

Kontinuerlig bestemmelse af tørstofindhold

En Coriolis masse-flowmåler kan anvendes til andet end flowmåling.

Af Morten B. Jensen, Endress+Hauser A/S

FLOWMÅLING. Der tales i dag om fremtidens "multiinstrumenter", hvor samme instrument skal kunne benyttes til flere forskellige målinger. Men allerede i dag findes der på markedet instrumenter, hvis anvendelsesområde er langt bredere end det navnet antyder - blandt disse er Coriolis masseflowmåleren, som giver mange spændende muligheder.

De fleste masseflowmålere til væsker er i dag baseret på Coriolis princippet, hvor masseflowet bestemmes ud fra det gyrostatiske princip sammen med Corioliskraften. Sidstnævnte er den kraft der genereres når et legeme bevæger sig radiært i systemet.

Masseflowet beregnes ved at anvende Newtons 2. lov (Kraft = masse x acceleration), idet parametrene flowhastighed, vægtfylde og temperatur er de parametre som måles i Coriolis masseflowmåleren. Måleprincippet kan derfor, ved at kombinere disse parametre, anvendes til en række andre målinger end "blot" masseflowmåling. Vi vil i det efterfølgende gennemgå nogle af de muligheder Endress+Hauser tilbyder som standardløsninger i masseflowmåleren PROMASS 63.

Flowmåling og tørstofbestemmelse

Måling af masseflow med stor nøjagtighed, i enheder som kg/h og tons/h er en selvfølge, men til mange måleopgaver er det mere passende at arbejde med volumenenheder, som f.eks. l/h eller m³/h. I Coriolis masseflowmåleren er der mulighed for enten at benytte den målte vægtfylde som reference - og dermed få en "sand" volumenmåling - eller benytte en fast værdi - og dermed få et udtryk for standard volumen flowet, hvor der refereres til faste standardbetingelser.

Måles på tofase medier, som f.eks. vand/sukker, hvor vægtfylden af det ene produkt er kendt, kan mængden af de to produkter separeres, og masse- eller volumenflowet af de enkelte faser registreres. Coriolis masseflowmåle-



▲ - Benyttes PROMASS I måleren til bestemmelse af tørstofindholdet i en kalkopslemning anbefales lodret montage - så partiklerne ikke bundfældes i måleren.

ren giver også mulighed for kontinuerlig at måle blandingsforholdet mellem de to produkter, således at den aktuelle blandingsprocent direkte kan udlæses.

Temperaturmåling

I forbindelse med flere af de andre målinger er der indbygget en automatisk temperaturkompensation, i form af en PT100 føler, i målesystemet. Transmitteren lineariserer signalet i målerens anvendelsesområde (-50oC til +200oC), og signalet kan selvfølgelig benyttes, f.eks. til at regulere væskens temperatur.

Vægtfylde- og afledte målinger

Kontinuerlig vægtfyldemåling anvendes i mange sammenhænge, og kan være en afgørende parameter i forbindelse med optimering af processen. Coriolis masseflowmåleren er fra fabrikken vægtfyldekalibreret, men der mulighed for at øge nøjagtigheden betydeligt (helt ned til +/-0,001kg/l) ved at lave en kalibrering på det aktuelle målested. In line kalibreringen udføres bedst som en punktskalibrering, enten med assistance fra laboratoriet, eller med to kendte reference væsker.

Vægtfylde måles i mange forskellige enheder, som dog alle afledes af den temperatur kompenserede standard vægtfylde, der beregnes som følger :

$$\rho_N = \rho(1 + \alpha \times \Delta t)$$

hvor ρ_N er standard vægtfylden.

ρ er den målte (aktuelle) vægtfylde.

α er væskens udvidelseskoefficient

Δt er forskellen mellem aktuel- og standardtemperatur.

I Coriolis masseflowmåleren måles den aktuelle vægtfylde direkte, ligesom den aktuelle temperatur, de øvrige værdier i formel udtrykket er standard værdier (tabel værdier) som indlæses manuelt, og standard vægtfylden beregnes derfor let. Af denne værdi udledes bl.a. følgende "branche relaterede" målinger:

oBRIX-måling, der er et mål for sukkerindholdet i en given opløsning. Enheden benyttes primært indenfor fødevarerindustrien.

oAPI-måling, er en vægtfylde enhed der specielt anvendes indenfor den petrokemiske industri til olieprodukter.

oBAUME-måling, benyttes primært til at kategorisere sure opløsninger, som f.eks. jernklorid opløsninger. I praksis benyttes to BAUME skalaer, én for opløsninger tungere end vand, og én for væsker lettere end vand.

%Alkohol-måling, er en tofase måling der angiver forholdet mellem vand og alkohol i produktet.

%Black liquer måling, er en tofase måling der

specielt anvendes indenfor papirindustrien. Målingen angiver forholdet mellem vand og sort lud.

Flowmåler med et lige målerør giver endnu flere muligheder

Målerørets svingninger er de bevægelser som skaber den Coriolis kraft, der benyttes til selve målingen. Hvis ikke disse udkompenseres vil det, udover et vibrerende rørsystem, resultere i endog meget store målefejl. De Coriolis masseflowmålere der hidtil er set på markedet kompenserer alle for svingningerne, enten ved at lade bugte rørene eller ved at lade parallelle rør svinge i modfase. Begge løsninger fungerer fremragende, men specielt for viskose væsker kan det trykfald som måleren giver anledning til være et problem.

Efter introduktionen af TMB-systemet (Torsion Mode-Balanced) - hvor vi udnytter pendulbevægelsen af en excentrisk placeret masse til at neutralisere målerørets svingninger, har Endress+Hauser



▲ Indenfor farmaceutisk industri kan Coriolis masseflowmåleren give informationer om ændringer i produktets vægtfylde.

ser benyttet en et-rørs Coriolis masseflowmåler til mange nye opgaver.

Kontinuerlig bestemmelse af tørstofindhold

En måler med et målerør i samme dimension, som det øvrige rørsystem, i kombination med vægtfyldfunktionen vil derfor være den optimale løsning til kontinuerlig bestemmelse tørstofindholdet i opslemninger.

Vi har således kørt en række forsøg indenfor cement industrien, hvor et-rørs måleren skulle benyttes til bestemmelse af



▲ Brix måling er almindelig måling ved fremstilling af læskedrikke - en Coriolis masseflowmåler kan kontinuerligt udlæse sukkerindholdet omsat til oBrix.

kiselindholdet i en vandig opslemning. Selve opgaven indeholdt to problemstillinger, som ingen anden måler hidtil havde kunnet løse:

1. Ud-/bundfældning af tørstoffet - med fare for dannelse af "propper" i måleren.

Ved at benytte målerens selvdrænende genskaber, og montere den lodret med flow nedefra, vil udfældning i forbindelse med stilstand lede tørstoffet ud af måleren. Tilstopning, ensidige aflejringer, i måleren er indtil videre helt undgået.

2. Slidtage i forbindelse med restriktioner i måleren.

Målerøret er valgt så det har samme dimension som det øvrige rørsystem - hermed undgås restriktioner

princippet til tørstofbestemmelse.

Viskositetsmåling - et helt nyt anvendelsesområde

En anden spændende mulighed som et-rørs systemet giver er kontinuerlig bestemmelse af produktets viskositet. Viskositet er en af de parametre der giver slutproduktet sit karakteristika - og for mange produkter vil det være det optimale, at kunne styre produktionen så produktet opnår den rette konsistens. Tidligere har det dog været en vanskelig måling at foretage kontinuerlig, og de hidtil kendte principper har alle krævet at sensoren "stak ned i" produktet - en løsning der ikke er optimal specielt indenfor hygiejniske produkter.

Gennem studier af TMB-princippet i Endress+Hauser's Coriolis flowmålere har det været muligt at opstille en række algoritmer der gør det muligt at måle den dynamiske viskositet kontinuerligt med en masseflowmåler. Det viser sig nemlig, at mediet laver en modkraft, der vokser jo "tykkere" væsken er, når målerøret sættes i rotation - denne modkraft virker som en dæmpning af oscillationen, og der skal derfor tilføres mere energi for at få systemet til at oscillere korrekt. Sammenhængen er nu fastlagt og Endress+Hauser kan som de eneste i verden tilbyde kontinuerlig viskositetsmåling i et helt glat målerør!

At vælge flowmåler er ikke længere blot et spørgsmål om "kun" at måle den væskemængde som løber i rørene, men at vælge det instrument, som kan hjælpe til i forbindelse med analyse og optimering af det enkelte procesafsnit. Med Coriolis masseflowmåleren tilbydes brugeren i dag så mange "ekstra" muligheder, at måleprincippet er et godt bud på et af fremtidens multiinstrumenter.

hvor partiklerne kan glide unødigt. Hastigheden gennem måleren ændres således ikke i forhold til det øvrige rørsystem, og det lige målerør - udført i titanstål - slides derfor ikke mere end en normalt lige stykke rør.

Også ved måling af andre produkter, hvor en deling/trykændring i produktflowet kan ændre produktets struktur (opleves oftest indenfor fødevarer industrien), har vi i dag meget gode erfaringer med et-rørs princippet, som et godt alternativ anvendelse af radioaktive