

## DEPOSIZIONE GRAVITAZIONALE

### Descrizione tecnica

Le particelle si separano dall'aria naturalmente per effetto della combinazione di quattro tipi di forze, forza di gravità, spinta di Archimede, resistenza all'attrito e forze di interazione tra particelle; quest'ultima è generalmente molto piccola rispetto alle altre e quindi trascurabile.

Il modo in cui le altre forze si combinano dipende dalle caratteristiche delle particelle (forma, dimensione, densità, ecc..) e del fluido in cui si muovono (densità, viscosità, ecc..).

Considerando una particella sferica in caduta nell'aria, questa cadrà verso il suolo con una forza data dalla differenza tra la forza peso e la spinta di Archimede e che si calcola come segue:

$$1. \quad F = [ (Dp - Da) * \pi * d^3 * g ] / 6$$

in cui,  $Dp$  e  $Da$  sono rispettivamente densità della particella e dell'aria,  $d$  è il diametro della particella,  $g$  l'accelerazione di gravità. Generalmente  $Dp \gg Da$ , quindi l'espressione si semplifica. La particella dunque si muove con moto accelerato verso il suolo aumentando di conseguenza la sua velocità e risente sempre di più della forza d'attrito che si oppone al moto; quando la forza di caduta e la forza d'attrito a questa opposta saranno uguali in valore la particella smetterà di accelerare e inizierà a cadere con velocità costante detta *velocità terminale*.

Per la particella di forma sferica la forza resistente d'attrito  $Fr$  è

$$2. \quad Fr = 3 * \pi * Na * V * d$$

dove  $d$  è il diametro della particella,  $Na$  è la viscosità dell'aria,  $V$  la velocità della particella. Eguagliando le due forze si ottiene la velocità terminale  $Vt$ , che risulta direttamente proporzionale al quadrato del diametro della particella e inversamente proporzionale alla viscosità dell'aria

$$3. \quad Vt = [ (Dp - Da) * d^2 * g ] / 18 Na$$

La formula è valida per particelle di forma sferica con  $N^\circ$  Rynolds inferiore ad 1.

Vanno fatte delle distinzioni in funzione delle dimensioni delle particelle e della loro forma.

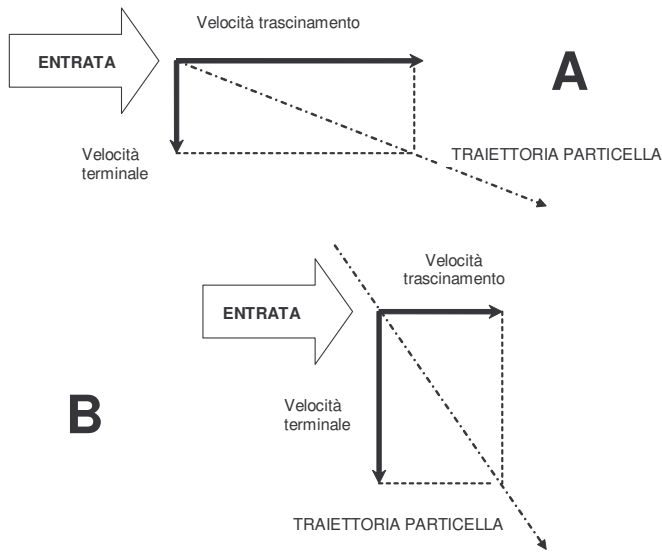
Per particelle di dimensioni molto grandi la condizione di eguaglianza non si realizza mai restando comunque sempre, a parità di altre caratteristiche, la forza di caduta maggiore della forza resistente. Le particelle poco più piccole, ma comunque di dimensioni superiori al micron, raggiungono quasi subito la velocità terminale che diventa di fatto la velocità di caduta caratteristica delle particelle.

Se la particella è molto piccola con dimensioni inferiori ad 1 micron e comparabili al libero percorso medio delle molecole le particelle in caduta risentono meno della forza resistente d'attrito, in quanto riescono a trovare dei percorsi tra le molecole senza urtarle. In questi casi la velocità di caduta viene calcolata inserendo un fattore correttivo maggiore di 1 che cresce tanto più quanto più piccole sono le particelle.

Particelle di diametro inferiore a 0,5 micron risentono dei moti Browniani, ovvero effettuano spostamenti lungo percorsi casuali che le portano a coprire distanze lineari molto maggiori di quella della semplice caduta verticale.

Ulteriore correzione deve essere fatta quando la forma delle particelle non è simile alla sferica: il fattore di correzione corrisponde al rapporto tra la forza d'attrito effettiva e quella calcolata nell'ipotesi che la particella sia sferica. Per le particelle sferiche il fattore è 1 per tutte le altre forme sarà maggiore: 1,36 per il quarzo, 1,57 per la sabbia, 2,04 per il talco.

I dispositivi più semplici che sfruttano le proprietà sopra descritte sono le **camere di gravità**: si tratta di una vasca di forma rettangolare normalmente in cemento nelle quali il gas che entra provenendo da un condotto, rallenta bruscamente. In questo modo le particelle risentono della riduzione della forza di trascinamento del fluido e cadono con la propria velocità terminale, raccogliendosi sul fondo. La traiettoria di caduta è la risultante vettoriale della combinazione tra la forza di trascinamento delle particelle e la forza gravitazionale.



Se la velocità di trascinamento è superiore alla velocità terminale (A), la particella cade lontano dall'entrata nella camera, se al contrario è inferiore cade (B) cade vicino. Sulla base di questa valutazione va dimensionata la camera, nel senso che in funzione della dimensione e caratteristiche delle particelle si deve prevedere una dimensione lineare di lunghezza tale da permettere a tutte le particelle di cadere sul fondo senza essere trascinate dal gas. Le particelle piccole hanno velocità terminali basse, quindi creano una condizione simile a quella rappresentata in A; la camera deve essere sufficientemente lunga a anche molto larga per ridurre efficacemente la velocità di trascinamento. In genere le camere di calma sono usate

solo per particelle con diametri superiori a 50 micron, con velocità terminali comprese tra 5 e 10m/sec, dimensioni inferiori richiederebbero camere con ingombri eccessivi.

Esiste una relazione tra velocità terminale ( $V_t$ ), di trascinamento ( $V$ ) e le dimensioni  $h$  (altezza) e  $l$  (lunghezza) della camera, perché tutte le particelle siano trattenute:

4.  $V_t \geq V * (h / l)$

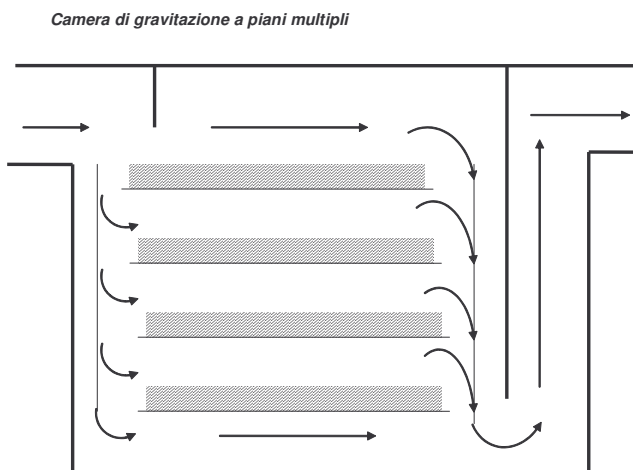
Se  $b$  è la larghezza della camera e  $Q$  è la portata dell'aria,

5. a)  $V = Q / (b * h)$ ; b)  $V_t \geq Q / (b * l)$

Per dimensionare la camera si calcola  $V_t$  per le particelle più piccole con la relazione 3. Quindi con la relazione 5.b si calcola il prodotto  $(b * l)$ , da cui fissato  $b$  si ricava la lunghezza.

1. Temperatura	> 0 °C.
2. Dimensioni	Ingresso - tangenziale con inclinazione 15°
3. Umidità relativa	50%
4. Sistemi di controllo	Nessuno
5. Sistema di pulizia	Pulizia delle superfici interne delle paratie
6. Manutenzione	
7. Informazioni aggiuntive	Setti di separazione alternati in numero minimo di tre. Questo impianto è montato normalmente

Oltre alla semplice vasca sono state realizzate altre forme per le camere di gravitazione, tra cui citiamo **camera gravitazionale a piani multipli** e **camera di calma con classificatore di polveri**. Nella prima l'inserimento di diversi piani crea dei condotti che realizzano l'effetto di più camere con altezze inferiori; poiché la velocità terminale è direttamente proporzionale all'altezza della camera e al quadrato del diametro della particella, inserendo un certo numero di piani nella camera la velocità terminale nei condotti tra due di questi piani, sarà ridotta di un fattore pari al numero di piani inseriti e il diametro delle particelle catturabili sui piani sarà ridotto di un fattore pari alla radice quadrata del numero di piani. Ad esempio per 9 piani inseriti nella camera si separano particelle con una dimensione pari a 1/3 di quelle che si separerebbero nella camera vuota.



Nel dispositivo con classificatore di polveri, vengono inseriti dei filtri che convogliano le particelle in raccoglitori affiancati alla base della camera: nel raccoglitore più vicino all'entrata si fermeranno le polveri di dimensioni maggiori e nel più lontano quelle di dimensioni minori.

#### Campi di applicazione e limiti di operatività

Tali impianti trovano applicazione negli stadi iniziali di filtrazione, per separare le parti più grossolane e non appesantire il carico sui sistemi più sofisticati posti a valle: tuttavia a causa degli ingombri e delle problematiche di gestione e soprattutto della disponibilità di tecnologie migliori, tali impianti sono usati in

modo molto residuale.

Abbattimento parziale di polveri e nebbie oleose con granulometria 50 micron provenienti da :

- Operazioni di stoccaggio, movimentazione, trasporto pneumatico, miscelazione, pesatura e confezionamento di materiali solidi polverulenti
- Operazioni su materiale plastico flessibile e/o semirigido
- Operazioni meccaniche con uso di oli minerali

#### Efficienza di abbattimento

L'efficienza è fortemente dipendente dalle caratteristiche della polvere dispersa nel gas da trattare: se il range dimensionale è molto ampio l'efficienza è ridotta.

Si tratta di sistemi strutturalmente molto semplici, di conseguenza c'è un numero limitato di parametri che permettono di verificare la loro efficienza.

Si deve controllare l'intasamento a livello dei condotti che portano alla tramoggia di raccolta, che può capitare quando il particolato separato è adesivo o umido.

L'intasamento si può tenere sotto controllo mediante l'utilizzo di opportuni indicatori della pressione interna, dato che in genere quando avviene causa un aumento di pressione; se al contrario la pressione interna cala, allora probabilmente c'è un'erosione a livello dei condotti di uscita che provoca una perdita di aria.

#### Costi di investimento e di esercizio

Il costo di investimento è limitato alla progettazione e realizzazione della camera e il costo di esercizio allo smaltimento delle polveri raccolte nel caso in cui non siano riutilizzabili all'interno del ciclo che le ha generate.

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

---

I vantaggi sono la semplicità costruttiva, i bassi costi di esercizio e le basse perdite di carico. Come svantaggio si hanno gli ingombri rilevanti e la bassa efficienza sulle polveri fini. Il sistema generalmente funziona con un ruolo di prefiltrazione, pertanto rappresenta una soluzione parziale.

**Fonti:**

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

Sito internet: [www.nonsoloaria.com](http://www.nonsoloaria.com)

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