

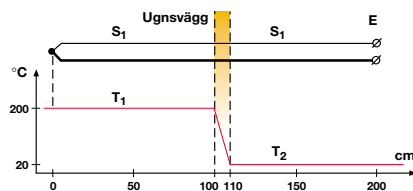
Termoelementet mäter hela vägen

Grundläggande temperaturmätning (3)

Att termoelementet mäter temperaturskillnad mellan mätpunkt och referenspunkt är klart för de flesta användare. Men hur inverkar partierna däremellan på mätningen?

Vad blir konsekvensen av att skarva termoelementtråd med anslutningskabel eller kompensationsledning?

Varje längdenhet, t ex centimeter, av ett termoelement lämnar en seebeckspänning som är lika med termoelementets seebeckkoefficient multiplicerad med temperaturskillnaden över längdenhetens ändpunkter. Alla längdenheters seebeckspänning från mätpunkt till referenspunkt summeras och resultatet blir ett mått på temperaturskillnaden mellan ytterändarna. Se figur 1.



Figur 1. Termoelementets utsignal bildas där temperaturgradienter förekommer, ofta i ugnsväggar.

Seebeckkoefficienten finns angiven i tabellverk, t ex i Pentronics Temperaturhandbok.

Seebeckkoefficienten S uttrycks i t ex $\mu V / ^\circ C$ och temperaturskillnaden $T_1 - T_2$ i $^\circ C$. Utsignalen till instrumentets ingång är:

$$E = S_1 (T_1 - T_2) \quad [\mu V] \quad (1)$$

Från 0 - 100, 100 - 110 och 110 - 200 på cm-skalan erhåller vi:

$$E = S_1 (200 - 200) + S_1 (200 - 20) + S_1 (20 - 20)$$

$$E = S_1 \times 180$$

Ett typiskt värde på seebeckkoefficienten för termoelement typ K är $40 \mu V / ^\circ C$ vilket ger spänningen $7200 \mu V$. I en tabell för termoelement K motsvarar detta ungefär

$180^\circ C$. Det som fattas är kompensering för referensställets temperatur, som i det här fallet är $20^\circ C$.

Exempel

Nu ska vi studera vad som händer om vi okritiskt skarvar termoelement med anslutnings- eller kompensationsledning. Följande fall är hämtat ur verkligheten.

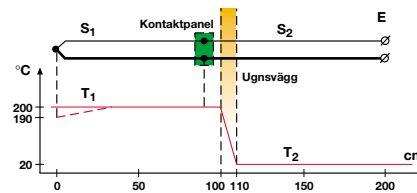
I en stor vakuumugn ska plåtar ytbehandlas. Plåtarna är försedda med påsvetsade termoelementtrådar, vars signalände ansluts till en kontaktpanel inuti ugnen eftersom vakuum ger besvärliga genomföringar. Se figur 2 och 3. Från kontaktpanelen går ett fast kablage med termoelementtråd genom ugnsväggen och vidare till en loggerutrustning. Intressant är att bevaka att mätpunkternas temperaturer inte avviker mer än tillåtet från hålltemperaturen, $200^\circ C$.

Vi tillämpar ekvation (1) på ett termoelement i figur 2. S_1 och S_2 är seebeckkoefficienterna för termoelementet respektive det fasta kablaget. Låmpliga signalsummeringspunkter är där antingen temperaturen eller seebeckkoefficienten ändras. Vi får:

$$E = S_1 (200 - 200) + S_2 (200 - 200) + S_2 (200 - 20) + S_2 (20 - 20) \quad (2)$$

$$E = S_2 \times 180$$

Det är samma resultat som i figur 1, men med den skillnaden att det är seebeckkoefficienten S_2 från det fasta kablaget som ingår. Så länge hela termoelementet (S_1) befinner sig i konstant hålltemperatur ger det inget



Figur 2. Skarva inte termoelement förrän de nått ut i rumstemperatur.

signalbidrag. Här är det alltså viktigt att kablaget är kalibrerat, d v s att S_2 är känt.

Mätfel

Det viktiga i exemplet är värmebehandlings hålltemperatur och eventuella små avvikelser från denna. Skulle spetsens temperatur sjunka säg 10 grader så ändras första termen i ekvation (2) till: $S_1 (190 - 200) = -10 \times S_1$. Termoelementet får ett begränsat inflytande på mätresultatet. Med 10 graders avvikelse blir inflytandet ungefär 10/180 vilket innebär att det fasta kablaget (S_2) ännu står för 170/180 av resultatet. Om man här har kalibrerat kablaget (S_2) introducerar termoelementet (S_1) ett litet mätfel. Antag att termoelementets seebeckkoefficient S_1 avviker från S_2 motsvarande 2 grader. Felet som påverkar blir då bara 10/180 av 2 grader d v s 0,1 grad vilket med nöd och näppe skulle synas på en display med 0,1 $^\circ C$ upplösning. Omvänt om termoelementet kalibreras kommer felet $2^\circ C$ in med 170/180 eller 95%.

Slutsats

Slutsatsen blir alltså att kalibrering ska utföras på den del av termoelement och anslutningskablage som befinner sig i den största temperaturskillnaden. Ett alternativt och många gånger bättre förslag är att konstruera termoelementen så långa att efterföljande skarvningar sker i rumstemperatur.

Storleksordningen på avvikelser i seebeckkoefficienten mellan olika termoelementmaterial av samma typ framgår av toleranstabeller i standarden IEC 584. Upplysningar finns också i Pentronics temperaturhandbok. I lägre temperaturer, under ca $250^\circ C$, är toleranserna normalt mindre än $\pm 2,5^\circ C$. I högre temperaturer blir toleranserna större och dessutom tillkommer avvikelser på grund av olika åldringsfenomen.

Har du synpunkter eller frågor, kontakta Hans Wenegård på hans.wenegard@pentronic.se

Figur 3. Kontaktpaneler är bekväma. För minsta mätfel placera dem i rumstemperatur.