

# INCONDENSABILI: “PROBLEMA INDUSTRIALE” E SOLUZIONE SUL CAMPO

Avevo mandato un tecnico a caricare del refrigerante in un supermercato e avevo sottolineato che il suo compito era quello di ricercare ed eliminare le perdite; gli avevo suggerito che il fatto di aver trovato una perdita non significava che non ve ne fossero delle altre e avevo concluso le mie indicazioni con la raccomandazione di eliminare, ove possibile, le cause che avevano generato le perdite.

Andrea Verondini

**I**l giorno successivo, il tecnico m'informò che aveva trovato due perdite dovute ad incidenti causati dall'impatto del carrello elevatore con le tubazioni, che aveva ricostruito i tratti danneggiati, che aveva rifatto la carica di refrigerante (circa 150kg) e che sarebbe tornato di lì a pochi giorni per verificare che le riparazioni eseguite non presentassero inconvenienti e per porre un cartello con strisce diagonali bianche e rosse, per attirare l'attenzione dei conducenti dei muletti. Al rientro dalla seconda visita mi disse che, inspiegabilmente, l'alta pressione e, in misura minore, la bassa pressione, erano salite oltre i valori usuali senza che, almeno secondo la sua opinione, ci fosse una causa apparente che potesse spiegare questo fenomeno. Pensai subito ad una carica esagerata di refrigerante e a verifiche post carica non eseguite nella maniera corretta e dovendo fare altre

riparazioni in zona, rimandai lo stesso tecnico invitandolo a controllare con maggiore attenzione che il livello del refrigerante all'interno del ricevitore fosse giusto, che tutti i rubinetti, posti sull'alta pressione, fossero completamente aperti e infine a verificare tutte le apparecchiature attinenti alla condensazione (ventilatori, centralina elettronica, senso di rotazione delle pale dei ventilatori.... ecc.).

Il responso fu che tutto risultava a posto e nulla era guasto o malfunzionante: i ventilatori giravano tutti nel giusto senso di rotazione e il livello del liquido, all'interno del ricevitore, arrivava, a fatica, a metà serbatoio.

A questo punto mi venne il sospetto che fosse stato caricato del refrigerante diverso da quello originale e che la miscela risultante fosse la causa dell'anomalia, un sospetto che era avvalorato dalle anomale pressioni.

Armato di strumenti andai, assieme al tecnico, a verificare, di persona, cosa fosse accaduto e, appena giunto sul posto feci chiudere il rubinetto del liquido posto all'uscita del ricevitore, forzai i compressori a funzionare, trasferii buona parte del refrigerante dal condensatore in riserva, fermai i compressori, chiusi il rubinetto posto all'ingresso del ricevitore di liquido (allora si potevano adottare ricevitori di grosso volume) e forzai i ventilatori del condensatore a funzionare ininterrottamente. In questo modo condensatore e ricevitore erano completamente separati.

Vidi subito che il ricevitore di liquido conteneva, senza grossi problemi, tutto il refrigerante e ne dedussi che si poteva scartare l'eccesso di carica; attesi un certo tempo e poi armato di termometro e manometro cominciai a misurare pressione e temperatura laddove il refrigerante avrebbe dovuto essere allo stato saturo.

A quei tempi il refrigerante adottato era l' R-22 e la temperatura in sala macchine si era stabilizzata a 29°C ; ciò imponeva, nel caso in cui non si fossero create miscele strane, una pressione all'interno del ricevitore di 11,6 bar assoluti (corrispondenti a 10,6 bar manometrici). Il riscontro dimostrò che era tutto in ordine. Ora restava solamente fare la stessa verifica sul condensatore che si trovava ad una quota di 6 metri al di sopra della sala macchine. Mi arrampicai sul tetto, constatai che tutti i ventilatori giravano regolarmente e misurai una temperatura d'ingresso dell'aria nel condensatore di 27°C a cui sarebbe dovuta corrispondere ad una pressione di 11,0 bar<sub>assoluti</sub> (corrispondenti a 10,0 bar manometrici). Purtroppo la pressione misurata era pari a 13,1 bar<sub>assoluti</sub> (corrispondenti a 12,1 bar<sub>manometrici</sub>) il che denunciava la presenza dei gas incondensabili i quali, essendo più leggeri del refrigerante, si erano confinati nella parte più alta del circuito frigorifero. Dopo lo "spur-

go" degli "incondensabili" riaprimmo tutti i rubinetti, facemmo partire i compressori e le cose si sistemarono definitivamente.

#### Riassumendo:

Dentro alle bombole, usate per la ricarica di refrigerante, vi erano dei gas "incondensabili" che, purtroppo, sono un prodotto di scarto del processo industriale di fabbricazione del refrigerante. Tali "incondensabili" si erano trasferiti dalle bombole al circuito frigorifero.

Secondo la legge di Dalton, sulle miscele di gas, la pressione parziale di questi "incondensabili" va a sommarsi alla pressione parziale del fluido frigorifero producendo valori di alta pressione insolitamente elevati. Tale innalzamento riduce anche la capacità frigorifera del sistema che reagisce innalzando, a sua volta, la bassa pressione.

#### Locandina sulla legge di Dalton<sup>1</sup>

La pressione totale esercitata da una miscela di gas perfetti è uguale alla somma delle pressioni parziali che sarebbero esercitate da ciascun gas se fosse presente da solo in un eguale volume alla medesima temperatura T.

Più precisamente, la pressione p di una miscela di q gas può essere definita come:

$$p = \sum_{i=1}^q p_i = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_q \quad (1)$$

dove  $p_i$  rappresenta la pressione parziale dell'i-esimo componente.

Questo significa che ogni gas presente in una miscela ideale agisce come se l'altro gas non fosse presente e, pertanto, le pressioni di ciascun gas possono essere semplicemente sommate.

Si presume che i gas non reagiscano o interagiscano mediante forze intermolecolari (Van Der Waals) l'uno con l'altro.

La legge di Dalton può essere estesa nei gas ideali alla seguente relazione:

$$p = \frac{RT}{v} \sum n_i \quad (2)$$

**GLI INCONDENSABILI SONO UN PRODOTTO DI SCARTO DELLA FABBRICAZIONE DEL REFRIGERANTE, CHE VA "GESTITO".**

dove:

$p$  = pressione [Pa]

$R$  = costante dei gas 8,314472 [ J/(mol K)]

$T$  = temperatura assoluta [K]

$v$  = volume del contenitore [m<sup>3</sup>]

$n_1; n_2; n_3; \dots; n_i$  = moli di ciascun gas [mol]

In tal senso è possibile calcolare la pressione totale anche con variazioni di temperatura e volume. Considerando tuttavia che:

$$p = \sum p_i \quad (3)$$

dove  $p_i = n_i \frac{RT}{v}$

e sapendo che la frazione molare  $x_i$  è il rapporto tra le moli  $n_i$  del gas e la somma delle moli di ciascun gas, ossia:

$$x_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \quad (4)$$

si ricava che la pressione parziale di ciascun componente è uguale alla pressione totale per la propria frazione molare:

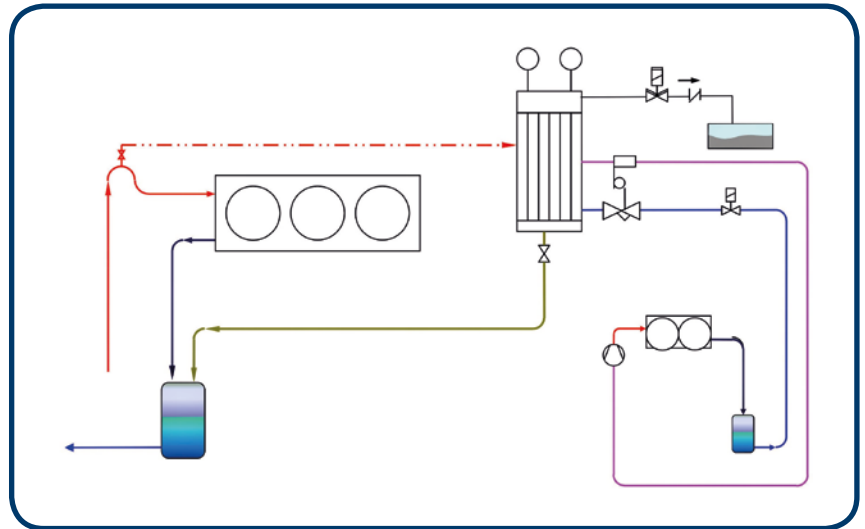
$$p_i = n_i \frac{p}{\sum n_i} = x_i p \quad (5)$$

### Influenza degli incondensabili:

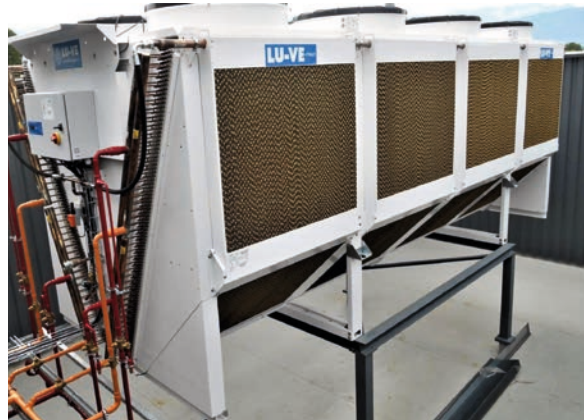
Per quanto detto sopra, se ad un gas, o di una miscela, aggiungiamo un altro gas (nel caso specifico un qualsiasi incondensabile), avremo che, ad una certa temperatura, la pressione totale sarà la somma della pressione parziale del gas originale più quella dell'incondensabile, quindi una pressione anormalmente elevata.

Sistema di eliminazione dei gas incondensabili; schema di principio:

Sul lato sinistro del disegno è rappresentato un condensatore ad aria, la tubazione di compressione (linea rossa) con il rubinetto per il prelievo del refrigerante / gas incondensabili; la tubazione del ritorno del liquido, il ricevitore del liquido (linea azzurra). Con la linea rossa, tratto e due punti, è simulato il prelievo automatico di un campione di gas che viene inviato al sistema di spurgo. Questo campione viene dapprima raffreddato e poi portato alla saturazione.



Lo schema di flusso di un impianto "tipico"



Un moderno condensatore ad aria (Per gentile concessione di LU-VE Group)

A lato sopra è rappresentato l'impianto frigorifero che serve a questo scopo.

Se la temperatura e la pressione corrispondono ai dati memorizzati, allora il liquido viene scaricato (linea verde) dentro al ricevitore.

In caso contrario la parte non condensata viene espulsa dalla testa del sistema. (vedi valvola solenoide in alto a destra).

La massa molare di un incondensabile è, di regola, molto simile a quella dell'aria, (29 kg/kmol) a differenza di quella dei refrigeranti che sono, ad esempio:

$$R-134a = 102,03 \text{ kg/kmol}$$

$$R-404A = 97,604 \text{ kg/kmol}$$

$$R-407H = 79,099 \text{ kg/kmol}$$