

Automatic liquid rheology control in the manufacturing process

Controllo automatico della reologia dei liquidi nel processo produttivo

Anders L. Østergård, Francesco Sergi-Lindell - FLUIDAN

RheoStream® is a rheometer supplied by Fluidan ApS for real time in-process measurement of viscosity and shear thinning in viscous non-Newtonian liquids.

Automatic monitoring of your liquids' rheology will ensure that the liquid can be adjusted to meet the production needs, without the hassle of manual measurements.

When consumers use products, their perception, and the functionality rely on properly balanced rheology – will a paint run, does the cleaner cling to the surface, and will the lotion hydrate the skin? This rheometer helps secure a consistent quality and saves production time.

IN-PROCESS RHEOMETER

The rheometer is installed directly in the production process, right next to the liquid to be measured. It pulls out frequent samples that are handled and analyzed in the instrument. The instrument supplies data to the factory control system – then you have the data for manual or automated control of the process.

RheoStream is a new alternative replacing the standard

RheoStream® è il reometro fornito da Fluidan ApS per la misura di processo in tempo reale della viscosità e delle forze di taglio dei liquidi non-Newtoniani.

Il monitoraggio automatico della reologia dei liquidi garantisce la possibilità di regolarli in base alle proprie esigenze di produzione senza dover compiere lo sforzo delle misure manuali.

Quando gli utilizzatori usano i prodotti, la loro percezione e la funzionalità si basano su una reologia adeguatamente bilanciata: la pittura sarà efficace? Il detergente si fisserà alla superficie? E la lozione idraterà la pelle? Questo reometro contribuisce a garantire la qualità desiderata risparmiando i tempi di produzione.

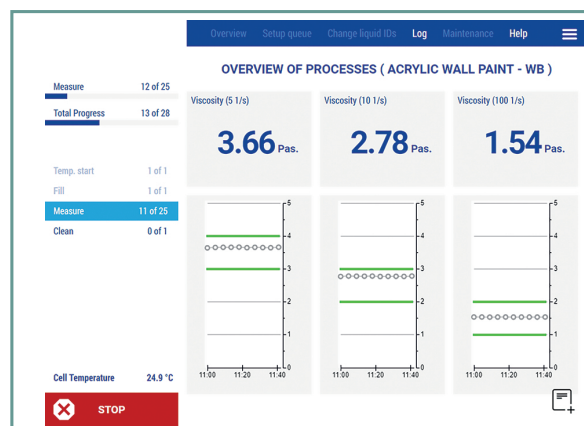


Fig. 1 Rheostream measures viscosity, shear-thinning and apparent yield stress
Rheostream misura la viscosità, la forza di taglio e l'apparente sforzo di soglia

REOMETRO DI PROCESSO

Il reometro viene installato direttamente nel processo di produzione, di fianco al liquido da misurare. Esso fornisce diversi campioni che vengono gestiti e analizzati nello strumento, il quale fornisce i dati al sistema di controllo in fabbrica. I dati vengono quindi resi disponibili per il controllo manuale o automatizzato del processo.

practices for measuring rheology/viscosity of non-Newtonian liquids:

- Inline viscometers providing real-time data on viscosity
- Manual in-plant viscometers providing empirical rheology values
- Laboratory rheometers providing a full set of rheology data

These practices either provide you with in-accurate and insufficient data for non-Newtonian liquids or provide you with off-line data that cannot be used for automated adjustments.

The rheometer will provide you with a full set of real-time rheology data directly in the control system.

With real-time measurements, it is possible to assess and adjust a manufacturing process to keep it on track by adding thickener, diluting with solvent, or other corrective procedures.

BENEFITS

By implementing RheoStream operators get the opportunity to: regulate the process continuously or adjust the batch automatically, ensuring that the processed liquids comply with specification limits. Take the human factor out of rheology QC and get superior precision. Narrow specification limits and still get it right every time. Operators will not need to rework off-spec material – this frees up capacity and enables higher throughput. Produce every batch and every ton produced to meet the specification, so that the output is predictable, allowing for an optimized and streamlined supply chain.

GATHER DATA FOR BIG DATA ANALYSIS/SMART MANUFACTURING/INDUSTRY 4.0

RheoStream adds real-time information about rheology to the company's understanding of process performance, both on the shop floor and in digital models. With so many parameters to adjust in a process and so few real insights into the actual properties of the liquid inside the stainless steel, it is challenging to establish a model-based understanding of process performance. The rheometer

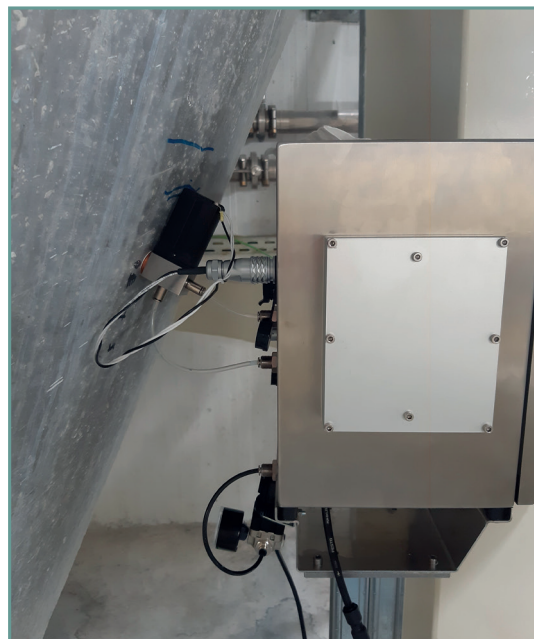


Fig. 2

RheoStream è un prodotto alternativo che sostituisce le procedure standard di misura della reologia/viscosità di liquidi non-Newtoniani:

- *Viscosimetri inline che forniscono dati della viscosità in tempo reale*
- *Viscosimetri manuali del sistema che forniscono dati reologici empirici*
- *Reometri di laboratorio che forniscono una serie completa di dati della reologia*

Queste procedure offrono o dati inaccurati e insufficienti per i liquidi non-newtoniani oppure dati off-line che non possono essere utilizzati per le regolazioni automatizzate.

Il nuovo reometro fornisce una serie completa di dati della reologia in tempo reale direttamente nel sistema di controllo.

Grazie alle misure in tempo reale, è possibile valutare e regolare il processo produttivo mantenendolo a regime e sotto controllo nell'aggiunta di addensanti, nella diluizione con i solventi oppure durante altre procedure correttive.

I VANTAGGI

Operando con RheoStream, gli addetti hanno l'opportunità di: regolare il processo costantemente oppure regolare il lotto in modo automatico, con la garanzia che i liquidi trattati siano conformi ai vincoli dettati dalle specifiche. Il fattore umano nella misura della reologia QC viene

escluso ottenendo una maggiore precisione.

I vincoli delle specifiche sono più stretti, ma il risultato è sempre esatto. Gli operatori non dovranno più intervenire nuovamente sul materiale off-spec, aumentandone la funzionalità e i volumi lavorati. La produzione di ogni lotto e di ogni tonnellata di materiale soddisfa i requisiti specificati in modo che il risultato finale sia prevedibile, a garanzia di una catena di distribuzione ottimizzata e più veloce.

RACCOLTA DI DATI PER L'ANALISI DEI BIG DATA/ PROCESSO PRODUTTIVO INTELLIGENTE/INDUSTRIA 4.0

RheoStream fornisce anche alla società informazioni in tempo reale sulla reologia rendendo evidente la prestazione di processo, sia in ambito lavorativo che nei modelli digitali. Con un numero così elevato di parametri da regolare nel processo e così pochi dati certi sulle reali proprietà del

measures the viscosity profile, e.g. shear-thinning in non-Newtonian liquids.

The output data are:

- Reports viscosity (or shear stress) at 3 pre-selected shear rates

- Optionally, calculates and report alternative viscosity model parameters (Bingham, Herschel-Bulkley, Cassons) giving you parameters like apparent yield stress, consistency index etc.

- Displays the temperature at which the measurement takes place.

RheoStream works for liquids with particles smaller than 200µm (few particles up to 500µm are permitted). The sample coming in may be 10-60° C and is cooled/heated to the desired measuring temperature (20-40°C). The rheometer covers a shear rate range of 1.5-1000 s⁻¹ and measures in the viscosity range shown in the Limit Plot, right – for instance at 10 s⁻¹ the viscosity range is 40-40,000 Pa·s

The viscosity range depends on the shear rate of the measurement – within the “application area” indicated in the picture 3.

– Above the upper solid blue line, the samples are too thick, limited by the internal parts

– Below the lower blue line, the samples are too thin, reaching the signal/noise limit of the instruments.

- Above the upper solid blue line, the samples are too thick, limited by the internal parts
- Below the lower blue line, the samples are too thin, reaching the signal/noise limit of the instruments.

HOW TO KNOW THE LIQUID IS WITHIN THE APPLICATION AREA?

First, the samples are characterized using a laboratory rheometer. The viscosity curves are then plotted in the Limit Plot (Fig. 3).

In this example, we see that: Samples are shear thinning – all four coating materials are within the measurable area across the entire shear rate range of 1.5-1000 s⁻¹.

liquido presente nell'acciaio inossidabile, è difficile definire i criteri di valutazione della prestazione basati su un modello dato. Il reometro misura il profilo della viscosità, ad esempio le forze di taglio dei liquidi non-newtoniani.

I dati forniti sono i seguenti:

- Report della viscosità (o della sollecitazione di taglio) a 3 differenti range preselezionati.

- Su richiesta, vengono calcolati e riportati i parametri di un modello alternativo della viscosità (Bingham, Herschel-Bulkley, Cassons) che forniscono parametri quali il carico di snervamento apparente, l'indice di densità e altri.

- Visualizzazione della temperatura a cui viene compiuta la misura.

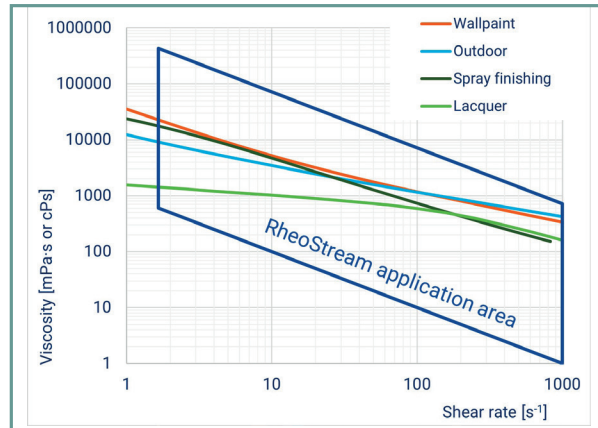
RheoStream opera con liquidi costituiti da particelle di dimensioni inferiori a 200 µm (sono consentite poche particelle grandi fino a 500 µm). Il campione in entrata

potrebbe avere una temperatura di 10-60°C e viene raffreddato/riscaldato fino a raggiungere la temperatura di misura desiderata (20-40°C). Il reometro copre un range

di forze di taglio pari a 1.5-1000 s⁻¹ e le misure del range della viscosità mostrate nel Limit Plot – ad esempio a 10 s⁻¹ il range della viscosità è pari a 40-40.000 Pas. L'intervallo della viscosità dipende dalla forza di taglio della misura, nell'“area di applicazione” indicata nella figura 3.

- Al di sopra della linea blu continua superiore, i campioni sono troppo densi, limitati dalle parti interne

- Al di sotto della linea blu inferiore, i campioni sono troppo diluiti, e si raggiunge il limite segnale/rumore degli strumenti.



**Fig. 3 RheoStream covers a shear-rate range of 1.5-1000 (1/5)
RheoStream copre una velocità di taglio di 1,5-1000 (1/5)**



Fig. 4

COME SAPERE SE IL LIQUIDO RIENTRA NELL'AREA DI APPLICAZIONE?

In primo luogo, i campioni vengono caratterizzati con l'ausilio di un reometro di laboratorio. Le curve della viscosità vengono quindi elaborate nel Limit Plot (Fig.3).

In questo esempio, si osserva che: i campioni sono soggetti alle forze di taglio – tutti e quattro i materiali di rivestimento rientrano nell'area misurabile per tutto l'intervallo delle velocità di taglio di 1.5-1000 s⁻¹.