

Prevenzione delle problematiche negli impianti LDPE

Vibrazioni e pulsazioni nei compressori alternativi



Cosimo Carcasi
Maintenance
Engineering
Manager
Compression Service
Technology S.r.l.

Vibrazioni nelle macchine rotanti

Le vibrazioni sono una delle principali e più diffuse cause di danno e di guasto sulle macchine rotanti. I compressori alternativi in particolare sono spesso affetti da problemi di vibrazione, dal momento che queste sono un inevitabile effetto del moto alternato e delle pulsazioni di pressione che tali macchine generano.

Durante l'ingegneria di dettaglio vengono solitamente prese misure tecniche preventive per evitare alti livelli vibratori, generati dalle così dette shaking forces: ad esempio design appropriato delle fondazioni, sistemi di bilanciamento delle forze, polmoni smorzatori, orifici e adeguati supporti per le tubazioni. Nonostante questo, ci sono molti casi in cui i problemi di vibrazione si presentano già dal primo avviamen-

to della macchina nell'impianto. Non sempre tali vibrazioni sono da ricondurre a un'ingegneria di dettaglio inadeguata. In molti casi la causa è da ricercare nel non aver prestato sufficiente attenzione all'interazione tra il compressore e il resto dell'impianto.

Quindi il successo del progetto può essere significativamente influenzato da valutazioni e decisioni riguardanti metodi di controllo di pulsazioni e vibrazioni prese fin dalle prime fasi dell'ingegneria di dettaglio, se non addirittura nella stessa fase di specifica.

L'utilizzo di un esperto in questo campo e coinvolto direttamente dall'end user assume un ruolo chiave, in quanto dotato di una visione globale ed imparziale ed avente il compito di assicurare sia che vengano seguiti gli obiettivi di un design a regola d'arte, sia che decisioni critiche riguardo ad efficienza, sicurezza ed affidabilità vengano prese con oculatezza ma allo stesso tempo anche nel minor tempo possibile.



Marco Sacco
Package Engineering
Manager
Compression Service
Technology S.r.l.

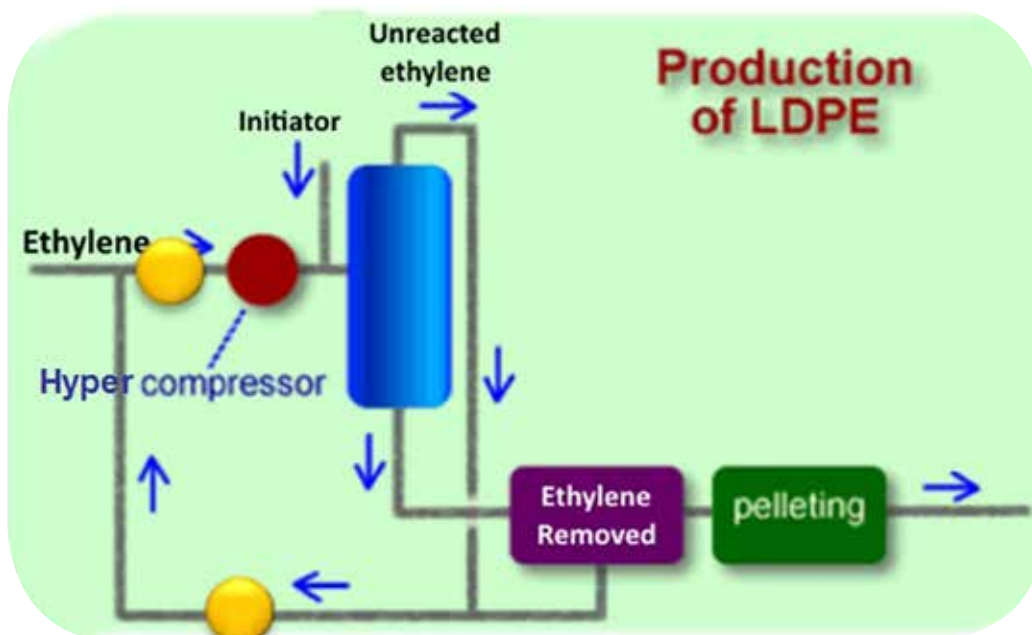


Figura 1 - Esempio di Flowsheet di un impianto di LDPE: in giallo il compressore Primario/Booster e in rosso l'Ipocompressore

Impianti di polietilene

Negli impianti di LDPE (Low Density PolyEthylene), la polimerizzazione dell'etilene per produrre LPDE richiede speciali compressori alternativi, chiamati generalmente Ipercompressori o compressori Secondari, per raggiungere le elevatissime pressioni necessarie ad alimentare il reattore: generalmente tra i 1600 e i 3500 bar, a seconda che l'impianto sia di tipo autoclave o tubolare.

La compressione del gas a questi livelli di pressione avviene normalmente in due steps. Il primo step, fino a circa 300 bar, è normalmente effettuato utilizzando un compressore alternativo orizzontale a cilindri contrapposti, solitamente a 4 fasi, rispondente agli standard API 618, chiamato compressore Primario.

Il secondo step, per raggiungere la pressione di polimerizzazione, è ottenuto in 2 fasi tramite gli speciali compressori alternativi chiamati Ipercompressori.

A tali valori di pressione non possono essere utilizzati alcuni dei più comuni metodi di riduzione delle pulsazioni (ad esempio i polmoni smorzatori).

Nonostante questo, la sicurezza e l'affidabilità rimangono un fattore chiave e quindi l'evitare vibrazioni elevate, e le conseguenti rotture delle tubazioni, è essenziale per una conduzione ottimale e sicura dell'impianto.

A causa del fatto che tubazioni, valvole ed altri apparecchi degli impianti di LDPE devono operare a queste altissime pressioni, soggette ad un andamento oscillante generato dai compressori alternativi, un'analisi acustica è necessaria per stimare le pulsazioni di pressione in ogni punto della tubazione ed evitare problemi di eccessive vibrazioni in fase di esercizio.

Aspetti teorici sulle pulsazioni

La legge fondamentale che lega le pulsazioni di pressione, misurate alla flangia del compressore, alle pulsazioni di portata (generate per via della natura oscillatoria del moto del compressore) è la seguente: $\Delta P/P = \Delta Q K/S c$

Dove:

- ΔP è la pulsazione di pressione
- P è la pressione media
- ΔQ è la pulsazione di flusso
- K è il rapporto tra i calori specifici
- S è la sezione del tubo
- c è la velocità del suono

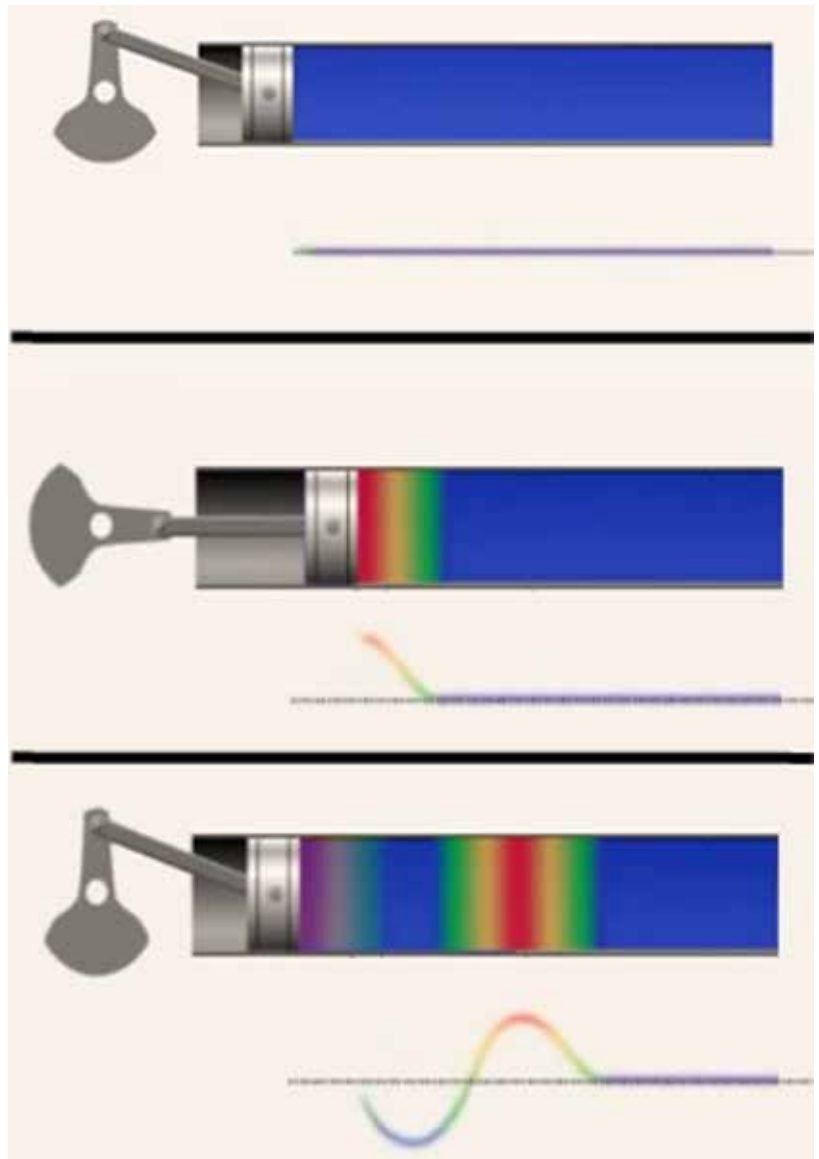


Figura 2 - Generazione di pulsazioni di pressione in un compressore alternativo

Alle elevate pressioni degli impianti di LDPE i parametri caratteristici dell'etilene assumono valori molto diversi da quelli che si incontrano in condizioni standard: la velocità del suono è infatti molto alta, fino anche a 5 volte quella in aria atmosferica, e anche il K assume valori molto alti, oltre 7 (mentre per idrocarburi, aria e azoto a pressioni fino a 100 bar è solitamente tra 1.0 e 1.4). Ne consegue che è molto importante una profonda conoscenza della termodinamica dei gas per poter ottenere risultati attendibili dall'analisi acustica.

Poiché comunque le proprietà del gas sono dettate da composizione, pressioni e temperature operative, l'unico valore su cui è possibile intervenire è il diametro del tubo, la cui scelta deve quindi essere determinata non solo dalla velocità media del gas che si vuole rispettare, ma anche dalla pulsazione massima che è ritenuta ammissibile alla flangia dei vari cilindri. Oltre a cercare di minimizzare le pulsazioni di pressione direttamente vicino alla sorgente (i cilindri del compressore) è importante anche evitare che la geometria delle tubazioni non inneschi fenomeni

di risonanza acustica. Si tratta di una condizione fisica, così come la risonanza meccanica o elettrica, che si verifica quando un sistema oscillante forzato viene sottoposto a sollecitazione periodica, di frequenza pari all'oscillazione propria del sistema stesso. Questo provoca in genere un aumento significativo dell'ampiezza delle oscillazioni, che corrisponde ad un notevole accumulo di energia all'interno del sistema sollecitato e che può arrivare a distruggere il sistema stesso.

In particolare la geometria delle tubazioni può generare una risonanza acustica nelle seguenti condizioni:

Risonanza del quarto d'onda ($\lambda/4$): quando il circuito è chiuso da un lato (ad esempio dal lato del cilindro) e aperto dall'altro (ad esempio in ingresso a un separatore o a un vessel), e la distanza tra le due estremità è $L = (2N-1)c/4f$

Risonanza di metà d'onda ($\lambda/2$): quando il circuito è chiuso o aperto da entrambi i lati, e la distanza tra le due estremità è $L = Nc/2f$

Dove:

- λ = lunghezza d'onda
- L = lunghezza del tratto di tubazione
- N = numero intero rappresentante l'armonica di riferimento (solitamente si prendono in considerazione i valori tra 1 e 20)
- c = velocità del suono
- f = frequenza eccitante

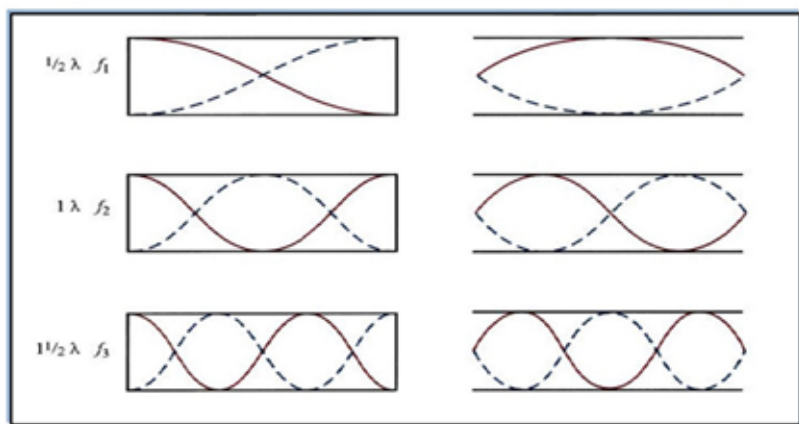
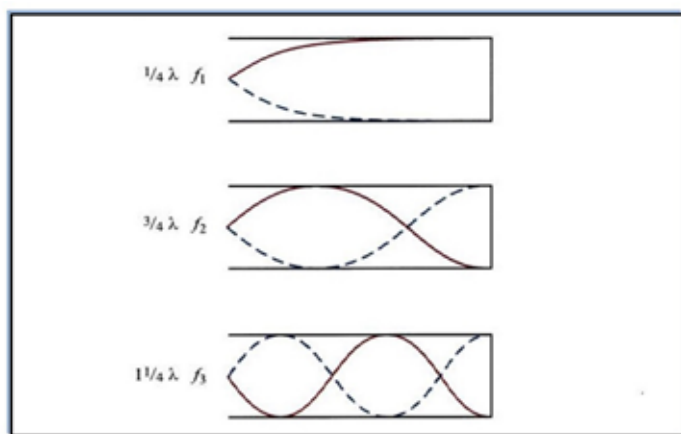


Figura 3 - Fenomeno di risonanza del quarto e della mezza onda

A causa dell'elevata velocità del suono dell'etilene alle alte pressioni, le frequenze che producono risonanze sono solitamente le alte frequenze (alti armonici), in un range tra i 30 e 100 Hz.

Le pulsazioni di pressione, sia che si originino per le pulsazioni di flusso del compressore, sia che siano dovute a fenomeni di risonanza, devono essere mantenute il più basse possibile per far sì che l'energia che contengono interagisca il meno possibile con il sistema meccanico dell'impianto, generando vibrazioni: si tratta della così detta risposta meccanica del sistema. Se inoltre si verifica una coincidenza tra la frequenza meccanica propria di una parte dell'impianto (sia che si tratti di tubazione, vessel, o supporto) e una frequenza acustica eccitante possono verificarsi fenomeni di risonanza meccanica che, portando ad elevate ampiezze di vibrazione, sono, nella maggioranza dei casi, causa di rotture a fatica ciclica.

Conclusioni

Per evitare che questi fenomeni si presentino al momento della messa in marcia dell'impianto, è necessario che la fase di progettazione sia portata avanti con particolare attenzione sia alla corretta simulazione termodinamica del gas trattato sia al design del layout di impianto e della supporteria.

Affrontare le problematiche di vibrazioni, dovute a una non attenta o incompleta progettazione, quando ormai l'impianto e il compressore sono installati, richiede quasi sempre delle ingenti risorse in termini di tempo, investimenti e mancata produzione.

Assume dunque importanza fondamentale l'affrontare il problema di controllo di pulsazioni e vibrazioni fin dalle prime fasi dell'ingegneria di dettaglio, se non addirittura nella fase di preparazione della material requisition.

A tal proposito, anche secondo guidelines di nuova concezione, viene raccomandato l'utilizzo di un esperto in questo campo e coinvolto direttamente dall'end user: questi avrebbe il compito di analizzare in modo più globale ed imparziale possibile la nuova installazione ed assicurare sia che vengano seguiti gli obiettivi di un design a regola d'arte, sia che decisioni critiche riguardo ad efficienza, sicurezza ed affidabilità vengano prese con oculatezza e rapidità.