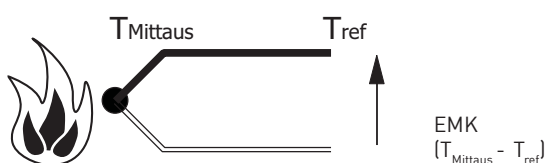


Termoelementit

1. Termoelementit

Teollisuudessa tavallinen tapa mitata lämpötilaa on käyttää kahta eri materiaaleista valmistettua johdinta ja liittää ne yhteen toisesta päästä esim. hitsaamalla tai juottamalla. Tämä pää sijoitetaan paikkaan, jonka lämpötilaa halutaan mitata. Termoelementti tuottaa jännitteen (EMK), jonka suuruus riippuu lämpötilaerosta yhteenliitetyn pään T_{mittaus} ja avoimen pään T_{ref} välillä, jonne mittauslaite kytketään.



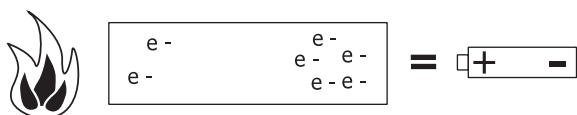
Kansainvälisissä normeissa on määritelty erilaisia standisoituja materiaaliyhdistelmiä. Näistä tavallisin on IEC 60584. Huomattavaa on, että standardeissa ilmoitetaan suhde lämpötilaeron (°C) ja lähtöviestin välillä, eikä siis yksityiskohtaista materiaalikoostumusta. Standardien taulukoissa edellytetään, että viitelämpötila $T_{\text{ref}} = 0\text{ °C}$.

IEC 60584 sisältää 8 tavallisinta tyyppiä, joista tyypit J, K ja S ovat kaikkein yleisimmät. Uusissa asennuksissa tyyppi N kasvattaa kaiken aikaa suositaan vaihtoehtona tyyppille K. Tyyppiä S käytetään korkeiden lämpötilojen yhteydessä. Maksimilämpötila riippuu langan halkaisijasta, ympäristöstä, odotettavissa olevasta kestoikästä jne.

Standardin IEC 60584 mukaiset termoelementit kattavat yhdessä alueen $-270\text{ °C} \dots 1820\text{ °C}$. Lisäksi on olemassa tyyppiä vielä korkeammille lämpötiloille, kuten W5Re-W26Re, joille on määritelty taulukkoarvot aina 2315 °C :een saakka.

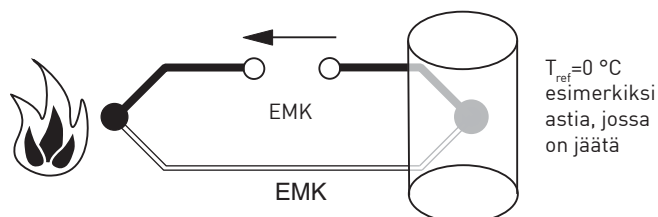
2. Toimintatapa

Termoelementit perustuvat siihen, että myös johtimien (eikä pelkästään metallien) elektronitiheys on alhaisempi johtimen lämpimämmässä päässä. Lämpimän ja kylmän pään välillä vallitsee jännite-ero. Ero mitataan sopivan laitteen avulla, ja näin saadaan mitta lämpötilaerolle.



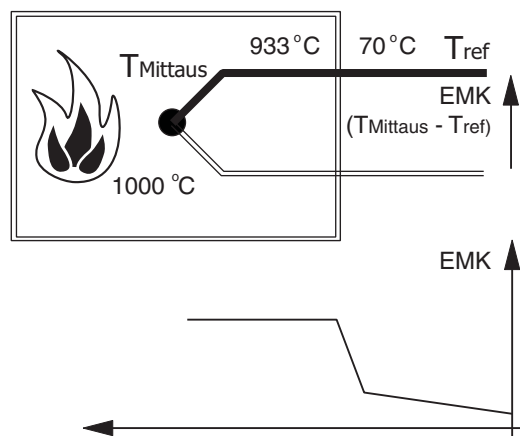
Lämpimän pään tavoittamiseen tarvitaan yksi lanka lisää. Kahdella samanlaisella langalla saadaan samat jännite-erot lankojen mitalta, mutta ei lähtöviestiä niiden kylmien päiden väliltä. Siksi termoele-

mentit tehdään kahdesta eri materiaalista jotka yhdistetään, jotta saadaan aikaan mahdollisimman suuri lähtöviesti ja pitkä kestoikä. Ne yhdistetään toisesta päästään sopivalla tavalla, esimerkiksi hitsaamalla tai juottamalla. Alla olevassa kuvassa on termoelementti, joka on tehty kahdesta erilaisesta langasta, jotka on juotettu yhteen päistään. Toinen langoista on katkaistu niin, että väliin voidaan kytkeä EMK-mittauslaite.



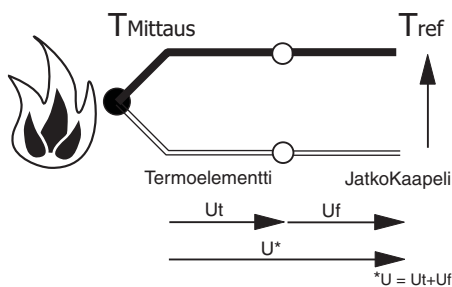
Koska termoelementit mittaavat lämpötilaeroa, on välttämätöntä tietää kylmän lämpötila, jotta voitaisiin määritellä lämmin. Tämä on tehty yllä olevassa kuvassa siten, että toinen juottokohta, kylmä, on sijoitettu tunnettuun lämpötilaan, nimittäin 0 °C :een. Näin mitattu EMK on siten suora mitta lämpötilasta lämpimässä juottokohdassa. Tiettyä EMK -arvoa vastaava lämpötila löytyy nimittäin termoelementin EMK-taulukosta.

Toinen sähköinstrumenteissa käytössä oleva tapa on mitata koskettimen lämpötila kohdasta, jossa termoelementti on liitetty mittauslaitteeseen, kylmän pään lämpötila, T_{ref} . Tämä antaa mahdollisuuden kompensoida kylmä juottokohta, mikä on tarpeen, kun liittoksen lämpötila on muu kuin 0 °C . Laitteessa suoritetaan puuttuvien mV :ien lisääminen (EMK vertailulämpötilalle T_{ref} taulukon mukaisesti). Tällöin voidaan jättää huomioimatta termoelementin oikea osa edellisessä kuvassa ja saadaan yksinkertainen rakenne, joka on esitetty alla olevassa kuvassa.



Koska termoelementti antaa lähtöviestin, joka on riippuvainen lämpötilaerosta, lähtöviesti muodostuu kaikista langanosista, jotka ovat alttiina lämpötilaerolle. Tämä tarkoittaa, että uunin lämpötilaa mittaava termoelementti saa suurimman osan signaalista uuninseinämän läpimenosta. Juuri tässä kohdenhan lämpötilaero on suurimmillaan (933-70). On myöskin tärkeää, että termoelementti vietään mittauslaitteen liitäntäkoskettimelle saakka, koska muuten menetetään signaali, joka syntyy anturin kytkentälevyn ja mittauslaitteen koskettimen lämpötilojen välillä (70-Tref).

Tämä tehdään käytännön - ja kustannussyistä yleensä käyttäen jatko- tai tasausjohtoa. Koska johto valmistetaan materiaalista, jolla on samat ominaisuudet kuin termoelementillä, kaapelin pituudella syntyvät lämpötilaerot antavat signaalin, joka lisätään termoelementin luomaan signaaliin.



Termoelementin valinta

Metallien, joita käytetään termoelementissä, tulee olla stabiileja ja ne eivät saa muuttua jälkikäteen. Näitä materiaaleja tulee pystyä valmistamaan samankaltaisina ja niiden tulee kestää korkeaa lämpötilaa. Siksi valitaan mielellään platinaa, kultaa tai erityisiä metalliseoksia. Tyyppi K on pitkään ollut hyvin suosittu. Se on melko halpa, antaa korkean lähtöviestin ja sietää korkeaa lämpötilaa (noin 1200 °C). Valitettavasti tyyppiin liittyy joitakin haittapuolia. Se saa aikaan erilaisia lähtöviestejä lämpötilan noustessa ja laskiessa (hystereesi) ja siihen voi muodostua viherävää syöpymää, (alhainen happipitoisuus langoilla aiheuttaa kromioksidin muodostumista). Tyypillä N on paremmat ominaisuudet näiden suhteen ja uusissa asennuksissa se yhä useammin korvaa tyypin K. Ne kattavat suurin piirtein samat lämpötila-alueet, niitä on saatavana samoilla mitoilla ja niillä on samankaltainen yhteys lämpötilan ja lähtöviestin suhteen. Useimmat nykyaikaiset mittalaitteet on helppo muuttaa tyypistä K tyypiksi N. Tyyppi N on hiukan kalliimpi kuin tyyppi K. Monissa tapauksissa jatkojohtojen vaihto aiheuttaa suurimmat kustannukset, kun muutos

tehdään olemassa olevaan laitokseen.

4. Termoelementtianturit

Koska termoelementin täytyy olla lämpökosketuksessa väliaineeseen, jonka lämpötilaa halutaan mitata, sille asetetaan lukuisia erilaisia vaatimuksia.

- Termoelementin tulee kestää mahdollisimman pitkään.
- Se ei saa vaikuttaa prosessiin eikä sen lämpötilaan.
- Mittaus tulee suorittaa riittävän suurella tarkkuudella, jotta se olisi merkityksellinen.
- Anturin tulee olla helposti asennettava ja huollettava.
- Anturin hinnan tulee olla kohtuullinen.

Kaikkia näitä vaatimuksia ei voida täyttää samanaikaisesti ja siksi mittausteknikon tehtävä on valita hyvä kompromissi. Pelkkä kahdesta langasta koostuva termoelementti reagoi nopeasti, mutta on alttiina ympäristön vaikutukselle. Sellaisia termoelementtejä käytetään useimmin laboratorioympäristössä. Teollisuuskäyttöä varten langat suojataan suoja-putkilla, jotka on valmistettu materiaaleista, jotka johtavat lämmön prosessista termoelementille, mutta jotka pitävät haittavaikutukset ulkopuolella. Tavallisimmat materiaalit ovat metallit ja keramiikka, mutta muitakin suoja-putkia käytetään, kun sovellutus sitä vaatii. Pinnalle voidaan laittaa useita kerroksia sisäkkäin. Usein käytetään sisäosana vaihdettavaa, halkaisijaltaan 6 mm:n mittausaukua ja ulkoisena osana suoja-putkea, joka on valmistettu esimerkiksi haponkestävästä teräksestä. Suoja-putki mitoitetaan niihin rasituksiin, joille anturi altistuu, esim. lämpötilalle, paineelle ja korroosiolle. Niille antureille, jotka altistuvat paineelle, on voimassa painelaitedirektiivi, PED, joka säätelee rakennetta, valmistusta ja valvontaa.

Eräs erikoinen variantti on vaippatermoelementti, joka koostuu termoelementtilangoista; ne on sijoitettu suojukseseen, ohutseinämäiseen lämmönkestävästä metallista valmistettuun putkeen. Langat on eristetty toisistaan ja suojuksesta hienon kemiallisesti eristävän jauheen avulla, useimmiten kyseessä on magnesiumoksidi. Valmistusprosessissa jauhe pakataan hyvin lujaksi ja siksi suojusta voidaan taivuttaa ilman, että langat joutuvat kosketuksiin toistensa tai suojuksen kanssa.