

dalla decantazione statica alla Centrifugazione

Le centrifughe derivano dall'esigenza di migliorare l'efficacia della decantazione, in particolare aumentando la portata.

Per aumentare la portata si possono fare diverse cose.

- ✚ **Aumentando D.** Il diametro delle particelle può essere aumentato effettuando trattamenti di flocculazione e aggregazione delle particelle.
- ✚ **Diminuendo η .** Aumentando la temperatura, se possibile.
- ✚ **Aumentando S.** Frazionare il volume tale da avere più bacini di sedimentazione con maggior superficie.
- ✚ **Passando dall'accelerazione di gravità g all'accelerazione centrifuga $\omega^2 R$.**

$$Q = \frac{1}{18} \frac{D^2 (\rho_s - \rho_l) g}{\eta} S$$

La CENTRIFUGAZIONE

Se si fa ruotare un bacino di sedimentazione l'accelerazione di gravità è sostituita da quella centrifuga $\omega^2 R$ in cui ω è la **velocità angolare di rotazione** (rad/s) e R è la distanza della particella dall'asse di rotazione (raggio della centrifuga).

L'equazione di Stokes per la decantazione centrifuga è:

essendo:
$$\omega = \left(\frac{2\pi \cdot n}{60} \right)$$

$$v = \frac{1}{1643} \frac{D^2 (\rho_s - \rho_l) n^2 R}{\eta}$$

$$v = \frac{1}{18} \frac{D^2 (\rho_s - \rho_l) \omega^2 R}{\eta}$$

Dove:

n = numero di giri per minuto della centrifuga ;

v = velocità relativa (m/s) ;

R = raggio centrifuga (m) ;

ω = velocità angolare (rad/s) ;

D = diametro della particella (m) ;

ρ_s = densità solido (kg/m³) ;

ρ_l = densità liquido (kg/m³) ;

η = viscosità del liquido in seno al quale si verifica il moto (kg/m s) .

Numero di G

La velocità di decantazione centrifuga risulta moltiplicata rispetto alla velocità di decantazione statica di un fattore pari a:

$$G = \frac{\omega^2 R}{g} = \frac{n^2 R}{90.000}$$

Questo fattore è generalmente indicato come numero di G e rappresenta il rapporto tra le velocità di sedimentazione in regime centrifugo e in regime statico e viene considerato come un **parametro convenzionale di efficacia** delle centrifugazione rispetto alla sedimentazione.

Gli ordini di grandezza di G usati negli impianti industriali sono:

- da 800 a 2000 G per i decanter;
- da 3000 a 18000 G per separatori e decantatori veloci;
- da 45000 a 300000 G per le ultracentrifughe.

Numero di giri ammissibili per una Centrifuga

Il numero massimo di giri che una centrifuga può compiere a paniere vuoto senza pericolo di sfasciarsi è dato da formula:

Dove:

n = numero di giri per minuto della centrifuga ;

σ_s = carico di snervamento del materiale che costituisce il paniere (kg/m^2) ;

D = Diametro medio del paniere $(D_I + D_E)/2$ (m) ;

γ = peso specifico del materiale di cui è fatto il paniere (kg/m^3) ;

$K = 1$ per centrifughe con panieri a pareti non forate ;

$K = 3,3$ per centrifughe con panieri a pareti forate .

$$n = \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma_s \cdot 1800}{K \cdot D^2 \cdot \gamma}}$$

Dalla formula si rileva che **il numero dei giri ammissibili per una centrifuga è inversamente proporzionale al suo diametro.**

Per questo motivo le centrifughe più veloci hanno piccolo diametro: non risultando praticamente convenienti costruzione e marcia di centrifughe di troppo grosso spessore.

Caratteristiche delle Centrifughe industriali

Negli apparecchi usualmente adoperati industrialmente le caratteristiche più frequenti, **diametro e numero di giri**, sono:

D (mm)	1000-1200	500-600	400-500	300	100
n/mim	700-1200	1440-2400	1900-3200	4800	14000

Le centrifughe sono caratterizzate da alcuni parametri tecnici che determinano le loro capacità, i principali sono:

volume della camera dei fanghi che indica il volume espresso in litri della zona compresa fra la periferia del tamburo e la pila dei dischi in cui si accumulano i solidi decantati ;

portata idraulica o portata nominale che esprime la capacità massima di flusso (L/h) che si può avere nella centrifuga operando con acqua; essa ha un valore puramente indicativo e può essere fino al 50% superiore alla portata effettiva ;

portata oraria che indica la quantità massima di prodotto chiarificato che si può ottenere partendo da un prodotto torbido;

portata effettiva che può essere uguale o inferiore alla portata oraria a seconda rispettivamente se l'alimentazione della centrifuga non si arresti oppure subisca un'interruzione durante lo sparo;

fattore di portata costituisce un parametro utilizzabile per il confronto di centrifughe con caratteristiche simili e viene calcolato sulla base di alcuni elementi costruttivi del tamburo.



Classificazione delle Centrifughe

Una classificazione è basata sulla funzione della macchina, che può essere:

+ **di chiarificazione di un liquido:** si tratta di separare dal liquido le sospensioni solide in esso contenute e si suppone che esista una differenza di peso specifico fra la fase liquida e la fase solida; quest'ultima è supposta più pesante della fase liquida.

+ **di separare due liquidi non reciprocamente solubili ed aventi diverso peso specifico.** E, ad esempio, il caso della separazione dell'olio essenziale nell'industria agrumaria, oppure nell'industria olearia. Queste macchine sono abitualmente denominate separatori centrifughi.

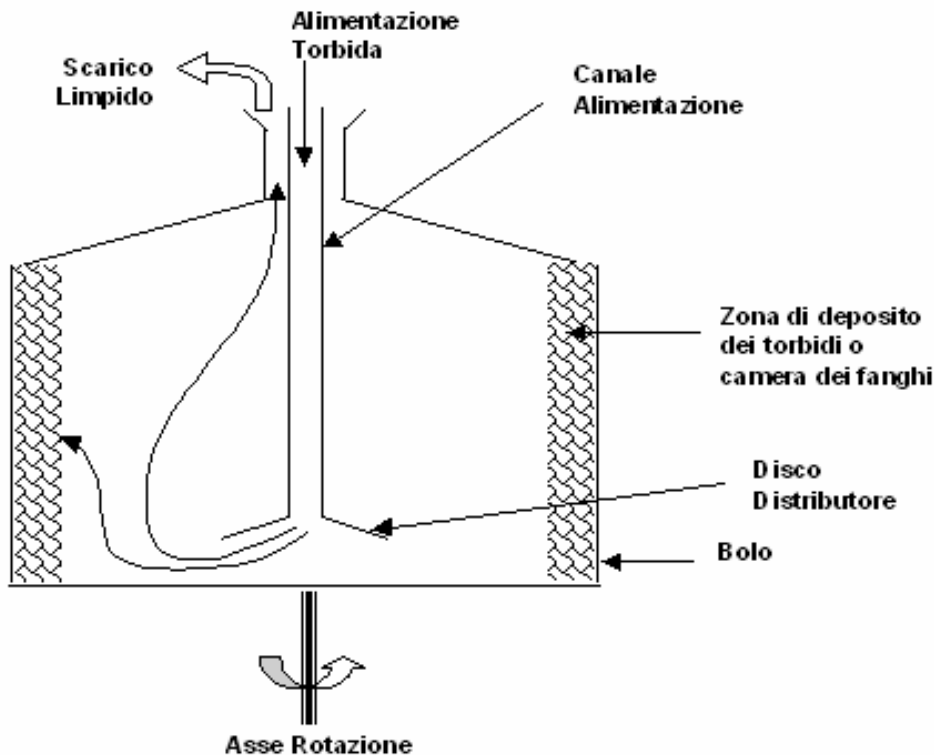
Un'altra classificazione è, invece, basata sul modo di scarico delle fasi nelle quali il prodotto è stato diviso mediante la centrifugazione:

+ **centrifughe a scarico continuo sia della fase liquida, sia della fase solida;**

+ **centrifughe a scarico automatico ma discontinuo della fase solida, mentre lo scarico della fase liquida è continuo.**

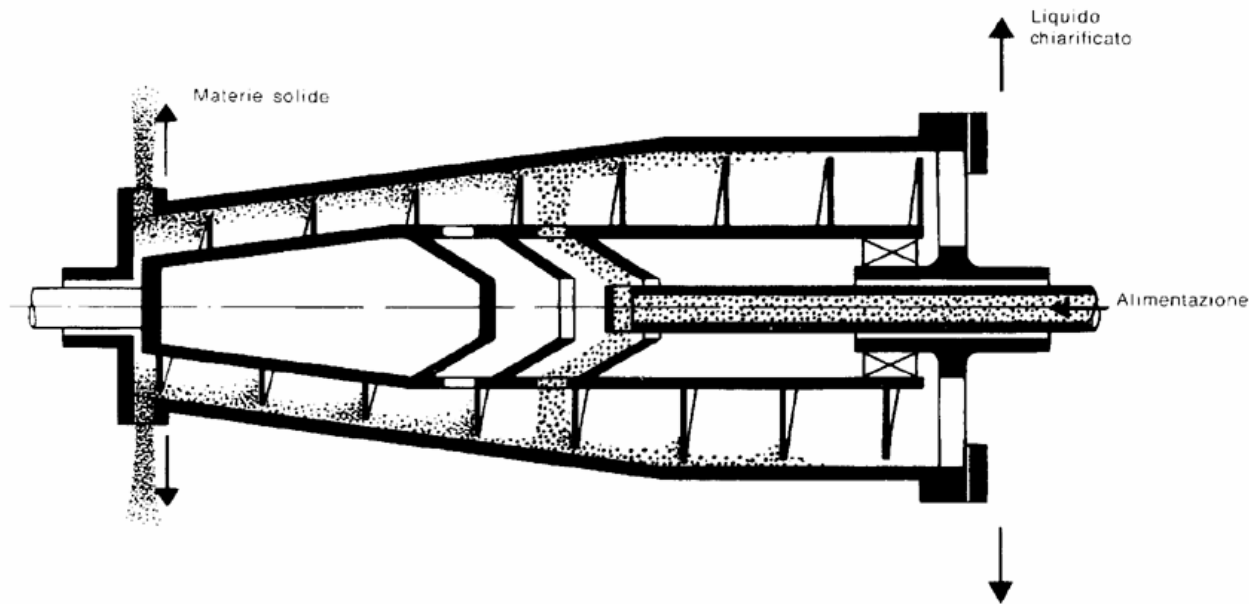
Decantatori Centrifughi

Detti anche **DECANTER** operano la separazione solido-liquido.



Il recipiente in rotazione viene detto **bolo** o **paniere**. All'interno di esso penetra dall'alto il **canale di alimentazione**, che ovviamente non è in rotazione. Esso termina nella parte più bassa con un disco conico, che è detto **distributore** e che ha l'importante funzione di costringere tutta la sospensione a portarsi verso la periferia del bolo dove R è maggiore e dove pertanto la separazione è più efficace. Le particelle solide, che sono soggette all'accelerazione centrifuga, vengono proiettate verso la parete del bolo nella cosiddetta **camera dei fanghi**. Il liquido limpido invece, spinto dalla sospensione alimentata, risale verso l'asse della centrifuga e verso l'alto dove si scarica in corrispondenza dell'apertura circolare superiore.

Decantatori Orizzontali



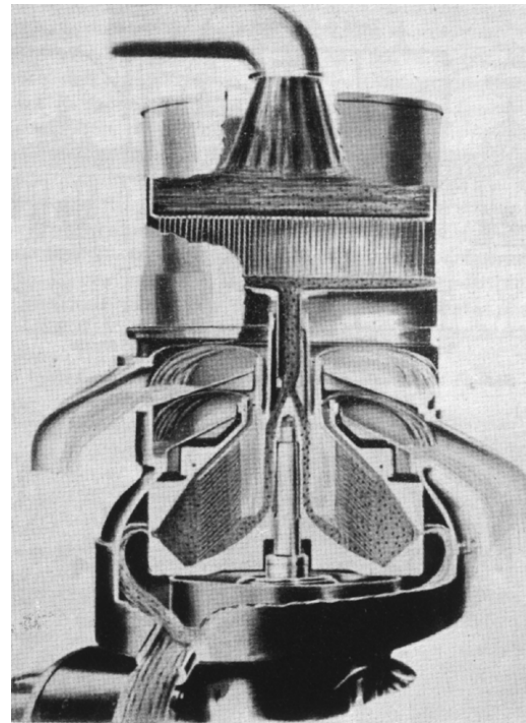
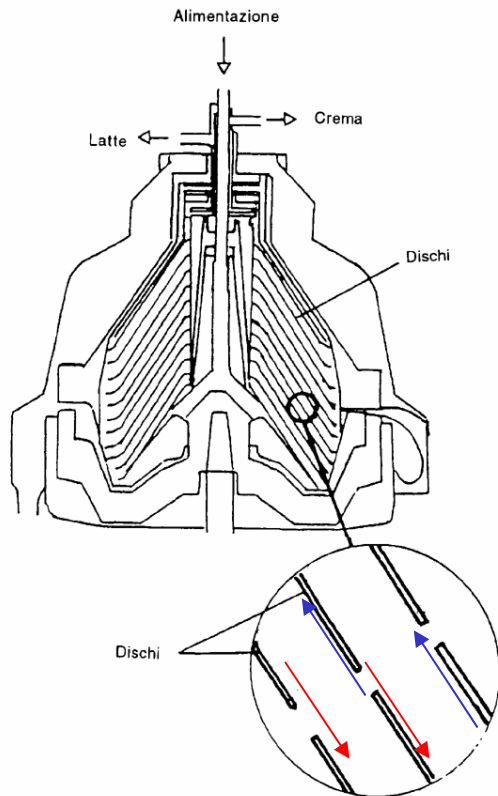
Il tamburo ha una configurazione cilindro-conica ed è internamente corredato di una **coclea trasportatrice ruotante** con una piccola differenza di velocità rispetto al tamburo; ne consegue il trasporto della fase solida in direzione assiale, precisamente dalla camera cilindrica verso la camera conica; i solidi vengono espulsi attraverso luci di scarico disposte verso il vertice del cono, mentre il liquido viene scaricato all'estremità opposta del rotore.

Sono a funzionamento continuo e trovano largo impiego nel settore enologico.

Separatori centrifughi

Sono detti separatori centrifughi le centrifughe che operano la separazione liquido-liquido.

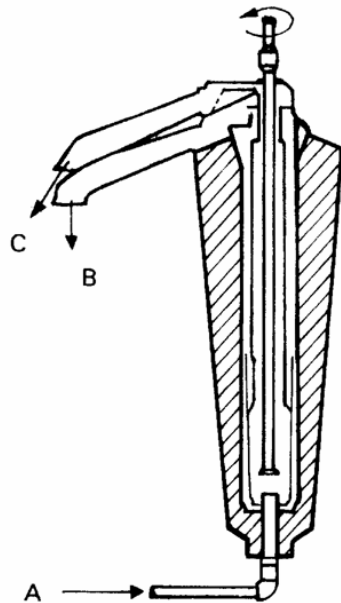
Sono caratterizzati da una pila di dischi conici sovrapposti a distanza molto ravvicinata. La distanza ravvicinata non provoca fenomeni di turbolenza ed il **liquido più denso** si sposta sulle facce superiore di ogni disco, muovendosi verso l'alto, mentre il **liquido meno denso** si sposta invece verso l'interno.



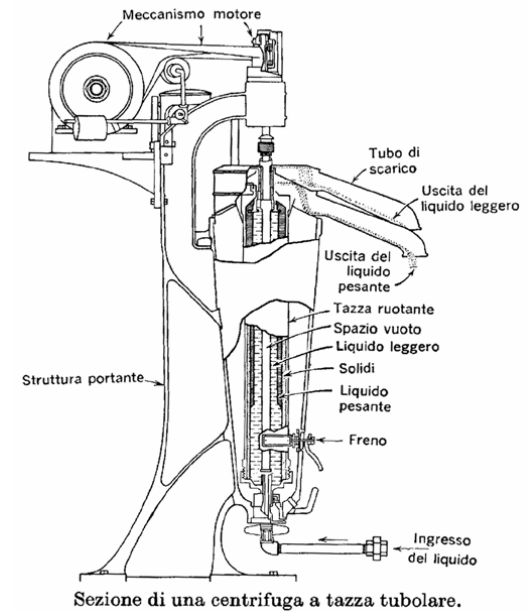
Questi separatori sono molto usati nell'industria casearia per la separazione del grasso (scrematura) e nell'industria olearia.

Supercentrifughe

Si denominano supercentrifughe gli apparecchi che superano i 10.000 giri al minuto ed hanno diametro inferiore a $0,2 \mu\text{m}$. Sono caratterizzati da panieri di piccolo diametro e rotanti ad alta velocità. Questi apparecchi assumono la forma tubolare e servono principalmente per separare miscele di liquidi.



Affinché il componente di peso specifico maggiore abbia il tempo di portarsi sulle pareti, si fa giungere la miscela da A in basso e i due componenti separati si fanno uscire dall'alto dopo un percorso piuttosto lungo. Precisamente da C si ha l'uscita del liquido meno denso B; cioè in sito più lontano dall'albero esiste l'uscita del liquido più denso.



Le supercentrifughe trovano applicazione nelle industrie degli oli minerali e vegetali, dei vini e dei liquori; presentano il vantaggio di ridurre notevolmente il tempo di separazione, rispetto ad una centrifuga normale.

Il materiale adatto per le supercentrifughe è l'acciaio altamente legato; per apparecchi sottoposti a minori sollecitazioni si può anche usare il rame e le sue leghe, con notevole vantaggio economico.

Caratteristiche Funzionali

Caratteristiche Funzionali e campi di applicazioni dei principali tipi di centrifughe

		Tipo di separazione	Coefficiente centrifugo G	Portata oraria	Percentuale di solidi nella torbida alimentata	Dimensioni delle particelle
Centrifughe di massa	Discontinue a bolo vuoto di grande diametro (scarico manuale o a coltello)	Separazioni solido-liquido grossolane	400-2000	30-2000 kg di solidi nel bolo	fino al 40%	0.1-10 mm
	Continue a decanter	Separazioni grossolane solido-liquido o solido-liquido-liquido	800-5000	fino a 60 m ³ /h	fino al 40%	0.1-20 mm
Centrifughe ad alta velocità	Discontinue a contenimento dei solidi	A calotte Separazioni fini solido-liquido, liquido-liquido o solido-liquido-liquido	5000-11000	fino a 75 m ³ /h	fino al 1%	0.5-0.8μm
		A camere concentriche Separazioni fini solido-liquido	5000-11000	fino a 75 m ³ /h	fino al 1%	0.5-0.8μm
		Tubolari Separazioni fini solido-liquido	5000-20000	fino a 75 m ³ /h	fino al 1%	0.5-0.8μm
	Continue a scarico intermittente	Separazioni fini solido-liquido o solido-liquido-liquido	5000-8000	fino a 60 m ³ /h	fino al 10%	0.5-0.8μm
	Continue a scarico continuo	Separazioni fini solido-liquido	6000-9000	fino a 100 m ³ /h	fino al 25%	0.5-0.8μm