Trattamento di liquidi viscosi

Ottimizzare la miscelazione

Caratterizzato da una progettazione modulare e flessibile, il sistema EKATO PARAVISC consente di ottimizzare il mescolamento di liquidi viscosi ed è in grado di offrire soluzioni ottimali per ogni range di viscosità.



a domanda di prodotti industriali di qualità è fortemente aumentata negli ultimi anni. Oltre alla necessità di ridurre i costi di produzione si richiede di ridurre i tempi di processo. E' ancora disponibile un grande potenziale di ottimizzazione, in particolare nella miscelazione di fluidi viscosi. Soprattutto nelle unità multifunzione, l'agitazione deve essere ottimale in numerosi processi batch diversi in un ampio range di viscosità.

Quando vengono trattati prodotti molto viscosi, i tempi di riscaldamento e raffreddamento possono spesso essere ridotti anche del 75% ottimizzando il sistema di agitazione. La scelta di un agitatore adatto influenza sia la qualità sia la redditività del prodotto. La modifica di reattori esistenti con l'adozione di moderni sistemi di miscelazione altamente efficienti è spesso possibile e opportuno.

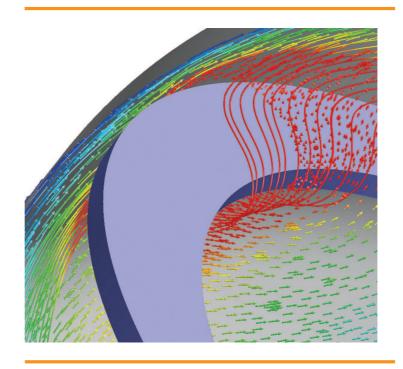
La produzione di prodotti ad alta viscosità e in pasta (ad es. pitture, vernici, lubrificanti, resine, colle e materiali per edilizia) presenta una sfida specifica per la tecnologia di agitazione. Inoltre, in alcuni settori come l'industria alimentare, farmaceutica e

28

www.shinda.i







Modello fluidodinamico di un processo di agitazione realizzato utilizzando EKATO PARAVISC

cosmetica, oltre alle necessità ingegneristiche devono essere soddisfatte restrittive normative in materia di igiene. Il sistema EKATO PARAVISC offre un approccio modulare che consente adeguate soluzioni di miscelazione per tutti i campi di viscosità.

Scelta del corretto sistema di agitazione

La scelta del giusto sistema di agitazione non solo è funzionale alla corretta soluzione di processo ma ha sempre anche influenza sui fattori economici. Oltre alla riduzione dei costi di produzione è anche possibile definire aumenti di potenzialità e miglioramenti della qualità e, idealmente, quantificarli. Inoltre, la flessibilità è un fattore determinante nel caso di unità multifunzione in cui i prodotti da trattare cambiano spesso o quando diversi prodotti con differenti caratteristiche di comportamento sono miscelati nella stessa unità.

Agitatori periferici a flusso forzato, come l'EKATO PARAVISC o gli agitatori a nastro elicoidale o ad ancora, sono usati tipicamente per miscelare prodotti ad alta viscosità. Un agitatore deve garantire brevi tempi di misce-

lazione con tali prodotti. La costante di miscelazione Θ del sistema EKATO PARAVISC si trova all'interno dell'intervallo totale di viscosità di n . Θ compreso tra 20 e 60. Tale valore non può essere ottenuto con un agitatore ad ancora. La simulazione dei modelli di flusso evidenzia che con l'agitatore ad ancora il livello di agitazione assiale è insufficiente paragonato con l'EKATO PARAVISC (Fig. 1), che si dimostra quindi molto migliore delle metodologie tradizionali per quanto riguarda i compiti di miscelazione e inglobamento.

Flessibilità come criterio di scelta

L'operatività funzionale di EKATO PARA-VISC e quella dei nastri elicoidali appare la stessa in prima approssimazione. Un'indagine più accurata rivela tuttavia che l'EKATO PARAVISC offre una flessibilità considerevolmente più elevata.

A differenza dell'agitatore a nastro elicoidale con le sue numerose spire, l'agitatore PARAVISC può essere progettato con un'unica connessione tra pale dell'agitatore e albero. Ciò permette non solo l'inserzione di pescanti o di tubazioni di dosaggio - come è spesso indispensabile in unità multifunzione - ma anche l'adozione di frangiflutti all'interno della girante dell'agitatore (Fig. 2) o anche di un agitatore aggiuntivo fuori asse.

I frangiflutti interni rendono possibili brevi tempi di miscelazione nelle fasi di processo a bassa viscosità prevenendo efficacemente che il prodotto ruoti semplicemente senza essere miscelato. Agitatori aggiuntivi ad alta velocità assolvono, in un unico step di processo, ai compiti di circolazione e miscelazione da un lato e di dispersione di fluidi o di solidi dall'altro. La flessibilità fornita dall'EKA-TO PARAVISC è un vantaggio decisivo quando paragonato ad agitatori ad ancora.

Riscaldamento e raffreddamento

Le fasi di riscaldamento e raffreddamento di un processo con fluidi ad alta viscosità spesso richiedono un tempo sproporzionatamente lungo. Tale collo di bottiglia deve essere superato se si vuole aumentare la produttività e ridurre i costi.

Nello scambio termico in presenza di fluidi ad alta viscosità, il fattore dominante è rap-

ICP N.5 2013

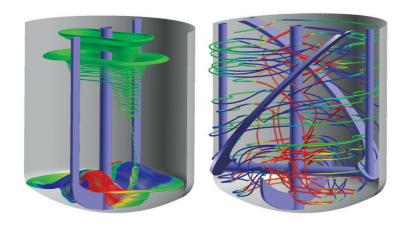


Fig. 1 - Modelli di flusso con girante ad ancore (a sinistra) e EKATO PARAVISC (a destra)

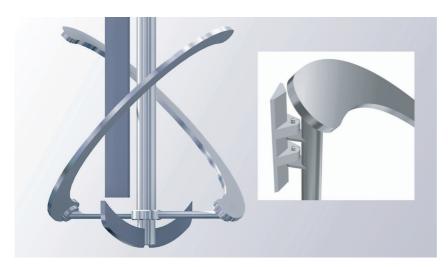


Fig. 2 - La girante EKATO PARAVISC garantisce un buon modello di flusso assiale con i fluidi a bassa viscosità attraverso l'aggiunta di un frangiflutti interno (a sinistra). Con fluidi ad alta viscosità i raschiatori dell'EKATO PARAVISC minimizzano la quantità di prodotto depositata sulla parete.

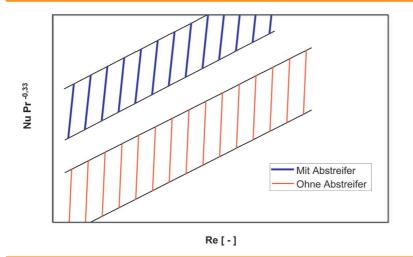


Fig. 3 - Influenza dei raschiatori da parete sullo scambio termico. Le larghezze di banda sono influenzate dal rapporto diametro agitatore/serbatoio e dalla quantità e progettazione dei raschiatori

presentato dal coefficiente di scambio lato prodotto che può essere calcolato usando l'equazione di Nusselt, come segue:

$$Nu = C \cdot \text{Re}^a \cdot \text{Pr}^b \cdot \left(\frac{\eta}{\eta_W}\right)^{0.14}$$
 (1)

in cui $Nu=\alpha_1$ d/ λ rappresenta il numero di Nusselt, Re = ρ n d_2 $^2/\eta$ il numero di Reynolds e $Pr=\eta$ c_o/λ il numero di Prandtl.

L'esponente a dipende dalle condizioni idrodinamiche (flusso laminare o turbolento) mentre il fattore *C* varia soprattutto in funzione del sistema di miscelazione adottato.

Mentre i parametri del prodotto, come la densità r, la conducibilità termica l, e la capacità termica op sono quasi sempre costanti, la viscosità durante un ciclo a batch può variare di diversi ordini di grandezza. Nell'area delle basse viscosità, cioè in condizioni di flusso turbolento, il coefficiente interno di scambio termico varia con la viscosità secondo $\alpha \sim \eta^{-1/3}$.

Per contro, miscelando prodotti molto viscosi in condizioni di flusso laminare, αi diventa indipendente dalla viscosità. La conducibilità termica del mezzo diventa quindi il fattore dominante che determina lo scambio termico alla parete del serbatoio nel caso di uno strato di prodotto scarsamente agitato. L'aumento del diametro della girante dell'agitatore ha un'influenza positiva sul coefficiente di scambio termico ai poiché lo spessore di tale strato è minimizzato. Ci sono però dei limiti dovuti alle tolleranze consuete nella realizzazione delle apparecchiature. Uno strato di prodotto rimane sempre aderente alla parete principalmente nel caso di prodotti con limitazioni di flusso attraverso i quali lo scambio termico avviene solamente per conduzione. Per il coefficiente di scambio termico interno αi ~ λ/s è un'approssimazione valida, dove s indica lo spessore dello strato di prodotto.

Riduzione dei tempi di scambio termico

I tempi di riscaldamento e raffreddamento nei serbatoi sono calcolati in base a ben note equazioni. Se le resistenze allo scambio termico nella parete del serbatoio e lato mezzo di riscaldamento/ raffreddamento sono marcatamente inferiori di quella lato prodotto, cioè se la temperatura del mezzo di riscaldamento/raffreddamento varia solo marginalmente

tra entrata e uscita, il tempo di riscaldamento/ raffreddamento può essere calcolato semplicemente usando la formula:

$$t_e \approx \frac{1}{\alpha_i} \cdot \frac{V}{A} \cdot \rho \cdot c_p \quad \ln \frac{\theta_a - \theta_{KM}}{\theta_e - \theta_{KM}}$$
 (2)

ove ϑ_a e ϑ_e rappresentano le temperature del prodotto all'inizio e/o alla fine del processo di riscaldamento/raffreddamento; ϑ_{KM} indica la temperatura del fluido di riscaldamento/raffreddamento. Con prodotti ad alta viscosità, soprattutto in fase di raffreddamento il tempo di miscelazione può risultare segnatamente più lungo di quanto calcolato con l'equazione 2. Ciò avviene perché l'energia di agitazione è totalmente convertita in calore che deve anch'esso essere estratto dal sistema. Non è poi possibile ottenere ulteriore raffreddamento quando la differenza di temperatura è così bassa che il calore estratto uguaglia la potenza di agitazione dissipata.

Per evitare tempi di batch estremamente lunghi a causa di tali limitazioni di riscaldamento e raffreddamento, vengono aggiunti all'EKATO PARAVISC raschiatori di parete addizionali, connessi a montanti verticali. Il raschiatore di parete, mostrato in figura 2, ha un contatto diretto con la parete e consente di rinnovare lo strato a contatto con la parete stessa ad ogni rotazione dell'agitatore. La progettazione del raschiatore è adattata ai requisiti del processo. Quando vi è formazione di croste, sono usati raschiatori rigidi non regolabili. Raschiatori flessibili e in accordo alle norme GMP sono impiegati nei campi della farmaceutica e della cosmetica in modo da compensare irregolarità dei serbatoi. Ciò viene ottenuto senza molle addizionali, ma solo con l'aiuto del flusso del prodotto.

In funzione della forma, l'utilizzo di raschiatori di parete può incrementare il coefficiente di scambio termico interno di un fattore da 2 a 5 (Fig. 3). L'ingegnerizzazione e lo scale-up di tali processi possono essere realizzati solo se si ha conoscenza esatta dei parametri a, b e C esposti nell'equazione 1, come pure delle caratteristiche prestazionali dello specifico agitatore. Il costruttore dell'agitatore deve conoscere altrettanto bene i parametri r, l, c_p del prodotto. In caso contrario, tali parametri possono essere determinati in prima approssimazione con prove di laboratorio.

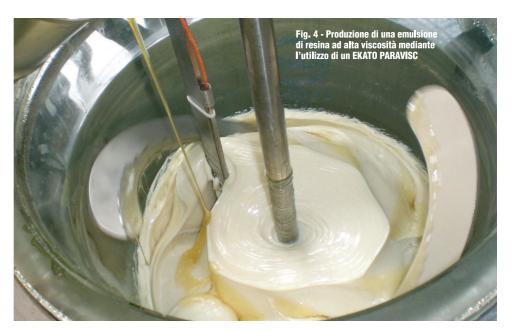
Da oltre 50 anni al servizio degli impiantisti

Presente sul mercato dagli Anni 50, Ravizza & C. rappresenta e distribuisce in Italia prodotti di società straniere di primissimo piano, ciascuna leader nelle proprie tecnologie. Questa scelta di fondo si è dimostrata vincente sia negli anni dell'industrializzazione italiana del secondo dopoguerra sia, successivamente, all'aumentare degli standard qualitativi imposti dall'aumentata concorrenza internazionale.

I settori di nostra maggiore presenza sono in primo luogo l'industria chimica in senso lato, la petrolchimica, la generazione di potenza, la farmaceutica e, con alcune delle nostre rappresentate, l'industria alimentare, mineraria, siderurgica e quella dei metalli non ferrosi.

Da alcuni anni Ravizza & C. segue la distribuzione sul territorio nazionale delle macchine e delle apparecchiature per la miscelazione prodotte da Ekato RMT, tra cui gli agitatori miscelatori di processo per prodotti liquidi e semi-liquidi.

Per maggiori informazioni, www.ravizza.it



Produzione di resine in emulsione

L'esempio qui descritto evidenzia il potenziale di ottimizzazione disponibile nel campo della produzione di resine in emulsione ad alta viscosità. Tale esperienza può essere trasferita ad altre applicazioni come emulsioni siliconiche o colle viscose.

Compiti richiesti

Un ampio ventaglio di diverse formulazioni di resine sintetiche viene prodotto in un impianto multiuso con reattori di varie dimensioni. La produzione di ogni singolo prodotto può

passare attraverso fasi di viscosità diverse e impegnative. In un impianto esistente si sono avute difficoltà produttive in serbatoi con agitatori con giranti assiali multistadio ed è quindi nata la richiesta di ottimizzare l'agitazione. Gli specifici obiettivi di agitazione da soddisfare nella produzione a batch erano i seguenti:

- rapida dispersione di additivi in un piccolo quantitativo iniziale (punti critici: forte diluizione del prodotto intermedio per sforzi di taglio, basso livello di riempimento),
- inglobamento continuo di ulteriori componenti. Fase determinante per la qualità finale in funzione della distribuzione granulometrica (punti critici: passaggio attraverso

ICP N.5 2013

differenti campi viscosità, con ampiezze fino a 150 mPa.s, evitando la formazione di depositi di prodotto sulle pareti),

 aggiunta di un componente a bassa viscosità sempre con l'obbiettivo di rapida dispersione (punti critici: evitare de-miscelazioni vicino alla parete durante la fase ad alta viscosità ed al centro durante le fasi a bassa viscosità).

Per rispondere positivamente al tali richieste, sono state eseguite prove comparative su scala pilota con reattore da 50 litri presso le strutture EKATO, mettendo a confronto un sistema di agitazione assiale multistadio ed un assetto PARAVISC (Fig. 2) allo scopo di trovare la configurazione più adatta.

Durante prove preliminari sono stati messi a punto - per ogni sistema di miscelazione - alcuni importanti parametri geometrici, tra cui la configurazione dei frangiflutti ed i punti più favorevoli per l'alimentazione dei componenti. Inoltre, sempre in tale fase, sono state determinate altre condizioni operative ottimali, come velocità e apporto di potenza, con lo scopo specifico di ottenere la migliore omogeneità con il minore consumo energetico. La viscosità è stata registrata in linea, attraverso la misura della coppia, mediante una correlazione Ne-Re per ogni assetto di agitazione. È stato poi effettuato un test finale di un batch completo senza ulteriori interventi, implementando le conoscenze acquisite durante entrambe le prove preliminari, con i parametri operativi ottimali, allo scopo di dimostrare in modo esplicito i vantaggi di agitazione.

Preferibilmente tali prove sono condotte in presenza degli stessi operatori dell'impianto coinvolto, i quali possono quindi valutare direttamente l'impatto dei parametri di agitazione sulla qualità del prodotto. Tale valutazione può essere eseguita sia durante le prove sia in seguito, mediante analisi dei campioni prodotti; gli operatori dell'impianto devono fornire i necessari parametri e strumenti di analisi.

Con il PARAVISC viene utilizzato un frangiflutti interno, in modo da gestire al meglio anche le fasi della produzione a viscosità bassa o media (Fig. 4). In confronto con il sistema assiale multistadio, il PARAVISC ha potuto chiaramente migliorare la qualità di inglobamento durante l'aggiunta dei vari componenti, invertendo la direzione di rotazione o cambiando la velocità.



Risultati ottenuti

Nel caso considerato, i risultati delle prove hanno dimostrato che il PARAVISC era chiaramente l'agitatore più adatto per la maggioranza degli obiettivi di agitazione da conseguire. Giranti aperte, assiali, multistadio rappresentano una buona soluzione per la miscelazione di prodotti nel campo delle viscosità medie, ma l'EKATO PARAVISC fornisce vantaggi decisivi per gli obiettivi richiesti grazie alla sua azione di forzato rinnovamento dello strato di materiale in prossimità della parete del reattore.

Tali vantaggi possono essere così sintetizzati:

- l'energia richiesta è inferiore di circa 40%;
- migliorata miscelazione a basso riempimento utilizzando un'ancora a Zeta in prossimità del fondo;
- possibilità di aggiunta sensibilmente più rapida per ogni singolo componente;
- migliorato passaggio dalla fase a bassa viscosità a quella ad alta viscosità cambiando semplicemente la direzione della rotazione del PARAVISC;
- significativa riduzione dei depositi sulla parete del reattore e conseguente miglioramento dello scambio termico;
- significativi miglioramenti complessivi della qualità del prodotto, determinata dalla distribuzione durante la fase di dispersione.

Conclusioni

In sintesi, si può affermare che vi è ancora un grande potenziale di ottimizzazione nella produzione di prodotti viscosi. Allo scopo di intervenire su questo potenziale, possono non solo essere svolte prove e utilizzati metodi di calcolo tradizionali, ma anche metodologie più avanzate, ad esempio CFD per la parte fluodinamica.

Presso EKATO Ruehr- und Mischtechnik tutte le metodologie di sviluppo di processo vengono utilizzate e si influenzano a vicenda. L'analisi ad elementi finiti (FEA) viene utilizzata a supporto delle altre metodologie quando sorgano questioni concernenti resistenza o fenomeni di risonanza del reattore o di singoli componenti al suo interno, per offrire una progettazione sicura per l'esercizio.

Quando si agitano prodotti ad alta viscosità è spesso necessario fare uso di soluzioni di miscelazione individuali come quelle proposte da EKATO PARAVISC con componenti modulari flessibili.

L'ampia varietà di risorse di ingegneria di processo e di metodi di calcolo facilita la ricerca di un sistema di agitazione ottimale. Tuttavia, soprattutto nel campo della miscelazione viscosa, nella maggioranza dei casi le prove di laboratorio sono la chiave del successo. In collaborazione con gli operatori d'impianto, la pluriennale esperienza acquisita dagli esperti EKATO nel risolvere le problematiche della miscelazione è in grado di contribuire a trovare rapidamente la soluzione ottimale al caso specifico.