

USO SICURO DELL'ANIDRIDE CARBONICA (CO₂)

SOMMARIO

1. Caratteristiche chimico-fisiche e fisiologiche	2
1.1. Caratteristiche chimiche	2
1.2. Caratteristiche fisiche	2
1.3. Effetti fisiologici	3
2. Caratteristiche del ghiaccio secco	4
3. Misure di sicurezza	4
3.1. Impianti ed ambienti di lavoro	4
3.2. Utilizzo di bombole di anidride carbonica	4
3.3. Utilizzo del ghiaccio secco	7
4. Conclusioni	7

1. CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE E FISILOGICHE

1.1. Caratteristiche chimiche

L’anidride carbonica (formula chimica: CO_2) non è infiammabile e, a condizioni atmosferiche, è chimicamente stabile e inerte ed ha la capacità di ritardare o sopprimere totalmente le reazioni di combustione.

Con determinate sostanze, per esempio ammoniaca o ammine, la CO_2 può essere fortemente reattiva.

La CO_2 si scioglie in acqua formando acido carbonico (H_2CO_3). Quest’ultimo ha una lieve reazione acida ed è corrosivo sull’acciaio al carbonio ed alcuni metalli non ferrosi.

1.2. Caratteristiche fisiche

La CO_2 gassosa, in condizioni atmosferiche, è circa 1,5 volte più pesante dell’aria; tende perciò a stratificare verso il basso, con la possibilità di accumularsi in fosse, cantine o avvallamenti del terreno. In condizioni di stasi, simili accumuli di CO_2 possono permanere anche per molte ore.

La CO_2 si può presentare allo stato solido, liquido, gassoso oppure contemporaneamente in tutte e tre le fasi. Ciò dipende dalla pressione e dalla temperatura. In particolare:

- A condizioni atmosferiche ($P = 1 \text{ bar}$; $T = 25 \text{ °C}$) la CO_2 è gassosa.
- A temperature comprese tra $-56,6$ e $+31,1 \text{ °C}$ e pressioni maggiori a $5,2 \text{ bar}$ la CO_2 si presenta allo stato liquido. A pressione atmosferica, la CO_2 non può esistere allo stato liquido.
- A temperature sotto i $-56,6 \text{ °C}$ la CO_2 si presenta sempre allo stato solido.
- Solo al cosiddetto *punto triplo* ($T=-56,6 \text{ °C}$, $P=5,2 \text{ bar}$) coesistono contemporaneamente tutte e tre le fasi (solida, liquida e gassosa).

Possono avere luogo dei *passaggi tra le fasi liquida, solida e gassosa*.

All’interno delle bombole, la CO₂ è presente allo stato liquido, o meglio, “liquefatta sotto pressione”: infatti nelle bombole, mantenute alla temperatura ambiente di 20 °C, la pressione è circa 57 bar.

Se sulla bombola è applicato un riduttore, che porta la pressione dalla CO₂ in uscita ad valore inferiore a 5,2 bar, si otterrà CO₂ gassosa.

La vaporizzazione del liquido porta ovviamente ad un forte aumento di volume. Ad esempio, espandendo 1 kg di liquido fino alla pressione atmosferica, si otterranno circa 550 litri di gas.

Dalla bombola, in determinate condizioni, è anche possibile prelevare direttamente CO₂ liquida.

Infine, se la CO₂ durante il prelievo subisce una forte ed improvvisa espansione (ad esempio passando direttamente dalla bombola all’atmosfera), allora si raffredda intensamente, formando una miscela CO₂/gas e CO₂/solida (neve carbonica).

1.3. Effetti fisiologici

Inalazione

La CO₂ gassosa è inodore, insapore ed incolore. Perciò è **praticamente impercettibile** per gli organi sensoriali umani.

L’aria che respiriamo contiene circa lo 0,03% di CO₂, che, a questa concentrazione, è di vitale importanza, poiché stimola il nostro apparato respiratorio e regola la velocità di respirazione. Un aumento di CO₂ provoca un aumento del ritmo respiratorio.

Si possono avere problemi di intossicazione respirando per più di 8 ore un’aria contenente più di 5000 ppm (0,5 %) di CO₂. Se la concentrazione cresce fino a 15000 ppm (1,5 %) si possono manifestare problemi già dopo 10 minuti.

Nonostante questo, l’uomo non riesce ad accorgersi da solo dell’aumento del ritmo respiratorio finché la CO₂ non arriva al 2%: a tali livelli si avvertono già mal di testa e perdita di concentrazione.

A livelli più alti, intorno al 10%, la CO₂ può causare asfissia e paralisi dei centri respiratori, anche se la quantità di ossigeno nell’aria è ancora superiore al 19% e quindi sufficiente per la respirazione.

L’effetto dannoso per l’organismo di alte concentrazioni di CO₂ non è quindi dovuto alla mancanza di ossigeno ma direttamente all’azione dell’anidride carbonica.

Respirare un’atmosfera ancora più ricca di anidride carbonica può causare un’immediata perdita di coscienza e morte.

Alcuni sintomi dell’asfissia possono essere respirazione affannosa, affaticamento, nausea vomito e cianosi.

Per questo è consigliabile che negli ambienti di lavoro non venga mai superata la soglia massima di concentrazione di CO₂ dello 0,5%.

Contatto con la pelle

Se la CO₂ liquida viene a contatto con la pelle, a causa della bassa temperatura può causare **ustioni da freddo**. Le parti sensibili del corpo particolarmente esposte, come per esempio gli occhi e le mani, sono particolarmente a rischio.

Le ustioni da freddo, se estese, possono risultare mortali. Bisogna quindi prestare la massima attenzione quando si lavora con CO₂ liquida. A questo proposito può essere utile consultare anche la Raccomandazione di Sicurezza: ‘*Ustioni e congelamenti per contatto con liquidi criogenici*’.

2. CARATTERISTICHE DEL GHIACCIO SECCO

Dalla CO₂ liquida, a seguito di rapida espansione, si produce il cosiddetto 'ghiaccio secco', costituito da CO₂ solida pressata che, a pressione atmosferica, ha una temperatura di -79 °C.

In seguito a riscaldamento, se si mantiene una pressione costante e pari a quella atmosferica, esso passa direttamente dalla fase solida alla fase vapore (si dice che 'sublima').

Da 1 kg di ghiaccio secco si formano, a seconda del grado di compressione, 300÷400 litri di CO₂ gassosa. Perciò se il ghiaccio secco fosse fatto evaporare in un contenitore ermetico, in esso si otterrebbe un notevole aumento di pressione.

3. MISURE DI SICUREZZA

3.1. Impianti ed ambienti di lavoro

È importante ripetere che è molto pericoloso respirare elevate concentrazioni di anidride carbonica.

Per evitare che in atmosfera si formino elevate concentrazioni di CO₂, si raccomanda di seguire le indicazioni che seguono:

- Gli impianti di CO₂ devono essere a tenuta. **Eliminare immediatamente eventuali perdite.**
- Gli scarichi di CO₂ provenienti da valvole di sicurezza e da eventuali sfiati devono essere convogliati in appositi collettori e portati all'esterno.
- Tutti gli ambienti chiusi in cui vi siano impianti che utilizzano CO₂ devono essere dotati di un sistema di aerazione efficiente.
- Non accedere a zone dove potrebbe essersi accumulata CO₂, se non si è muniti di autorespiratori. Ciò vale anche, a maggior ragione, se nell'ambiente ci sono persone ferite o che necessitano di pronto soccorso.
- In caso di un'improvvisa fuoriuscita di CO₂ in ambienti chiusi (soprattutto in cantine contenenti vino o birra), tali ambienti devono essere immediatamente abbandonati.
- Estintori a CO₂ possono essere messi in funzione solo dopo aver fatto allontanare tutte le persone presenti nell'ambiente.
- **Ogni ambiente in cui l'anidride carbonica può diffondere** passando attraverso canali, aperture nelle pareti, impianti di aerazione o di condizionamento, **deve essere considerato pericoloso e trattato come tale.**

3.2. Utilizzo di bombole di anidride carbonica

Il travaso di anidride carbonica da una bombola all'altra è molto rischioso e deve essere eseguito da personale autorizzato ed adeguatamente addestrato.

Infatti:

- Le bombole da riempire devono possedere determinate caratteristiche e soltanto personale specializzato è in grado di valutare se una bombola può essere riempita.
- È assolutamente necessario effettuare una pesatura sia prima che durante la fase di riempimento, per controllare e limitare la quantità immessa nella bombola. Le normative vigenti infatti stabiliscono un massimo grado di riempimento dei recipienti di CO₂, al fine di garantire che la pressione nella bombola non raggiunga mai la pressione di prova. Se il fattore di riempimento venisse superato, un riscaldamento anche minimo provocherebbe un notevole aumento di pressione nelle bombole. Si pensi ad esempio che una bombola di CO₂, se riempita al massimo, potrebbe scoppiare anche solo se riscaldata da raggi solari.

Quindi, per evidenti ragioni di sicurezza, si sconsiglia vivamente ai nostri clienti il travaso di anidride carbonica.

Misura del livello di riempimento

Lo stato di riempimento di una bombola di CO₂ non può essere stabilito attraverso misure di pressione ma solo tramite pesatura, in quanto la pressione in una bombola di CO₂ dipende solo dalla temperatura.

Esempio:

A 20 °C, la pressione è di 57 bar.

Una bombola di CO₂ quasi vuota, fino a che contiene del liquido, a 20 °C ha una pressione di 57 bar.

Umidità

Bisogna porre particolare attenzione nel tenere l’umidità lontana dalle bombole di CO₂: l’anidride carbonica reagisce con l’acqua formando acido carbonico (H₂CO₃), che esercita un’azione corrosiva sull’acciaio al carbonio (materiale di cui sono costituite le bombole di CO₂).

La corrosione dell’acciaio comporta una diminuzione dello spessore della bombola e, di conseguenza, una pericolosissima diminuzione della resistenza delle pareti della bombola.

Per questo motivo sia l’acqua che i liquidi acquosi (birra, bibite, ecc.) devono essere tenuti lontano dalle bombole di CO₂.

Non eseguire il riempimento prima di aver verificato che non vi sia liquido all’interno della bombola. Anche gli utenti dovrebbero fare attenzione che nessun liquido penetri nella bombola, in tal modo contribuirebbero, insieme a Linde, a salvaguardare la loro personale sicurezza.

Per evitare che l’umidità entri nelle bombole di CO₂, sarebbe sufficiente porre in atto le seguenti misure di cautela:

- non svuotare completamente le bombole, mantenendo sempre all’interno una pressione residua positiva (almeno pari a 2 bar);
- richiudere sempre le valvole delle bombole, dopo lo svuotamento.

Valvole

Le valvole montate sulle bombole di CO₂ sono dotate di *disco di rottura*, che rappresenta un dispositivo di sicurezza contro la sovrappressione. Questo dispositivo non deve essere assolutamente manipolato, per evitare un’indesiderata e pericolosa fuoriuscita del prodotto.

Tubo “pescante”

Esistono due tipi distinti di bombole per CO₂, con o senza tubo pescante. L’utilizzo di una bombola con o senza tubo pescante dipende dall’utilizzo finale del prodotto; è pertanto necessario stabilire se per l’utilizzo finale serve CO₂ gassosa, liquida o solida:

- A. Se è necessaria anidride carbonica allo **stato gassoso**, ad esempio per addizionarla alle bevande, deve essere usata una bombola senza tubo pescante e dotata di un riduttore di pressione.
- B. Se è necessario impiegare anidride carbonica allo **stato solido o liquido** (per esempio per scopi di raffreddamento) deve essere usata una bombola con tubo pescante. In questo caso il riduttore di pressione non va usato e bisogna controllare la velocità di fuoriuscita, così che la presenza di ‘neve’ carbonica non provochi ostruzione.

3.2.1. Prelievo da bombole di CO₂ con pescante

Le bombole CO₂ con pescante hanno al loro interno un tubo flessibile che parte dalla valvola, a cui è collegato, ed arriva fino alla base della bombola.

Da una bombola con pescante (posta in posizione verticale) viene prelevata soltanto CO₂ liquida.

- Le bombole con pescante si contraddistinguono per le seguenti particolarità:
 - Sono contrassegnate sull’ogiva con il simbolo ‘P’.

- Non vanno equipaggiate con riduttore di pressione: se ci fosse un riduttore, la CO₂ liquida, a seguito della brusca caduta di pressione che si verifica a valle del riduttore stesso, si trasformerebbe in ‘neve carbonica’, ostruendone il passaggio.
- Il prelievo di CO₂ liquida deve essere sempre effettuato mantenendo la bombola in posizione verticale, per garantire che l’estremità del tubo pescante rimanga sotto il livello del liquido. Solo con questa precauzione quasi tutto il contenuto della bombola può essere prelevato in forma liquida.
- Da una bombola con pescante l’anidride carbonica liquida viene prelevata alla stessa pressione a cui si trova all’interno della bombola. Tale pressione, come abbiamo già visto, può variare da 57 a 250 bar a seconda della temperatura. È consigliabile pertanto che le apparecchiature poste a valle del prelievo siano dimensionate per la massima di dette pressioni, oppure che siano dotate di opportune sicurezze.
Sarebbe per esempio molto rischioso se una bombola con pescante venisse collegata direttamente ad una botte di birra. La botte di birra infatti non sopporterebbe una pressione pari a quella che si trova nella bombola, potrebbe quindi scoppiare.
- Tutti i tratti di tubazione per CO₂ liquida comprese tra due valvole debbono essere provvisti di valvole di sicurezza per scaricare il prodotto. Ciò è essenziale perché se vi rimanesse intrappolata della CO₂ liquida, questa, evaporando, genererebbe una sovrappressione con conseguente pericolo di scoppio.
- Le bombole con pescante sono richieste anche quando si desidera utilizzare CO₂ solida, per esempio per il raffreddamento di generi alimentari. La ‘neve carbonica’ può essere pericolosa perché, se viene a contatto con l’epidermide, può causare ustioni da freddo; durante l’utilizzo è pertanto necessario utilizzare idonei dispositivi di protezione per gli occhi e per la pelle. Prestare inoltre molta attenzione al fatto che la ‘neve carbonica’ potrebbe ostruire la manichetta di prelievo: in tal caso non bisogna assolutamente dare bruschi colpi alla manichetta, per evitare un rapido scioglimento del blocco di neve, con il rischio di causare una rapida ed improvvisa espansione e lo scoppio della manichetta che potrebbe ferire seriamente persone e danneggiare gli oggetti circostanti.
- Un pericolo per il quale si raccomanda la massima attenzione è quello che può derivare dall’utilizzo di CO₂ per l’inertizzazione di gas o vapori combustibili. In una miscela composta da CO₂ gassosa / CO₂ solida / gas combustibili i fiocchi di neve di CO₂ si potrebbero caricare elettrostaticamente e originare scintille, che, a loro volta, potrebbero innescare la miscela gas combustibili / aria. Perciò si raccomanda di evitare di soffiare la CO₂ in una nuvola di gas o vapori infiammabili. Questa importante indicazione vale sia che si utilizzino bombole con pescante che senza pescante.

3.2.2. Prelievo da bombole di CO₂ senza pescante

Nel caso di bombole senza pescante l’anidride carbonica viene prelevata direttamente dalla testa della bombola e fuoriesce in forma gassosa.

Un’importante applicazione delle bombole senza pescante è il settore delle bevande da aggiungere di anidride carbonica.

Aperto la valvola della bombola, all’interno la pressione si riduce, costringendo continuamente la CO₂ liquida ad evaporare per riportare la pressione al valore di equilibrio.

Le bombole per CO₂ senza pescante sono di regola equipaggiate con un riduttore di pressione, per far sì che la pressione scenda dal valore esistente all’interno a quello idoneo all’utilizzo finale.

Le bombole senza pescante devono essere posizionate in verticale: in una bombola in posizione orizzontale la CO₂ liquida potrebbe venire a contatto con il dispositivo di prelievo causandone l’intasamento con ‘neve carbonica’.

Il fattore che limita la capacità di prelievo dalla bombola senza pescante è la velocità di evaporazione della CO₂ liquida. L’evaporazione avviene con assorbimento di calore dall’ambiente circostante esiste la possibilità che la bombola, e soprattutto la valvola, ghiaccino, compromettendo gravemente la funzionalità della valvola stessa.

Per evitare questo inconveniente e per avere una maggiore disponibilità di CO₂ si consiglia di utilizzare più bombole in parallelo, oppure di riscaldare la bombola (non sopra i 50°C) immergendola in acqua calda.

In nessun caso la bombola può essere riscaldata con l’ausilio di fiamma localizzata.

3.3. Utilizzo del ghiaccio secco

Il *ghiaccio secco* necessita di particolari misure di sicurezza e questo sia per la sua temperatura molto bassa (-78 °C a pressione ambiente) sia per il fatto che tende a sublimare originando CO₂ gassosa (ciò può provocare un pericoloso aumento di anidride carbonica nell'aria).

È importante tenere presente le seguenti raccomandazioni ed avvertenze:

- Il ghiaccio secco non è commestibile: non va inghiottito e tanto meno messo direttamente nelle bevande; il freddo e la pressione potrebbero causare al corpo umano gravi conseguenze.
- Il ghiaccio secco deve essere tenuto **lontano dalla portata dei bambini**.
- A causa della bassa temperatura, **il ghiaccio secco non deve essere manipolato a mani nude**. Utilizzare guanti o pinze per proteggersi da ustioni da freddo. Anche gli occhi devono essere adeguatamente protetti con occhiali.
- Il ghiaccio secco **non deve essere riposto o trasportato in contenitori ermetici**. La pressione che si originerebbe dalla sublimazione della CO₂ potrebbe far scoppiare il contenitore.
- Il ghiaccio secco **può essere trasportato solo in contenitori idonei** allo scopo.
- Le persone possono accedere agli ambienti dove viene stoccato il ghiaccio secco solo se questi **locali sono sufficientemente aerati** così da garantire che la CO₂ vaporizzata venga totalmente smaltita.

4. CONCLUSIONI

L'uso sicuro dei gas è possibile soltanto se si conoscono bene le specifiche proprietà di ciascuno di essi, e i pericoli a cui si va incontro in mancanza di opportune precauzioni.

Ad esempio, l'esposizione ad anidride carbonica può avere effetti dannosi per l'uomo, ma se usata adeguatamente può servire ad estinguere gli incendi: è pertanto necessaria una perfetta conoscenza delle proprietà dell'anidride carbonica e delle corrette modalità di utilizzo, per evitare rischi per la salute.