

MÄTFEL PÅ GRUND AV VÄRMELEDNING I MANTELTERMOELEMENT

FRÅGA: När man skall uppskatta mätfelet vid mätning med ett manteltermoelement bortser man ofta från värmetransporten i själva termoelementet. Hur korrekt är egentligen detta antagande?

Mats K

SVAR: För att diskutera detta vanliga antagande betraktar vi inledningsvis ett manteltermoelement, som mäter temperaturen i en strömmande vätska. Vätsketemperatur antas vara konstant. Vi antar också att väggtemperaturen är högre än vätsketemperaturen. Värme transporteras nu från väggen till termoelementet och längs termoelementet genom värmeledning. Från termoelementet avges värme till vätskan genom påtvingad konvektion. Temperaturen i termoelementet sjunker med avståndet från väggen. Mätpunktens temperatur påverkas av manteltermoelementets fysikaliska egenskaper och av den konvektiva värmetransporten till vätskan. Temperaturdifferensen mellan mätpunkten i termoelementet och vätskan, ΔT °C, är mätfelet till följd av värmeledningen i termoelementet. I det stationära fallet kan detta mätfel uppskattas med hjälp av följande samband

$$\Delta T = \frac{T_{\text{mät}} - T_{\text{vätska}}}{2(T_{\text{vägg}} - T_{\text{vätska}})} (e^a + e^{-a})$$

där, $T_{\text{mät}}$ är temperaturen i °C i mät-punkten, $T_{\text{vätska}}$ vätsketemperaturen i °C, $T_{\text{vägg}}$ väggtemperaturen i °C vid termoelementets infästning och a en parameter

$$a = L(4h/(kD))^{0.5}$$

där, L är termoelementets längd i m, h värmeövergångskoefficienten mellan termoelementet och vätskan i $W/(m^2K)$, k värmekonduktiviteten i termoelementet i $W/(m K)$ och D manteltermoelementets ytterdiameter i m. Termoelementet består av olika material, vilket gör att man måste använda ett medelvärde för värmekonduktiviteten.

Ju längre termoelementet är desto större blir parametern a . Detta innebär i sin tur att uttrycket $(e^a + e^{-a})$ ökar och därmed minskar mätfelet. Om man väljer ett termoelement med mindre diameter ökar också parametern a och mätfelet minskar. Om strömnings-hastigheten ökar kommer värmeövergångskoefficienten h att öka. Parametern a ökar och mätfelet minskar. Ett högre värde på värmekonduktiviteten i termoelementet minskar parametern a och mätfelet ökar.

Om den strömmande fluiden är en gas gäller i princip samma uttryck som för en vätska. I allmänhet blir denna typ av mätfel mindre, när man mäter i vätskor än när man mäter i

FRÅGA ? SVAR

De frågor vi tar upp här ska ha allmänt mät-tekniskt och/eller värmetekniskt intresse.

gaser, eftersom värmeövergångskoefficienten i vätskor normalt är högre än den i gaser. Vid beräkning av det totala mätfelet vid mätning i gaser måste man också ta hänsyn till en eventuell inverkan av strålningen.

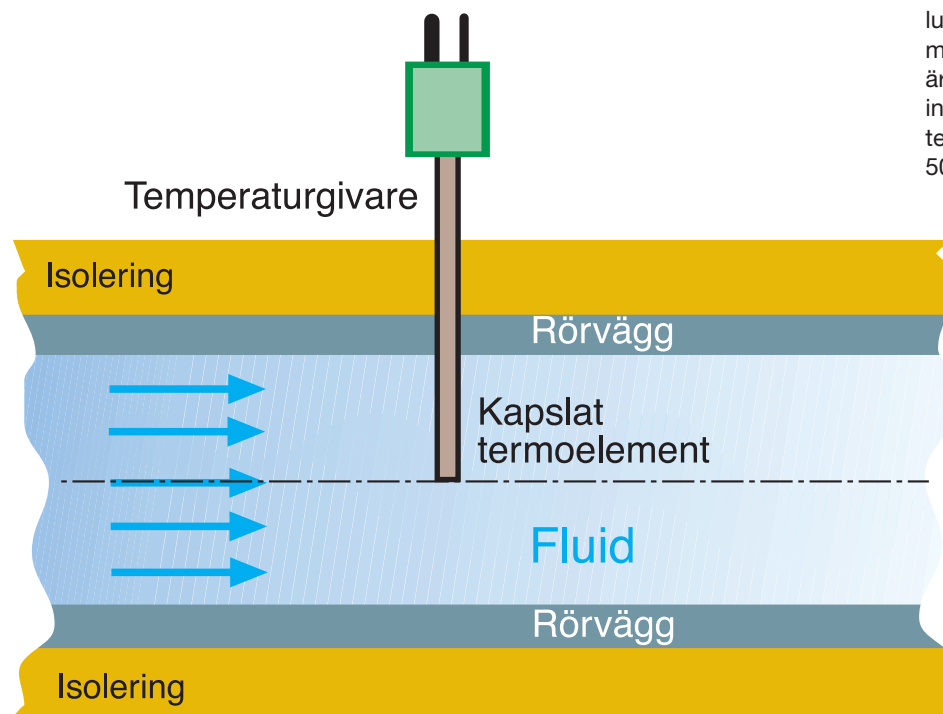
I många fall vet man inte tillräckligt mycket om strömningen för att kunna bestämma värmeövergångskoefficienten. Värdet behövs om man vill uppskatta mätfelet på grund av värmeledningen i termoelementet. Genom att ändra termoelementets insticks-längd och studera temperaturändringen kan man ofta få en viss uppfattning om hur mätfelet beror av längden i det aktuella fallet.

Exempel

I Fråga/Svar, PentronicNytt 2019, #1 diskuterade vi mätning av lufttemperaturen i ett långt rör med innerdiametern 200 mm och lufthastigheten 5.3 m/s. Rörtemperaturen var 50 °C, lufttemperaturen 15 °C, manteltermoelementets längd 100 mm och dess ytterdiameter 4 mm. Den konvektiva värmeövergångskoefficienten i det fallet var 112 $W/(m^2K)$. Till följd av strålningen kommer termoelementet att mäta en temperatur som är 1.4 °C högre än lufttemperaturen 15 °C.

Om vi enbart tar hänsyn till värmeledningen i termoelementet och värmetransporten från väggen till luften via termoelementet finner vi att mätfelet till följd av detta värmeflöde är mindre än 0.1 °C, vilket i detta fall innebär att felet kan försummas. Om termoelementets längd skulle vara 50 mm istället för 100 mm blir emellertid mätfelet ungefär 2 °C.

Beräkningen av mätfelet bygger på ett antal antaganden, men resultatet ger ändå en god uppfattning om vilket mätfel som man kan förvänta sig.



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