

Sotig givare

FRÅGA: Vi mäter avgastemperaturen med ett manteltermoelement typ K, som är monterat vinkelrätt rörväggen och med spetsen i rörets centrum. Termoelementet har diametern 6 mm och rörets innerdiameter är 150 mm. Utanpå röret finns 30 mm mineralull som isolering. Gastemperaturen är ungefär 250 °C och gasens medelhastighet 5 m/s. Vid en driftstörning fick termoelementet en tunn sotbeläggning. Har det tunna sotskiktet någon större inverkan på mätresultatet??

Bo B

SVAR: Termoelementet tillförs värme från gasen genom påtvingad konvektion. Det avger också värme till rörväggen genom strålning, om väggtemperaturen är lägre än givartemperaturen. Givaren mäter då en temperatur som är något lägre än gastemperaturen. Värmefflödet genom strålning beror bland annat av ytornas emissionskoefficienter. En sotig yta har en högre emissionskoefficient än en blank yta, vilket gör att det sotiga termoelementet avger mer värme till rörväggen än det blanka termoelementet. Det betyder i sin tur att den sotiga givaren kommer att mäta en något lägre temperatur än den blanka. För att kunna bedöma hur stor ändringen blir krävs att man uppskattar värmefflödena till och från givaren.

Vi antar nu att det isolerade röret avger värme till omgivningen genom naturlig konvektion och strålning. Med en antagen omgivningstemperatur på 20 °C kan man beräkna väggtemperaturen $T_{\text{vägg}}$ till 233 °C. Om givaren betraktas som en lång vinkelrätt anströmmad cylinder kan man uppskatta värmeövergångskoefficienten mellan gasen och termoelementet till 90 W/(m²K). Ett nytt blankt termoelement antas ha emissionskoefficienten = 0.40 och ett sotigt $\epsilon = 0.95$.

Värmefflödet, Q W, genom påtvingad kon-

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

**FRÅGA?
SVAR!**

vektion från gasen med temperaturen $T_{\text{gas}} = 250$ °C till termoelementet med temperaturen T °C kan skrivas

$$Q = \alpha A (T_{\text{gas}} - T) = \alpha A (250 - T) \quad (1)$$

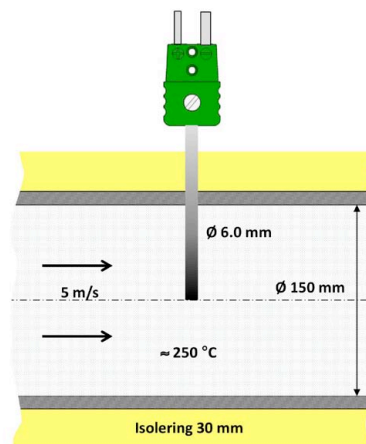
där, A är termoelementets värmeöverförande area. Värmefflödet genom strålning mellan termoelementet och rörväggen kan i detta fall approximativt skrivas

$$Q = \epsilon A C_s [(T + 273)^4 - (T_{\text{vägg}} + 273)^4] \quad (2) \\ = \epsilon A C_s [(T + 273)^4 - (233 + 273)^4]$$

där, C_s är Stefan-Boltzmanns konstant, $5.67 \cdot 10^{-8}$ W/(m²K⁴). Vi har då antagit att röret är långt och att termoelementets värmeöverförande area, A , är mycket liten i förhållande till rörväggens area. Genom att kombinera ekvationerna (1) och (2) kan man bestämma den temperatur T som givaren mäter i ett stationärt fall. För en ny givare med $\epsilon = 0.40$ finner man $T = 248.0$ °C och för en sotig givare med $\epsilon = 0.95$ blir temperaturen 245.9 °C. Differensen är i detta fall mycket liten – teoretiskt 2.1 °C eller 0.8 % av gastemperaturen.

Under en uppstart anpassar sig termoelementet till temperaturen i stationärtillståndet betydligt snabbare än rörväggen. Om vi antar att rörväggens temperatur skulle vara 50 °C i stället för 233 °C, men i övrigt samma förutsättningar som tidigare finner vi temperaturerna 235.9 °C och 220.9 °C för blank respektive sotig givare. Skillnaden under uppstarten är med den antagna väggtemperaturen 15 °C eller 6 % av driftstemperaturen för att sedan sjunka till 2.1 °C. Avvikelsen mellan ren och

sotig givare under driftförhållanden är i detta fall liten. Om man kan acceptera mätfelet under uppstartförloppet måste avgöras från fall till fall.



Givarspetsen har blivit sotig av ett avgasflöde i röret. Hur påverkas temperaturmätningen av detta?

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