

# Mätning av rökgastemperaturen i pannor- en värmeteknisk, mätteknisk och matematisk utmaning

Dan Loyd  
Mekanisk värmeteori och strömningslära  
Mekaniksystem, IKP  
Linköpings universitet  
581 83 Linköping  
danlo@ikp.liu.se

## Bakgrund och sammanfattning

Temperaturen hos rökgaserna i en panna är en väsentlig parameter som används för att styra och övervaka förbränningen. De allt högre miljökraven innebär att rökgastemperaturen måste mätas med allt större precision. Ett nyligen infört EU-direktiv säger till exempel att rökgaserna skall ha en temperatur som överstiger 850 °C under minst 2 sekunder. Hur denna mätning skall gå till talar beslutsfattarna tyvärr inte om för de som äger och sköter pannorna. I framtiden kan vi nog se fram mot allt fler direktiv för rökgaser avseende såväl temperaturnivåer som gasens uppehållstid vid en viss temperatur. Man kan också förvänta sig att de dynamiska temperaturförloppen blir allt mer intressanta att mäta.

För att kontrollera gastemperaturen använder man sig av en så kallad sugpyrometer. Den grundläggande principen för detta instrument är att temperaturen mäts med ett kapslat termoelement som omströmmas av gas med mycket hög hastighet. Den höga hastigheten gör att den konvektiva värmeöverföringen blir mycket god. Termoelementet omges av ett eller flera skyddsrör för att minska inverkan av strålningen.

I detta fall mäter man tyvärr inte den temperatur som man vill mäta. Detta beror på att sensorn i en beröringstermometer, exempelvis ett termoelement, mäter endast sin egen temperatur och ingenting annat. Det finns också en tidsförskjutning mellan den temperatur som sensorn mäter och den temperatur som man vill att sensorn skall mäta. Man skulle därför lite drastiskt kunna formulera avvikelserna på följande sätt

- Hur man än mäter rökgasens temperaturen, så mäter man i princip alltid FEL temperatur!

Hur stort felet blir beror av den aktuella mätsituationen, men man kan vara helt övertygad om att man i normalfallet mäter fel temperatur. Slutsatsen låter kanske lite dystert och det kan därför vara på sin plats med två något mer uppmuntrande kommentarer

- Det är inte så farligt att mäta fel – bara man vet om att man mäter fel.

- Om man dessutom vet varför mätfelet uppstår och kan uppskatta storleksordning hos felet så är situationen inte alls lika dyster – man har nämligen läget under kontroll.

För att mäta de intressanta rök-gastemperaturerna kan man använda ett antal olika typer av sensorer, vilka alla har sina för-och nackdelar. Några av felkällorna för ett termoelement kommer att diskuteras för en vanliga mätinstallation. Speciellt behandlas orsaken till avvikelser mellan den temperatur som man vill mäta och den temperatur som sensorn mäter i verkligheten. Mätfelet kan för det mesta förklaras utgående från en värmeteknisk analys av situationen i det område där mätningarna sker.

Det sägs ofta av såväl driftspersonal som ansvariga att sugpyrometern kan användas för att mäta ”den rätta” rök-gastemperaturen. Detta påstående är inte korrekt. Den intressanta frågan är egentligen inte hur man skall ”mäta rätt” utan snarare hur man skall göra för att ”mäta så rätt som möjligt”. Vid en analys av instrumentet har vi funnit att avvikelser i olyckliga fall kan uppgå till mer än 10 %. Detta innebär att differensen mellan gastemperaturen och den uppmätta temperaturen kan vara över 100 °C, om rök-gasens temperatur ligger mellan 800 °C och 900 °C.

Konstruktionsmässigt kan man naturligtvis göra vissa förbättringar av sugpyrometern. En viktig faktor som måste beaktas vid konstruktionsarbetet är hanterbarheten hos mätinstrumentet. Man får heller inte bortse från kostnadsaspekten – instrumentet är redan idag dyrt.

Den stora utmaningen på detta område är därför om man kan förbättra dagens temperaturmätning med sugpyrometer genom att använda olika matematiska metoder. Man skulle kunna formulera önskemålen på följande sätt

- Kan man på matematisk väg utgående från en uppmätt – men felaktig – gastemperatur bestämma en temperatur som bättre motsvarar den önskade gastemperaturen?
- Kan man för den enskilda mätningen göra en uppskattning av det mätfel som tyvärr alltid förekommer?

Matematiskt är problemet illa ställt. Gasens temperatur kan dessutom variera slumpartat med tiden och oförutsedda störningar av olika typer kan förekomma. Vid avfallspannor är det i princip omöjligt att förutse hur förbränningen kommer att variera såväl i rummet som med tiden.

Nya typer av mätinstrument kommer på sikt att ersätta sugpyrometern, men den nuvarande konstruktionen kommer att vara i drift under många år framöver. De problem som gäller för sugpyrometern finns också i ett stort antal andra applikationer, där man mäter temperaturen med hjälp av beröringstermometrar.