

ANLIGGNINGSGIVARE OCH BELÄGGNING PÅ RÖRETS INSIDA

FRÅGA: Vi mäter temperaturen på vatten som transporteras i en ledning med innerdiametern 300 mm. Mätningen sker med en anliggningsgivare utanpå röret och vattnets temperatur är ungefär 40°C. När vi bytte en avstängningsventil upptäckte jag att det var ganska kraftiga beläggningar på insidan av röret. Det är en gammal installation och ledningen har tidigare använts för att transportera pappersmassa. Rörledningen är oisolerad där givaren sitter. Hur påverkas mätningen av beläggningen och kan man uppskatta felet?

Per J

SVAR: Det finns i detta fall inget generellt svar om mätfelets storlek, men om vi inför ett antal förutsättningar kan vi göra en grov uppskattning av mätfelet. Vi antar att röret har en jämntjock beläggning och att rörets omgivning har en lägre temperatur än vattentemperaturen. Anliggningsgivaren mäter temperaturen på rörets utsida och värmetransporten från vätskan till omgivningen gör att den uppmätta temperaturen blir något lägre än vätsketemperaturen.

Värmetransporten från vattnet till omgivningen sker genom påtvingad konvektion inuti röret och värmeledning i beläggningen och rörväggen. På rörets utsida antar vi att värmeflödet till omgivningen sker genom naturlig konvektion och strålning. För värmetransporten gäller sambandet

$$Q = AU(T_{\text{vätska}} - T_{\text{omgivning}})$$

där, Q är värmeflödet i W, A arean i m², U värmegenomgångskoefficienten (tidigare betecknad k) i W/(m²K), T_{wätska} och T_{omgivning} är vattnets respektive omgivningens temperatur i °C. För att göra en grov uppskattning av mätfelet kan vi för enkelhets skull anta att beläggningens och rörväggens tjocklek är liten i förhållande till rörradien. Detta gör att vi kan betrakta

problemet som en plan vägg. Vid mycket tjocka beläggningar eller om man vill göra en noggrannare beräkning skall man använda sambanden som gäller för rör med cirkulärt tvärsnitt. Värmegenomgångskoefficienten U bestäms ur sambandet

$$1/U = 1/h_{\text{insida}} + \Delta_{\text{beläggning}}/\lambda_{\text{beläggning}} + \Delta_{\text{rörvägg}}/\lambda_{\text{rör}} + 1/h_{\text{utsida}}$$

där, h är värmeövergångskoefficient (även betecknad α) i W/(m²K), Δ tjocklek i m och λ värmekonduktivitet (betecknas även k) i W/(m K). Värmeövergångskoefficienten på utsidan förutsätts i detta fall inkludera både egenkonvektion och strålning – en "total" värmeövergångskoefficient. Rörets yttemperatur, T_{utsida} i °C, får man ur sambandet

$$Q = Ah_{\text{utsida}}(T_{\text{utsida}} - T_{\text{omgivning}})$$

Vi börjar med att studera ett rör utan beläggning på insidan. För att uppskatta mätfelet antar vi att vattnets medelhastighet är 3 m/s (760 m³/h). Strömningen är turbulent och värmeövergångskoefficienten på rörets insida kan uppskattas till 7400 W/(m²K). Vi antar att stålrörets vägg tjocklek är 6 mm och stålets värmekonduktivitet 48 W/(m²K). Omgivningstemperaturen antas vara 15 °C och den totala värmeövergångskoefficienten på rörets utsida uppskattas till 10 W/(m²K). För värmegenomgångskoefficienten gäller

$$1/U = 0.000135 + 0.00125 + 0.100$$

Värmeresistansen ("värmemotståndet") på rörets utsida - 1/(Ah_{utsida}) - är helt dominerande och man finner T_{utsida} = 39.94 °C och mätfelet blir mindre än 0.1 °C. I detta fall mäter anliggningsgivaren i princip vattentemperaturen.

Vi antar nu att beläggningens tjocklek är 3 mm och att den består av träfibrer med värmekonduktivi-

FRÅGA ? SVAR

De frågor vi tar upp här ska ha allmänt mättekniskt och/eller värmetekniskt intresse.

teten 0.15 W/(m K). För värmegenomgångskoefficienten gäller

$$1/U = 0.000135 + 0.0200 + 0.00125 + 0.100$$

I detta fall kan man inte försumma värmeresistansen i beläggningen - $\Delta_{\text{beläggning}}/(A\lambda_{\text{beläggning}})$ - och man finner T_{utsida} = 35.8 °C och mätfelet 4.2 °C. Om beläggningens tjocklek är 6 mm blir mätfelet 7.2 °C. Beräkningarna bygger på ett antal förutsättningar och antaganden. Ett problem är att vi varken vet beläggningens tjocklek eller dess termiska egenskaper, men resultatet visar ändå att man inte kan försumma inverkan av beläggningen på rörets insida när man uppskattar mätfelet.

Om det är möjligt skall man isolera röret på utsidan. Värmeflödet minskar och temperaturen på rörets utsida närmar sig vattentemperaturen. Med en isolering på 50 mm mineralull och värmekonduktiviteten 0.050 W/(m K) får man mätfelet 0.9 °C istället för 7.2 °C. En annan möjlighet är att använda en insticksgivare, men det förutsätter att man inte pumpar pappersmassa i röret. En anliggningsgivare måste alltid kontrolleras med jämna mellanrum så att man har en god kontakt mellan givaren och röret. Man måste också kontrollera att det inte har uppstått korrosion i kontaktytan. Dålig kontakt och korrosion leder till att mätfelet ökar.

Sammanfattning: Beläggningar inuti röret är den främsta orsaken till mätfel vid anliggningsgivare – ju tjockare beläggning desto större mätfel. Ett problem är att man sällan vet beläggningens tjocklek eller dess termiska egenskaper. Om man kan isolera röret så minskar mätfelet.



Har du synpunkter eller frågor kontakta professor Dan Loyd på LiU, dan.loyd@liu.se