

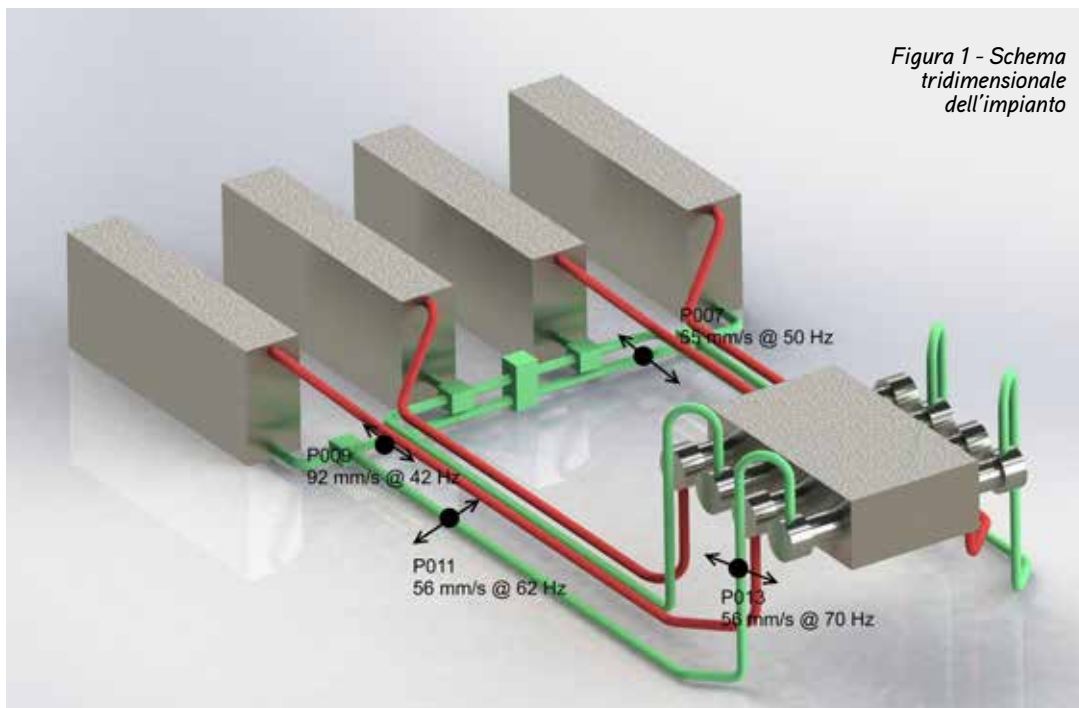
## Miglioramento dello stato vibrazionale in un impianto LDPE



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



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



Il controllo delle vibrazioni nel tempo e il miglioramento dei supporti delle tubazioni aumentano la disponibilità

Le condizioni scatenanti possono essere le più svariate:

- modifiche effettuate alle macchine stesse
- cambiamento delle condizioni operative originali
- usura e perdita delle proprietà meccaniche dei componenti.

### Aspetti vibrazionali e decadimento nel tempo

Una delle principali cause di rotture e di conseguenti fermate inaspettate negli impianti industriali sono le vibrazioni dei vari macchinari e tubazioni. I compressori alternativi sono, per loro natura, particolarmente inclini a questo tipo di problematiche, pertanto una particolare attenzione deve essere posta in fase di design della macchina e del layout delle tubazioni per prevenire il presentarsi di questi inconvenienti.

Vi sono molte situazioni tuttavia, in cui la criticità di questi fenomeni si presenta quando la macchina ha già molti anni di esercizio alle spalle: spesso si parte con una rottura giudicata poco rilevante e sporadica, ma poi la problematica le anomalie si ripetono e richiedono l'intervento di un esperto per ripristinare le condizioni di sicurezza e mantenere i livelli di economicità produttiva.

Purtroppo in molte di queste situazioni nascono diatribe o lunghe discussioni con l'OEM (Original Equipment Manufacturer), sempre ammesso che sia ancora in attività, sulle responsabilità delle rotture e sulla ricerca delle cause: si tratta della macchina, dell'impianto del cliente, di modifiche o cambiamenti delle condizioni operative non autorizzati.

### Criticità negli impianti di polietilene

Le elevatissime pressioni richieste, il rischio di infiammabilità ed esplosione del gas trattato, comportano la realizzazione di una serie di accorgimenti per la sicurezza, definiti in fase progettuale.

L'esercizio e la manutenzione diventano significativi per l'ottenimento di risultati richiesti di affidabilità e disponibilità di macchine e impianto. In questo caso si tratta di un impianto di LDPE (Low Density PolyEthylene) situato in Italia, in esercizio da oltre 40 anni. All'avviamento rappresentava una delle realizzazioni più significative per la produzione di polimero e le pressioni finali elevatissime nel reattore di tipo tubolare, progettato per 3200 bar.

Dopo molti anni di esercizio si sono verificate rotture sulle tubazioni, dovute ad alti livelli di vibrazioni: tali rotture hanno iniziato con episodi sporadici bi- o anche triennali, e al momento dell'intervento di CST la cadenza di fermata a causa di rotture e fughe di gas inaspettate aveva ormai raggiunto una cadenza quasi trimestrale.

La compressione del gas è realizzata con compressori alternativi, di tipo tradizionale per il booster e primario, mentre il raggiungimento delle pressioni fino a 3200 bar è possibile con un compressore alternativo con caratteristiche particolari, sia per quanto riguarda i cilindri che per l'incastellatura.

Il compressore secondario, chiamato anche ipercompressore comprime etilene, mediante 8 cilindri contrapposti, in 2 fasi, da una pressione di ~250 bar a ~2500-3000 bar, a seconda delle caratteristiche del prodotto da ottenere. Circa dieci anni fa, a seguito delle prime problematiche vibratorie, fa l'OEM aveva condotto uno studio acustico, il cui scopo era quello di individuare con precisione l'andamento delle pulsazioni di pressione nella tubazione gas, per effetto del moto alternato della macchina. Furono installati orifici (aventi l'effetto di attenuare il livello di pulsazione) e alcuni nuovi supporti di rinforzo, per mitigare il problema. Nonostante l'implementazione di queste contromisure, i problemi persistettero e le rotture cominciarono a divenire più frequenti.

Al successivo coinvolgimento di CST sono state messe in atto una serie di attività investigative, allo scopo di identificare l'origine della problematica: sono state studiate le rotture verificatesi negli 8 anni precedenti e si è scoperto che non tutte le sezioni sperimentavano lo stesso comportamento: l'area in cui le rotture erano più frequenti era la linea indicata come B, specialmente sui tubi di mandata tra compressore e refrigerante interfase.

Le linee A e D avevano invece subito un numero di guasti quasi equivalente tra loro, mentre la linea C era la più affidabile.

## Rilievi sull'impianto

Successivamente è stata eseguita una dettagliata campagna di misurazione delle vibrazioni per rivelare tutte le aree in cui le vibrazioni erano superiori ai valori raccomandati. Sono stati individuati 17 punti con forti vibrazioni sulla tubazione interfase, al di sopra dei valori limite di accettabilità indicati delle norme EFRC / ISO10816.

È stata fatta un'adeguata schematizzazione delle tubazioni interfase (Fi.1), con i più importanti valori di vibrazione rilevati. Si tenga presente che il valore limite indicato dalle normative sopra, come velocità di vibrazione, è di 28.5 mm/s rms.

Nella zona tra il compressore e il refrigerante interfase la maggior parte dei picchi di vibrazione più alti erano tra 40 e 70 Hz, quindi ad una frequenza molto alta, considerando che la prima armonica eccitante era a solo 4,1 Hz. Dall'analisi acustica è emerso tuttavia che le ampiezze di pulsazione gas nelle tubazioni a questa alta frequenza erano molto basse, specialmente dopo l'introduzione degli orifici, pertanto è stata eseguita un'analisi semplificata della frequenza meccanica di ciascun segmento di tubazione tra due consecutivi supporti, secondo le norme API 688. Il risultato è stato che la maggior parte dei segmenti di tubo con una lunghezza compresa tra 1,5 e 1,7 m, aveva una

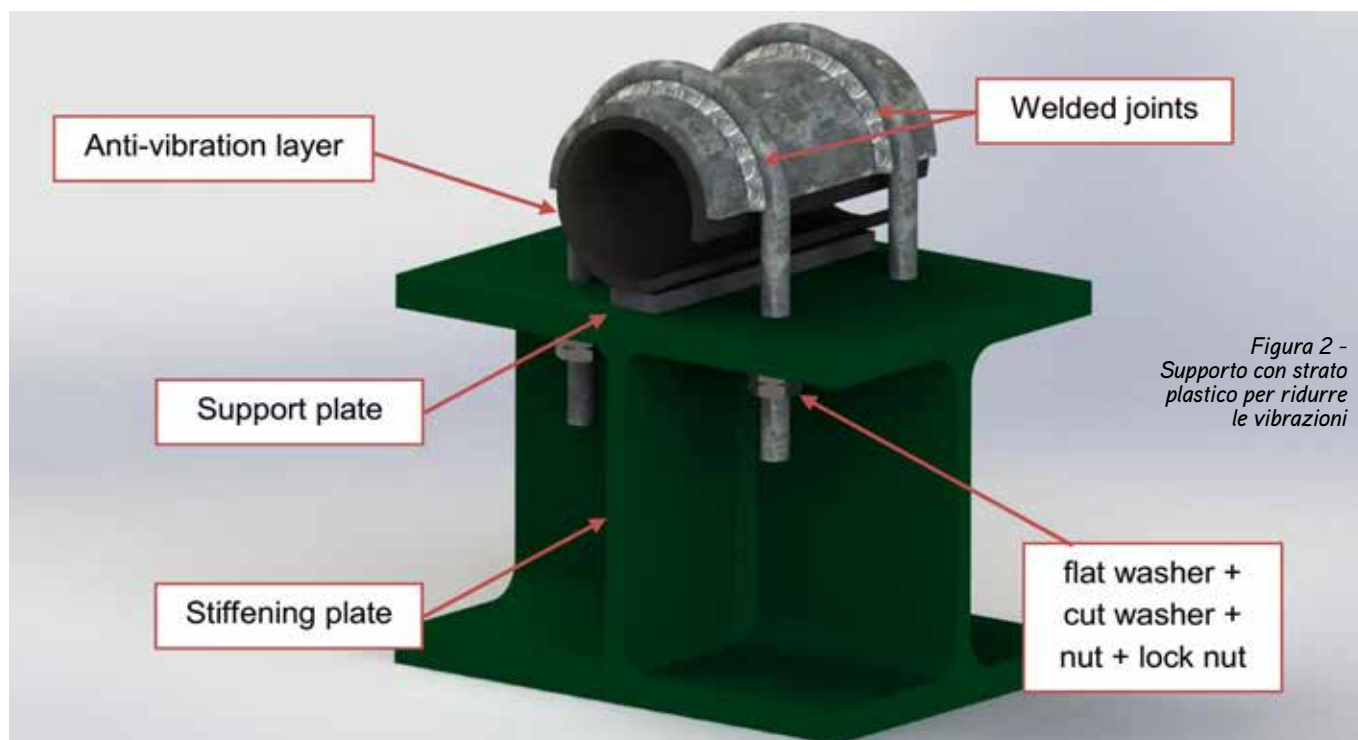


Figura 2 - Supporto con strato plastico per ridurre le vibrazioni

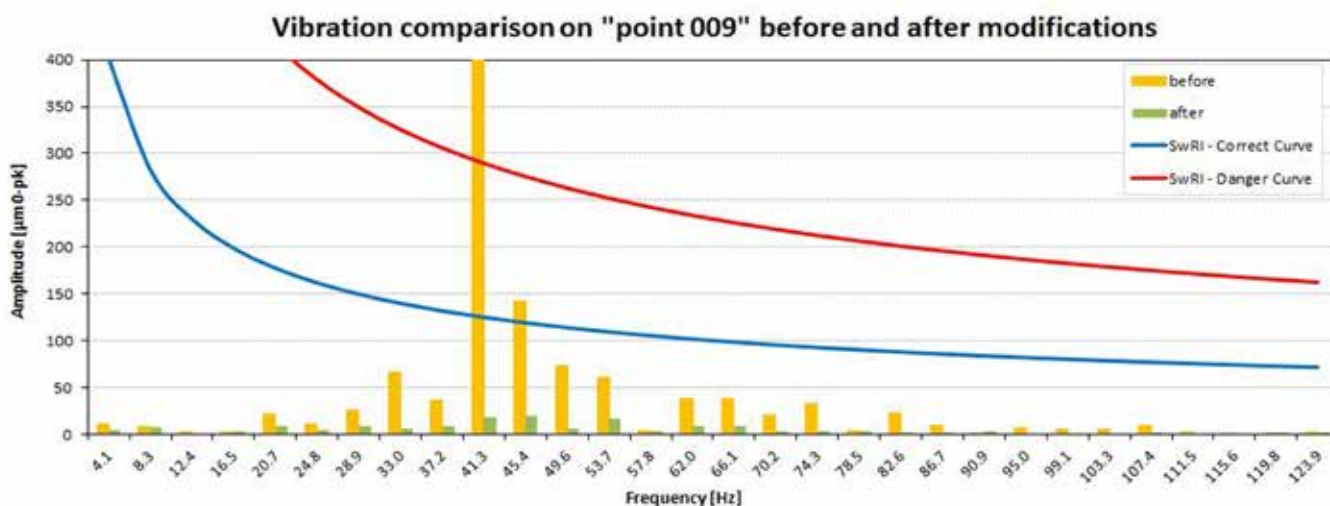


Figura 3 - Confronto vibrazioni in un punto prima e dopo l'intervento

frequenza meccanica naturale compresa proprio nell'intervallo di 40-70 Hz. In particolare, ciò era dovuto al fatto che questi supporti avrebbero dovuto agire come vincoli fissi, mentre nella situazione attuale erano semplicemente supporti mono-direzionali, a causa delle loro cattive condizioni.

Infatti col tempo la ruggine e le successive riparazioni dei supporti avevano creato una situazione in cui l'originale rigidità del sistema era stata notevolmente ridotta, di fatto rendendo molti dei vincoli pressoché inefficaci e soggetti a frequenti rotture dei tiranti o dei supporti stessi. Tali rotture dei supporti portavano poi col tempo alla rottura per fatica del tubo stesso.

## Analisi e soluzioni tecniche

In considerazione del breve tempo a disposizione per l'intervento (durante una fermata d'impianto della durata stimata di 10 giorni), è stata studiata una progettazione semplificata dei supporti (Fig.2) per ridurre al minimo il tempo necessario per l'elaborazione degli ordini e la consegna dei materiali.

In particolare:

- è stato sviluppato un unico design del supporto, come clamp, utilizzando una piastra di sostegno di spessore variabile, per adattarla alle varie altezze dei tubi;
- i clamp sono stati realizzati da una piastra piegata e per l'ancoraggio sono stati utilizzati due tiranti a U saldati attorno al diametro esterno;
- tra il clamp e il tubo del gas è stato inserito (arrotolato intorno al tubo) uno strato di rinforzo in materiale elastomerico speciale antivibrante.

Questo tipo di supporto è stato adottato per sostituire tutti i supporti critici delle tubature interfase, insieme con un rinforzo delle relative travi di ancoraggio, mediante l'aggiunta di piastre di irrigidimento.

Sono stati selezionati un totale di oltre 80 supporti da sostituire, e per ognuno di essi è stato fornito un valore di criticità per indicare la priorità da dare alla sostituzione, considerando che solo un certo numero di supporti poteva essere riposizionato entro i 10 giorni di fermata programmata.

Alcuni mesi dopo le modifiche è stato eseguito un survey diagnostico presso l'impianto per valutare l'efficacia dei nuovi supporti, effettuando nuove misurazioni delle vibrazioni e confrontandole con quelle precedenti prima delle modifiche.

È evidente il miglioramento dello stato vibrazionale (Fig.3) dal confronto tra le

frequenze registrate su uno dei punti più significativi, prima e dopo l'ottimizzazione.

L'ottimizzazione dei supporti aveva quindi prodotto un miglioramento generale delle vibrazioni: quasi tutti i punti che avevano una vibrazione al di sopra della "curva di pericolo" erano scesi al sotto di essa, riducendo notevolmente il verificarsi di problematiche.

## Conclusioni

Questa è una situazione piuttosto frequente negli impianti di compressione gas: un vecchio compressore che, durante la sua vita, subisce un inevitabile e progressivo deterioramento delle varie parti e del relativo sistema gas associato, anche se in modo non evidente e drammatico.

Tuttavia macchina ed in particolare l'impianto possono continuare ad avere un esercizio produttivo e sicuro. Ciò grazie ad una manutenzione esperta che si prenda cura del funzionamento, del deterioramento delle parti e che li mantenga al passo con i tempi, seguendo i progressi continui dalla tecnologia.

Al presentarsi di una problematica, come quella di vibrazioni dell'impianto LDPE, un'indagine accurata della reale situazione, un'identificazione dei punti critici e l'applicazione di nuove tecnologie di investigazione hanno permesso di migliorare fortemente una condizione che non era più ritenuta accettabile per la sicurezza e l'efficienza dell'impianto.

Tutto ciò è stato fatto anche considerando la ristretta finestra temporale di intervento, previsto dalla fermata programmata. Ciò ha permesso di riprendere la produzione nel rispetto delle esigenze di mercato e limitare le conseguenze sull'attività economica dell'azienda.