

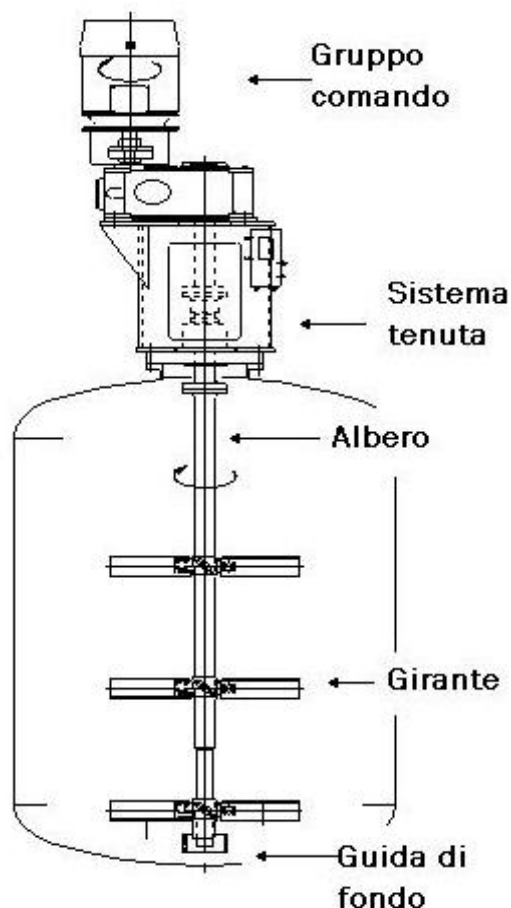
INTRODUZIONE ALLA SELEZIONE DEGLI AGITATORI

INFORMAZIONI GENERALI

L'agitatore è una macchina che trasferisce energia in un liquido ottenendo portata, prevalenza e shear, in proporzioni che dipendono della velocità di rotazione e dal tipo, diametro e numero di giranti utilizzate.

La portata serve a far aumentare la velocità del fluido il più rapidamente possibile, la prevalenza serve a far arrivare il moto anche nei punti più lontani dalle giranti, lo shear serve a vincere la tensione superficiale tra fasi differenti per facilitarne la miscelazione/dispersione.

In un agitatore si evidenziano diversi componenti.



Gruppo comando: è costituito da un motore per fornire energia, che può essere elettrico, pneumatico o idraulico, ed eventualmente un riduttore di giri per ottenere la velocità richiesta.

Sistema di tenuta: presente solo quando l'agitatore si applica su serbatoio chiuso.

Albero: è l'organo meccanico che trasferisce l'energia alle giranti, può essere costituito da barra piena o da tubo.

Giranti: sono gli organi che, ruotando nel liquido trasformano l'energia trasmessa dal gruppo guida in modo da raggiungere gli obiettivi prefissi. Possono essere di diversa forma e dimensione

Guida di fondo: Si può aggiungere negli agitatori più grossi o quando è presente una tenuta meccanica per diminuire lo sbandieramento dell'albero e ridurre i carichi sul gruppo comando. Rappresenta comunque un sistema ad usura presente nel serbatoio con difficoltà manutentive, per cui si preferisce ridurre il suo utilizzo ai casi strettamente necessari.

SELEZIONE

La selezione di un agitatore è una pratica complessa in quanto gli effetti di questa macchina non sono quantificabili con parametri precisi né dal cliente, né dal costruttore.

Spesso un utilizzatore è inconsapevole di quanto l'agitazione di una macchina esistente possa essere migliorata.

L'esperienza del costruttore è il fattore principale per ottenere la miglior selezione.

Molti costruttori sono esperti solo in specifiche applicazioni; altri, i più qualificati, hanno un enorme data base di esperienze e hanno ricavato da questo delle procedure di selezione per tutti i principali processi industriali.

I tecnici GREC sono in grado di garantire selezioni di processo per un gran numero di applicazioni, grazie alle esperienze maturate fin dall'anno di fondazione nel 1903.

Nei campi dove l'esperienza non arriva, ci si affida a partner internazionali di elevatissima reputazione con i quali si hanno rapporti di esclusività.

Quando il cliente fornisce tutti i dati necessari, GREC Srl copre la propria selezione con **GARANZIA DI PROCESSO**, nel senso che se l'agitatore non fornisce i risultati richiesti, GREC Srl si opera a titolo gratuito ad effettuare tutte le modifiche necessarie per il raggiungimento degli stessi, fino al limite a riprendersi indietro l'agitatore non soddisfacente.

La presenza di questa garanzia permette al cliente di affidarsi con tranquillità ai nostri tecnici.

Le applicazioni dell'agitazione si dividono in due grandi categorie, a seconda che il parametro più importante sia la portata o lo shear generati.

CONTROLLATE DALLA PORTATA

In questa categoria rientrano le applicazioni dove occorre avere una determinata velocità del liquido all'interno del contenitore per garantire il risultato di processo.

- Blending - ovvero miscelazione di liquidi miscibili: Controllo pH, vasche di stoccaggio, preparazione miscele, flocculazione.
- Sospensione solidi - vasche di raccolta o stoccaggio dove non si vuole far depositare i solidi sul fondo; distribuzione uniforme di prodotti solidi nella massa liquida prima di una fase successiva (reazione chimica, raffreddamento), trattamento fanghi.
- Scambio termico: occorre massimizzare la velocità del liquido lungo le pareti per aumentare il coefficiente di scambio.

Per questo tipo di applicazioni si definisce normalmente una scala di agitazione da 0 a 10 che, in base al volume del liquido da agitare, determina la portata richiesta all'agitatore.

La potenza installata non è un parametro da prendere in considerazione e rimane solo una conseguenza del dimensionamento meccanico

CONTROLLATE DALLA POTENZA

In questa categoria rientrano applicazioni dove occorre vincere la tensione superficiale tra fasi differenti per avere il risultato di processo desiderato.

- Dissoluzione solidi (preparazione soluzioni, come zuccherine o di prodotti chimici per il trattamento acque)
- Dispersione solidi (preparazioni dispersioni come ad esempio vernici o bitumi caricati)
- Miscelazione liquidi immiscibili (preparazione emulsioni come maionese o gasolio ecologico)
- Dispersione gas (fermentazioni, ossigenazione fanghi primari)

Per questo tipo di applicazioni si definisce una potenza specifica minima da applicare, senza la quale il fenomeno richiesto non avviene e/o non si mantiene stabile nel tempo.

La portata generata va verificata ma è spesso ben superiore a quanto richiesto.

APPLICAZIONI MISTE

In particolare nell'industria chimica i liquidi nei reattori possono subire fasi differenti che richiedono diverse funzioni dell'agitatore.

Ad esempio si può prima ottenere una soluzione per dispersione polveri (alto shear richiesto), poi avere una fase con scambio termico (alta portata

richiesta) e poi si ottiene il prodotto finito per cristallizzazione (occorre distribuire uniformemente il prodotto ma inserire poca energia nel liquido).

In casi come questo si può studiare agitatori speciali con velocità di rotazione controllata tramite inverter e diverse tipologie di giranti, attive a diversi livelli.

TECNOLOGIA DELLE GIRANTI

La conoscenza del comportamento delle giranti in funzione della geometria del contenitore e delle caratteristiche del fluido è patrimonio di ogni singolo costruttore.

Quanto più questa conoscenza è approfondita, tanto maggiore è la confidenza con la quale si effettuano le selezioni e, in ultima istanza, la possibilità di offrire macchine competitive.

Le giranti si possono dividere in due categorie:

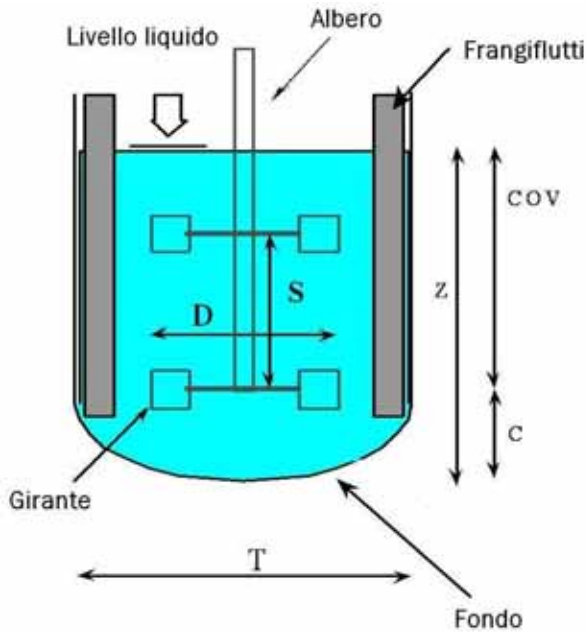
ASSIALI – Spingono il prodotto verso il fondo, dal quale risale poi lungo le pareti. Forniscono elevata portata e differenti dosi di shear o prevalenza in funzione della forma e superficie totale.

RADIALI - Forniscono elevato shear ed una bassa quantità di portata, spingono il liquido sulle pareti laterali del recipiente, facendolo poi andare sia in basso che in alto.

PARAMETRI

Si elencano i parametri necessari per il dimensionamento di un agitatore e la simbologia adottata in questa pubblicazione

- C = Distanza della girante dal fondo (mm)
- D = Diametro Girante (mm)
- d = Diametro albero (mm)
- S = Distanza tra giranti (mm)
- T = Diametro Serbatoio (mm)
- Te = Diametro equivalente (mm)
- A = Superficie di base (m²)
- V = Volume da agitare (m³)
- Z = Livello liquido (mm)
- Cov = Livello liquido sopra la girante (mm)
- L = Lunghezza albero (mm)
- ρ = Densità del liquido (Kg/m³)
- μ = Viscosità del liquido (cps)
- N = Velocità di rotazione (RPM)
- P = Potenza (Kw)
- Q = Portata giranti (m³/h)
- Mt = Momento torcente (Nm)
- Mf = Momento Flettente (mm)
- Fr = Forza radiale (N)
- Fa = Forza assiale (N)
- i = Rapporto di riduzione
- Np = Numero di potenza della girante
- Nq = Numero di portata della girante
- Re = Numero di Reynolds
- Vf = Fattore di viscosità
- Pf = Fattore di prossimità



FORMULE E RELAZIONI GEOMETRICHE

Per il dimensionamento di un agitatore occorre fornire i diametri geometrici del serbatoio o della vasca dove viene inserito.

Nel caso di vasche a base rettangolare, si definisce il diametro equivalente come

$$Te = 1000 \times \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \quad (1)$$

Per gli agitatori con riduttore il diametro della girante è funzione del diametro del serbatoio, secondo il rapporto D/T. Esso tipicamente varia da un minimo di 0,2 per le applicazioni più semplici ad un massimo di 0,6 per quelle più difficili o ad alta viscosità.

$$0,2 < \frac{D}{T} < 0,6 \quad (2)$$

Il posizionamento delle giranti dipende anch'esso dalla difficoltà dell'applicazione e dalla viscosità. Normalmente si ha:

$$0,3 < C < 1,5 \quad (3)$$

$$0,8 < S < 2 \quad (4)$$

Ogni girante è definita da due numeri adimensionali ottenuti con esperienze di laboratorio, N_p ed N_q . Essi si considerano costanti in prima approssimazione, mentre in realtà dipendono anche da fattori geometrici (prossimità alle pareti) e dalla viscosità del prodotto. All'aumentare della viscosità o della vicinanza alla parete, il valore di N_p aumenta (la girante assorbe più potenza) e il valore di N_q diminuisce (la girante genera meno portata).

Si definiscono quindi i fattori di prossimità P_f e viscosità V_f che sono normalmente sono unitari.

Il parametro che influisce sulle prestazioni dell'agitatore in realtà non è la viscosità, quanto il numero di Reynolds.

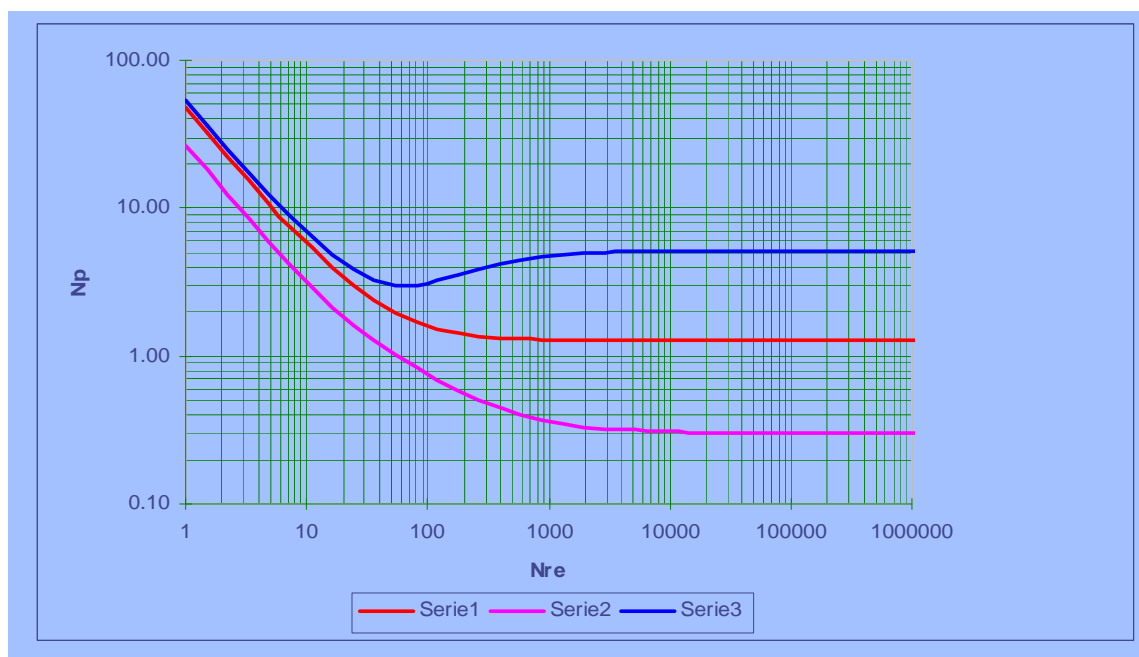
$$Re = \frac{N \times D^2 \times \rho}{\mu} \quad (5)$$

Nel grafico si vede il tipico comportamento del valore di N_p al variare di Re .

La serie 1 è una turbina PBT a quattro pale, adatta fino a $Re > 50$

La serie 2 è una girante tripala a profilo alare ad alta efficienza, adatta fino a $Re > 1000$

La serie 3 è una girante radiale, adatta fino a $Re > 10$



$Re > 2000 \rightarrow$ Regime turbolento, i filetti fluidi vanno in qualunque direzione, la selezione non è influenzata dalla differenza di viscosità. Sul grafico in pagina seguente il valore di N_p è costante

$2000 > Re > 20 \rightarrow$ Regime transizionale, i filetti fluidi hanno possibilità limitate di moto, il valore di N_p inizia a variare, anche se non significativamente

$Re < 20 \rightarrow$ Regime laminare o viscoso, i filetti fluidi seguono un'unica direzione, è importante conoscere esattamente la reologia del fluido, ovvero anche la viscosità a diversi livelli di stress subito dal prodotto. Il valore di N_p aumenta linearmente con la diminuzione di Re .

I risultati dell'agitazione sono definiti in particolare dalla portata generata, secondo la formula

$$Q = Nq \times N^3 \times \left(\frac{D}{1000}\right)^3 \quad (6)$$

Shear e Prevalenza non sono definibili da una formula matematica ma si ricavano indirettamente, in base all'esperienza, dal valore di potenza assorbita.

Quest'ultima si ottiene dalla formula (7):

$$P = Np \times Vf \times Pf \times \rho \times \left(\frac{N}{60}\right)^3 \times \left(\frac{D}{1000}\right)^5$$

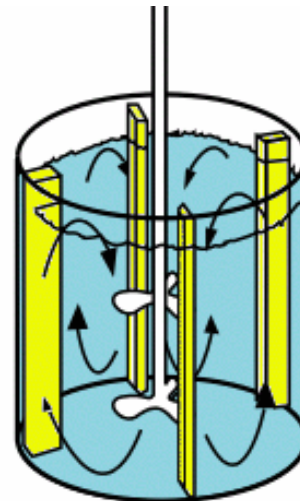
I parametri necessari per il dimensionamento meccanico dell'agitatore sono il momento torcente e momento flettente

$$Mt = \frac{P \times 9550}{N} \quad (8)$$

$$Mf = \frac{Fr \times L}{1000} \quad (9)$$

I valori di Fr e Fa (che in genere è trascurabile) si ottengono invece da formule dettate dalla singola esperienza del costruttore e dal tipo di girante.

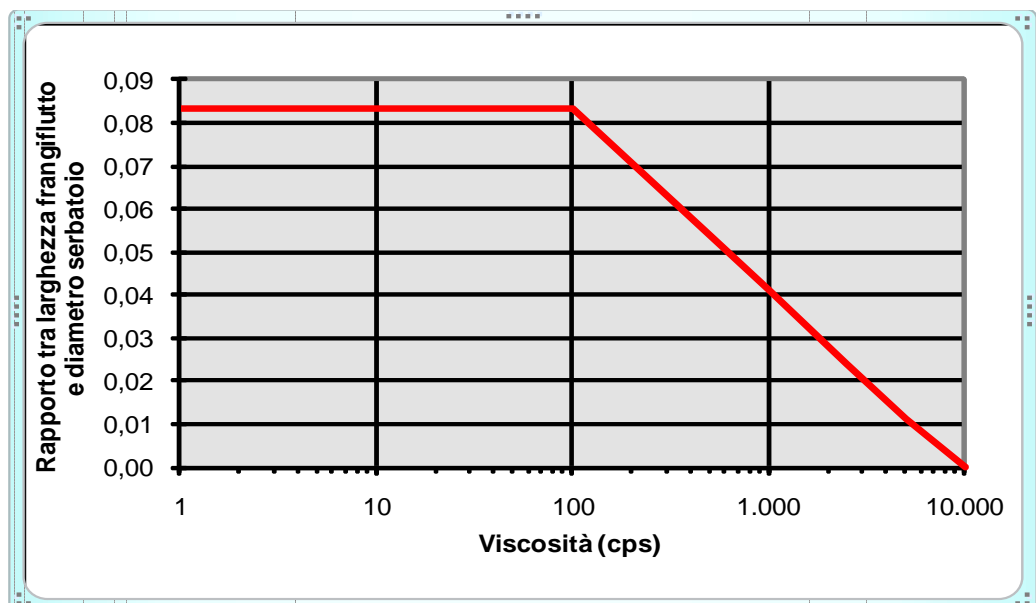
FRANGIFLUTTI



L'obiettivo delle giranti assiali è quello di spingere il fluido verso il fondo, dal quale poi risale lungo le pareti. Quando il movimento lungo le pareti arriva verso il pelo libero, esso ripiega verso il basso lungo l'asse dell'albero.

Se l'agitatore è messo centralmente in un serbatoio cilindrico, questo obiettivo non viene raggiunto perché il moto tende a mantenersi rotatorio, creando un vortice.

Per eliminare questo fenomeno, che spreca energia e genera carichi aggiuntivi sull'albero, si opera per mezzo di setti fissi posti sulle pareti, denominati frangiflutti. Il moto rotatorio, sbattendo contro i frangiflutti, si spezza, e devia in direzione verticale.



Lo stesso obiettivo si raggiunge in altri modi:

-Uso di vasche a base rettangolare: gli spigoli della vasca fungono da frangiflutti

-Installazione dell'agitatore disassata ed inclinata

-Installazione dell'agitatore disassata. In quest'ultimo caso si crea il vortice, quindi si disperde energia, ma esso agisce fuori dall'asse dell'agitatore, quindi non esercita carichi aggiuntivi. La larghezza del frangiflutto, in funzione del diametro del contenitore, dipende dalla viscosità del fluido secondo la tabella sotto.

DIMENSIONAMENTO MECCANICO

Il dimensionamento di processo consiste nella determinazione del numero, tipo e diametro di giranti da utilizzare e dalla velocità di rotazione che permette di ottenere la portata o la potenza richiesti.

Esistono diverse combinazioni possibili, la migliore è quella che permette di ottenere la soluzione più flessibile ed economica.

Andando più veloci si riescono ad avere giranti più piccole e quindi economiche, ed a ridurre la coppia agente sull'albero a parità di potenza.

La velocità di rotazione presenta un limite massimo oltre il quale occorre aumentare il diametro dell'albero, e quindi il costo.

Esiste quindi una velocità ottimale per ogni applicazione.

Ogni girante che ruota entro un liquido e gli trasferisce energia riceve una reazione in termini di coppia assorbita M_t , carico assiale F_a e carico radiale F_r , che concorrono a stabilire i seguenti parametri dimensionali:

-Spessore pale e mozzo della girante

-Diametro dell'albero

-Size del riduttore da utilizzare

Il diametro dell'albero dipende anche dal fatto che esso è un'asta snella sottoposta a carichi - quanto più esso è snello tanto più la frequenza propria di vibrazione è bassa e quindi può avvicinarsi a quella di rotazione.

Il sovrapporsi della frequenza propria di un elemento meccanico a quella a cui è sottoposto può generare catastrofiche situazioni di vibrazioni e rottura.

Nel dimensionamento di un agitatore questo fenomeno va tenuto in considerazione per cui si impone la regola

$$N < 0,8 \times N_c \quad (10)$$

La velocità critica dipende essenzialmente dalla snellezza d/L dell'albero e, in misura minore, del peso delle giranti installate e dalla distanza tra i cuscinetti del riduttore.

Definita la lunghezza dell'albero richiesta, per ogni diametro dell'albero si determina in maniera abbastanza precisa una massima velocità non superabile.

In funzione dell'installazione, occorre considerare dei fattori di servizio sulla velocità critica e sul carico radiale.

I fattori da tenere in considerazione, e per i quali GREC Srl dispone di fattori di servizio adeguati, sono:

-Installazione disassata senza frangiflutti

-Installazione disassata e inclinata senza frangiflutti

-Pelo liquido inferiore ad un diametro di girante sopra la stessa

-Girante attraversata da peso liquido

-Girante molto vicino al fondo

Ogni riduttore, in funzione della rigidità della carcassa, del tipo e diametro di cuscinetti utilizzati, e dal tipo e diametro degli ingranaggi di trasmissione del moto, presenta un limite massimo di Momento flettente M_f , Coppia M_t e Carico assiale F_a .

I riduttori utilizzati da GREC Srl sono opportunamente ottimizzati per l'uso con le giranti più comuni, presentano in ogni caso carcassa in ghisa, fattore di servizio sulla coppia >2 , vita attesa dei cuscinetti superiore a 20.000 ore in servizio continuo al massimo carico previsto. Questo dimensionamento permette normalmente un minimo di 3 - 5 anni di funzionamento senza necessità di alcuna manutenzione. L'unico accorgimento è di seguire la tabella di sostituzione del lubrificante.