

MÄTFEL PÅ GRUND AV NEDSMUTSNING

FRÅGA ? SVAR

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

FRÅGA: Vi mäter vattentemperaturen i ett isolerat rör med hjälp av ett manteltermoelement. Installationen är av samma typ som visas i Fråga/Svar i Pentronic Nytt 2019 # 2. Vattentemperaturen är ungefär 120 °C och röret finns i en industri lokal, där temperaturen är ungefär 15 °C. Ibland uppstår det tyvärr en beläggning på termoelementet och rörväggen. Hur kommer beläggningen att påverka mätresultatet?

Martin D

SVAR: I normalfallet påverkar nedsmutsningen både mätfelet och svarstiden. I vissa fall ökar emellertid mätfelet obetydligt eller inte alls. Det som avgör vilket mätfel som man får beror på vad som händer med värmeflödet i själva termoelementet till/från infästningen i rörväggen.

Normalt finns ett värme flöde mellan vätskan och rörets omgivning och därmed en skillnad mellan vätsketemperaturen och rörväggens temperatur. Detta innebär också att man får ett axiellt värme flöde i termoelementet och man mäter en temperatur som är något lägre än vätsketemperaturen. Mätfelet beror bland annat av termoelementets diameter och instickslängd, den axiella värmekonduktiviteten i termoelementet, värmeövergångskoefficienten mellan vätskan och termoelementet samt temperaturdifferensen mellan vätskan och väggen.

Mätfelet, ΔT , kan för det icke nedsmutsade termoelementet uppskattas med hjälp av sambandet

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

där, $T_{\text{mät}}$ är den uppmätta temperaturen i °C, $T_{\text{vätska}}$ vätsketemperaturen i °C, $T_{\text{vägg}}$ rörväggens temperatur 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/(m²K), k den axiella värmekonduktiviteten i termoelementet i W/(m²K) och D manteltermoelementets ytterdiameter i m. Termoelementet består av olika material, vilket gör att man måste använda ett medelvärde, när man beräknar värmekonduktiviteten. Hur de olika parametrarna påverkar mätfelet kommenteras i Fråga/Svar, Pentronic Nytt 2019 # 2.

Om termoelementet och rörväggen blir nedsmutsade påverkas värmetransporten till både termoelementet och rörväggen. Värmetransporten i själva termoelementet påverkas och därmed mätfelet. Vi antar nu att termoelementet och rörväggen får en jämn beläggning. Vi antar också att beläggningens värmekonduktivitet är mycket lägre än den hos röret och termoelementet.

Nedsmutsningen reducerar det radiella värme flödet från vätskan till termoelementet. När termoelementet blir nedsmutsat ökar dess diameter, vilket i normalfallet innebär att värmeövergångskoefficienten minskar något. Värmeövergångskoefficienten kan vid överslagsberäkningar ersättas med en värmegenomgångskoefficient, U, som inkluderar både värmeövergångskoefficienten och värmekonduktiviteten i smutsen. Värmegenomgångskoefficienten U blir mindre än den värmeövergångskoefficient, h, som gäller för det rena termoelementet och parametern a minskar när h ersätts med U. Vid nedsmutsning ökar således uttrycket $1/(e^a + e^{-a})$, vilket i sin tur betyder att mätfelet ΔT ökar.

Värme flödet genom den nedsmutsade rörväggen minskar och det innebär att rörtemperaturen sjunker. Temperaturdifferensen ($T_{\text{vätska}} - T_{\text{vägg}}$) ökar och därmed ökar mätfelet. Både rörväggens temperaturminskning och det minskade värme flödet till termoelementet bidrar alltså till att mätfelet ökar.

Det fall som vi har diskuterat här är en jämn smutsbeläggning på rörväggen och termoelementet. Även om beläggningens tjocklek varierar gäller fortfarande samma principiella diskussion.

Om rörväggens temperatur skulle vara densamma som vätsketemperaturen uppstår det inget axiellt värme flöde i termoelementet. För att detta fall skall gälla krävs bland annat att röret är väl isolerat. Om vattentemperaturen är konstant och det axiella värme flödet i termoelementet kan försummas påverkas inte mätvärdet om termoelementet blir nedsmutsat. Om vätsketemperaturen varierar kommer emellertid nedsmutsningen att förlänga svarstiden, eftersom värme flödet från vätskan till termoelementet minskar till följd av nedsmutsningen. För att avgöra om mätfelet och svarstiden är acceptabla krävs att man tar fram siffrvärden för det aktuella fallet.

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

