

4.2

Fluidi frigoriferi (o fluidi refrigeranti)

I *fluidi refrigeranti* impiegati nelle macchine frigorifere hanno il compito di trasferire in modo ottimale il calore da una sorgente calda a una sorgente fredda.

I requisiti che possibilmente devono caratterizzare un fluido refrigerante sono i seguenti:

- elevato calore latente di vaporizzazione: consente di sottrarre dalla sorgente fredda una rilevante quantità di calore; di conseguenza la portata di fluido può essere limitata;
- elevata temperatura critica: il suo valore deve essere ampiamente superiore alla temperatura di condensazione; di conseguenza il fluido refrigerante risulta più facilmente condensabile;
- bassa temperatura di solidificazione: il fluido refrigerante non deve solidificare all'interno dei condotti;
- pressione di vaporizzazione:
 - non troppo bassa, per evitare di far assumere al compressore dimensioni eccessive perché deve aspirare grandi volumi di vapore;
 - sufficientemente alta o comunque superiore alla pressione atmosferica, per impedire l'ingresso di aria nelle tubazioni dell'impianto;
- composizione chimica stabile anche dopo ripetuti cicli frigoriferi;
- buona capacità di scambio termico;
- elevata densità allo stato di vapore saturo: questo consente l'adozione di compressori di dimensioni ridotte.

Inoltre i fluidi refrigeranti non devono essere né corrosivi né tossici né infiammabili, né devono avere effetti irritanti se inalati.

Poiché non esiste un fluido frigorifero dotato di tutti i requisiti sopra elencati, occorre fare una scelta del fluido più adatto in base al tipo di applicazione.

Tipologie di fluidi refrigeranti

I fluidi refrigeranti possono essere suddivisi in:

- **naturali**: acqua, ammoniaca NH_3 , anidride carbonica CO_2 , idrocarburi (butano e isobutano C_4H_{10} , propano C_3H_8 , propilene C_3H_6 ecc.);
- **sintetici**: idrocarburi alogenati (clorofluorocarburi CFC, idrofluorocarburi HFC, idroclorofluorocarburi HCFC, perfluorocarburi PFC, idrofluoroolefine HFO ecc.).

Molti fluidi refrigeranti attualmente usati sono sintetici e presentano elevate caratteristiche frigorigene. Tuttavia alcuni di questi si sono rivelati estremamente dannosi per l'ambiente dal momento che:

- o posseggono un elevato potenziale di distruzione della fascia di ozono, in quanto hanno un elevato ODP (*Ozone Depletion Potential*, Potenziale di eliminazione dell'ozono);
- o contribuiscono fortemente all'effetto serra, in quanto hanno un elevato indice di surriscaldamento della crosta terrestre GWP (*Global Warming Potential*, Potenziale di riscaldamento globale).

ODP e GWP sono i principali parametri di misurazione dell'impatto ambientale di una qualsiasi sostanza: maggiore è il valore di tali indici, maggiore è l'impatto negativo sull'ambiente da parte di quella sostanza.

Per i motivi sopra esposti, in base al protocollo di Montreal del 1987 e successive revisioni, molti Paesi hanno già provveduto a impedire l'uso dei refrigeranti sintetici di tipo CFC e HCFC; il traguardo cui si tende è quello di sostituire questi refrigeranti con refrigeranti con indici ODP e GWP ridotti o nulli. Appartengono a quest'ultima categoria alcuni refrigeranti naturali come l'anidride carbonica CO_2 , l'ammoniaca NH_3 , il propano C_3H_8 e altri idrocarburi. I refrigeranti naturali hanno però minore efficienza frigorifera rispetto ai refrigeranti sintetici; inoltre sono corrosivi e ad elevata esplosività. Tuttavia, grazie ai loro indici GWP e ODP molto bassi, non è azzardato prevederne una crescita di utilizzazione in futuro.

Di seguito sono elencati i principali fluidi refrigeranti utilizzati nel passato o attualmente in uso negli impianti frigoriferi; la lettera R che li designa è l'abbreviazione del termine "refrigerante":

Ammoniaca, NH_3 (R717)

L'*ammoniaca* è un fluido refrigerante naturale, con indici ODP e GWP nulli.

Caratteristiche positive:

- elevato effetto frigorifero;
- elevato effetto frigorifero volumetrico (circa 2000 kJ/m³): per ottenere una prefissata potenza frigorifera, consente di adottare un compressore alternativo con una ridotta portata di fluido circolante e con un miglioramento del rendimento dell'impianto;
- ridotte pressioni di evaporazione e di condensazione.

L'ammoniaca presenta anche caratteristiche negative:

- è tossica, infiammabile ed esplosiva;
- ha un odore pungente e un effetto irritante sulle vie respiratorie;
- è corrosiva sul rame e le sue leghe: questi materiali perciò non sono utilizzabili negli impianti frigoriferi ad ammoniaca;

Per far fronte a questi inconvenienti si è fatto ricorso a impianti a fluido secondario, con ammoniaca in associazione con acqua glicolata o anidride carbonica. Si è voluto in tal modo evitare l'espansione diretta dell'ammoniaca. L'acqua glicolata viene fatta circolare negli impianti frigoriferi come fluido vettore quando sono necessarie temperature molto basse, sotto la normale soglia di congelamento.

Gli impianti che utilizzano ammoniaca sono molto complessi; per questo motivo, anche se talvolta l'ammoniaca è usata in impianti di condizionamento di piccole dimensioni e con ciclo frigorifero tradizionale, essa viene prevalentemente utilizzata come fluido frigorifero in miscela con acqua in impianti di refrigerazione ad assorbimento di grandi dimensioni (impianti industriali, supermercati, impianti sportivi ecc.).

Anidride carbonica, CO_2 (R744)

L'*anidride carbonica*, usata come fluido frigorifero soprattutto in passato, è un aeriforme incolore.

Ha un ODP nullo e un GWP trascurabile.

Dotata di elevata densità, può essere aspirata in piccoli volumi con conseguenti minori dimensioni del compressore.

Ha un notevole effetto frigorifero, non corrode i metalli, è incombustibile e, dato che è inodore, è adatta per la conservazione dei prodotti alimentari. D'altra parte, ha elevate pressioni di vaporizzazione e di condensazione.

Anidride solforosa, SO₂

L'*anidride solforosa*, anch'essa usata in passato, è un aeriforme incolore. Presenta bassi valori delle pressioni di esercizio, a tutto vantaggio della costruzione e del funzionamento del compressore. Di odore sgradevole e irritante, ha un basso effetto frigorifero; il volume massico è elevato, per cui occorrono compressori di notevoli cilindrata. In presenza di umidità è corrosiva sull'acciaio: per questo motivo nella costruzione degli impianti frigoriferi che utilizzano anidride solforosa è previsto l'uso del rame.

I freon

I *freon* sono composti alogenati ottenuti dagli idrocarburi metano ed etano. Vengono contrassegnati da un numero, ad esempio Freon 12, Freon 22 ecc. o indicati con la sigla CFC (clorofluorocarburi). Sono incombustibili, inodori, non sono tossici né irritanti, non corrodono i metalli né inquinano i prodotti alimentari; le pressioni di funzionamento richieste sono notevolmente basse.

Il CFC-12 (R12) è stato ampiamente utilizzato nel secolo scorso, fino a quando non è stato vietato assieme a tutti i CFC per l'elevato potere distruttivo dell'ozono atmosferico. È destinato ad avere un uso sempre più limitato anche l'idroclorofluorocarburo HCFC-22 (R22), caratterizzato da un elevato effetto frigorifero volumetrico, anche se attualmente è ancora usato in molte applicazioni di condizionamento e refrigerazione. Il suo valore di ODP è basso (0,05), ma non nullo.

Il cloro, presente nella molecola sia dei CFC sia degli HCFC, è ritenuto l'elemento responsabile della progressiva erosione della barriera di ozono; funziona infatti da catalizzatore nella trasformazione dell'ozono, presente nella stratosfera, in ossigeno.

Recentemente hanno trovato ampia diffusione fluidi frigoriferi costituiti da miscele di idrofluorocarburi HFC. Sono caratterizzati da un indice ODP nullo, ma hanno un elevato GWP, per cui è stata decisa, anche per questi fluidi, la loro graduale eliminazione.

Le idrofluoroolefine HFO hanno un indice ODP nullo e un basso GWP. Sono refrigeranti di nuova concezione utilizzati negli impianti di condizionamento per auto, in applicazioni domestiche, commerciali e industriali. Sono privi di cloro in quanto la loro molecola è composta, come per gli HFC, da idrogeno, fluoro e carbonio.

Idrocarburi, HC: il propano (R290)

Il *propano* è un idrocarburo presente sia come gas naturale sia come prodotto dell'industria del petrolio. È caratterizzato da un ODP nullo e un GWP trascurabile.

Ha un'elevata esplosività; attualmente è utilizzato in impianti frigoriferi con una limitata carica di refrigerante e quindi anche con basso effetto frigorifero.

Gli idrocarburi hanno avuto larga diffusione in ambito sia domestico sia industriale, fino all'entrata in commercio dei CFC e degli HCFC. Dato che non contengono né fluoro né cloro e quindi sono rispettosi dell'ambiente, da qualche tempo in qua è fortemente cresciuto l'interesse nei loro confronti. La quasi totalità degli impianti di refrigerazione domestica attualmente sul mercato utilizza come fluido frigorifero un idrocarburo.

Per far fronte alla normativa europea F-Gas, i produttori di fluidi frigoriferi propongono attualmente nuovi refrigeranti a GWP molto ridotto. Uno di questi è il **difluorometano R32**, un idrofluorocarburo HCFC largamente impiegato nei climatizzatori. L'uso di R32a come gas puro è una novità, ma in realtà è

utilizzato da molti anni nel settore della climatizzazione come componente della miscela refrigerante R410a. Il gas R32a ha un indice GWP molto più basso dell’R410a; ciò significa che ha un impatto ambientale inferiore. Il gas R32 ha un ODP pari a zero: perciò se viene rilasciato in atmosfera non danneggia lo strato di ozono; è a bassa tossicità e a basso livello di infiammabilità.

Applicazioni:
condizionamenti commerciale e domestico, piccoli condizionatori, deumidificatori, pompe di calore, refrigerazione industriale.

Tossicità e infiammabilità dei refrigeranti

Un’ulteriore classificazione dei fluidi refrigeranti viene effettuata in base alla tossicità e all’infiammabilità. La classificazione raccoglie i refrigeranti in un “gruppo di sicurezza”; ciascun refrigerante è individuato da due o tre caratteri alfanumerici, ad esempio B1 o A2L. Il primo carattere, che è una lettera, riguarda la tossicità; il secondo, che è un numero seguito o meno da una lettera, indica l’infiammabilità.

La **Tabella 1** fornisce la classificazione del gruppo di sicurezza dei refrigeranti Standard 34 di ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*).

Ad esempio: l’ammoniaca è classificata come refrigerante **2L** in quanto risulta essere leggermente infiammabile e come refrigerante **B** in quanto risulta essere tossica. L’isobutano è classificato come refrigerante **3** in quanto risulta essere altamente infiammabile e come refrigerante **A** in quanto non risulta essere tossico.

Tabella 1
Classificazione
del gruppo di sicurezza
del refrigerante.

Tossicità		Infiammabilità
bassa tossicità	alta tossicità	
A3 R290 Propano R600a Isobutano	B3	elevata infiammabilità
A2 R152a	B2	moderata infiammabilità
A2L R32	B2L R717 Ammoniaca NH ₃	moderata infiammabilità
A1 R22 R744 Anidride carbonica CO ₂	B1 R123 2,2-Dicloro-1,1,1-trifluoroetano	nessuna propagazione della fiamma