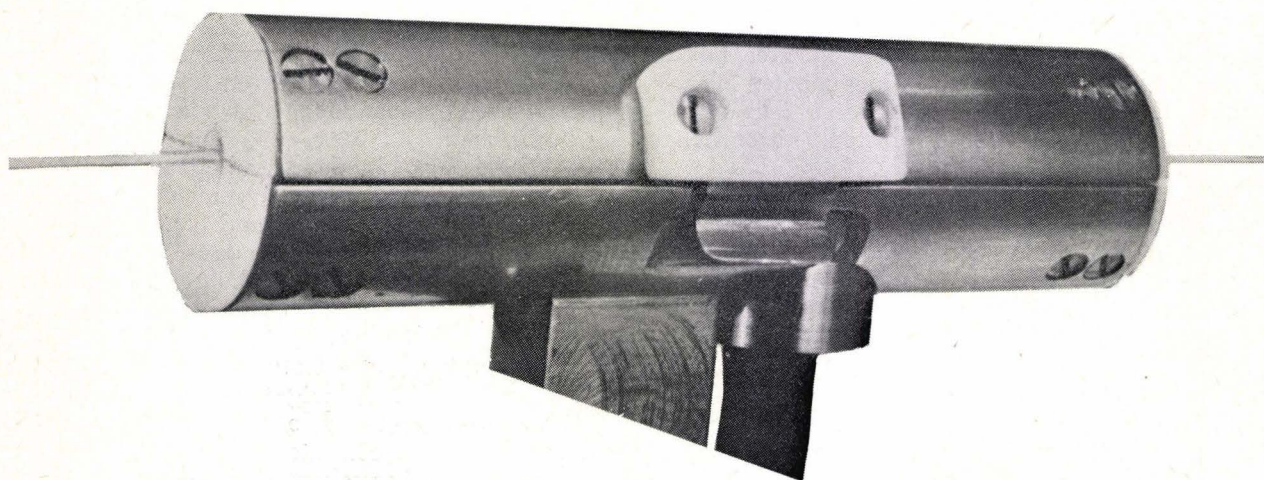


Bibliotheek Hoofdkantoor TNO
's-Gravenhage 26/10-67

Een pyrometer voor het meten van de temperatuur van bewegende draden, onafhankelijk van de emissiefactor



Ir P. EUSER

TECHNISCH PHYSISCHE DIENST TNO-TH TE DELFT

Een pyrometer voor het meten van de temperatuur van bewegende draden, onafhankelijk van de emissiefactor

Ir. P. EUSER

TECHNISCH PHYSISCHE DIENST TNO-TH TE DELFT

Samenvatting

Voor het meten van de oppervlaktetemperatuur van bewegende objecten worden vaak stralingspyrometers gebruikt. Complicaties treden op als de emissiefactor van het meetvlak onbekend is, in het bijzonder als deze factor een veranderlijke waarde heeft.

Bij dunne draden vormt de kleine oppervlakte eveneens een probleem.

Beide moeilijkheden worden ondervangen bij de hier beschreven methode.

Summary

Radiation pyrometers are frequently used for the measurement of the surface temperature of moving objects. Complications arise when the emissivity of the surface involved is not constant, or not uniform. With thin wires, the small radiating area presents another difficulty. The paper describes a pyrometer that is designed to avoid these difficulties.

Inleiding

Het meten van de oppervlaktetemperatuur van bewegende objecten zal vaak, om meettechnische of om andere redenen, contactloos moeten plaatsvinden. Een veel gebruikte methode is dan de uitgezonden warmtestraling te meten, bijvoorbeeld met een totaalstralingspyrometer.

Daar de uitgezonden straling behalve van de temperatuur ook van de emissiefactor van het object afhangt, moet deze factor bij de meeste pyrometers bekend zijn, respectievelijk afzonderlijk worden gemeten. Bij niet-zwarte objecten moet zonodig straling uit de omgeving door afscherming worden geweerd. Een complicatie doet zich voor als de emissiefactor niet constant of niet uniform is, zoals bij een papierwals die bedekt is met een laagje condens, of zoals bij een ongelijkmatig geoxideerde metaalband. Een andere moeilijkheid bij temperatuurstralingsmetingen treedt op als het oppervlak van het meetobject klein is. Dit is onder meer het geval bij draden van geringe diameter. Genoemde moeilijkheden worden ingeval van draden ondervangen bij de hier beschreven methode.

Eliminatie van de emissiefactor

De invloed van de emissiefactor dient, als de waarde van deze factor onzeker is, bij voorkeur te worden geëlimineerd. Dit kan op verschillende wijzen worden bereikt.

We beperken ons hier tot de totaalstralingsmethoden: deze zijn voor vele omstandigheden bruikbaar.

Een bekend principe is, bij het oppervlak waarvan de temperatuur moet worden gemeten, een zwarte-stralingstoestand te vormen. Dit kan plaatsvinden

door tegenover het meetvlak een reflector te houden, die de warmtestraling volkomen reflecteert. In de ruimte tussen meetvlak en reflector, die geheel afgesloten moet zijn, is dan zwarte straling aanwezig (fig. 1a). Met een klein temperatuurgevoelig element kan deze straling als maat voor de objecttemperatuur worden gemeten. Deze methode is o.a. toegepast door Land [1].

Een andere ook bekende methode is, tegenover het meetvlak een niet-reflecterend hulpvlak te houden, dat dezelfde temperatuur heeft als het meetvlak (fig. 1b), [2, 3].

De instelling op gelijke temperatuur wordt bereikt door het hulpvlak zodanig te verwarmen dat de temperatuurgradiënt aan de zijde van het meetvlak nul is, hetgeen te constateren is met behulp van een differentiaalthermokoppel, b.v. uitgevoerd als

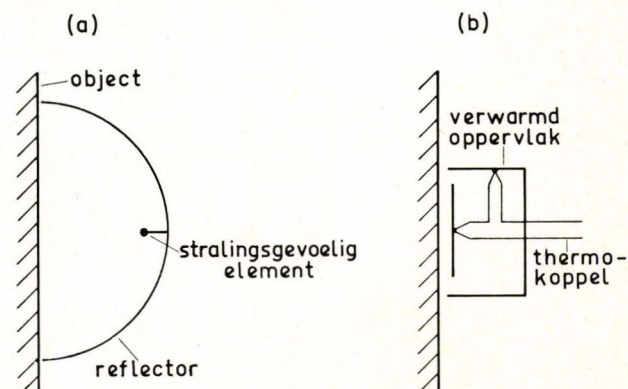


Fig. 1. Het vormen van een zwarte-stralingstoestand bij het meetvlak, met een volkomen reflector (a) en met een verwarmd hulpvlak (b).

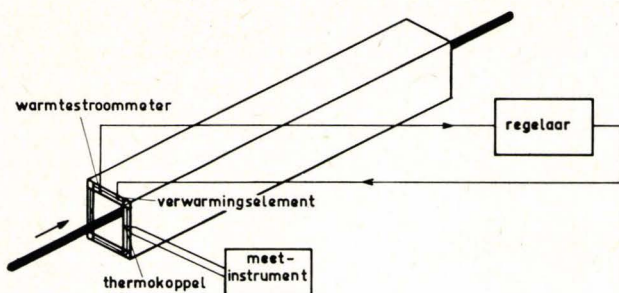


Fig. 2. Principe van de methode.

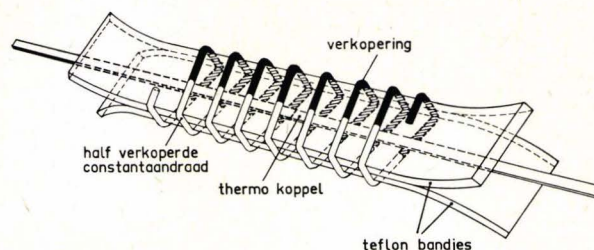


Fig. 4. Warmtestroommeetbandje met thermokoppel.

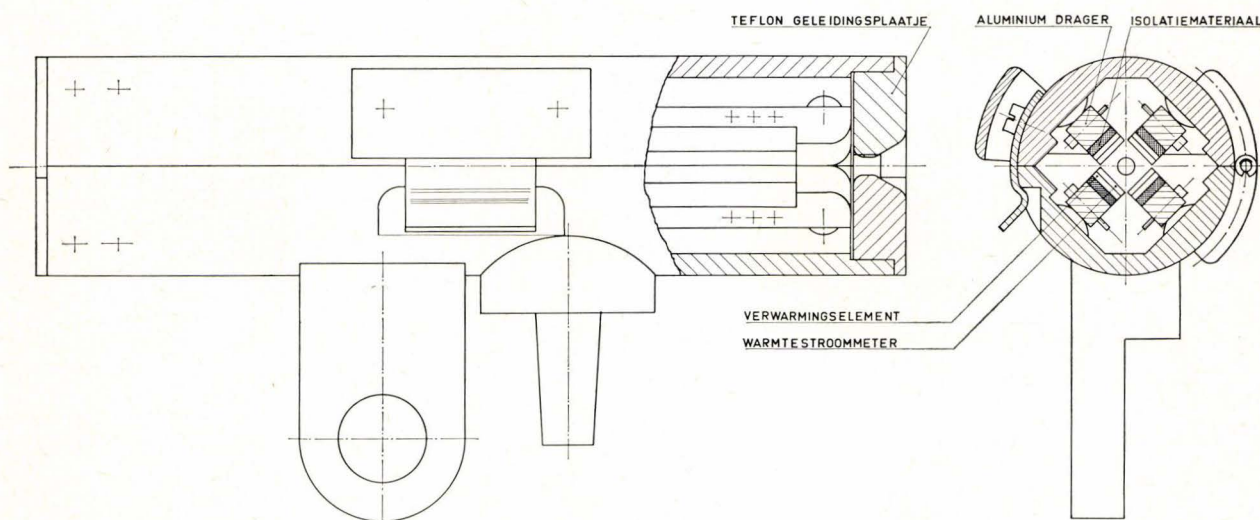


Fig. 3. Samenstelling van de meetekop.

warmtestroommeter. Bij vergelijking heeft de eerste methode als voordeel het eenvoudige meet-systeem, als nadeel onnauwkeurigheden bij lage emissiefactoren door de niet-volledige reflectie.

De tweede methode heeft als voordeel de goede bruikbaarheid bij lage emissiefactoren, en het normale ongeveer lineaire verband tussen thermokoppel-e.m.k. en de te meten temperatuur, als nadeel een lagere bovengrens van het temperatuurgebied. De laatste methode is door ons gevolgd, eerst bij de ontwikkeling van een pyrometer voor vlakke of lichtgekromde objecten [4], vervolgens bij de nu te bespreken pyrometer voor het meten van draadtemperaturen.

Beschrijving

In fig. 2 is een prinsipschets gegeven van het toegepaste meet- en regelsysteem.

Het gevoelige deel van de pyrometer bestaat uit vier meetbandjes die rondom de draad een gesloten of vrijwel gesloten ruimte vormen. De meetbandjes zijn opgebouwd uit een warmtestroommeter met thermokoppel, en een verwarmingselement. De warmtestroommeters, die bij warmte-doorgang een e.m.k. leveren, zijn verbonden met een regelaar die de stroom door de verwarmingselementen regelt, zodanig dat genoemde e.m.k. nul

is. In die toestand wordt de door de draad afgegeven warmtestroom gecompenseerd door de warmtestroom die door de pyrometer wordt afgegeven. Dan geldt dat de (uniforme) temperatuur van de warmtestroommeters gelijk is aan die van de draad, als gevolg waarvan in de ruimte tussen draad en pyrometer tevens de gewenste zwartestralingstoestand heerst.

De temperatuur wordt gemeten met één van de ingebouwde thermokoppels.

De vier warmtestroommeters zijn in serie geschakeld. De schakeling van de verwarmingselementen is steeds zo dat homogene warmte-ontwikkeling plaats vindt.

Een constructieschets van de meetekop is gegeven in fig. 3.

De toegepaste warmtestroommeters zijn van het type zoals bij onze Dienst worden vervaardigd voor diverse toepassingen [5].

Het hier gebruikte type is geschetst in fig. 4. Het bestaat uit een bandje teflon of mica ter breedte van ongeveer 2 mm, waaromheen een half-verkoperde constantaandraad is gewikkeld.

De windingen vormen een serieschakeling van een groot aantal thermokoppels met de warme lassen aan de ene zijde en de koude lassen aan de andere zijde van het bandje.

De verwarmingselementen en warmtestroomme-

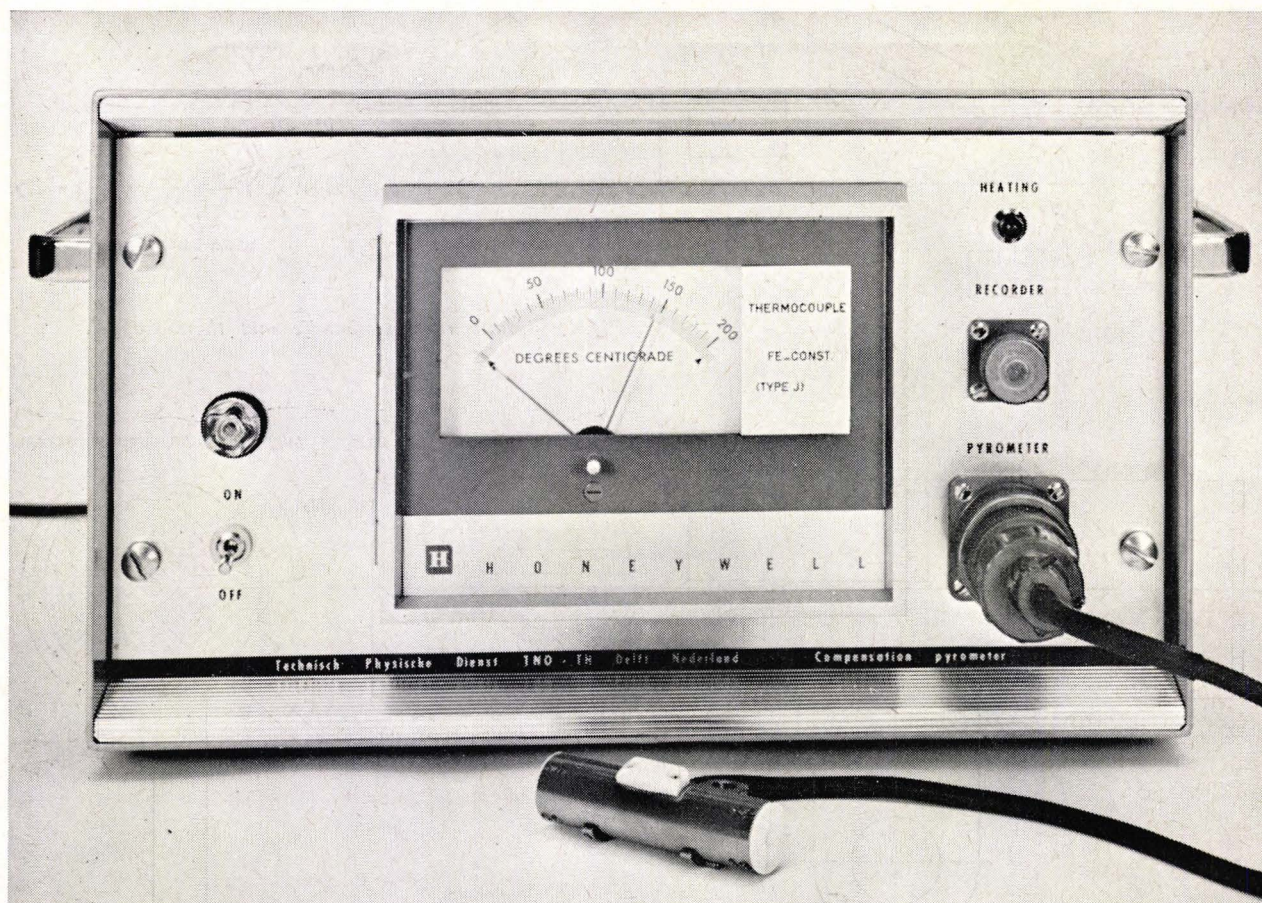


Fig. 5. Uitvoering van de meetkop en van het regel- en meetinstrument.

ters zijn bevestigd op dragers, die gemonteerd zijn in het omhullende huis. Het geheel bestaat uit twee delen en is uitklapbaar teneinde de pyrometer ook bij een voortbewegende draad te kunnen opstellen.

Het regelsysteem bestaat in afwijking van het in [4] besproken servosysteem, uit een snel werkende aan-uit-regelaar met een vermogentransistor aan de uitgang. De aan-uit-positie wordt bepaald door de polariteit van de e.m.k. van de warmtestroommeters. De aan-uit-tijdverhouding stelt zich in afhankelijk van het vereiste vermogen.

Afwijkingen door randeffecten, zoals die tengevolge van de openingen in de eindvlakken, kunnen goeddeels thermisch worden opgeheven. Bij grote draadsnelheden kan de meegevoerde lucht afwijkingen veroorzaken. Deze invloed is te beperken door de openingen aan de eindvlakken slechts weinig groter te nemen dan de draaddiameter, en ver-

der door de pyrometer langer uit te voeren en van de warmtestroommeters een zeker gedeelte aan de intreezijde niet te gebruiken.

Meetbereik en nauwkeurigheid

Het meetbereik van de in fig. 5 afgebeelde uitvoering reikt van enkele graden boven de omgevingstemperatuur tot ongeveer 200°C. De bovengrens wordt bepaald door de temperatuurbestendigheid van de in de meetkop toegepaste materialen — sommige delen krijgen dezelfde temperatuur als het meetobject.

De nauwkeurigheid bedraagt ongeveer $\pm 2^\circ\text{C}$, de reproduceerbaarheid $\pm 1^\circ\text{C}$.

De uitvoering van fig. 5 is geschikt voor draaddiameters van ongeveer 0,1 mm tot 2 mm. Voor grotere diameters kan de meetkop op een grotere schaal worden uitgevoerd.

Literatuur

- [1] M. D. Drury, K. P. Perry, T. J. Land, J. Iron and Steel Inst., 169 (1951) p. 245.
- [2] G. Farnell, U.S. Patent Specification 2, 556, 841 (1947).
- [3] M. G. Davies, H. Kronberger, A full radiation pyrometer for temperature measurements in the range 0-100°C, A.E.R.E., Harwell (1951).
- [4] P. Euser, Instr. Practice 17 (1963) No. 5, p. 487.
- [5] J. de Jong, L. Marquenie, Instr. Practice 16 (1962), No. 1, p. 45.