sfera verso l'uscita), gli aumenti locali di pressione del fluido in contatto con gli strati di grafite, che si succedono alle espansioni, recuperano localmente e parzialmente la situazione velocità-pressione dello "stadio" precedente. Quindi, per quanto riguarda l'insieme dei filetti fluidi a contatto con l'anello di sede, tutto si svolge come in una valvola riduttrice di pressione a salti multipli, dove ogni strato di grafite sopporta soltanto una quota della pressione differenziale.

Ora, poiché è in questione un aspetto centrale di questa tecnologia, è il caso di analizzare il percorso fluido interno con qualche ulteriore dettaglio.

Trattandosi di erosione, tenuta, possibilità di cavitazione, le considerazioni che seguono riguardano in particolare i liquidi, che possono comportare le condizioni di funzionamento più impegnative sotto questi aspetti (gas e vapori presentano maggiori problemi dal punto di vista della regolazione di portata, che non è per ora in discussione). Consideriamo inoltre un grado

Esempi di curve tipiche Pressione - Coppia di manovra - Temperatura per valvole BONT® HTB

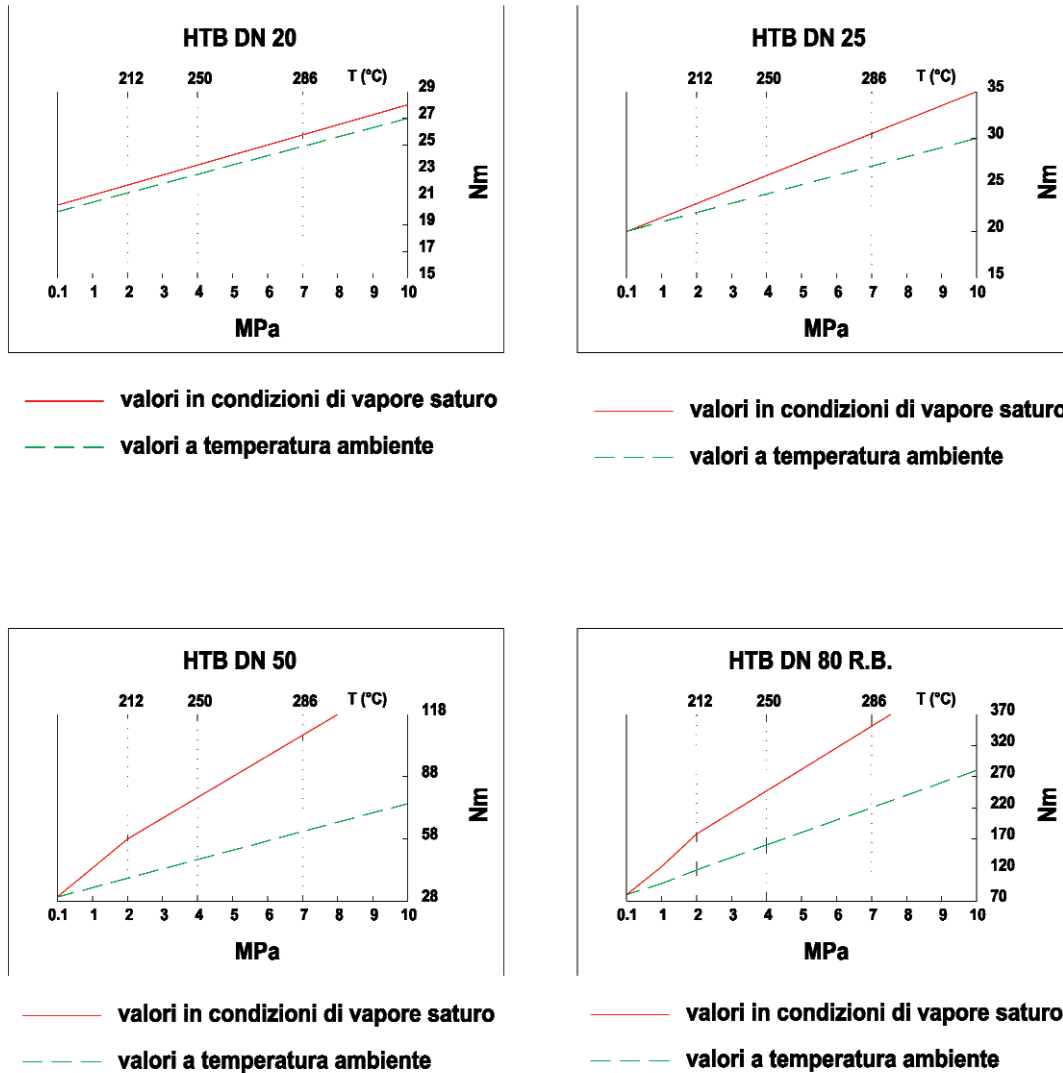


Fig. 6

sezioni fluide in corrispondenza ai bordi metallici e in assenza dei recuperi locali dovuti alla deformazione della grafite sarà: (1)

$$P_i = \frac{P_1 \cdot (R + f \cdot i \cdot z)^2}{R^2} \cong \frac{P_1 \cdot (R + 2 \cdot f \cdot i \cdot z)}{R}$$

Valutiamo ora il grado di espansione locale del 'tubo' fluido. Dall'equazione di continuità, con l'approssimazione sopra esposta di espansione soltanto "radiale", chiamando w_i la velocità "all'uscita" dello strato

metallico e ω_i la velocità in corrispondenza dello strato (deformato) di grafite, si ha:

$$\omega_i = w_i \cdot \left(\frac{R_i}{R_i + \varepsilon} \right) \cong w_i \frac{R_i - \varepsilon}{R_i}$$

$$\omega_i^2 = w_i^2 - 2w_i^2 \varepsilon / R_i + w_i^2 \varepsilon^2 / R_i^2$$

cioè, trascurando il termine col quadrato di,

$$\frac{\varepsilon}{R_i}$$

$$w_i^2 - \omega_i^2 = 2\omega_i^2 \varepsilon / R_i$$

per il teorema di Bernoulli (conservativamente, trascurando le perdite)

$$p_i + \omega_i^2 \cdot \rho / 2 = P_i + \omega^2 \cdot \rho / 2$$

dove

- è p_i la pressione nella zona di deformazione della grafite e
- è ρ la densità del fluido

il recupero di pressione nell'espansione è quindi:

$$p_i = P_i + w_i^2 \cdot \varepsilon \cdot \rho / R_i \quad (2)$$

Essendo molto piccola l'area della strozzatura, consideriamo nulla la velocità nel tubo e indichiamo la relazione fra la velocità w del fluido all'ingresso nella sfera e la pressione a monte P con

$$w_i^2 = \frac{P_0 - P_1}{\rho \cdot \zeta}$$

dove

ζ è un coefficiente maggiore di 1, caratteristico del tratto di condotto, che tiene conto della perdita di carico prevista dal teorema di Bernoulli.

Lungo il triangoloide, la velocità sarà data da
dalla (1), (2) e (3) ricaviamo:

$$w_i^2 = \frac{P_0 - P_1}{\rho \cdot \zeta (1 + f \cdot i \cdot z)} \quad (3)$$

da cui si vede che

$$p_i = P_i \frac{R + 2 \cdot f \cdot i \cdot z}{R} \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon (P_0 - P_1)}{\rho \cdot R} \right]$$

- il recupero di pressione, nella zona che ci interessa all'interno della sfera, non è semplicemente proporzionale al quadrato dell'area di passaggio offerta al fluido

$$\left(\text{fattore } \frac{R + 2 \cdot f \cdot i \cdot z}{R} \right),$$

dopo il passaggio nel punto più stretto dove la parte della pressione a monte ($P_0 - P_1$) si trasforma in energia cinetica, ma dipende da un ulteriore fattore maggiore di 1, cioè

$$\left[1 + \frac{\varepsilon (P_0 - P_1)}{\rho \cdot R} \right],$$

determinato dal valore della deformazione negli strati di grafite, valore maggiormente significativo in prossimità

della luce d'ingresso, proprio dove e quando la luce stessa ha dimensione dell'ordine di grandezza della deformazione, e proprio quando $P_0 - P_1$ più tende a crescere al diminuire dell'apertura

- la velocità nei pressi degli strati metallici diminuisce riducendo sostanzialmente l'erosione della sede

Nel passaggio successivo in prossimità della luce di uscita, sempre in accordo al principio di Bernoulli, si produce un graduale aumento di velocità connesso con la graduale diminuzione della pressione al diminuire dell'area di passaggio. La gradualità tanto della diminuzione della pressione che dell'aumento della velocità, è dovuta ai parziali recuperi corrispondenti alle espansioni locali presso gli strati di grafite, con un fenomeno del tipo analogo a quello già esaminato, ma con andamento dei valori inverso lungo il percorso: si evita così, sull'orlo di uscita dalla sfera, il formarsi di quell'improvviso elevato abbassamento di pressione e aumento di velocità che si verificherebbe con una sede standard.

Gli andamenti all'ingresso e all'uscita si sommano, il che in particolare significa, se dovessimo immettere gli effettivi valori numerici nella formula ricavata, l'ulteriore dimezzamento della differenza di pressione iniziale ($P_0 - P_1$), quella che determina la velocità d'ingresso e, trattandosi di liquidi, d'uscita.

In sostanza, la pressione che si determina immediatamente all'interno della sfera limita le velocità (e la portata) sulle due 'unghie' di ingresso e d'uscita, nonché lungo gli strati grafite/metallo della parte 'interna' della guarnizione di sede, evitando l'erosione.

Pertanto la pressione differenziale totale attraverso la valvola si suddivide in due gruppi di salti successivi di pressione e ogni

gruppo è costituito da vari salti, lungo le pareti interne delle sedi, in tal maniera riducendo significativamente il fattore di recupero totale.

Tutto questo fa in modo che si produca quel velo fluido lungo gli strati grafite/metallo di cui si è detto, a protezione delle superfici di strozzamento, e spiega la notevole durata delle sedi/guarnizioni nelle valvole HTB, in particolare dopo aver operato a lungo in condizioni di laminazione.

Un altro aspetto da considerare riguarda la coppia di azionamento e le sue variazioni in dipendenza delle condizioni operative, soprattutto della temperatura. In genere i materiali delle sedi consentono coppie di azionamento relativamente basse a certe specifiche temperature, e impongono coppie assai maggiori se operano con altre (generalmente, "alte") temperature, laddove una taratura ottimale, ad esempio su temperature elevate, produrrebbe alte probabilità di perdita nel caso la temperatura si dovesse abbassare. E, ci possiamo scommettere, la temperatura a valvola chiusa si abbasserebbe ... per definizione.

Qui soccorre la stabilità geometrica, chimica e meccanica della grafite, la quale stabilità, permettendo a questa parte morbida di seguire docilmente le deformazioni delle parti metalliche, oltre che assicurare la tenuta nelle varie condizioni, consente delle coppie di azionamento assai poco variabili con la temperatura (vedi figura 6).

Tornando alle condizioni di laminazione, ne ricordiamo una particolarmente severa, e cioè l'apertura parziale e successiva chiusura con fluidi abrasivi, condizione che si verifica tra l'altro in vari impianti di sfruttamento geotermico, di trattamento del gesso, caolino e simili.

Infine, le incrostazioni nelle sedi, un fenomeno che può "anticipare" l'erosione, nel senso che può rendere inutilizzabile la val-

VALVOLE A SFERA

vola anche prima che l'erosione si produca.

Come tutte le valvole a sfera, in fase di chiusura, la valvola HTB offre il vantaggio, rispetto alla sede metallica, della "spazzolatura" dell'otturatore, ma anche sotto quest'aspetto rileviamo che si tratta di una spazzolatura particolarmente efficace, sempre grazie all'alternanza degli anelli di grafite e metallici.

A questo proposito si ha notizia di impieghi, prolungati nel tempo, su vapore di origine geotermica. Il vapore endogeno trattato trascina un rilevante tasso di

borace (peraltro uno dei prodotti risultanti dalla coltivazione del giacimento stesso), del quale le trasformazioni termodinamiche all'interno delle valvole tendono a produrre depositi solidi, particolarmente concentrati sugli organi di chiusura, con conseguente malfunzionamento. Fino all'introduzione delle valvole HTB, la soluzione era stata quella di sostituire periodicamente (meno di un mese) le apparecchiature coinvolte. Ora è trascorso più di un anno dall'installazione delle HTB senza interventi di manutenzione, e si ha ragio-

ne di credere che le valvole dureranno nel loro funzionamento per un tempo almeno uguale alla durata dell'impianto. (saranno, un domani, le "Valvole della Nuova Etruria"?).

Nota: In generale nel testo non si fa riferimento a particolari valori costruttivi, tuttavia la simbologia e le formulazioni sono in accordo al sistema di unità di misure SI.

