

STOP EXTRA

Pentronic AB, 590 93 Gunnebo, telefon 0490-25 85 00, fax 0490-237 66, internet www.pentronic.se, e-post info@pentronic.se

Sandvik tämjer stål med snäva toleranser



- Rätt placering av givarna är a och o, berättar Hans-Olof Wanke på Sandvik Steel och visar hur man löst mätningen i en produktionslinje för bandstål.

Om du en dag behöver en konstgjord höftled, så blir du en del av ett ytterst sofistikerat återvinningssystem.

Höftleden är troligen tillverkad av ett högrent specialstål från svenska Sandvik Steel, som i sin tur använder returstål som råvara.

Sandvikkoncernen har ett världsledande materialkunnande. Speciella stålqualiteter utvecklas och tillverkas för varje användningsområde. Bara av rostfritt stål har man över 800 olika sorter i produktion. Här finns allt från kulor för världens kulspejarspennor till sofistikerade material för proteser.

Det som skiljer stålsorterna åt är legeringstillsetser och värmebehandling.

På Sandvik Steel finns en särskild avdelning för ugn- och gasteknik. Gruppen arbetar inom ett brett värmetekniskt område och mycket handlar om problemlösning inom temperaturmätning.

- Vi arbetar bland annat med smältugnar, värmebehandlingsugnar och temperaturstyrning av betbad, berättar ugnsteknikern Hans-Olof Wanke.

Mät på rätt plats

Sedan drygt 30 år samarbetar Sandvik med Pentronic i utvecklingen av metoder för temperaturmätning. Resultatet har blivit en rad olika tillämpningar i form av givare, dykfickor och liknande.

Hans-Olof visar ett exempel i en produktionslinje för bandstål.

- Två termoelement sticks in från sidan för att mäta temperaturen direkt under stålbandet, berättar han och fortsätter:

- Förr blev insticket olika varje gång. Idag använder vi specialutvecklade dykfickor som fixerar manteltermoelementen på exakt rätt ställe.

Vilket visar vad som är viktigast inom temperaturmätning: Att mäta på rätt plats och förstå vad man verkligen mäter. Hans-Olofs kollega Håkan Svensson utvecklar resonemanget:

- Låt säga att vi utvecklat ett nytt specialstål i laboratorieskala. Förhållandet i den lilla ugnen ska överföras till en stor ugn med produktionsmässiga förhållanden. Det gäller att temperaturgivarna placeras så att reglering och temperaturförhållanden blir

optimala, för att de goda materialegenskaperna uppnås i produktionen.

En mängd olika parametrar påverkar processen. Det är t ex ugnens geometri, ämnens plats i ugnsummet och brännarplaceringar. Strömningsbilden ändras även över tiden, beroende på olika bränslepådrag och mängden material.

Snäva toleranser


Samtidigt kräver Sandviks specialiserade tillverkning mycket snäva toleranser. Som exempel är det inte ovanligt med toleransgränser på $\pm 10^\circ\text{C}$ vid $1\ 250^\circ\text{C}$. Det kan låta mycket, men innebär att man bara tolererar en avvikelse på 1,6 procent.

- I stora ugnar vid så hög temperatur är det närmast omöjligt att mäta temperaturen så snävt. Det är viktigare med hög repeterbarhet. På vissa ugnar håller vi en repeterbarhet på ± 5 grader, förklarar Håkan.

Ett annat problem är bredden i Sandviks sortiment. Flera sorter tillverkas i samma ugn och varje kvalitet har i regel sin egen uppvärmningskurva. Ugnens temperatur måste anpassas för varje ny sort, vilket kräver tid. Denna tid kallas postlucka.

- Det gäller att postluckan blir lagom lång. För lång tid ger minskad produktion och för kort leder till felaktigt värmda ämnen, säger Håkan.

Det är ett grannlaga arbete att fastställa den här postluckan. Termoelementen känner snabbt av temperaturförändringar, medan själva ugnen har en helt annan responstid.

I Sandviken behärskat man temperaturmätningens svåra konst. Det är en av förklaringarna till Sandvik Steels världsledande ställning inom specialstål. 



Den specialutvecklade dykfickan gör att manteltermoelementet hamnar på exakt rätt ställe.

Kvalitetssäkra din temperaturmätning

I medföljande bilaga presenterar Pentronic möjligheter att kvalitetssäkra din temperaturmätning: Ackrediterad kalibrering, utbildning, mät- och kalibreringsutrustning, samt givare med provningsprotokoll.

En grad från avstängning

Den gångna sommaren visar på vikten av noggrann temperaturmätning.

Vid kärnkraftverket i Oskarshamn (OKG) var man en celsiusgrad från att stänga en reaktor.

- Kylvattnets temperatur var uppe i 25°C, berättar anläggningschefen Mats Tern.

Kärnkraftverk tillhör de mest temperaturkontrollerade platserna i landet. Det sitter temperaturgivare överallt. Syftet är att övervaka och optimera processen. En av otaliga mätpunkter är inkommande kylvatten. Dess temperatur påverkar bland annat effekten.

OKG har tre reaktorer. I augusti var en avställd för revision. Beroende på det varma havet minskade verkningsgraden på de två andra reaktorerna, O2 och O3.

- Bara på O2 tappade vi motsvarande två dygnsproduktion under augusti. I pengar handlar det om 4-5 miljoner kronor, berättar Mats.


Fortsatt varmt

O2 är känsligare för temperaturen i havet än den dubbelt så stora O3:an. Det beror på att man tar in kylvattnet nära ytan, på två meters djup. Här var temperaturen som mest uppe i 25°C. O3 hämtar kylvattnet på 18 meters djup, men även här var det 20 grader, tillräckligt varmt för att sänka verkningsgraden.

När detta skrivs i slutet av september har Östersjön svalnat. Men det är fortfarande 17°C på två meters djup och 15°C på 18 meter. Det är 4-5 grader högre än normalt och historiskt sett finns det julimånader när man uppmätt lägre temperaturer.

Varje grad kostar

Reaktorns verkningsgrad bestäms av kylvattnets verkliga temperatur. Därför kräver datoroptimeringen av driften noggrant uppmätta temperaturer. Varje grads felmätning kan översättas i förlorade intäkter.

Vad hade hänt om O2 stängts av? Då hade vi fått importera elkraft eller starta oljekondenskraftverk, vilket höjt elpriserna. Man kan tycka att Sverige borde klara sig utan elimport i rekordvarma augusti, men faktum är att elförbrukningen har jämnats ut över året. Vi använder allt mer elektriska apparater och luftkonditionering i hemmen och på arbetsplatserna. 



Temperaturen på kylvattnet från havet påverkar effektiviteten hos OKG.

Kvalitetsarbetet uppgraderas med Eva

Det ligger i kvalitetssäkringens natur att kraven blir hårdare för varje år som går.

Därför har Pentronic uppgraderat verksamheten med Eva Carlsson.

Hon är nyutbildad kvalitetsansvarig, med uppgift att arbeta med kvalitet, miljö och produktionsutveckling.

- Det är olika sidor av samma mynt. Syftet med kvalitetssäkring är att utveckla bättre metoder och minska antalet producerade fel, förklarar Eva.

Hon kommer närmast från ett IT-företag som specialiserat sig på elektronisk dokumenthantering. Dessförinnan var hon kvalitetsansvarig på Elekta i Linköping som tillverkar medicinsk utrustning.

- En av mina uppgifter är att slutföra överflyttningen av kvalitetssystemet från pärmar till Pentronics intranät, berättar hon.

Det finns en skillnad mot tidigare arbetsplatser. Pentronic har ett ackrediterat kalibreringslaboratorium innanför väggarna. Den verksamheten är den mest kvalitetskontrollerade man kan tänka sig.


- Laboratoriet är en självständig enhet



Eva Carlsson, ny kvalitetsansvarig på Pentronic.

med eget kvalitetssystem. Men självklart är det en fördel att ha en sådan resurs i huset, säger Eva.

Hennes tillträde innebär också att Pentronic kan satsa hårdare på utbildningsverksamheten. Hennes företrädare Hans Wenegård var också utbildningsansvarig, en verksamhet som han nu kan satsa hårdare på.

- Jag har gått baskursen "Spårbar temperaturmätning 1". Den är väldigt bra, säger Eva som tidigare inte arbetat med temperaturmätning. 

Kapaciteten ökar med ny fleroperationsmaskin

Pentronic har under sommaren flyttat in i den nya fabriken i Västervik.

Nu är även den senaste nyinvesteringen på plats, en fleroperationsmaskin.

- Maskinen svarar, borrar och fräser. Resultatet blir färdiga bitar utan efterbearbetning, berättar Mats Pettersson, gruppleddare för svarvavdelningen.



Utbildning på den nya fleroperationsmaskinen i Pentronics nya fabrik. Fr v Lars Gutlöv, Markus Rosén och Jonas Waldenstål.

Pentronic har bara CNC-styrda svarvar av fabrikatet Traub. Förklaringen till detta ensidiga märkesval är materialen som bearbetas, sega legeringar som Inconel och Hasteloy. När toleranskraven dessutom är snäva håller man sig till välkända maskiner.

- Serierna är korta och vi kan inte hålla på och skifta material som ligger i ett oljebad.

Traub har en torr stånghantering och magasinet klarar även sexkantigt material, förklarar Mats.

För Traub är det här en prestigeorder. Ove Johansson, som svarade för utbildningen, förklarar:


- Det Pentronic sysslar med är hightech och vi är mycket glada att vi kan uppfylla deras krav, säger han.

Detta är Pentronics första fleroperationsmaskin. I övrigt används CNC-styrda svarvar och komponenterna efterbearbetas i andra maskiner. Nu slipper man hela efterbearbetningen, vilket betyder att kapaciteten ökar mer än vad tillskottet av en maskin antyder.

I den nya fabriken finns också annat av intresse. Till exempel en punktlasersvets med inbyggt mikroskop. Den används för att tillverka mätpunkter med hög precision i mantelmaterial.

Men det mest intressanta är utrymmet i fabriken. Dels är logistiken bättre, dels finns expansionsutrymme innanför väggarna.

- Vi får in nästan dubbelt så många svarvar innan det blir lika trångt som på gamla svarvavdelningen på fabriken i Verkeback, säger Mats.

Flyttningen har även frigjort ytor vid fabriken i Verkeback, som ligger en mil söder om Västervik. Det ger plats för expansion av Pentronics övriga verksamhet. 

Korrosion hindrar både el- och värmeström

FRÅGA: Vad är termiskt kontaktmotstånd och behöver man bry sig om det när man mäter temperatur? Finns metoder att minska eventuella mätfel? *FK*

SVAR: Så här års brukar oxiderade eller glappa anslutningar på bilbatteriet ge problem i morgonjaktet. Det tunna oxidskiktet mellan batteripolen och kabelskon är nog för att strypa startmotorns ökande strömförbrukning vid kyla. Efter rengöring och åtdragning brukar emellertid bilmotorn gå igång.

På motsvarande sätt kan kontaktmotstånd uppträda vid värmeöverföring mellan två sammanpressade material. Motståndet minskar värmeflödet mellan materialen och därmed påverkas också temperaturfördelningen. Det innebär att man måste fundera över inverkan av motståndet vid temperaturmätning. Se figuren.

Mellan metallplattorna finns små hålrum med luft som begränsar kontaktytan. Plattorna A och B har yttemperaturerna T_{A1} respektive T_{B3} och värmeflödet mellan ytorna 1 och 3 är $Q \text{ W/m}^2$.

Skillnaden mellan de båda temperaturerna, T_{A2} respektive T_{B2} , i gränssytan 2 orsakas av kontaktmotståndet och man kan något förenklat säga att temperaturen ändras språngvis.

I de små områden, där metallytorna har kontakt med varandra, skervärmetransporten genom värmeledning. I hålrummen sker den dels genom strålning, dels genom ledning i den inneslutna luften. Vid tillräckligt stora håligheter kan det förekomma konvektiv värmetransport i stället för ren värmeledning.

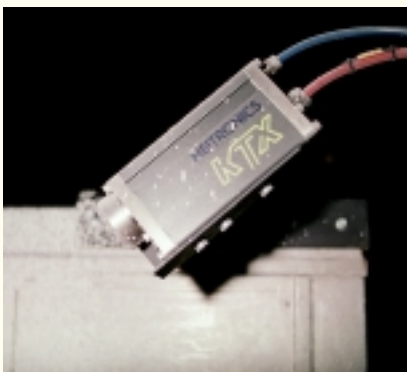
För att minska inverkan av kontaktmot-

Ovanstående svar kommer från StoPextras medarbetare professor Dan Loyd vid Linköpings Tekniska Högskola. Har du synpunkter eller frågor kontakta Dan Loyd på e-post: danlo@ikp.liu.se

En bortglömd kalibrering

De flesta industriella IR-pyrometrar är fast monterade i processer.

Därsitter de tillsignalen upphör. Kalibrering blir det sällan eller aldrig tal om.



– Pyrometrar behöver kontrolleras och kalibreras på samma sätt som all annan mätutrustning, säger Lars Grönlund, chef för det ackrediterade kalibreringslaboratoriet på Pentronic.

Det bästa vore att kalibrera pyrometrar på plats. Tyvärr går det inte att göra med rimlig mätosäkerhet.

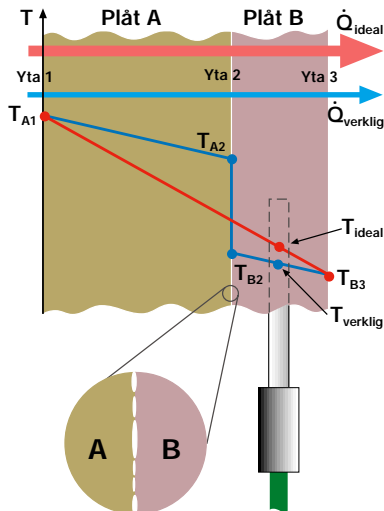
– I laboratoriet uppnår vi en mätosäkerhet på $\pm 3^\circ\text{C}$. Redan det är en hög osäkerhet i jämförelse med vad vanliga temperaturgivare presterar, säger Lars.

I fält blir felet ännu större. Den enda lösningen är därför att ta loss pyrometern under ett driftuppehåll och skicka in den för kalibrering.

Pentronics laboratorium är ackrediterat för kalibrering av pyrometrar i temperaturområdet -10 till $+550^\circ\text{C}$.

FRÅGA? SVAR!

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



Temperaturfördelningen i två sammanpressade plattor av rostfritt stål. Den röda temperaturkurvan gäller för en teoretiskt perfekt kontakt och den blå visar temperaturen när det finns kontaktmotstånd. Eftersom kontaktmotståndet kan variera p g a olika tryck och korrosion kommer temperaturgivaren att känna olika temperaturer.

ståndet kan man göra så här: a) Bearbeta ytorna så att de blir så plana och jämna som möjligt. b) Öka trycket mellan plattorna. Det ger fler kontaktpunkter och större kontaktyta. c) Fyll hålrummen med ett material med hög värmeledningsförmåga (kontaktpasta). Ökat tryck i kombination med kontaktpasta ger vanligen önskat resultat.

En komplikation är att kontaktmotståndet ofta ändras med tiden till exempel på grund av tilltagande korrosion, varför exempelvis installationer av yttemperaturgivare måste kontrolleras regelbundet.

PRODUKT-NYTT

Årets produktnyheter är samlade på www.pentronic.se

Ny logger för 80 kanaler och 4-tråds-kopplade givare

Keithley 2700 är en mycket flexibel logger med hög kapacitet. Den kan anpassas till uppgiften med ett system av instickskort. Med två kort hanterar den upp till 80 givare. Loggern mäter termoelement, resistanstermometrar och termistorer samt ström, spänning, resistans och frekvens. Kanalerna scannas med upp till 185 mätningar per sekund och resultaten lagras i minne. I standardutförande finns plats för upp till 55 000 mätvärden. Den större varianten 2701 lagrar 450 000 mätvärden.

Båda varianterna har en intressant funktion för alla som mäter med krav på hög noggrannhet. I grundutförande mäter både Keithley 2700 och 2701 med 4-trådskopplad Pt 100. Loggern har datakommunikation. På grundmodellen 2700 finns RS-232 och GPIB. 2701 har även inbyggt Ethernet och kan fungera som en server på ett intranät. Loggern kan avläsas, tömmas på mätvärden och programmeras via ett webbgränssnitt.



Keithley 2700 är en logger som klarar upp till 80 givare och som även mäter med 4-tråds-kopplad Pt 100.

Halvera bekymren med ny transmitter

Om du använder båda fältbussarna Profibus och Foundation Fieldbus kan du halvera dina bekymmer och kostnader genom att använda den nya transmittern PRetop 5350. Den klarar båda protokollen och väljer automatiskt det rätta. PRetop 5350 finns även i Ex-utförande. Båda varianterna passar i ett vanligt "DIN B" kopplingshuvud. Den potenta transmittern arbetar med alla standardtyper av termoelement, Pt 100 och Pt 1000, Ni 100 samt resistans och spänning. Alla dessa signaltyper omvandlas till en standardsignal på 4-20 mA med 24 bitars upplösning.



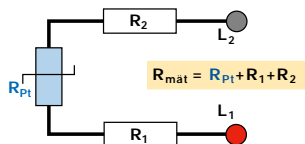
Pretop 5350 väljer själv rätt fältbuss.



Reglera temperaturen med tre ledare - mät den med fyra

Utbudet av processreglerande instrumentering för fyrtråds Pt 100 är begränsat. Vid reglering räcker det ofta med traditionell tretrådsteknik. För kunskap om den absoluta temperaturnivån är fyrtrådstekniken dock oslagbar. I kritiska fall kan det vara en god idé att kombinera metoderna.

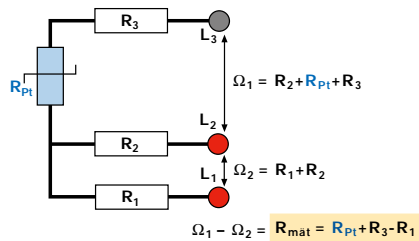
Processindustrin mäter sedan decennier temperatur med Pt 100-motståndsgivare. Tillhörande instrumentering som indikatorer, regulatorer, mätvärdesomvandlare och loggrar är oftast utformade för inkoppling av tre ledare från givaren, så kallad tretrådsteknik. Tretrådstekniken är klart överlägsen den enkla tvåtrådsinkopplingen, som kan liknas vid resistansmätning med ohmmeter. Se figur 1.



Figur 1. Tvåtrådskopplingen mäter total resistans i givarkretsen. Det finns inget sätt att avgöra vad som är resistans i mätelemtet respektive ledning. Kalibrering hjälper om den görs med aktuellt kablage i aktuell ledningstemperatur. Alternativt kan man använda korta och grova ledare. För Pt 100-givare innebär 1 ohm extra ca $\approx 2,6^\circ\text{C}$ medan Pt 1000 påverkas 10 gånger mindre, $\approx 0,26^\circ\text{C}$. $R_{\text{mät}}$ är det värde som instrumenteringen omvandlar till temperatur.

Wheatstonebryggan och andra resistansmätande kretsar för tre ledare kan balansera ut de strömförande trådarnas resistanser mot varandra varvid mätfelet minskar till skillnaden mellan trådarnas resistanser. Felet kan därmed tyckas bli harmlöst, men man ska veta att signalkabell tillverkarna främst strävar efter att resistansen per kilometer ska underskrida ett visst maxvärde. Resistansjämnheten i och mellan ledarna är normalt oviktig. För noggrann mätning av resistans är den däremot mycket viktig, vilket visas i figur 2.

Antag att det är 25 meter mellan givare och mätinstrument i figur 2. En kabel 3 x



Figur 2. Alla mätmetoder för tretråds Pt 100 går ut på att kontinuerligt eller sekvensiellt mäta skillnadsresistansen mellan Ω_1 och Ω_2 . Därmed får man rätt värde endast om $R_3 = R_1$. Då ledning L_1 och L_2 båda är röda enligt IEC, måste man i praktiken ta med även R_2 i balansvillkoret.

0,25 mm² har då typiskt resistansen 0,07 ohm per meter och ledare. Antag vidare att varje ledare består av sju kardeler och att en kardel saknas i en ledare (L1 eller L3) på grund av spolbyte eller liknande under tillverkningen. 1/7 mindre area motsvarar 14% högre resistans, vilket innebär att ledarna i bryggarmarna inte balanserar ut varandra. Skillnadsresistansen ökar från noll till 0,25 ohm. I temperatur innebär förändringen $\pm 0,6^\circ\text{C}$ mätfel. Halverar man kabellängden halveras felet, liksom ökning av kabelarean till 0,75 mm² minskar felet tre gånger. Temperaturberoendet elimineras i praktiken helt med tretrådstekniken så länge de kritiska ledarna löper intill varandra.

Mot bakgrund av denna felrisk ankomstkontrollerar Pentronic all kabel avsedd för tretråds kopplade Pt 100-givare. Toleransen är satt till 5 % resistansjämnhet.

Processmiljön påverkar

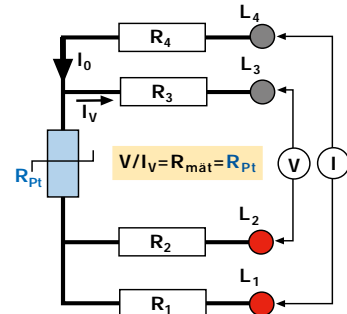
I processer där mätosäkerheten måste hållas inom $\pm 0,5^\circ\text{C}$ kan skillnadsresistanser i kablagen bli besvärande. Som jämförelse gäller enligt IEC 751 klass A att Pt 100 mätelemtet ska hålla toleransen $\pm 0,15^\circ\text{C}$ vid noll grader. Med kalibrering kan man reducera obalansfelet avsevärt. Men då måste man kalibrera i installationen med samma kablage som i driftläge. Kom också ihåg att kablagen även omfattar kontaktresi-

stanser i skarvpunkter och eventuella omkopplare. Oxider i dessa på grund av ogynnsam processmiljö och bristande kontroll kan öka resistansskillnaderna och därmed mätfelet betydligt över tiden. Använd därför oskarvad kabel från givare till instrumentering i kritiska fall!

Så länge obalansen i resistans är konstant kan reglerkretsar hålla jämn temperatur. Bör- och ärvärdena är lika på displayerna, medan det verkliga ärvärdet kan avvika enligt exemplet ovan. Reglerutrustning med tretrådsteknik är därmed oftast tillräckligt bra. Däremot kräver riktigt tillförlitliga absoluta mätvärden fyrtrådsteknik.

Kravlöst med fyra trådar

Figur 3 visar att fyrtråds kopplade Pt 100-givare möjliggör separata kretsar för strömslinga och spänningsmätning. Resistansen bestäms då genom Ohms lag, vilket brukar kallas volt-ampere-metoden. Något balanskrav mellan ledarresistanserna finns inte. Instrumenteringens strömgenerator upprätthåller en konstant ström, normalt inom intervall 0,1 - 1 mA. En digitalvoltmeter med hög ingångsresistans, oftast större än 10 Mohm, mäter spänningen. Dess mätström blir då mycket liten och förlusterna över R2 och R3 motsvarar normalt klart mindre än någon hundradels grads mätfel. I praktiken är det strömgenerators kapacitet som sätter gränsen för märkbara mätfel. Ofta räcker kapaciteten till några tiotal ohms summaresistans i R1 och R4.



Figur 3. Fyrtrådsteknik är ett måste vid kalibrering och noggranna mätningar. Strömslingan upprätthåller sin konstanta ström till några tiotal ohms ledningsresistans (R_1+R_4). Se instrumentspecifikationen. Summaresistansen (R_2+R_3) påverkar normalt voltmetern långt senare.

Mer information!

Fyll i, klipp ut och posta kupongen till Pentronic, 590 93 Gunnebo.
Fax. 0490-237 66, Telefon 0490-25 85 00, E-mail: info@pentronic.se

Kursen Spårbar temperaturmätning 1

Kryssa i anmälan till önskad kurs.

- 13-14 nov 2002
- 5-6 mars 2003

Kursen Spårbar temperaturmätning 2

- 26-28 november 2002
- 18-20 mars 2003

Namn

Företag

Adress

Postnr Ort

Telefon Fax

Jag vill ha:

- Temperaturhandboken (Katalog)
- Samling av teknikartiklar ur StoPextra 1990-96.
Senare artiklar, se vår hemsida www.pentronic.se/stopextra
- Gratis prenumeration av StoPextra
- Ring mig om företagsförlagd kurs

E-post

Övrigt