

ABBATTIMENTO AD UMIDO DEL PARTICOLATO

L'abbattimento ad umido viene generalmente utilizzato per separare dall'aria gas, vapori o particelle solide: mentre le polveri sono separate per effetto dell'impatto fisico con l'acqua, i gas e i vapori vengono separati efficacemente, solo se sono solubili nel liquido utilizzato per l'abbattimento e che generalmente è acqua.

Gli abbattitori ad umido, detti anche scrubber, possono essere realizzati secondo diverse tipologie impiantistiche che si differenziano tra loro per le modalità di contatto tra aria e fluido di abbattimento: particelle con diametro superiore a 20 micron vengono abbattute con buone efficienza, mentre per l'abbattimento di polveri più fini è necessario ricorrere ad altri sistemi o modificare opportunamente le torri di abbattimento.

L'abbattimento di gas o vapori è basato sulla solubilità di questi nel fluido d'abbattimento, pertanto viene favorita aumentando la superficie di contatto tra fase liquida e fase gassosa, mediante inserimento di piatti che suddividono il flusso idrico o mediante opportuni ugelli di spruzzatura.

Poiché per avere un efficace abbattimento, aumentando la superficie di contatto tra le fasi, è necessario che la fase liquida sia tenuta in agitazione, è possibile che si creino trascinalenti di goccioline nell'aria in uscita, con conseguente peggioramento della qualità del flusso, ma anche con possibilità di sporcamento dei condotti e in particolari condizioni anche di fenomeni di corrosione: per evitare questo è necessario prevedere un opportuno separatore (demister).

La necessità di mantenere i fluidi in agitazione incide sull'energia necessaria per il processo: per qualsiasi tipo di particella da abbattere l'efficienza sarà tanto maggiore quanto più alta è l'energia impiegata per la movimentazione delle due fasi e quindi quanto maggiori sono le perdite di carico del sistema. L'energia impegnata per unità di portata di aria trattata porta a dividere formalmente gli scrubber in tre categorie

	0,60 kw/ 1000 Nmc/h	1,75 kw/ 1000 Nmc/h
Bassa energia	Media energia	Alta energia

Questo comporta che per aumentare l'efficienza devono aumentare i costi di esercizio del sistema sia come costi energetici che di manutenzione.

Inoltre il prodotto dell'abbattimento è un materiale fangoso che impedisce il riutilizzo diretto della polvere separata e che richiede un trattamento specifico, con i conseguenti relativi costi.

Se gli scrubber vengono utilizzati per l'abbattimento delle polveri da fumi caldi si ottiene anche il raffreddamento dei fumi, ma in funzione della temperatura finale ottenuta è facile che si abbia la formazione del "pennacchio" bianco e la ricaduta di goccioline di condensa nell'area circostante.

L'efficienza di abbattimento in relazione alla dimensione delle polveri è una caratteristica del particolare dispositivo definita come dimensione di *cut off*: è la dimensione caratteristica del dispositivo di separazione (foro sul piatto, passaggio nel riempimento, ecc...) che permette di trattenere il 50% delle particelle di un certo diametro.

Di seguito si descrivono gli impianti **torri di lavaggio** e **lavatori venturi**

Torri di lavaggio

Descrizione tecnica

Si tratta di reattori a colonna all'interno dei quali diversi possibili dispositivi, come piatti forati o corpi di riempimento fissi o mobili sono utilizzati per massimizzare il contatto tra le due fasi.

Nel dispositivo a piatti la fase liquida scende nella colonna distribuendosi su una serie di piatti forati e incontra in controcorrente la fase gassosa che sale: sui piatti gas e liquido si incontrano e si

realizza la depurazione, in quanto le polveri bagnate vengono trattenute dal liquido e i gas eventualmente presenti, gorgogliando all'interno dello strato di liquido, si dissolvono in funzione delle condizioni termodinamiche locali.

Il numero di fori per piatto può arrivare a diverse migliaia per metro quadrato e la portata di acqua viene generalmente mantenuta a 0,2 – 0,5 litri / mc di effluente gassoso da trattare; l'efficienza di abbattimento è discreta anche per particelle di piccole dimensioni ed aumenta al diminuire del diametro dei fori. I fori sui piatti possono essere semplici o dotati di campanella, ovvero appena sopra l'uscita del foro è presente un disco deviatore che riceve l'impatto del gas da trattare facilitando la separazione delle polveri; i deviatori devono trovarsi sempre sotto il livello del liquido sul piatto in modo da essere costantemente dilavati ed impedire accumuli di solido.

L'efficienza di abbattimento in relazione alle dimensioni delle particelle dipende dalle dimensioni dei fori sul piatto: ciò significa che una volta dimensionata una colonna con un certo numero di piatti e individuato il numero di fori per mq (diametro di cut off) ottimale per l'abbattimento delle particelle di una certa dimensione, l'aggiunta di un ulteriore elemento non porta a significativi aumenti dell'efficienza di abbattimento. Questo fatto pone dei limiti alla validità della soluzione che pone gli scrubber in serie.

Tra i tipi di piatti prima citati per l'abbattimento delle polveri è più comunemente usato il piatto forato, mentre i dispositivi a campanella sono utilizzati per la separazione di gas, perché ottimizzano il contatto gas – liquido.

E' necessario evitare che sui piatti si formino incrostazioni sia perché peggiora l'efficienza sia perché si rovinano gli elementi di separazione. Pertanto è necessario evitare che le polveri aderiscano ai piatti effettuando frequenti manutenzioni.

Le torri a riempimento fisso sono dei reattori contenenti strati di corpi di riempimento trattenuti da griglie oppure pacchi porosi appositamente costruiti: le fasi liquida e gassosa possono miscelarsi in equicorrente o in controcorrente. Il sistema è utilizzato principalmente per la separazione dei gas, ma può essere utilizzato anche per l'abbattimento delle polveri: le particelle di polvere si sparano per effetto delle forze centrifughe dovute alle brusche variazioni di percorso del gas che passa attraverso le porosità del pacco e per impatto sul film di liquido che bagna la superficie del pacco e che trascina via il particolato raccolto.

La dimensione media dei passaggi nei corpi di riempimento definisce l'efficienza di abbattimento delle polveri: impaccamenti con passaggi di 25 mm hanno una dimensione di cut off di 1,5 micron, ovvero trattengono la metà delle particelle di quella dimensione presenti e trattengono con efficienza maggiore le particelle con dimensioni superiori a 1,5 micron, dimezzando la dimensione del passaggio si dimezza il cut off delle particelle, ma come svantaggio aumenta la possibilità di otturazione dei passaggi. Per questo le torri a riempimento trovano applicazione solo per il trattamento di effluenti con basse concentrazioni di polveri o per trattenere liquidi (aerosol).

Il materiale costitutivo dei riempimenti può essere plastica, ceramica, vetro o metallo in funzione delle caratteristiche chimiche e chimico – fisiche del fluido (presenza di composti corrosivi, temperatura, ecc..).

Un sistema alternativo di torri a riempimento è quello che utilizza un letto fluido: i corpi di riempimento sono di materiale a bassa densità in modo tale che il gas fluendo dal basso verso l'alto con opportuna velocità mantenga i corpi in sospensione e agitazione, mentre il liquido in caduta si disperde su di essi, trascinando le particelle abbattute.

Il sistema funziona con buona efficienza, ma richiede molta attenzione nel dimensionamento alle condizioni fluidodinamiche che si instaurano nel dispositivo.

Un'altra tipologia di torre è lo scrubber a spruzzo, ovvero una camera all'interno della quale ugelli a pressione opportunamente posizionati distribuiscono la fase liquida sul gas da lavare.

Una efficace cattura delle polveri viene garantita dalle opportune dimensioni e velocità delle gocce prodotte: questa si realizza mediante atomizzatori a pressione, nei quali il liquido viene compresso contro una uscita con fori di dimensioni microscopiche in modo tale che oltre a formarsi gocce di dimensioni molto ridotte queste assumono una energia cinetica molto elevata. Al crescere della pressione si riducono le dimensioni delle gocce ed aumenta la loro energia cinetica: la pressione

da utilizzare pertanto dipende dalle dimensioni delle particelle di polvere da abbattere, per particelle con diametri di 10 micron bastano poche atmosfere, mentre per particelle di dimensioni dieci volte minori occorrono pressioni di 40 – 50 atmosfere.

A parità di volume di gas da trattare la resa di abbattimento aumenta con l'aumentare della portata del liquido di lavaggio. Le perdite di carico sono generalmente più basse di quelle dei sistemi precedentemente descritti.

Questo sistema a differenza di quelli con un riempimento, non teme otturazione, ma realizza modeste efficienze di abbattimento e richiede alti consumi di energia per atomizzare lo spruzzo. Il liquido risultante dall'abbattimento non può essere ricircolato perché provocherebbe intasamento e corrosione degli ugelli.

1. Temperatura	40 °C.
2. Tempo di contatto	Almeno 1 s per reazione acido/base
	Almeno 1.5 s per reazioni di ossidazione o per trasporto di materia solubile nel fluido abbattente.
3. Perdite di carico	300 mm. c.a.
4. Portata minima	1.2 mc ´ 1000 mc di effluente gassoso
5. Tipo di nebulizzazione	Spruzzatori nebulizzatori da 10 micron con raggio di copertura sovrapposto del 30%
6. Altezza di ogni stadio (minimo 1)	700 mm
7. Tipo di fluido abbattente	Acqua o soluzione specifica
8. Apparecchi di controllo	indicatore di livello e rotometro per la misura della portata del fluido liquido

Caratteristiche aggiuntive

- a) un misuratore di pH e di redox per le eventuali sostanze ossido riducenti;
- b) almeno uno stadio di riempimento di altezza > 700 mm;
- c) almeno 2 piatti in sostituzione del riempimento o solo 1 se in aggiunta ad uno stadio di riempimento;
- d) vasca di stoccaggio del fluido abbattente atta a poter separare le morchie;
- e) materiale costruttivo idoneo alla corrosione ed alle temperature;
- f) dosaggio automatico dei reagenti;
- g) reintegro automatico della soluzione fresca abbattente;

Campi di applicazione e limiti di operatività

Le torri di lavaggio trovano applicazione nell'abbattimento di gas, polveri, aerosols e nebbie.

Per l'abbattimento delle polveri il limite risiede nella dimensione delle particelle, mentre per l'abbattimento dei gas il limite risiede nella solubilità di questi nel liquido di abbattimento che in genere è acqua.

Si tratta di impianti relativamente semplici, ma nel caso di abbattimento delle polveri richiedono una frequente manutenzione al fine di evitare intasamenti e incrostazioni (soprattutto nei dispositivi a piatti e a riempimento letto fisso)

Abbattimento COV solubili nel fluido abbattente, CIV, polveri e nebbie in bassa concentrazione e sostanze odorigene

- operazioni di cottura di materiali calcarei
- operazioni di fusione di materiali metallici e combustione di materiali solidi e liquidi;
- operazioni su materiale plastico flessibile e/o semirigido
- operazioni di spalmatura di poliuretani od altri prodotti in DMF
- operazioni di trattamento superficiale di natura chimica, elettrochimica e galvanica
- operazioni di finissaggio tessile come termofissaggio, gasatura, bruciapelatura, candeggio, stampa su tessuti

- operazioni di espansione di materiali plastici
- operazioni di miscelazione, dissoluzione, reazioni di liquidi e liquidi/solidi eseguite nell'industria chimica, farmaceutica, vernici, collanti (impianto posto in linea con altri)
- operazioni generiche dove sono generate COV solubili e CIV in forma di gas e/o vapori solubili nel fluido abbattente

Efficienza di abbattimento

L'efficienza di abbattimento dipende dalla dimensione delle polveri: è alta per particelle di grandi dimensioni, mentre per particelle di dimensioni ridotte è necessario adottare particolari condizioni operative e comunque risulta un alto rischio di intasamento.

L'indicatore più diretto dell'efficienza del sistema è l'opacità del flusso d'aria in uscita: tanto più l'emissione si presenta opaca, tanto più è probabile sia contaminata da particolato o da composti chimici di varia natura. Comunque, dato che il flusso emesso è solitamente molto vicino alla saturazione, la presenza di umidità condensante può rendere difficile l'osservazione.

Un ottimo indicatore è la differenza di temperatura fra l'entrata e l'uscita dello scrubber. Il flusso d'aria trattato con il liquido di lavaggio subisce inevitabilmente un raffreddamento; se la temperatura all'uscita si presenta più alta del normale allora è molto probabile che sia diminuita anche l'efficienza di abbattimento, magari a causa di una diminuzione nella portata del liquido non accompagnata da una proporzionale diminuzione della portata del flusso d'aria da depurare. Se queste portate vengono monitorate in modo sistematico, durante l'ispezione si dovrebbero confrontare i valori rilevati con quelli di riferimento.

Indicazioni indirette di una diminuzione di portata del liquido utilizzato per l'abbattimento degli inquinanti includono la diminuzione della pressione nella pompa di scarico o un aumento di pressione nei condotti che portano agli spruzzatori, dovuto di solito all'intasamento dei diffusori.

Altro parametro da controllare è il pH dell'acqua in entrata ed in uscita. Un pH in entrata sopra il 10 può comportare un accumulo di incrostazioni che possono ostruire gli spruzzatori, il letto di riempimento ed i piatti riducendo così la portata del liquido ed ostacolando il contatto fra la fase gassosa e quella liquida. Il pH in uscita sotto il 6 può comportare una grave corrosione delle componenti in metallo.

Da ultimo si controlla la caduta di pressione nei diversi punti.

Un aumento nella caduta di pressione lungo il letto di un sistema a piatti o a corpi di riempimento può indicare l'intasamento del letto o dei piatti. Un aumento nella caduta di pressione in uno scrubber venturi può essere causato da un aumento della portata del liquido o da un'errata regolazione della valvola che determina l'apertura della sezione variabile dello scrubber (in pratica è stata chiusa troppo).

Una diminuzione della caduta di pressione lungo uno scrubber a piatti può indicare la rottura o il collasso dei piatti, mentre in uno scrubber venturi può essere causato da una diminuzione della portata del liquido o dall'apertura eccessiva della sezione variabile.

L'incremento della caduta di pressione nei demister di solito è dovuto ad un accumulo di materiale sulle superfici, cosa che fa avvicinare le aperture attraverso cui deve passare l'emissione. Questo accumulo causa così un aumento della velocità delle emissioni e spesso comporta un convogliamento delle goccioline aerodisperse all'esterno.

Al contrario, una diminuzione nella caduta di pressione può indicare un cedimento strutturale.

L'efficienza di questi dispositivi può comunque essere facilmente rilevata osservando il camino e le aree adiacenti. Se è presente all'emissione una caduta di goccioline o se si vedono dei rigagnoli o delle scoloriture attorno al camino, allora sicuramente vi sono dei problemi che devono essere risolti.

Costi di investimento e di esercizio

I costi di investimento corrispondono approssimativamente a quelli delle torri di lavaggio dei gas (vedi tecnica di assorbimento).

I costi di esercizio dipendono dall'energia necessaria per la movimentazione dei fluidi, dalle manutenzioni ordinarie e dalla necessità di trattare quanto risulta dall'abbattimento delle polveri.

Vantaggi e svantaggi nell'utilizzo, anche in termini di impatti sulle altre componenti ambientali

Il principale vantaggio di questi sistemi sta nella semplicità, tuttavia in casi molto limitati questo sistema può essere adottato come unico sistema di abbattimento, generalmente ha una funzione di primo stadio e richiede un trattamento successivo (ad esempio con filtri elettrostatici).

Inoltre l'abbattimento ad umido limita la possibilità di recupero di materia, dal materiale abbattuto, portando alla generazione di un rifiuto e comporta consumi di acqua.

Torri di lavaggio venturi

Descrizione tecnica

Negli scrubber Venturi il mescolamento della fase liquida e gassosa avviene imprimendo al gas da trattare una energia tale che per impatto sulla fase liquida dilavante porti alla generazione di gocce minute.

Per realizzare la dispersione del liquido all'interno dell'aria da trattare è necessario imprimere al gas una grande energia: questo viene realizzato in reattori nei quali varia in sequenza il diametro del condotto: la tubazione di adduzione del gas infatti va restringendosi verso una zona di diametro minimo (la gola) oltre la quale inizia di nuovo ad allargarsi. All'interno della gola il gas raggiunge la massima velocità e per impatto con il liquido lo atomizza: come per i sistemi precedenti vale la regola che più piccole sono le particelle da abbattere più spinta deve essere l'atomizzazione, maggiore deve essere l'energia impressa al gas.

Alla base del reattore viene raccolto il liquido di lavaggio, mentre a valle del venturi è presente un ciclone per l'abbattimento dei trascinalenti di liquido.

La velocità del gas nella gola determina anche le perdite di carico del sistema: a basse perdite di carico, ovvero a basse velocità nella gola, corrispondono basse efficienze di abbattimento.

La portata del liquido può andare da 1 a 10 litri/Nmc, anche se i valori più alti sono assunti solo in casi particolari.

L'impiego di spruzzatori di liquido ad alta pressione può diminuire l'energia necessaria per muovere il gas attraverso il venturi.

Tra i dispositivi di lavaggio, le torri venturi sono quelle che a parità di semplicità costruttiva e di costo di investimento permettono una discreta efficienza di abbattimento senza risentire di problemi di intasamento dei condotti.

Le prestazioni dipendono dalle dimensioni delle particelle dalla velocità del liquido nella gola e dal rapporto tra le portate di liquido e gas: la valutazione viene fatta sulla base di diagrammi nei quali è fissato il rapporto tra le portate

Per dimensionare il sistema in funzione del diametro minimo delle particelle da separare si utilizzano le curve di cut – off, ovvero diagrammi in cui in relazione al rapporto tra le portate di liquido e di gas, viene definita, per una certa velocità assunta nella gola, la variazione del diametro di cut off.

Le curve di efficienza sono rappresentate su un diagramma in cui si vede la variazione dell'efficienza di rimozione per diverse perdite di carico: da questi diagrammi si vede ad esempio che con particelle dell'ordine di 0,3 micron l'efficienza di abbattimento va da 10% con perdite di carico dell'ordine dei 250 mm di colonna d'acqua a 94% per perdite di carico otto volte maggiori. Per particelle di dimensioni superiori a 3 micron l'efficienza di abbattimento è sempre superiore al 90% anche per minime perdite di carico.

1. Temperatura	40 °C.
2. Velocità di attraversamento effluente gassoso nella gola	10 m/s
3. Perdite di carico nella gola venturi	200 mm. c.a.
4. Tipo di fluido abbattente	Acqua o soluzione specifica
5. Perdita di carico totale	300 mm c.a.
6. Portata del fluido abbattente	1.5 mc ´ 1000 mc
7. Tipo di nebulizzazione per la parte statica dello scrubber	Spruzzatori nebulizzatori da 10 micron con raggio di copertura sovrapposto del 30%
8. Tempo di contatto	1 s per le reazioni acido base e almeno 1.5 per le reazioni di ossidazione nella torre statica.
9. Apparecchi di controllo	Pressostato differenziale, pHmetro e misuratore redox,
10. Ulteriori apparati	Separatore di gocce
11. Caratteristiche minime della torre statica	a) rotometro per misurare la portata b) almeno uno stadio di riempimento di altezza minima di 700 mm. c) almeno 2 piatti in sostituzione del riempimento d) vasca di stoccaggio del fluido abbattente atta a separare le morchie e) materiale costruttivo idoneo alla corrosione ed alle temperature alte o molto basse

Campi di applicazione e limiti di operatività

L'uso di questi dispositivi nel tempo è diminuito a favore di sistemi come i filtri a maniche che permettono rese maggiori con minori perdite di carico.

Sistema di abbattimento per COV solubili nel fluido abbattente, CIV, polveri e nebbie nelle seguenti operazioni

- operazioni di stoccaggio, movimentazione, trasporto pneumatico, miscelazione, pesatura e confezionamento di materiali solidi con granulometria 20 micron.
- operazioni di cottura di materiali calcarei
- operazioni di fusione di materiali metallici e combustione di materiali solidi e liquidi
- operazioni su materiale plastico flessibile e/o semirigido
- operazioni meccaniche con uso di oli minerali
- operazioni di trattamento superficiale di natura chimica, elettrochimica e galvanica
- operazioni di finissaggio tessile come termofissaggio, gasatura, bruciapelatura, candeggio, stampa su tessuto
- operazioni di finitura di pelli con prodotti in fase acquosa
- operazioni di espansione di materiali plastici
- operazioni di smaltimento rifiuti mediante combustione termica
- operazioni di essiccazione materiale solido e atomizzazione di soluzioni e/o emulsioni
- operazioni di trattamento di effluenti da industria farmaceutica con COV e/o CIV solubili nel fluido abbattente
- operazioni di adeguamento volumetrico di materiale solido come rifiuti, materiale plastico di scarto e di altri tipi di materiale;
- operazioni non espressamente indicate dove sono generati COV, CIV ed aerosol-nebbie e polveri;

Questa tipologia di abbattitore può essere utilizzata a valle di sistemi meccanici i quali hanno un ruolo di pretrattamento.

Efficienza di abbattimento

Come si evince dalle curve di efficienza, per diametri inferiori al micron l'efficienza massima raggiungibile è 95 – 96% con velocità del gas che creano perite di carico di 2000 mm di colonna d'acqua.

Come per il sistema precedente i parametri di controllo dell'efficienza sono:

- l'opacità del flusso d'aria in uscita
- la differenza di temperatura fra l'entrata e l'uscita dello scrubber
- la diminuzione della pressione nella pompa di scarico o un aumento di pressione nei condotti che portano agli spruzzatori,
- il pH dell'acqua in entrata ed in uscita,
- la caduta di pressione nei diversi punti.

Costi di investimento e di esercizio

Il sistema è più costoso delle semplici torri di lavaggio, essendo il dispositivo più complesso e costituito da materiali più resistenti.

Il costo di esercizio dipende dal consumo di fluido di abbattimento, dall'energia che sostiene il trattamento e dalla manutenzione controllo ordinari.

Vantaggi e svantaggi nell'utilizzo, anche in termini di impatti sulle altre componenti ambientali

Si tratta di un sistema di gestione relativamente semplice, tuttavia generalmente richiede l'utilizzo di un ulteriore stadio di filtrazione.

Fonti:

“L'aria e l'azienda” W. Formenton, Associazione artigiani della provincia di Vicenza, 1989

“Indagine, nei processi di verniciatura e di pulizia delle superfici, delle potenzialità di riduzione fornite dall'applicazione della direttiva comunitaria sulla limitazione dell'uso di solventi in alcune lavorazioni industriali: indagine sugli impianti di abbattimento dei solventi” Ricerca realizzata da: Ambiente Italia srl, istituto di ricerche e coordinata da ENEA, Centro Ricerche Casaccia Ambiente, Divisione Caratterizzazione dell'Ambiente e del Territorio, 2002

Sito internet : www.nonsoloaria.it

Nota: i riquadri a fondo grigio riportano le indicazioni contenute nella D.G.R. Lombardia 15/12/2000, n° 7/2663