

## MPC:s krav botade fukt i termoelement

Termoelement tillverkas ofta för extrema miljöer. Material och konstruktioner kan användas till annat än temperaturmätning.

– Vi och Pentronic har utvecklat sensorer, som bygger på liknande konstruktioner som manteltermoelement, för att detektera förekomsten av slagg vid stränggjutning, berättar Håkan Johansson på Metal Process Control, MPC, i Nyköping.

Tekniken är sprungen ur forskningsreaktorn i Studsvik, en anläggning som givit upphov till en rad högteknologiska företag. Många av dem har inget med kärnkraft att göra.

MPC knoppades av från Studsvik Energiteknik och är idag ett självständigt företag. Man har en tredjedel av världsmarknaden inom sin nisch, utrustning för att mäta slaggförekomst och nivåer på metallsmälta.

Tillverkning av högklassigt stål är en känslig process. En viktig parameter är förekomsten av slagg. Slaggen är lättare och flyter ovanpå.

Skänkar, behållare som används för att hålla upp den flytande metallen, tappas av underifrån. När nivån sjunker kan det bildas en vortexvirvel som suger ned slaggen som blandar sig med metallen.

### Upptäcker föroreningar

MPC har utvecklat en induktiv mätare som sitter vid tappstället. När den detekterar slagg, går ett larm som i sin tur kan aktivera en ventil som stoppar flödet av flytande metall.

Sensorena är två identiska "antennor" med olika uppgifter. Den ena sänder ut en elektromagnetisk signal som den andra plockar upp.

Den mottagna signalen ger besked om materialets ledningsförmåga. Slagg leder sämre än metall och därför upptäcks föroreningar snabbt.

Svårigheten är att sensorerna ska fungera i en ogästvänlig miljö. Det är mycket varmt med aggressiva gaser och tidvis hög fukthalt.

– Jag har sett en reklam om kablar som tål 1500-1600°C. Det handlar om brandklassning och att kabeln klarar höga temperaturer i ett visst antal minuter. Våra sensorer måste hålla i flera år, berättar Håkan.



Håkan Johansson på MPC visar en sensor för detektering av slagg. Sensorena tillverkas av manteltermoelement och konstruktionen anpassas till varje enskild installation. Det här är bara en av många typer. Tillverkningskraven är extremt hårda och givarna måste vara hermetiskt täta mot fukt.

### En rötmanadshistoria

Lång erfarenhet visar att mantlade termoelement är det mest långlivade materialet. Det är utvecklat för höga temperaturer och har bra isolation mellan ledarna. Isolationen är mycket viktig, eftersom man arbetar med fyra ledare och kör igenom en växelström på några ampere.

Fukt och försämrad isolation ger direkt utslag på mätresultatet. Problem som kommer smygande vid temperaturmätning är mycket tydliga för MPC.

– Vi får flest reklamationer i rötmanadstider. Orsaken är den höga luftfuktigheten, säger Håkan.

Sensorena tillverkas i sin helhet av Pentronic. Det är komplicerade konstruktioner och varje sensor byggs för en viss installation. Tidigare var fuktskador ett stort problem.

MPC och Pentronic har tillsammans utvecklat tillverkningsmetoder för att råda bot på dem. Idag är det rätt sällsynt med sensorer som havererar i förtid på grund av fukt.


### Till nytta för alla

– Magnesiumoxid, som isolerar ledarna från varandra, är extremt hygroskopiskt. Under tillverkningen får materialet inte exponeras för fukt. Om man misslyckas är sensorn förbrukad redan innan den tagits i drift, säger Håkan och fortsätter:

– Sedan gäller det att göra alla skarvar och ändförslutningar hermetiskt täta. Det får helt enkelt inte komma in den minsta fukt.

Den rigorösa tillverkningsmetoden, som Pentronic utvecklat efter krav från bl a MPC, kommer även andra till del.

Alla mantlade termoelement framställs med samma hårda krav. Och det är faktiskt så att täta givare är viktigare vid temperaturmätningar än vid slaggdetektering. MPC och deras kunder upptäcker snabbt om en sensor är fuktskadad och mäter fel.

Många som mäter temperatur märker aldrig att mätvärdet sakta driver iväg, utan använder omedvetet mätvärdet långt utanför de uppställda toleranserna. 



# Tänkt temperatur redan från början

**Bygg produktionsutrustningen runt temperaturgivarna. Mycket tillspetsat var det budskapet från professor Dan Loyd till deltagarna på Pentronics seminarium.**

Dan Loyd arbetar på Mekanisk värmeteori och strömningslära vid Linköpings tekniska högskola. Hans ämne får regelbundet i uppdrag att lösa olika problem. Ofta handlar det om temperaturmätning, eller rättare sagt att beräkna mätfel i t ex industriella processer.

– De flesta mätningar sker på fel plats och vid fel tid, konstaterade han.

Under seminariet bjöd han på ett praktiskt fall, som av sekretesskäl hade förändrats så att ingen utomstående skulle känna igen det.

Det handlade om ett grovt rör med ett kapslat termoelement. Röret var oisolerat och transporterade en aggressiv gas under högt tryck med en temperatur på upp till 800°C.

Flödet reglerades av en ventil, som öppnades och stängdes oregelbundet. Det hela komplicerades av att gasen tidvis kondenserades till vätska.

## Kompensera statiska fel

Företaget hade själva konstaterat mätfel. Förhoppningen var att högskolan skulle kunna räkna hur fel resultatet var, för att kunna lägga in en kompenserande beräkningsalgoritm i processdatorm.

För själva temperaturmätningen svarade ett manteltermoelement som i sin tur satt i en skyddssocka.

Rent teoretiskt är det fullt möjligt att beräkna den verkliga temperaturen.

– Det är en utmärkt metod när det gäller att kompensera för statiska fel, däremot be-

tydligt svårare för dynamiska fel, förklarade Loyd.

Det finns två isolatorer i termoelementet, magnesiumoxiden i manteln samt en luftspalt.

– Luftspalten har en 10-potens sämre värmeledning än magnesiumoxiden, som i sin tur är två tiopotenser sämre än stål, förklarade Loyd som pekade på att "isoleringsringen" försvårar värmeöverföringen så kraftigt att det uppstår en annan effekt.

## Fel tidpunkt

– Det tar så lång tid för värmen att komma in till sensorn att mätningen blir förskjutet i tiden. Mätvärdet blir inte temperaturen just nu utan för en liten stund sedan.

Omgivningstemperaturen runt det oisolerade röret gjorde mätningen ännu svårare. I vissa fall kunde den vara 0°C, vilket innebär att temperaturgivaren "förlorade temperatur" till de kalla rörväggarna. Dessutom var flödet mycket oregelbundet. När ventilen öppnades kunde temperaturen direkt gå från noll till 500 grader.

Beroende på trögheten i givaren och stora skyddsrörsförluster dröjde det en bra stund innan givaren registrerade något som liknade korrekt temperatur. Efter tio sekunder var värdet 48°C för lågt och efter en minut fattades fortfarande 15°C till rätt gas-temperatur.

Åhörarna fick lämna förslag till åtgärder. Det handlade t ex om att isolera röret på utsidan, byta material, isolera givaren från röret och värma upp givaren för att stoppa värmeflödet till rörväggarna. Korrekta åtgärder, men i detta fall svåra att genomföra i praktiken. I verkligheten blev resultatet dels vissa åtgärder för att minska mätfelet, dels



– Tänk på temperaturmätningen redan från början i planeringen av ny produktionsutrustning, uppmanade professor Dan Loyd från Linköpings tekniska högskola.

att man beslutade sig för att inte direkt använda det osäkra mätvärdet för att styra processen.

En viktig lärdom är att tänka på temperaturmätningen redan i konstruktionen av en process. Att rätta till felen i efterhand blir svårt, dyrt och i vissa fall omöjligt.

Professor Dan Loyd hade sin egen sammanfattning av hur åhörarna kanske kände sig efter genomgången: "Fortfarande förvirrad - men på en högre nivå".

## Seminariet i tio punkter

**Pentronics seminarium "Temperaturmätning på sin spets" höll på i två dagar. Här följer den verkliga kortversionen:**

**1:** Temperaturgivare mäter sin egen temperatur, aldrig den temperatur vi vill veta. Tricket är att överföra mätobjektets temperaturnivå med minsta möjliga förlust till givarsensorn.

**2:** Termoelement mäter inte temperatur, utan temperaturskillnad mellan mätspets och instrumentanslutning. På vägen kan det hända lustiga saker, speciellt om man har olika material i givare och anslutningskabel.

**3:** Pt 100-givarens övre gräns med dagens teknik är drygt 660°C. I högre temperaturer är termoelement säkrare. Alternativet är Pt 0,25 i skydds rör av kvartsglas (renodlad labutrustning) eller pyrometer (komplicerat

**4:** En pyrometer mäter summan av mätobjektets emitterade, reflekterade och transmitterade värmestrålning. Ofta sker mätningen i ett för ögat osynligt spektrum där materialen får andra egenskaper.

**5:** Resultatet av en kalibrering är skillnaden i mätvärde mellan instrument eller givare och referens som utsätts för samma signal. Skillnaden är underlag för justering av mätvärdet, med korrektionstabell eller genom justering i instrument eller mjukvara.

**6:** Kalibrering är en omvänd värld där den mest precisa utrustningen, fixpunkterna, är enklast att kalibrera rätt med. En blockkalibrator kräver nästan en "teknologie doktor" för att hålla reda på alla felkällor.

**7:** Vid kalibrering ska provgivare och referens vara av samma konstruktion och föras ned på samma sätt i kalibratorm. Temperaturen skiljer mellan olika djup i kalibratorm. Exempel: Två olika långa givare i samma material exponeras för samma temperatur

och ger samma belastning om de sticks ned lika långt. Om ena givaren är av stål och den andra av koppar, kommer den senare att "suga ut" mer värme ur ugnen eftersom koppar har bättre värmeledningsförmåga.

**8:** Jämförelsekalibrering kan endast utföras enligt termodynamikens nollte huvudsats. Den innebär att om två system var för sig är i termisk jämvikt med ett tredje har de två samma temperatur. I siffror betyder det att om  $T_1=T_3$  och  $T_2=T_3$  så är  $T_1=T_2$ .

**9:** ISO 9000 är en certifiering av företagets kvalitetssystem, inte av dess kompetens eller produkter. En ackreditering enligt EN 45001 prövar dessutom teknisk nivå och kompetens.

**10:** Om du vill mäta exakt temperatur - mät bara en gång. Mäter du ännu en gång får du sannolikt ett annat resultat och inser att du mäter fel.

# Färdigkalibrerad IR-mätare

Plus brukar användas för att markera att produkter fått en extra finess. Nya MM 55 Plus från Infrared Engineering är mer än finesser. Det är ett helt nyutvecklat system för beröringsfri IR-mätning on-line av fukthalt samt halter av t ex fett och protein.

Infraröd mätutrustning brukar vara komplicerad att installera. Mätarna måste kalibreras noga och man måste anpassa sig till störande faktorer i omgivningen som t ex ljusförhållanden.

MM 55 Plus är en IR-mätare som är färdig att använda vid leveransen. Mätaren är redan kalibrerad för den aktuella mätuppgiften. Vid installationen krävs normalt bara justering i en enda punkt.

Stor kraft har lagts på att göra mätaren stabil över tiden. Det uppnår man genom att använda dubbla sensorer och högklassiga filter av egen tillverkning. Den löpande kalibreringen inskränker sig normalt till en kontroll med Speedcheck, en liten "burk" som skruvas fast på linsen. Kontrollen är klar på någon minut.

## Okänslig för ljus

MM 55 Plus är okänslig för omgivande ljus, vilket betyder att man slipper ombyggnader och specialarrangemang, normalt ett måste för att mätare av den här typen ska fungera bra. I förlängningen ger det större frihet att t ex flytta mätaren till en annan plats.

Infraröd har även utvecklat en specialversion för livsmedelsindustrin. Den heter



I v syns instrumentet som styr MM 55 Plus, t h en datalogger med skrivare. Allt monterat i 19"-rack.



MM 55 Plus är något så ovanligt som en IR-mätare som är färdigkalibrerad när den levereras. Det enda som krävs är justering i en punkt.

kort och gott Food Sensor. Apparatuset är av rostfritt stål och linsen av safirglas för att uppfylla stränga hygieniska krav.

Det tillhörande instrumentet, som används för att styra mätaren och visa mätvärden, är enkel att installera och självklar att använda. Knappsatsen är i princip självinstruerande och mätvärden visas på en stor och tydlig display. Det finns även för montage i 19-tumsrack med plats för flera instrument, exempelvis dataloggningssystem.

## Många tillämpningar

Som standard ingår tvåvägs datakommunikation och stöd för de vanligaste protokollen, vilket gör att MM 55 plus enkelt kopplas upp mot processsystem och PLC:er.

I konstruktionen av MM 55 plus har Infrared utnyttjat sin långa och breda erfarenhet från olika tillämpningar. Det är förklaringen till att man nu kan leverera nyckelfärdiga mätsystem till så vitt skilda uppgifter som fukthaltsmätning i papper och fetthalt i mjölkpulver. Kontakta Pentronic för mer information om vilka mätningar som är möjliga.

# Termometern drivs med solkraft

Pentronic har tagit upp en serie termometrar som inte kräver strömförsörjning.

För drivningen svarar en liten solcell med backup av ett litiumbatteri som på egen hand driver termometern i två år. Solcellen klarar sig med ljuset i ett normalt upplyst rum.

De solcellsdrivna instrumenten finns i fyra varianter: För utanpåliggande monte-

ring, infällning och med givaren i skyddsör.

Termometern består av två delar: En indikator med LCD-display i hölje av rostfritt stål och en lös givare. I en variant är indikator och givare sammanbyggda.

De solcellsdrivna mätarna är utvecklade för att ersätta bimetal- och vätsketermometrar där drivspänning saknas. Noggrannheten ligger inom  $\pm 1^\circ\text{C}$  och mätområdet går från  $-49,9$  till  $+149,9^\circ\text{C}$ .

## Boka vårkurs nu

Boka in dig på Pentronics uppskattade kurs "Spårbar temperaturmätning" redan nu. Alla årets kurser blev fullbokade, trots en spurt med tre kurser i november och december. Nästa kursdatum är 18-19 mars 1998. Boka redan nu för att vara säker på en plats.



Den solcellsdrivna termometern är en bra ersättare för bimetal- och vätsketermometrar.

## Produkt-Nytt

# Hemlig nyhet



Oven Tracker XL är ett standardiserat system för mätning i ugnar i temperaturer upp till  $300^\circ\text{C}$ . Det är mycket lämpligt för t ex målerier.

När Colin Baily från Datapaq framträdde på Pentronics seminarium hade han order om att inte göra reklam för sina produkter.

Därför fick ingen veta att han hade en nyhet i bagaget. Ett bagage som kom bort och gjorde en visning omöjlig.

Nyheten heter Oven Tracker XL och är ett standardiserat mätsystem för målerier och ugnar i temperaturer upp till  $300^\circ\text{C}$ . Datapaq skräddarsyr normalt sina resande termometrar. Nu handlar det om ett standardiserat system som kan användas direkt om förutsättningarna är de rätta.

Vi börjar med det värmeskyddande höljet som liknar en "matlåda" med stabila handtag på både lock och sidor. Handtagen har en listig konstruktion som gör att de står kvar när de fälltts upp.

Det finns två storlekar. Den vanliga är  $134 \times 187 \times 296$  mm, slim-varianten mäter  $104 \times 187 \times 291$ . Standardlådan klarar  $100^\circ\text{C}$  i 11 timmar och  $300^\circ\text{C}$  i en timme. Motsvarande för den mindre är 1 timme och 45 minuter respektive 35 minuter.

Inuti finns en sk heatsink. Den liknar en kylklamp med enorm förmåga att absorbera värme och kan hanteras som kylklamp, plockas ut och läggs ned i t ex en frysbox för att snabbt återhämta sig.

Loggern är nyutvecklad och finns som standard med 4, 6 eller 8 kanaler. På beställning finns 16 kanaler. Tiden mellan mätningarna, samplingen, är ställbar ned till 0,5 sekunder. Det inbyggda minnet lagrar upp till 50 000 mätvärden. Dessa förs över till en standard-PC och mätserien analyseras i detalj med den medföljande programvaran "Oven Tracker for Windows".

I systemet ingår temperaturgivare (termoelement typ K), specialutvecklade för den resande loggern. Här finns t ex givare som fäster med magneter eller klämmor på mätobjektet så att utrustningen snabbt kan kopplas in och ur.

# Dålig isolation i hög temperatur ger stora mätfel i långa ugnar

– Satsa på grövre termoelement, gå över till pyrometrar eller använd kapslade loggrar som reser med genom ugnen. Enligt Pentronics laboratoriechef Fredrik Arrhén är det möjliga åtgärder mot mätfel till följd av låg isolation i långa termoelement i höga temperaturer.

Problemet är relativt okänt och inträffar i t ex bandugnar där ett släpetermoelement följer med godset hela vägen genom ugnen. Givaren är ansluten till ett instrument i ena änden av ugnen och visar temperaturförändringen kontinuerligt när godset passerar genom ugnen.

– De flesta fel kan man se genom att mätvärdet hoppar eller bär sig konstigt åt på annat sätt. Här har man hela tiden ett stabilt värde, berättade Fredrik på seminariet.

I bästa fall upptäcker man felvisningen när mätspetsen kommer ut i rumstemperatur på ugnens andra sida. Indikerad temperatur är då mycket högre än den verkliga, t ex 80°C istället för 20°C.

## Lömskt fel

I värsta fall ser man ingenting alls. Det gäller främst i ugnar med två eller flera temperaturzoner. När givaren går från en varm till en ännu varmare zon kan mätvärdet vara lägre än den verkliga temperaturen.

Det hela är en shunteeffekt som beror på att isolationen mellan ledarna kan försämrans dramatiskt i höga temperaturer. Isolationen i ett manteltermoelement är åtskilliga gigaohm i rumstemperatur. Vid 1200°C kan den bara vara några kΩ. Följden blir att en del av emk:n shuntas bort med felaktigt mätvärde som följd.

## Svårt att upptäcka

Än värre blir felet om man på något ställe jordar någon av ledarna i manteln. Då drabbas man av dubbla shunteeffekter i höga

temperaturer och ännu större mätfel.

– Det här är inget som drabbar alla termoelement. Men vi kan inte mäta någon skillnad i resistanser mellan bra och dåliga givare i rumstemperatur. Det märks först i höga temperaturer, förklarade Fredrik.

Isoleringen i ett mantelmaterialelement är normalt magnesiumoxid, en högvärdig isolator i normala temperaturer.

Materialet är extremt hygroskopiskt och suger åt sig fukt med dramatiskt sämre isolation som följd.

– Det här har inget med fukt att göra. Vi misstänker att det kan bero på oxidens kristallstruktur eller föroreningar.

En annan orsak är termoelementets grundläggande funktion. Mätvärdet bildas i gradienter efter hela givarens längd. De sammanlagda temperaturskillnaderna bildar i sin tur mätvärdet.

## Välj grövre givare

I fallet med släpetermoelement i långa ugnar beror mätvärdet på minst två gradienter. När givaren kommer ut i rumstemperatur ska den

ena gradienten släcka ut den andra.

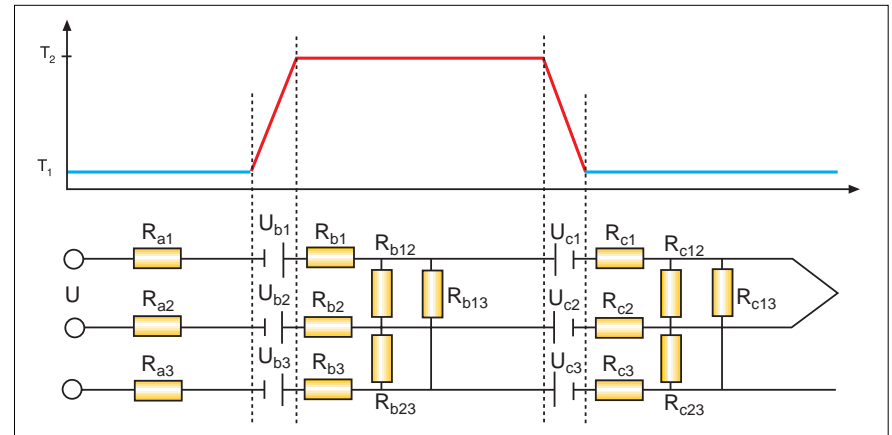
Detta förutsätter ett helt homogent material över hela sträckan. Sådana termoelement existerar inte och därför får man mer eller mindre automatiskt ett mätfel, men inte så stort som isolationsproblemet orsakar.

– Den första rekommendationen är att gå över till grövre termoelement. Trådarna är mer åtskilda och således förbättras isolationen, ansåg Fredrik.

Andra metoder är pyrometrar, vilka kan ställa till med helt andra problem. I många fall är den smidigaste lösningen resande termometrar med en logger i värmefälis-kapsling.

Termoelementen kan hållas korta och passage mellan flera temperaturgradienter förekommer inte. Nackdelen är att man inte kan avläsa mätvärdet kontinuerligt utan måste vänta tills loggern kommer ut i andra änden.

För mer information, beställ Fredriks utredning gratis med kupongen i StoPextra eller ring 0490-670 00.



Det här är en elektrisk modell av vad som händer när ett långt termoelement passerar genom två gradienter med olika riktning. Om isolationen är fullgod kommer dessa resistanser inte att påverka mätvärdet och emk i respektive gradient tar ut varandra. När isolationens resistans minskar, störs mätvärdet.

### Mer information!

Fyll i, klipp ut och posta kupongen till Pentronic, 590 93 Gunnebo. Telefax 0490-237 66, telefon 0490-670 00, e-post info@pentronic.se

#### Kursen "Spårbar temperaturmätning"

- 18-19 mars 1998 (Anmälan)
- Information om kursen
- Företagsförlagd utbildning

#### Kursen "Avancerad kalibrering"

- 25-26 mars 1998
- Skicka information om kursen.

Namn.....

Företag.....

Adress.....

Postnr.....Ort.....

Telefon.....Fax.....

#### Jag vill ha mer information om:

- Infrared Engineering MM 55 Plus
- Owen Tracker XL
- Soldrivna termometrar
- Rapport om isolationsproblem i släpetermoelement

### For Norge

For informasjon, kontakt Fagerberg Norge a.s. på tlf. 69 26 48 60 eller telefax nr. 69 26 73 33

- Faktasamling om Pt 100 och termoelement
- Gratis prenumeration StoPextra
- Temperaturhandboken (Katalog)