

Viscosità in fase liquida

Un'analisi on line che fa la differenza

La misura della viscosità di campioni in fase liquida è utile per ottimizzare la produzione e migliorare le prestazioni di un processo, soprattutto nel caso di fluidi non newtoniani. I viscosimetri Hydramotion (UK), disponibili in Tecnova HT, permettono un'analisi in linea affidabile anche nei servizi più critici.

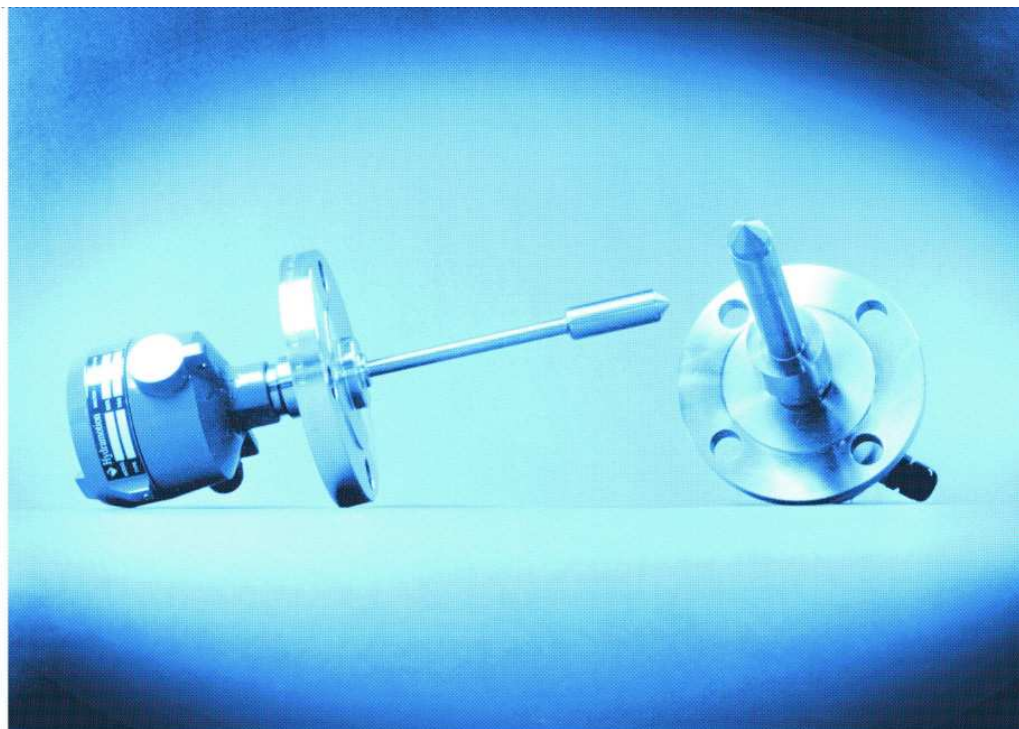


Tutti i segmenti industriali sono, chi più chi meno, interessati alla conoscenza e monitoraggio della viscosità dei loro campioni in fase liquida sia in termini di specifica di prodotto sia in termini di risparmio delle materie prime sia per maggior efficienza energetica.

La sintesi delle resine, ad esempio, fa leva sul concetto di viscosità vs numero acido per ottimizzare la resa, tutte le grandi navi da crociera o cargo controllano la viscosità del carburante durante il preriscaldamento prima di mandarlo in combustione, i fornitori di pitture e vernici per l'industria tessile accompagnano i lotti di produzione dall'evidenza del valore di viscosità, per non citare saponi, creme, dentifrici, ketchup, latte in polvere...tutti oggetti di uso comune e quindi prodotti in centinaia di tonnellate al giorno.

Ci si aspetterebbe quindi che il controllo del parametro viscosità sia diffuso e comune nei vari impianti industriali italiani, ma in realtà non è così: dove possibile generalmente il campione viene spillato, a intervalli regolari o durante delle fasi specifiche produttive, portato in laboratorio e analizzato fuori linea con strumenti da banco. Storicamente la viscosità non è mai stato un concetto semplice: per definizione fisica occorrerebbe applicare una forza ad uno straterello infinitesimo del fluido in esame per provocarne il movimento. Di fatto, però questa forza non è misurabile direttamente e si ricorre quindi a degli espedienti: ad esempio utilizzando due piattelli di cui uno fisso e l'altro rotante, dove al posto della forza viene calcolata la coppia torcente o momento angolare. Oppure un viscosimetro a coppa graduata accoppiato al cronometro del tecnico di laboratorio con cui vengono in specifico calcolate le viscosità delle vernici.

Perché queste metodologie, anche normative secondo ISO, sono affidabili e ripetitive? Prendiamo ad esempio un campione di sapone: esso viene deareato, ne viene preso un volume fisso, a temperatura controllata, si sceglie sempre lo stesso piattello e soprattutto lo stesso numero di giri, indi si ripete 2-3 volte la misura. Ma perché questa liturgia è obbligatoria per garantire la ripetibilità della misura? Perché per ogni analisi viene conferita sempre la stessa energia al campione, ottenendo sempre lo stesso risul-



Il viscosimetro classico XL7 di Hydramotion

tato. Ecco perché nei fluidi non newtoniani la misura della viscosità eseguita con diversi principi (rotazionale, capillare, pistone...) porta anche a risultati non sempre correlabili fra loro: diversa la quantità di energia utilizzata, diversa la modifica della struttura intima del fluido e diversa la viscosità risultante.

Un principio di misura innovativo

Partendo da questa osservazione, la società Hydramotion Ltd, York, UK ha cercato di sviluppare un principio alternativo di analisi e di implementarlo industrialmente. Questo principio doveva garantire la dissipazione della minima energia possibile e quindi la minima distorsione strutturale per ottenere una viscosità che si avvicini realmente a quella teorica.

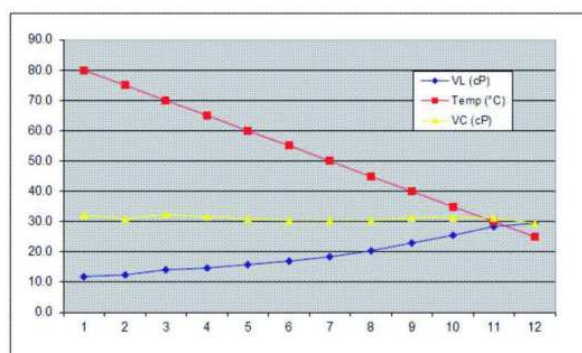
Da subito la Ricerca & Sviluppo si è concentrata sul concetto di risonanza torsiona-

le: all'interno del liquido viene immersa una sonda cilindrica in acciaio inox che effettua delle microrotazioni di tipo elettronico, non visibili all'occhio umano e soprattutto senza parti in movimento.

I primi strati concentrici di fluido che avvolgono la sonda contrastano questo fenomeno e per vincerne la resistenza viene utilizzata una quantità infinitesima di energia: la relazione fra energia dissipata e la viscosità è definita da un polinomio i cui fattori sono determinati dalla calibrazione che viene eseguita ad hoc durante la costruzione dell'analizzatore presso la casa madre.

Dopo 20 anni di sviluppo continuo la serie XL-7 rappresenta il vertice tecnologico per la misura in linea della viscosità in fase liquida, grazie alla sua qualità costruttiva e agli innumerevoli accorgimenti implementati. La sonda a contatto è interamente in acciaio lavorata da pieno, pertanto non presentan-

	P90	0
	P91	1,900
	tREF	25.0
VL (cP)	Temp (°C)	VC (cP)
11.9	80.0	32.1
12.4	75.0	31.9
14.0	70.0	32.3
14.8	65.0	31.5
15.8	60.0	30.9
17.0	55.0	30.5
18.5	50.0	30.3
20.4	45.0	30.5
23.0	40.0	31.2
25.4	35.0	31.2
28.2	30.0	31.3
29.4	25.0	29.4



Esempio di calcolo della viscosità riferita ad una temperatura

do circuiti integrati interni o cablaggi anche in presenza di cicli termici di processo non soffre del consueto problema della deriva: la serie XL-7 è in grado di analizzare in continuo fino a 450°C senza utilizzo di utilities come cooling water o azoto o aria di raffreddamento. Fondo di colonna vacuum, linea produzione bitume o blending di fuel oil sono tutte applicazioni standard per questi strumenti.

Le certificazioni per area pericolosa sia ATEX sia IECEx permettono l'installazione dell'analizzatore direttamente in campo senza i consueti scatolotti antideflagranti. Il

trasmettitore presenta un display chiaro con i valori di viscosità ben visibili a vantaggio dell'operatore e grazie allo smart menù permette una configurazione specifica per ogni applicazione.

Non solo XL-7 calcola la viscosità in linea, ma è in grado di computare anche la viscosità riferita ad una temperatura scelta dal responsabile di laboratorio: l'elettronica accetta anche segnali di temperatura di processo e grazie ad una equazione di tipo Arrhenius restituisce il valore di $\mu@T_{ref}$: non è più quindi obbligatorio estrarre uno slip-stream, condizionarlo e termostatarlo alla tempera-

tura scelta con problemi di capillari sporchi, intasati e basse velocità di risposta. L'elettronica, disponibile anche per retroquadro, è anche in grado di compensare dinamicamente la viscosità in pressione o in densità e il segnale di uscita oltre al classico 4-20 mA può essere trasmesso via RS485 Modbus.

Uno strumento in molteplici versioni

La tecnologia a risonanza torsionale grazie all'interazione solo con il primo straterello di fluido permette di installare la serie XL-7 in qualunque posizione: sia esso

Analisi in continuo della viscosità: alcuni esempi di successo

Sono molti i vantaggi che gli ingegneri di processo si possono riscontrare dal monitoraggio e dal controllo della viscosità in tempo reale del prodotto in fase liquida del loro impianto. Vediamo casi applicativi, in cui la presenza in-line degli Hydramotion XL7 ha portato a vantaggi significativi.

Rivestimento in fase slurry di amido per produrre carta riciclata



XL7 installato per la produzione di carta riciclata

Con sede a Melbourne, in Australia, questo cliente è un grosso produttore di prodotti per imballaggio e packaging di carta e cartone, spesso abbinati a materie plastiche, fibre, metallo, vetro. Da oltre 120 anni la società fornisce servizi e tecnologie innovative ed economicamente sostenibili ad oggi ha recuperato e riciclato oltre 36 milioni di tonnellate di rifiuti di carta e cartone.

Lo stabilimento di Sydney riceve e ricicla gran parte dei rifiuti di carta e cartone raccolti nel New South Wales. Nel processo, prima della fase di asciugatura il foglio di base viene rivestito con amido per dargli la resistenza necessaria. Si utilizza un impasto (slurry) di amido di grano raffinato, che viene cotto a 140 °C e posto poi in un serbatoio di raccolta, da cui viene pompato per essere applicato sui fogli di carta.

La viscosità dell'amido influenza direttamente il suo grado di penetrazione e quindi l'efficienza del suo utilizzo. Per alcune lavorazioni l'amido deve penetrare la carta, per cui è necessaria una viscosità inferiore; altre lavorazioni richiedono un rivestimento superficiale al foglio, richiedendo meno penetrazione e quindi maggiore viscosità. L'obiettivo è quello di assicurare viscosità uniforme durante la produzione e, quindi, un utilizzo più efficiente dell'amido. In passato i test di viscosità venivano eseguiti in laboratorio con un viscosimetro rotazionale solo quattro volte a settimana, ed era quindi impossibile stabilire se i problemi di processo erano dovuti all'amido o avevano qualche altra causa. Emerge quindi una chiara necessità di un monitoraggio continuo della viscosità utilizzando uno strumento online. Inizialmente, un viscosimetro XL7 line è stato installato sul lato di scarico della pompa sul serbatoio di servizio per monitorare la miscela di amido fresco e riciclato, al fine di individuare effetti viscosità derivanti da perdite

di calore, degradazione dell'amido ed eventuali contaminanti dalla lisciviazione del foglio: la misura è avvenuta in tempo reale senza interruzione sin dalla fase di installazione. Incoraggiati da questo risultato, un secondo XL7 è stato posto sulla linea di amido in uscita per monitorare l'efficienza del processo di cottura. Commenta il Responsabile tecnico dell'azienda: "Questi dispositivi sono facili da usare: plug in e il gioco è fatto. I vantaggi ottenuti sono subito percepibili in termini di efficienza, perché ci permettono di ottimizzare e ridurre il nostro consumo di amido". Le misurazioni non sono influenzate da variazioni di portata, vibrazioni o dall'eventuale presenza di particelle solide.

Rivestimento di tamburi OPC per fotocopiatrici



Modello specifico per la produzione di inchiostri

L'impianto di un fornitore leader mondiale di attrezzature per ufficio produce fotocopiatrici a

montato perpendicolare al piping flangiato ad un bocchello sia in bypass con la sonda coassiale rispetto al tubo, sia in un reattore in pressione anche in presenza di agitatori meccanici: lo strumento continua imperturbabile a misurare. Inoltre, a differenza del principio obsoleto a diapason o forchetta, non soffre della presenza ravvicinata delle pareti interne del tubo che creando riflessioni fastidiose possono disturbare l'analisi.

Le molteplici versioni dello strumento serie XL-7 permettono di fronteggiare temperature operative fino a 450°C e pressioni opera-

tive di 1000 bar, Hydramotion XL7. L'assenza della deriva strumentale garantita dalla misura digitale, l'eliminazione della manutenzione e le peculiarità tecniche descritte giustificano l'appellativo "fit-and-forget" dato alla serie. Vediamo quali sono i principali modelli oltre lo standard XL-7:

- **Indie™** estremamente compatto specifico per macchine ed impianti dedicati agli inchiostri e vernici,
- **Viscomelt™** per estrusori plastica fino a 400 bar operativi,
- **Viscojet™** senza elettronica ideale per OEM o applicazioni in area sicura,

- **ReactaVisc™** con attacco scorrevole per monitorare le reazioni di sintesi nel laboratorio, anche per alta temperatura,
- **Viscolite™** portatile alimentata da 4 pile alcaline AA per chi esegue analisi spot in campo o verifiche qualitative del prodotto stoccato: dopo averlo acceso, lo strumento è in misura in pochi secondi e in caso di fluidi sporcanti basta ripulire l'asta con uno straccio e solvente. Per comodità dell'operatore viene dato con un sensore di temperatura integrato per il computo della viscosità riferita ed è anche disponibile nella versione per microvolumi ideale per biotecnologie.

carta comune e prodotti associati come tamburi fotoconduttivi (OPC) e toner, con una produzione che può arrivare a 22.000 pezzi al mese. Nella prima fase di produzione, nuclei di alluminio vengono caricati sul tornio dove vengono lavorati per avere lo spessore e la finitura superficiale corretti. I tamburi passano poi ad una linea di sgrassaggio, che rimuove i residui di trucioli, grasso o liquido di raffreddamento del processo di lavorazione. Poi avviene il rivestimento con materiale fotoconduttore.

Tre diversi strati di rivestimento vengono applicati a ciascun tamburo. Una corretta viscosità delle soluzioni influisce direttamente sulla qualità del prodotto finito. Nella fase di verniciatura ("dipping"), i tamburi vengono sollevati da un convogliatore centrale mediante robot e immersi lentamente in vasche contenenti soluzioni di rivestimento a base di polimeri organici. Un viscosimetro online Hydramotion XL7 è installato in modo permanente in queste vasche, consentendo al personale di produzione di monitorare la viscosità del liquido in modo continuo. Inoltre, il valore di uscita dell'strumento va a un PLC che diluisce automaticamente il bagno liquido alla viscosità richiesta, per compensare l'evaporazione del solvente durante il processo. "La viscosità massima che dobbiamo misurare è di 500 cPs e il controllo avviene con una tolleranza di più o meno 3 cPs, a seconda del prodotto che stiamo facendo", prosegue il

Responsabile dell'impianto. "È fondamentale che il liquido sia alla viscosità richiesta durante entrambe le fasi di miscelazione e di immersione, perché non vi è una relazione predicibile tra la viscosità, la temperatura del liquido e la velocità di immersione. Se uno qualsiasi di questi parametri non è corretto, lo spessore del rivestimento del tamburo sarà troppo sottile o troppo spesso e il tamburo sarà scartato. Questo sistema ci garantisce un processo di immersione stabile senza fluttuazioni della viscosità".

Produzione discontinua di bitumi

Questa raffineria produce a richiesta bitume di ottima qualità: queste campagne produttive non hanno carattere di continuità non solo per le quantità variabili richieste dal mercato ma anche per la tipologia di bitume richiesto. Qui la misura di viscosità è sempre stata tabù: non c'erano possibilità tecnologiche se non prelievi sporadici ma purtroppo non in real time che portavano a delle produzioni non a specifica con reclami e rilavorazioni, quando possibile ed in definitiva costi notevoli. La misura in linea era anche complicata dalla temperatura operativa pari a diversi centinaia di gradi centigradi, necessaria per mantenere fluido il bitume nonché ovviamente dalla installazione in area pericolosa e quindi con certificazione ATEX necessaria.

Sono stati fatti dispendiosi tentativi applicando in maniera primitiva tecnologie da laboratorio



Installazione in raffineria (produzione di bitume)

ma con risultati pessimi sia dal punto di vista analitico che manutentivo: dopo pochi minuti il DCS perdeva il segnale per via dell'intasamento dei capillari e tubetti nell'analizzatore. Dopo una esauriente presentazione tecnica la raffineria ha installato un XL-7 HT ATEX idoneo per temperature continue fino a 450°C senza ausili di raffreddamento alcuno e direttamente in linea. Non solo il controllo della viscosità in continuo ha permesso di gestire la produzione e di ottenere prodotti a specifica del cliente ma la robustezza della sonda ha anche evitato alle marce discontinue della linea, il raffreddamento del processo pastoso a fine marcia e suo successivo riscaldamento e fluidificazione alla ripartenza senza problemi di sorta.



ReactaVisc in laboratorio durante sintesi di resina



Con XL7 qualunque installazione è possibile

Solitamente le realtà industriali sono certificate ISO 9001 e pertanto con cadenza annuale o biennale fanno ricertificare gli strumenti di analisi primari rimuovendo lo strumento dalla produzione ed inviandolo ad apposito Ente Accreditato oppure invitano il personale della Casa Madre per un'attività di verifica on-site: questi costi sono i cosiddetti costi di ownership mai calcolati con lungimiranza al momento dell'acquisto. La famiglia Hydramotion, grazie alla sua calibrazione digitale nativa, può essere sottoposta ad una verifica in-house: il sensore estratto dal processo e quindi esposto all'aria segnerà zero come primo punto di controllo, immerso nell'acqua a temperatura conosciuta il secondo, con un liquido a viscosità certificata il terzo.

Molto spesso al parametro viscosità si preferisce o meglio ci si accontenta di un parametro correlabile, anche non perfettamente, che però sia facile ed economico da implementarsi in linea: al Gestore di impianto lasciamo il compito di calcolare, moltiplicando l'incertezza di misura (cioè il costo del "fuori specifica" o della mancata ottimizzazione delle materie prime) per la sua produzione annua al fine di stimare i costi occulti di una misura non idonea.

Una scelta con molti vantaggi

Come con qualsiasi altra tecnologia, la decisione di acquistare e installare un viscosimetro online è una questione di valutazione dei probabili benefici una volta che il dispositivo, a fronte dell'esborso. Tuttavia, investendo in un sistema a bassa manutenzione affidabile come XL7, l'utente finale può vedere vantaggi immediati in termini di maggiore efficienza, maggiore produttività e una maggiore comprensione dei processi, con costi di gestione praticamente pari a zero e costi di manodopera e sprechi veramente ridotti. Tutto questo significa che il ROI è misurato in mesi piuttosto che in anni; addirittura per alcune aziende che hanno migliorato le loro prestazioni produttive in modo radicale, l'installazione di viscosimetri on-line è diventata un segreto industriale gelosamente custodito.

Per troppo tempo, la misura della viscosità processo è stata condotta da strumenti inaffidabili e costosi da mantenere. Ora che sono disponibili strumenti all'avanguardia come gli Hydramotion, sfruttare gli evidenti vantaggi del controllo della viscosità in linea è diventata una possibilità realistica per ogni ingegnere di processo.



Viscolite portatile per vernici

La tecnologia Hydramotion, UK è disponibile presso Tecnova HT (www.tecnovaht.it), global player nell'automazione di processo e nell'integrazione di sistemi di analisi. Oltre alle misure di viscosità, l'azienda di Pregnana Milanese (MI) rende disponibile all'utente finale soluzioni all'avanguardia per le misure di concentrazione, colore, densità e torbidità, sempre in linea e sempre senza parti in movimento.