

Studio dei “meccanismi di danno” indotti a seguito della manutenzione degli Air Fin con piastre a fori filettati e tappi Un tappo studiato per prevenirli

A. Falla *, F. Boella **, A. De Palma **, R. Acerboni **, P. Morucchio **,

* Vettoresina Engineering Development S.r.L. Priolo (SR)

** INAIL ex ISPEL Dipartimento di Venezia

1. Oggetto dello studio

Il presente studio, si basa sull'osservazione di apparecchiature Air Fin con piastre a fori filettati installate in impianti chimici e petrolchimici presenti in ambito nazionale, ed esamina alcuni tipi di danni verificatesi durante le operazioni di manutenzione.

Dallo studio effettuato risulta che solo raramente il danno interessa il tappo filettato senza interessare la filettatura del foro, il cui ripristino a condizioni normali di funzionalità comporta necessariamente un intervento a tecniche estreme che possono compromettere talvolta la corretta manutenzione dell'apparecchiatura o parte di essa.

E' in fase di studio una soluzione per prevenire tali accadimenti con l'utilizzo di una nuova tipologia di tappo utilizzando diverse tecniche di serraggio ed eventuale sigillatura.

2. Standard applicabili e tipologie di apparecchi

Lo standard internazionale maggiormente impiegato per il progetto, la costruzione ed il collaudo degli Air Fin è l'API Standard 661, "Air Cooled Heat Exchangers for General Refinery Service"[1].

Nell'API 661, per quanto riguarda la progettazione, al capitolo 7, vengono date delle indicazioni per la costruzione di apparecchiature destinate a durare nel tempo e ad essere regolarmente mantenute. È importante evidenziare che le manutenzioni in opera non possono essere paragonate alle manutenzioni in officina; in termini sia di tempi di intervento sia di condizioni operative in impianto.

Nell'API 661 si distinguono fondamentalmente tre tipologie di Air Fin:

1. Con coperchi piani smontabili dalle testate (Removable cover-plate header);
2. Con testate smontabili (Removable bonnet header);
3. Con piastre a fori e tappi filettati (with plug headers).

Tutte e tre le tipologie consentono l'ispezione, la pulizia e la manutenzione dei tubi scambiatori. Per pressioni di progetto superiori a trenta bar lo standard obbliga di ricorrere all'Air Fin con testate con piastra a fori e tappi filettati. L'apparecchiatura con tappi filettati, a parità di ogni altra condizione, materiali e superficie di scambio, risulta certamente più costosa ma, dal punto di vista di eventuali perdite di prodotto è certamente più affidabile. Infatti, per quanto in un'apparecchiatura vi potranno essere perdite da più tappi, le quantità di prodotto emesse saranno comunque limitate e mai potranno raggiungere l'entità di una perdita che si ha nel caso di testate con coperchi piani o testate smontabili. Inoltre l'apparecchiatura a tappi è più idonea a sopportare fermi e avviamenti senza che da essi si manifestino perdite, mentre i coperchi piani soffrono tali situazioni.

Pertanto, sono parecchi gli utilizzatori che preferiscono installare Air Fin a tappi, anche se la pressione di progetto è ampiamente al di sotto del limite fissato dallo standard API 661. Lo standard prevede fondamentalmente testate ottenute dalla composizione di pareti piane e, per esse fissa, in base a due classificazioni di materiali, gli spessori minimi da

adottare indipendentemente da ogni altra condizione, ma non esclude, in particolare per pressioni elevate, di ricorrere ad alternative alle testate con tappi, evidenziando che le filettature sono suscettibili di deterioramento e possibili fratture.

3. L'apparecchiatura a tappi

Per quanto fino ad adesso illustrato appare chiaro che l'utilizzo di Air Fin con piastre a fori e tappi filettati, risulta preferibile avendo come unico punto debole il foro spia con il tappo filettato.

La tenuta tra il tappo e la piastra a fori è assicurata con una guarnizione metallica; sono ricorrenti guarnizioni di ferro dolce per tappi di acciaio al carbonio, guarnizioni in AISI serie 300 per tappi anch'essi in AISI serie 300, in basso legato per tappi anch'essi in basso legato, etc. etc. Alle guarnizioni sono richiesti valori di durezza bassi e non sempre raggiungibili. Gli standard prevedono che le superfici delle guarnizioni siano lavorate per asportazione di truciolo ma spesso così non è e si ricorre invece a guarnizioni ottenute per tranciatura da lamiera. La tenuta metallo-metallo, non è tra le più semplici da ottenere e le condizioni operative in impianto non sono e non possono essere quelle di un'officina, ciononostante bisogna raggiungere gli obiettivi prefissati, ovvero

- Nessuna perdita dai tappi;
- Rispetto dei tempi di intervento programmati.

Per il raggiungimento di entrambi i suddetti obiettivi solitamente si agisce sui principali parametri e comunque su quelli più significativi:

- Applicazione al tappo di coppie di serraggio alte;
- Uso di attrezzature veloci.

Su una grande popolazione di tappi, diverse centinaia, è convinzione diffusa, confermata dall'esperienza, che all'aumentare delle coppie di serraggio diminuisca il numero dei tappi che non fa tenuta.

Per il montaggio del tappo si ricorre, ad avvitatori pneumatici a impulsi, che velocemente portano il tappo in battuta e lo serrano con forze impulsive per nulla controllabili e comunque sempre eccessive.

Dopo il montaggio dei tappi si esegue una prova idraulica a pressione. Se qualche tappo non fa tenuta, si tenta di eliminare la perdita serrandolo ulteriormente oppure cambiando la guarnizione o entrambi e nel caso estremo, purtroppo ricorrente, si ricorre alla saldatura di sigillo della testa del tappo alla piastra a fori. Da tutto ciò, si intuisce che la tenuta ottenuta non è il risultato di una serie di azioni eseguite nel rispetto della buona tecnica ma solo un risultato "instabile" che al variare di parametri sia pure apparentemente poco influenti manifesterà tutta la sua debolezza in futuro. Infatti, si assisterà all'insorgere di altre perdite durante l'esercizio, che purtroppo non potranno più essere eliminate se non dopo il fermo dell'apparecchiatura per la successiva manutenzione e nel momento in cui si smonteranno i tappi, alcuni di essi saranno grippati ed a qualcuno si trincerà la testa per eccessiva torsione, altri invece avranno danneggiato la filettatura del foro, molte sedi di tenuta della guarnizione sulla piastra a fori risulteranno danneggiate. Tale situazione risulta difficile da gestire dal punto di vista tecnico, normativo e temporale.

Lo scenario sopra esposto diventa più probabile e più penalizzante quando si passa da tappi e piastre a fori di acciaio al carbonio ad acciaio inossidabile austenitico e ancor di più verso leghe ad alto contenuto di nichel. Nella pratica i fenomeni di grippaggio sono più probabili sui materiali ad alto allungamento.

4. Danni causati sui fori spia dall'utilizzo di tappi normali

Si analizzano di seguito le azioni conseguenti al danno arrecato sui fori spia di un Air Fin a tappi e il modo in cui il danno viene riparato:

4.1. Danneggiamento della sede della guarnizione

Per danneggiamento della sede della guarnizione s'intende la mancanza della finitura superficiale prevista, della perpendicolarità con l'asse del foro e della concentricità, richiesta tale da non garantire la perfetta tenuta del tappo.

Per eliminare il danno sarà necessario ripristinare lo stato della superficie di tenuta sul foro impiegando lamatrici portatili azionate con aria compressa, solitamente prodotta con motocompressore, con tutti i disagi conseguenti a portarla in quota; gli Air Fin sono sempre installati nella parte più alta dell'impianto.



La lamatura comporta l'aumento della profondità della tasca della sede di tenuta guarnizione sul foro spia. È un'operazione da condurre con molta attenzione in quanto è importante che la superficie ottenuta sia perpendicolare all'asse del foro e concentrica con il foro stesso; la tolleranza di perpendicolarità richiesta è centesimale.

4.2. Danneggiamento della filettatura

Per danneggiamento della filettatura s'intende la modifica delle caratteristiche geometriche del filetto della madrevite consistente nella rottura o strappamenti di uno o più filetti fino alla spanatura completa.

Sarà necessario procedere alla maggiorazione del diametro del foro e ciò non meno di 1/8". Ciò comporta la necessità di alesare il foro danneggiato al diametro del preforo necessario alla maschiatura per il diametro definitivo impiegando trapano e maschiatrici portatili, azionate ad aria compressa. Sono entrambe operazioni da condurre con molta attenzione e richiedono tempi, di intervento abbastanza lunghi. La maggiorazione del foro comporta anche la maggiorazione del diametro della sede della guarnizione.



4.3. Danneggiamento del tappo e sua rimozione

Il danno del tappo consiste nella tranciatura della sua testa causata dall'eccessivo momento torcente richiesto, e non sopportato, per la sua rimozione a causa del grippaggio nel foro.

Sarà necessario rimuovere il tappo rimasto bloccato nel foro a mezzo trapanatura per diametri successivi fino alla estrazione del filetto della vite, rischiando comunque di

danneggiare anche la madre vite e dover ancora procedere alla maggiorazione non meno di 1/8". Solo raramente si riesce a salvare la filettatura esistente anche perché spesso il grippaggio è conseguente al danneggiamento irreversibile avvenuto tra vite e madre vite. Anche in questo caso, si interviene con trapano, maschiatrice, e lamatrice portatili. È chiaro che la distruzione del tappo tranciato e la successiva maggiorazione del diametro del foro e della sede di tenuta della guarnizione richiedono tempi certamente non brevi.



5. Proposta di utilizzo del tappo ASP, Aircooler Special Plug

Il presente lavoro si è prefisso l'obiettivo di studiare possibili soluzioni per ridurre il ricorrente danno sulle piastre a fori a seguito delle normali manutenzioni periodiche.

Quanto studiato consente di:

- Montare il tappo e riuscire ad ottenere la tenuta applicando coppie di serraggio tali per cui, non si verificheranno fenomeni di grippaggio all'atto del successivo smontaggio di esso;
- Impiegare avvitatori a bassa coppia, per l'accostamento del tappo, del tipo continuo e non a impulsi, consentirà di intercettare eventuali difetti ed eliminarli prima della loro propagazione.

Si è studiato e sviluppato un tappo che offre, rispetto ai normali tappi disponibili e impiegati negli Air Fin, una serie di vantaggi tutti di rilevante incidenza nella conservazione dello stato d'integrità dell'apparecchiatura, offrendo, inoltre, la possibilità di non avere perdite di prodotto con una drastica riduzione delle sorgenti di emissione in atmosfera (in una raffineria, di medie dimensioni, si calcola la presenza anche di 80.000 tappi).

Il tappo oggetto del presente studio è stato denominato ASP, acronimo di Aircooler Special Plug, brevetto VED, Vetroresina Engineering Development S.r.L. n°0001390421.

6. Confronti con i sistemi attuali

Le differenze sostanziali, che producono benefici per la conservazione dello stato delle filettature e delle sedi guarnizione sulla piastra a fori, nonché per la manutenzione, nel senso più ampio del termine, qualità e tempi di esecuzione, tra il tappo sviluppato ed i tappi attualmente impiegati vengono evidenziate sulla base di una serie di confronti.

6.1. Testa esagonale

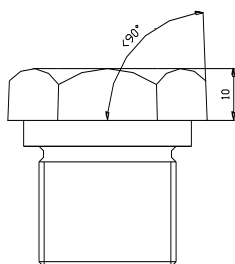
- Il tappo ASP ha la testa esagonale di spessore 14 mm contro solitamente i 10 mm dei tappi normali;
- Le facce piane della testa esagonale sono parallele tra loro, poiché ottenute da barra esagonale o per fresatura da tondo, mentre la testa dei tappi normali è spesso ricavata per stampaggio e tale processo richiede che le facce non siano parallele (appartengono ad un tronco di piramide).

Le suddette caratteristiche consentono un'ottima presa del tappo ASP e non permettono il danneggiamento della testa, cosa che invece può ricorrere su tappi a testa bassa o

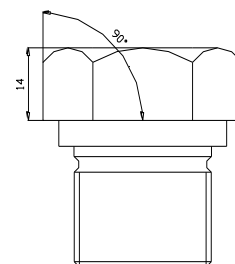
stampata. Qualora si danneggiasse la parte poligonale i tappi non potrebbero più essere rimossi e si dovrebbe procedere alla distruzione di essi a mezzo trapanatura per diametri successivi fino alla estrazione del filetto della vite, rischiando comunque di danneggiare anche la madrevite.



Tappo con testa tonda



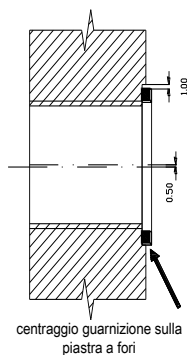
TAPPO NORMALE



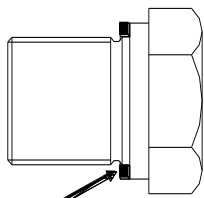
TAPPO ASP

6.2. Centraggio della guarnizione

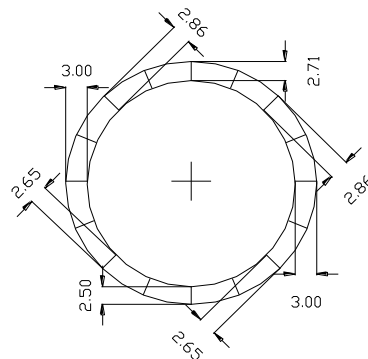
- Il centraggio della guarnizione avviene sul tappo ASP e non sulla sede di tenuta della piastra a fori; in questo modo il gioco massimo è di 0,3 mm contro non meno di 1 mm nel caso di centraggio sulla piastra a fori; questa caratteristica del tappo ASP consente di schiacciare interamente ed uniformemente la guarnizione tra sede di tenuta del tappo e sede di tenuta sulla piastra a fori in quanto il movimento radiale è pressoché nullo. I tappi normali lasciano alla guarnizione la possibilità di muoversi radialmente fino ad adagiarsi al bordo della sede sulla piastra a fori. La riduzione della parte non compressa della guarnizione può arrivare e talvolta superare anche il 20% e se ciò si verifica si può arrivare al collasso per estrusione della guarnizione stessa;



centraggio guarnizione sulla piastra a fori



centraggio guarnizione sul tappo ASP



Variazione fascia compressa su guarnizione con tappo normale



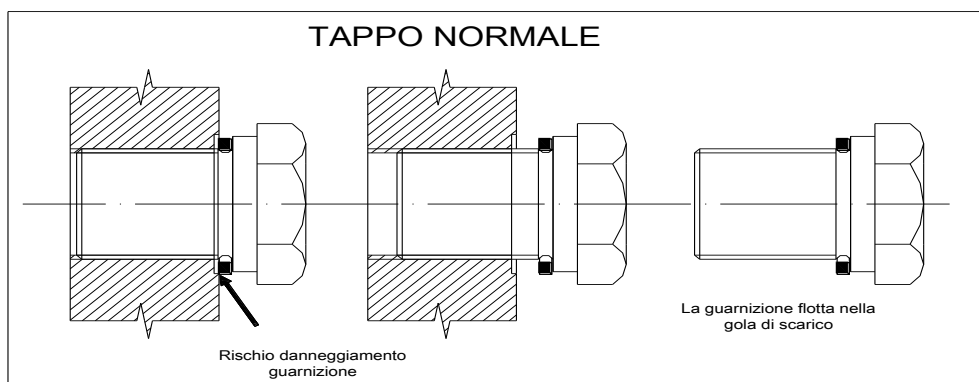
Sono evidenti i segni di eccessivo serraggio e conseguente danneggiamento della guarnizione e della sua sede di tenuta

6.3. Filettatura

- La filettatura del tappo ASP è ottenuta per tornitura, mentre molto spesso la filettatura dei tappi normali è ottenuta per rullatura. Le filettature ottenute per tornitura, con asportazione di truciolo, sono notoriamente più precise di quelle ottenute per rullatura, ma anche meno resistenti. In caso di grippaggio, il tappo ASP ha più probabilità di essere l'elemento sacrificiale in quanto ottenuto per tornitura.

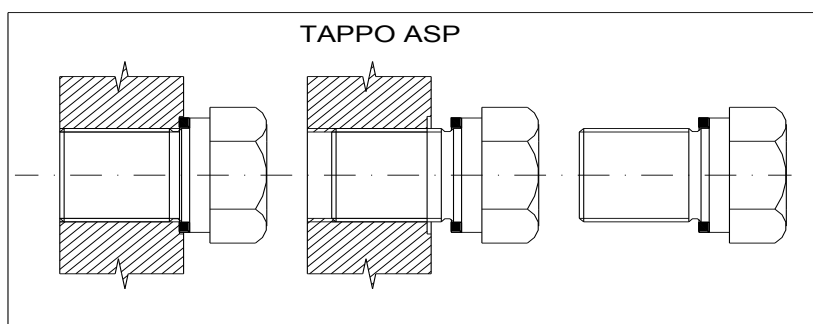
6.4. Controllo all'accostamento

- Con il tappo ASP è agevole controllare che durante l'accostamento non si arrechino danni alla guarnizione; il tipo di centraggio studiato impone che ad accostamento totale del tappo la guarnizione dovrà trovarsi necessariamente in posizione corretta ed in asse con il foro. Con tappi normali, in fase di accostamento, la guarnizione è più esposta ad essere schiacciata tra il risalto della sede della piastra a fori e il tappo stesso;



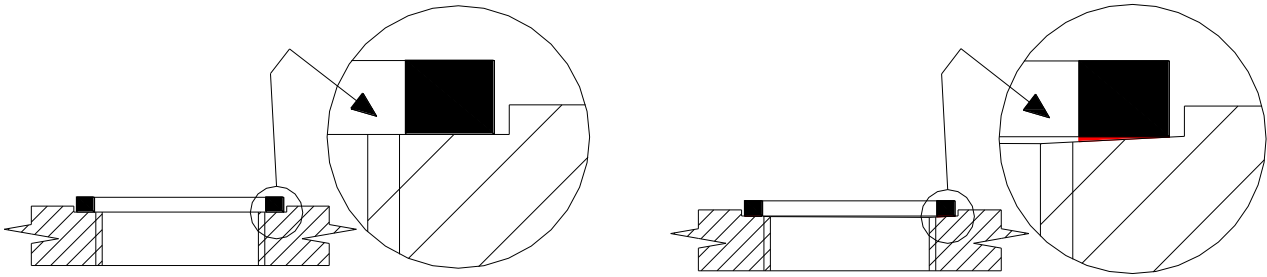
Nei tappi normali lo spessore della guarnizione è di norma compreso tra 1,5 e 2 mm. In tale situazione la guarnizione è libera di fluttare nella gola di scarico ancor più di quanto mostri il disegno, realizzato con guarnizione di spessore 2,5 mm.

- Lo spessore della guarnizione per i tappi ASP sarà almeno 0,5 mm in più rispetto all'altezza dello spallamento del centraggio.



6.5. Serraggio

- Il tappo ASP richiede coppie di serraggio molto più basse dei tappi normali; ciò in quanto il ripetitivo corretto posizionamento/centraggio della guarnizione, fa sì che questa si troverà ad essere posizionata in modo tale che su ogni porzione angolare della sede della guarnizione nella piastra a fori, agirà la medesima pressione. In tal modo la sede della guarnizione verrà sollecitata in modo regolare e corretto e quindi non assumerà più quella forma conica o pseudo tale che si riscontra spesso, in particolare su apparecchiature datate. In pratica il tutto si traduce in una minore usura delle sedi delle guarnizioni.

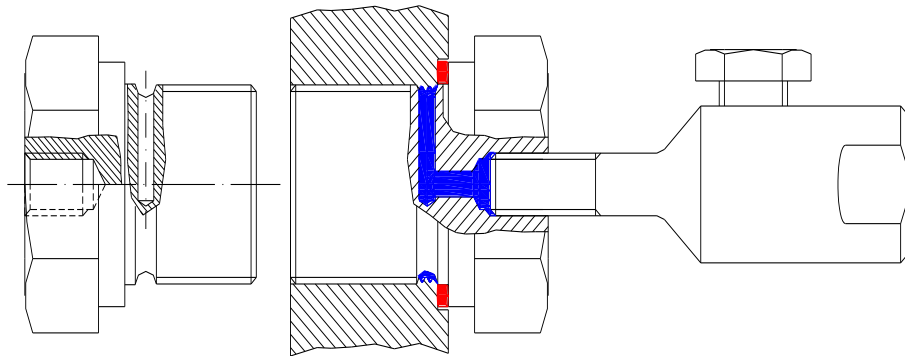


Posizionamento guarnizione con tappo ASP
Il carico tecnicamente centrato manterrà la
superficie di rivoluzione

Effetti di serraggi eccessivi con guarnizioni
mal centrate. La superficie di tenuta sulla
piastra a fori non è più di rivoluzione

6.6. Eliminazione di eventuali perdite

Il tappo ASP consente l'eliminazione della perdita che si dovesse manifestare durante l'esercizio anche con l'apparecchiatura in marcia; nei normali tappi ciò non è possibile se non con sistemi invasivi per l'apparecchiatura, e con poche probabilità di riuscita.



Tappo ASP in sezione non forato

Tappo ASP in sezione, montato su piastra a fori, già
forato ed in fase di iniezione sigillante



Tentativo di eliminazione della perdita applicando un box di contenimento sigillante
ancorato ad altri tappi

7. Applicazioni

I primi tappi ASP sono stati installati nel primo trimestre dell'anno 2008. Ad oggi sono stati installati circa 20.000 tappi ASP di misura compresa tra 1 1/8" e 1 1/2", pochi di misura maggiore; i materiali impiegati per la produzione di essi sono acciaio al carbonio, acciaio inox austenitico, acciaio duplex, acciaio basso-legato e leghe ad alto contenuto di nichel. Il 90% di tali installazioni è stato eseguito in quattro raffinerie distinte. Il 90% dei tappi installati è in acciaio al carbonio, il 7% in lega ad alto contenuto di nichel, mentre il rimanente si distribuisce abbastanza uniformemente tra i restanti materiali. Il 60% dei tappi in acciaio al carbonio è stato installato su apparecchiature datate, dove il numero dei fori spia da cui trafileva fluido era già sensibile, e l'utilizzatore avvertiva la necessità di una buona manutenzione.

Qualche problema è stato rilevato nella installazione su un Air Fin di Alloy 825 (alto nichel) a causa della ridotta profondità delle filettature per un'apparecchiatura che già in prova idraulica andava testata ad oltre 200 bar. Un altro problema di tenuta è stato riscontrato sempre su un Air Fin dello stesso materiale ma a causa di una lamatura mal riuscita.

In entrambi i casi, il problema è stato subito risolto ricorrendo alla tecnica dell'eliminazione perdita già nella fase di prova idraulica; in mancanza di ciò si sarebbe fatto ricorso alla saldatura di sigillo.

Nessun altro problema è stato rilevato nella fase di montaggio e avviamento così come null'altro è stato segnalato durante l'esercizio. L'aver riscontrato solo poche perdite dopo l'installazione dei tappi ASP è legato anche al fatto che la stragrande maggioranza di essi è stata accompagnata da una manutenzione abbastanza accurata dei fori spia e di conseguenza ciò ha avuto un ruolo fondamentale nel risultato complessivo ottenuto. Pertanto oltre alla predisposizione del tappo a ridurre gli errori di montaggio un grosso contributo l'ha dato l'accurata manutenzione dei fori spia.

Si ha motivo di ritenere che nelle future manutenzioni, quando il foro spia incomincerà a risentire dei precedenti interventi, il numero dei tappi su cui praticare l'eliminazione perdita certamente aumenterà.

8. Conclusioni

Per quanto illustrato, per le caratteristiche intrinseche, per il fatto che obbliga a seguire percorsi di più attenta osservazione durante le installazioni e in opera e per la possibilità di eliminare eventuali perdite in qualsiasi momento dell'esercizio, in condizioni di massima sicurezza e senza compromettere l'integrità della piastra a fori, il tappo può trovare larga applicazione.



La foto sopra mostra un banco in cui in una prima manutenzione sono stati sostituiti tutti i tappi facilmente removibili e successivamente quelli che erano stati saldati alla piastra e per i quali è stato necessario procedere alla maggiorazione di 1/8".

Bibliografia

[1] API Standard 661 2002 "Air Cooled Heat Exchangers for General Refinery Service".