

Il problema sta nell'aria, nel vero senso della parola: quando l'aria atmosferica si raffredda, ed è ciò che accade in un compressore dopo la compressione, il vapore d'acqua condensa e precipita. In questo modo un

## 3. Perché occorre essiccare l'aria compressa?

compressore da 30 kW con una portata di 5 m<sup>3</sup>/min a 7,5 bar e che lavori in condizioni standard produrrà circa 20 litri di condensa per turno! Quest'acqua deve essere rimossa dal sistema di distribuzione per evitare danni alle attrezzature con conseguenti problemi di produzione. L'essiccamento dell'aria è una parte molto importante del processo di trattamento dell'aria compressa. In questo capitolo troverete utili informazioni e suggerimenti su come essiccare l'aria compressa in modo economico ed ecologico.

### 1. Un esempio pratico

Un compressore a vite aspira 10 m<sup>3</sup>/min di aria a pressione atmosferica con una umidità relativa del 60 % ed alla temperatura di 20 °C: possiamo dire che quest'aria contiene ca. 100 g di vapore d'acqua. Se quest'aria viene compressa ad una pressione assoluta di 10 bar con un rapporto di compressione di 1:10, allora si ottiene 1 m<sup>3</sup> di aria compressa. Ma, alla temperatura di fine compressione di circa 80 °C, l'aria potrebbe trattenere fino a 290 g di acqua (sotto forma di vapore). Dal momento che il contenuto aspirato è di soli 100 g, occorre dire che quest'aria compressa è piuttosto secca avendo una umidità relativa del 35 % circa e, in queste condizioni, non si nota alcuna precipitazione di condensa. Ma l'aria compressa a questa temperatura non è praticamente utilizzabile ed allora si provvede a raffreddarla in un apposito scambiatore aggiuntivo, fino a circa 30 °C. A questa temperatura 1 m<sup>3</sup>

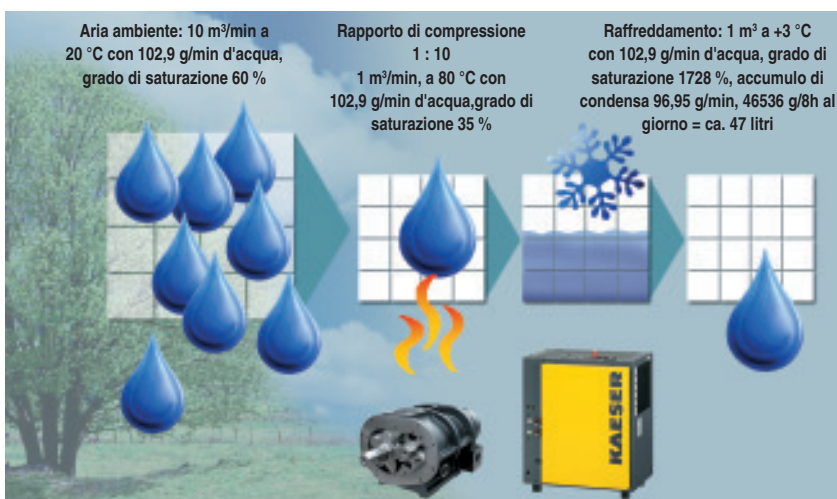
d'aria può però solamente assorbire e mantenere sospesi circa 30 g di acqua, cosicché si ha un eccesso di circa 70 g di acqua che di conseguenza condensa e precipita. In condizioni operative continue ciò accade ogni minuto e porta ad un accumulo di condensa di circa 35 litri per ogni ciclo lavorativo di otto ore. Ulteriori sei litri possono essere separati e scaricati giornalmente se viene installato un essiccatore a refrigerazione a valle della macchina. L'aria compressa viene inizialmente raffreddata fino a +3 °C e poi di nuovo riscaldata (a spese dell'aria calda in entrata) fino alla temperatura ambiente. Ciò comporta una ulteriore saturazione del 20 % del vapore acqueo con addizionale precipitazione di altra condensa e quindi l'aria diventa ancora più secca.

### 2. La causa dell'umidità

La nostra aria è, a volte più ed a volte meno, umida: essa cioè contiene sempre una certa quantità d'acqua e questa umidità dipende, a parità di pressione dalla temperatura corrente. Ad esempio, aria satura di vapore d'acqua al 100 % alla temperatura di +25 °C porta circa 23 g di acqua per metro cubo.

### 3. Precipitazione della condensa

La condensa precipita quando il volume dell'aria si riduce e quando la temperatura si abbassa. Ciò riduce la capacità dell'aria di trattenere acqua. Questo è esattamente ciò che accade all'interno del gruppo compressore e nello scambiatore finale.



#### 4. Terminologia importante (in sintesi)

##### a) Umidità assoluta dell'aria

L'umidità assoluta è il contenuto di vapore acqueo nell'aria espresso in g/m<sup>3</sup>.

##### b) Umidità relativa (F<sub>rel</sub>)

L'umidità relativa indica il grado di saturazione, ovvero il rapporto fra il reale valore del contenuto di vapore acqueo rispetto all'attuale grado di saturazione (100 % F<sub>rel</sub>) dell'aria. Questo valore varia in funzione della temperatura: l'aria calda ha maggiore capacità di trattenere vapore d'acqua dell'aria fredda.

##### c) Punto di rugiada a pressione atmosferica

Il punto di rugiada a pressione atmosferica è quella temperatura alla quale l'aria raggiunge un grado di saturazione dell'umidità (F<sub>rel</sub>) del 100 %.

A riguardo i seguenti valori a titolo di esempio:

Punto di rugiada in °C	Max. contenuto d'acqua in g/m <sup>3</sup>
+40	50,7
+30	30,1
+20	17,1
+10	9,4
0	4,9
-10	2,2
-20	0,9
-25	0,5

##### d) Punto di rugiada in pressione

Il punto di rugiada in pressione è la temperatura alla quale l'aria compres-

sa raggiunge il suo punto di saturazione dell'umidità (100 % F<sub>rel</sub>). Ciò significa che (cfr. esempio precedente): l'aria alla pressione di 10 bar (a) ha una umidità assoluta di 6 g per m<sup>3</sup> portato ad un punto di rugiada in pressione di +3 °C. A titolo d'esempio: se detto metro cubo fosse espanso da 10 bar (a) fino alla pressione atmosferica, allora il suo volume aumenterebbe di nuovo di 10 volte. Il contenuto di vapore acqueo (6 g) rimarrebbe invariato ma sarebbe ora distribuito in un volume 10 volte maggiore. Ciò vuol dire che ogni metro cubo d'aria espansa conterrebbe 0,6 g di vapore acqueo. Questo valore corrisponde ad un punto di rugiada atmosferico di -24 °C. 5. Essiccamento economico ed ecologico dell'aria

#### 5. Essiccamento economico ed ecologico dell'aria

##### a) Essiccatore a refrigerazione o ad adsorbimento?

La più recente legislazione concernente i gas refrigeranti non ha cambiato uno stato di cose consolidato e cioè che gli essiccatori ad adsorbimento non sono "la" alternativa a quelli a refrigerazione né dal punto di vista economico né da quello ambientale. Gli essiccatori a refrigerazione consumano solo il 3% dell'energia occorrente a produrre l'aria compressa che essi processano. A confronto quelli ad adsorbimento consumano dal 10 al 25 % o più. In casi normali dovrebbe essere usato perciò sempre un essiccatore a refrigerazione.

L'uso di una macchina ad adsorbimento ha senso se viene richiesta un'aria estremamente essiccata con un punto

di rugiada in pressione fino a -20 °C, -40 °C o -70 °C.

##### b) Quale gas refrigerante dovrebbe essere impiegato?

Oggi non è più consentito l'uso di CFC come l'R 12 e l'R 22 nei nuovi essiccatori a ciclo frigorifero. La tabella (in basso) mostra i gas refrigeranti attualmente disponibili e il loro impatto ambientale. Fino all'anno 2000 la maggior parte dei costruttori di essiccatori ha impiegato l'R 22, un CFC parzialmente alogenato. In confronto con l'R 12 esso ha una potenzialità di degrado dell'ozono solo del 5 % ed ha un potenziale di riscaldamento globale (effetto serra) del 12 % che è un valore anch'esso significativamente basso. In alternativa all'R 22, il cui impiego dal 2000 non è più consentito in Germania, vi è oggi sul mercato il CFC tipo R 134a. Il vantaggio dell'R 134a risiede nella possibilità di poter convertire ad esso, e con costi ragionevoli, vecchie macchine impiegate l'R 12. Attualmente oltre all'R 134a vengono impiegati altri H-FCKW quali l'R 404A e l'R407C con un potenziale di degradazione dell'ozono dello 0 %. Si tratta dei cosiddetti „Blends“: miscele di gas diversi che tuttavia presentano differenti "Glides" di temperatura, cioè scostamenti delle temperature di evaporazione e condensazione dei loro componenti, ed in più hanno un potenziale effetto serra maggiore rispetto all'R 134a (cfr. tabella in basso). Ecco perché l'R 407C viene considerato solo per specifici campi d'impiego. Invece l'R404A a causa del suo basso "Glide" risulta interessante per capacità di flusso superiori a 24 m<sup>3</sup>/min.

Gas refrigerante	Composizione formula	Potenziale di degradazione dell'ozono (ingl.: ODP = ozone depletion potential) [R 12 = 100 %]	Potenziale effetto serra (ingl.: GWP = global warming potential) [R 12 = 100 %]	Temperatur „Glide“ Possibile scostamento della temperatura di evaporazione / condensazione [K]
H-CFC R 22	CHClF <sub>2</sub>	5%	12%	0
H-CFC R 134A	CH <sub>2</sub> F-CF <sub>3</sub>	0%	8%	0
Blends R 404A	R 143a/125/134a	0%	26%	0,7
R 407C	R 32/125/134a	0%	11%	7,4