

NO. 4.

MEI 1934

MEDEDEELINGEN

VAN HET
LABORATORIUM
DER

N.V. „DEVLAMOVENSTRAATKLINKER”

GEVESTIGD TE ZEIST
DIRECTEUR: A. VAN DE KOPPEL
LABORATORIUM TE IJSSELSTEIN

De rol van kalk in de klei en een snelle bepaling daarvan voor bedrijfscontrole op de fabriek.

door Dr. F. W. HISSCHEMÖLLER.

De beteekenis van het kalkgehalte. Het kalkgehalte is een waardevol gegeven bij de beoordeeling van de geschiktheid voor de fabricage van baksteen. Voor straatklinkers is een behoorlijk percentage kalk gewenscht, omdat de ervaring leert, dat deze kleisoorten in het algemeen een sterkere straatklinker opleveren dan de kalkarme. Waarschijnlijk is dit toe te schrijven aan de eigenschappen van het glas in de gesinterde steenen. Het is bekend, dat kalkrijk glas betere mechanische eigenschappen bezit dan kalkarm glas. Verder speelt het kalkgehalte een groote rol voor de kleur van het gebakken product. Deze is op zichzelf voor straatklinkers van geen beteekenis daar zelfs de donkerste klinkers nog een voldoende lichtreflectie hebben, in tegenstelling met bitumenwegen. Indirect is de kleur echter wel van belang. Bevat de klei n.l. weinig kalk dan overheerscht meestal de roode kleur van het ijzeroxyde, waardoor de steenen, zelfs als zij hard gebakken zijn en ruimschoots aan de eischen voor de wateropneming voor sorteering I voldoen, een roode kleur verkrijgen, die een geringe hardheid suggereert. Hierbij komt nog, dat door de wijze van inzetten de koppen der steenen tijdens de afkoeling extra oxydatie ondergaan en een lichtere kleur aannemen dan de rest van den steen, waardoor ten onrechte den indruk gewekt wordt alsof de koppen slapper zijn. Het tegendeel is meestal het geval. Bij de steenen, die normaal in het blad gezet zijn, heeft de verhitting plaats vanuit de koppen en deze zullen dus iets harder zijn, daar zij gedurende het bakproces steeds een iets hoogere temperatuur bezitten.

Een klei met laag kalkgehalte levert dus een straatklinker, die zeer moeilijk te sorteeren is en zoowel door de sorteerdere als door de afnemers dikwijls onjuist beoordeeld wordt, tot schade voor den fabrikant.

Het ligt dus voor de hand om — wanneer dit met betrekkelijk geringe kosten mogelijk is — het kalkgehalte van de grondstof te verhoogen, hetzij door toepassing van een andere menging, hetzij door toevoeging van kalkmergel.

Bij het stoken van metselsteenen is het kalkgehalte juist in verband met de kleur van groot belang. Men streeft hier, in tegenstelling met de straatklinkers naar de uitersten dus naar een hoog- óf een laag kalkgehalte, al naar mate men gele- of kleurige roode steen wenscht. De middelmatige gehalten, die voor straatklinkers het meest gunstig zijn, zijn voor het verkrijgen van mooie kleuren niet aan te bevelen.

Nu wordt de kleur van baksteenen, zooals algemeen bekend is, niet uitsluitend bepaald door het kalkgehalte maar door de verhouding ijzeroxyde : kalk. In vele gevallen echter, vooral wanneer men te doen heeft met klei van een zelfde stuk land, is de som van ijzeroxyde en kalk tamelijk constant (dikwijls $\pm 10\%$). Daalt het gehalte aan kalk, dan stijgt dat aan ijzeroxyde en omgekeerd. In zulke gevallen is dus het kalkgehalte tevens een maatstaf voor de verhouding ijzeroxyde : kalk en dus voor de geschiktheid voor een bepaald doel.

Nog op andere wijze kan het kalkgehalte dikwijls de functie van indicator vervullen. Bij een bepaald stuk grond komt het — vooral wanneer men lagen van opeenvolgende diepte beschouwt — veel voor, dat het kalkgehalte toeneemt naarmate de klei schraler is. In vele gevallen neemt het kalkgehalte in de diepere lagen toe, maar ook het omgekeerde komt voor.

Is het verband tusschen kalkgehalte en vetheid voor een bepaald terrein eenmaal vastgesteld, dan is omgekeerd het kalkgehalte te gebruiken als een globale maatstaf voor de beoordeeling van de vetheid en voor de juiste menging. Men ziet uit het bovenstaande, dat het voor de fabricage van veel belang kan zijn over een eenvoudige en snelle controle van het kalkgehalte te beschikken, die op de fabriek zelf, zoo noodig meermalen daags, kan uitgevoerd worden.

Bepalingsmethoden. Een ruwe methode, die echter toch nuttige diensten kan bewijzen, is het bevochtigen van de klei met verdund zuur b.v. met zoutzuur. Wij maken hierbij gebruik van de omstandigheid, dat de kalk in onze rivierklei voor verreweg het grootste deel aanwezig is als koolzure kalk. Deze verbinding wordt door zuren ontleed onder vorming van koolzuurgas en de reactie kenmerkt zich door het optreden van gasbelletjes in de vloeistof. De inwerking is heviger naarmate het kalkgehalte hooger is. Bij hoog kalkgehalte bruist de massa onder schuimvorming. Men kan op deze wijze zonder eenigen twijfel kalkrijke- en kalkarme, dus geel- of geelgrijs- en rood bakkende klei onderscheiden, terwijl men na eenige oefening zelfs een ruwe schatting van het kalkgehalte kan maken. Men gebruike voor deze proef ruw zoutzuur, verdund met ongeveer 4 volumedeelen water. Dezelfde reactie is ook te gebruiken voor een nauwkeurige bepalingmethode en wel door het koolzuurgas, dat door een afgewogen hoeveelheid klei ontwikkeld wordt, op te vangen en het volume daarvan te meten.

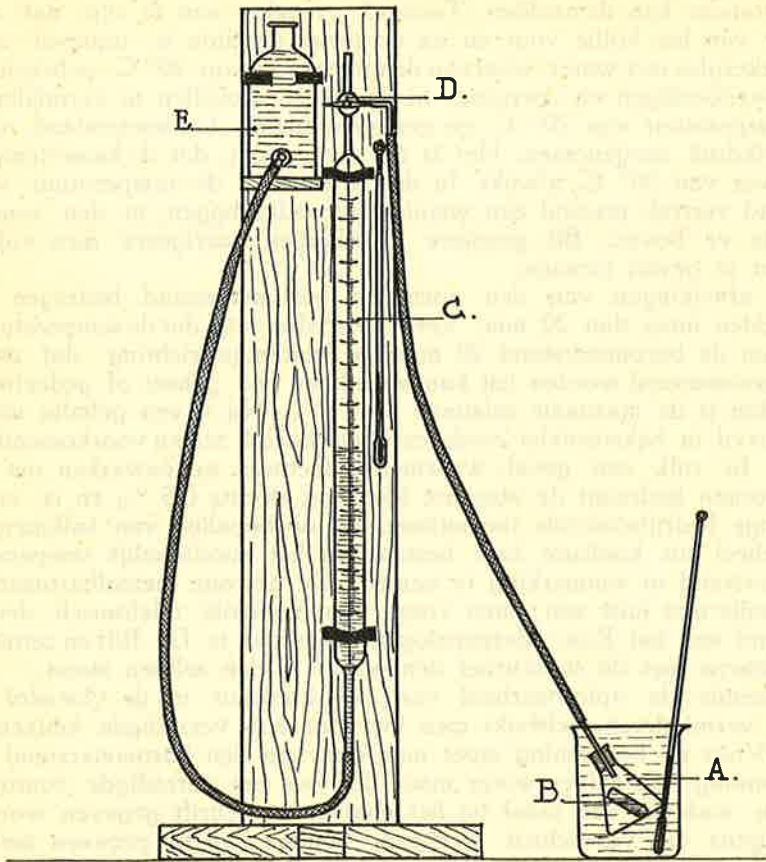
Wij hebben getracht deze bepaling een zoodanigen vorm te geven, dat zij ook bij uitvoering door chemisch geheel ongeschoold personeel, b.v. door bazen, nauwkeurige uitkomsten kan geven en een weinig kostbare apparatuur behoeft.

Het principe van dergelijke bepalingmethoden is reeds lang bekend (methode van Scheibler e.a.). Bij nauwkeurige bepalingen stuit men echter op de moeilijkheid, dat het koolzuurgas vrij goed oplosbaar is in het voor de reactie gebruikte verdunde zuur. Hierdoor vangt men te weinig gas op en vallen de uitkomsten te laag uit. Door speciale maatregelen is deze fout wel op te heffen b.v. door uitdrijven van het koolzuur door waterstof, ontwikkeld met behulp van ijzer- of aluminiumdraad, daarna het koolzuur uit het mengsel van koolzuur en waterstof te absorbeeren in kaliloog en de contractie te meten. De daardoor ontstane complicatie maakt de bepaling echter weer minder geschikt voor uitvoering buiten het laboratorium. (Zie voor deze methoden b.v. Lunge-Berl, Chemisch technische Untersuchungs-methoden).

Het bleek ons, dat door enkele kleine wijzigingen de complicaties geheel vermeden kunnen worden en wel door het volume van het zuur tot het uiterste minimum te verkleinen. Bovendien wordt dan de reactievloeistof geconcentreerder aan kalkzout, waardoor de oplosbaarheid van het koolzuur per cm^3 vloeistof ook nog vermindert.

Om dan voldoende zuur voor de reactie beschikbaar te hebben, moet men werken met geconcentreerd zuur. Het meestal gebruikte zoutzuur geeft dan echter bezwaren, doordat de dampspanning van het zoutzuur in geconcentreerde oplossingen een rol gaat spelen. Hetzelfde is het geval met geconcentreerd salpeterzuur. Zwavelzuur is niet vluchtig, maar heeft weer een ander bezwaar, n.l. de afscheiding van gips tijdens de reactie, waardoor bij gering vloeistofvolume de beweeglijkheid van de reactiemassa onvoldoende is om de reactie vlot te doen afloopen.

Wij maken daarom voor de ontleding gebruik van geconcentreerd



phosphorzuur, dat het voordeel heeft niet vluchtig te zijn, terwijl het gevormde calciumphosphaat in de overmaat zuur opgelost blijft. Het is dan mogelijk toe te komen met slechts 2 cc. zuur, dat men verkrijgt door 1 volumedeel geconcentreerd phosphorzuur van s.g. 1.7 te verdunnen met 1 deel water.

De figuur geeft de inrichting van het toestel weer, terwijl aan het slot van dit artikel het voorschrift voor de uitvoering van de analyse wordt gegeven.

Een andere factor, waarop gelet moet worden is het volume van het ontwikkelingsfleschje of -kolfje A. Daar het volume van gassen sterk beïnvloed wordt door de temperatuur, wordt bij temperatuurswisselingen van het kolfje een fout gemaakt, die evenredig is met de verhouding van den inhoud van het kolfje t.o.v. het ontwikkelde gasvolume. Wij gebruiken daarom Pyrex Erlenmeyer kolfjes van slechts 25 cc. inhoud, waarvan dan nog afgaan het volume van de klei, van het buisje voor het zuur en van het zuur zelf. De verhouding tot het ontwikkelde gasvolume is ca. 1 : 1.

Om de reactie snel en volledig te doen afloopen wordt het kolfje, nadat het zuur door kantelen met de klei in aanraking is gebracht, op een klein vlammetje verwarmd. waarvoor bij afwezigheid van gas een kleine

spiritusbrander kan dienstdoen. Teneinde er zeker van te zijn, dat de temperatuur van het kolfje voor en na de proef dezelfde is, dompelt men het in een bekersglas met water, waarvan de temperatuur op 20° C. gebracht wordt.

Om berekeningen en correcties in de meeste gevallen te vermijden is een kamertemperatuur van 20° C. en een gemiddelde barometerstand van 760 mm. kwikdruk aangenomen. Het is dus gewenscht, dat de kamertemperatuur niet te ver van 20° C. afwijkt. In den winter zal de temperatuur van een verwarmd vertrek meestal een weinig daaronder liggen, in den zomer dikwijls iets er boven. Bij grootere afwijkingen corrigeere men volgens de hieronder te geven formule.

De afwijkingen van den normalen barometerstand bedragen hier te lande zelden meer dan 20 mm. Veronderstellen wij, dat de temperatuur 5° C. afwijkt en de barometerstand 20 mm. in zoodanige richting, dat de afwijkingen gesommeerd worden (zij kunnen elkaar ook geheel of gedeeltelijk opheffen) dan is de maximale relatieve fout 5 0/0. Nu is een gehalte van 10 0/0 calciumoxyd in baksteenklei reeds een betrekkelijk zelden voorkomende hooge waarde. In zulk een geval, waarin alle factoren samenwerken om de fout te vergrooten bedraagt de absolute fout nog slechts 0.5 0/0 en is voor een eenvoudige bedrijfscontrole toelaatbaar. Bij de bepaling van kalkmergel, die bijna geheel uit koolzure kalk bestaat, is het noodzakelijk temperatuur en barometerstand in aanmerking te nemen. De gewone metaalbarometers wijzen dikwijls niet juist aan; men vrage voor controle telefonisch den barometerstand aan het Kon. Meteorologisch instituut te De Bilt en zette onmiddellijk daarna met de stelschroef den wijzer in den zelfden stand.

Teneinde de oplosbaarheid van het koolzuur in de vloeistof van de buret te verminderen, gebruikt men hiervoor een verzadigde keukenzoutoplossing. Voor de berekening moet men dan van den barometerstand niet de dampspanning van zuiver water maar die van een verzadigde zoutoplossing aftrekken, waarvan een tabel bij het analysevoorschrift gegeven wordt.

Volgens dit voorschrift werkend, vonden wij bij proeven met zuiver calciumcarbonaat pro analyse met een theoretisch gehalte van 56.0 0/0 calciumoxyd na correctie voor temperatuur en barometerstand :

56.36 0/0
56.10 0/0
55.85 0/0
55.99 0/0
55.98 0/0

Gemiddeld 56.06 0/0. De nauwkeurigheid is dus zeer bevredigend.

De buret, waarvan het verdeelde stuk een inhoud heeft van 100 cc., is direct in procenten verdeeld, waarbij 1 0/0 CaO overeenkomt met 5 cc. Men moet dan een bepaalde hoeveelheid klei afwegen, die zoo gekozen wordt, dat daarin alle bovengenoemde factoren verwerkt zijn en die op de volgende wijze berekend is,

Bij 20° C. heeft de zoutoplossing een dampspanning van 14 mm., zoodat bij een barometerstand van 760 mm. het koolzuur een druk heeft van $760 - 14 = 746$ mm. 1 cc. koolzuur van deze temperatuur en druk weegt

1.806 mgr., hetgeen overeenkomt met $\frac{56}{44} \times 1.806 = 2.30$ mgr. calciumoxyd.

Daar 1 cc. op de buret overeenkomt met 0.2 0/0 Cao, moet dus afgewogen worden $\frac{2.30}{0.2} \times 100 = 1150$ mgr. = 1.15 gr. Men kan een speciaal gewichtje van deze grootte laten maken.

Uitvoering. Na verschillende proeven zijn wij gekomen tot het volgende voorschrift:

1.15 gram van de gepoederde-, gemengde-, bij 110—120° C. gedroogde klei worden afgewogen, waarvoor, indien geen chemische balans beschikbaar is, een apothekersbalans met een gevoeligheid van 2 mgr. voldoende is. Met behulp van een volkomen droge vultrechter en een penseel brengt men de klei kwantitatief in het kolfje A. Het buisje B vult men tot de merkstreep van 2 cc. met phosphorzuur 1 : 1, veegt het aan de buitenzijde zorgvuldig af en laat het met een pincet voorzichtig in het kolfje zakken, zoodanig dat het zuur niet met de klei in aanraking komt. De afmetingen van het buisje zijn zoo gekozen, dat het in het kolfje niet kan omvallen maar in schuinen stand blijft staan. Verbindt het kolfje door middel van de gummistop stevig aan de meetburet C en brengt het daarna in een glas of bakje met water van precies 20° C. Draai de driewegkraan D aan de buret zóó, dat deze zoowel met de buitenlucht als met het kolfje in verbinding staat (roode stip rechts). Licht de niveauflesch E tot de vloeistof in de buret op de nulstreep staat en tevens op gelijk niveau met die in het fleschje. Draai nu de kraan zoodanig, dat de buret met het kolfje, maar niet met de buitenlucht in verbinding staat (roode stip onder). Plaatst de niveauflesch hoog en kantel het kolfje, zoodat het zuur zich met de klei mengt. Verwarm voorzichtig op een klein vlammetje onder voortdurend schudden van het kolfje tot de vloeistof even zacht gekookt heeft. Breng het kolfje weer in het koude water en breng onder roeren de temperatuur daarvan door toevoeging van koud water weer op 20° C. Laat, gerekend van het moment, dat het kolfje in het water gedompeld wordt, precies 5 minuten afkoelen, breng de niveaux in fleschje en buret weer op gelijke hoogte en lees op de buret het kalkgehalte af in procenten calciumoxyde. Controleer met een thermometer naast de buret hoeveel de kamertemperatuur afwijkt van 20° C.

De geheele bepaling, met inbegrip van het afwegen van de klei, duurt \pm 10 minuten, terwijl bij seriebepalingen bij geschikte werkindeeling nog grooter snelheid te bereiken is.

Correcties. Bij .grootere afwijkingen dan 5° voor de temperatuur en 20 mm. voor den barometerstand van de normale condities (20° C. en 760 mm.) en in het algemeen wanneer men de grootste nauwkeurigheid wenscht, vermenigvuldigt men de aflezing op de buret met den factor:

$$\frac{293}{273+t} \times \frac{B - f_1}{746}, \text{ waarin}$$

t = temperatuur naast de meetburet in ° C.

B = barometerstand in mm. kwikdruk.

f₁ = dampspanning van een verzadigde keukenzoutoplossing in mm. kwikdruk.

Hiervan geeft Lunge-Berl de volgende tabel:

t°	f ₁	t°	f ₁	t°	f ₁	t°	f ₁
10	7.34	15	10.18	20	13.93	25	18.84
11	7.93	16	10.86	21	14.80	26	19.99
12	8.38	17	11.52	22	15.73	27	21.21
13	8.95	18	12.30	23	16.70	28	22.48
14	9.55	19	13.10	24	17.74	29	23.83
						30	25.25

Voor het onderzoek van kalkmergel weegt men $1/5$ van de voor klei benoodigde hoeveelheid af en vermenigvuldigt de uitkomst met 5. Het is hier noodzakelijk de correctie toe te passen. Wenscht men het gehalte calciumoxyd in klei of mergel om te rekenen op koolzure kalk dan vermenigvuldigt men het percentage calciumoxyd met 1.785.

Vergelijking met de volledige analyse. Volgens de bovenstaande methode vindt men alleen het gehalte calciumoxyde, dat aanwezig is in den vorm van koolzure kalk en vindt dus steeds een lager cijfer dan bij de volledige analyse, omdat bij de laatste ook de kalk, die in anderen vorm b.v. als silicaten aanwezig is, mede bepaald wordt. Een vergelijking van de uitkomsten van de totaal-kalkbepaling en die van koolzure kalk geeft het onderstaande staatje :

Volledige analyse.	Koolzure kalk.	Vershil.
Ca O	Ca O	Ca O
7.6 %	6.8 %	— 0.8 %
7.0 "	5.7 "	— 1.3 "
6.2 "	5.45 "	— 0.75 "
5.8 "	5.5 "	— 0.3 "
5.1 "	3.9 "	— 1.2 "
4.8 "	4.35 "	— 0.45 "
4.7 "	3.5 "	— 1.2 "
4.6 "	3.6 "	— 1.0 "
3.5 "	2.65 "	— 0.65 "

Men dient hierbij in aanmerking te nemen, dat in het verschil tusschen de beide bepalingen ook de analysefout van de volledige analyse, die 0.5 % kan bedragen, begrepen is. Tevens ziet men, dat er geen verband bestaat tusschen het gehalte niet aan koolzuur gebonden kalk en het totaal kalkgehalte.

Gemiddeld vindt men voor de koolzure kalk 0.8 ± 0.5 % minder dan voor totaal kalk. Telt men dus bij de uitkomst 0.8 % op dan zal men in de meeste gevallen t.o.v. de volledige analyse een fout van slechts eenige tienden procenten maken.

De toepassing van verlaagde vlammuren.

door

ADR. VAN DE KOPPEL, Dr. F. W. HISSCHEMÖLLER en H. VAN DRIEL.

Theoretische beschouwingen. De functie van den vlammuur in ovens met overslaande vlam is drieledig.

1. Hij beschermt den inzet tegen directe aanraking met het vuur en dus tegen het aanbakken van slakken en het ontstaan van brandkoppen, zooals dat in den ringoven plaats heeft.

2. Hij beschermt den inzet tegen de directe straling van het vuur.

3. Hij dwingt de gassen zich door den inzet van boven naar beneden te bewegen en werkt daardoor een gelijkmatige temperatuursverdeling in lengte- en breedterichting van de kamer in de hand.

De eerste twee punten zijn zonder meer duidelijk, wij zullen ons hier vooral bezighouden met de derde functie. Deze werking is, zooals door den heer Van Berne op één onzer vergaderingen van technici uiteengezet werd, als volgt:

Iedere slit tusschen de steenen is op te vatten als een schoorsteentje, waarvan de trek grooter is, naarmate de gemiddelde temperatuur in de slit hooger is. De trek van den schoorsteen werkt in tegengestelde richting en is onder normale omstandigheden steeds grooter dan de opstijgende kracht. De kracht, die voor de voortstuwing der gassen beschikbaar blijft, is dus in elke slit gelijk aan het door den schoorsteen opgewekte trekverschil, verminderd met den opwaartschen druk der heete gassen.

Stellen wij ons nu voor (hetgeen in de practijk ten naastenbij juist is), dat het door den ovenschoorsteen opgewekte trekverschil tusschen boven- en onderzijde van de kamer over het geheele oppervlak constant is, doch dat de gemiddelde temperatuur in de slitten verschilt. Dan hebben de gassen in de koudere slitten een geringere opwaartsche (tegenwerkende) druk dan in de warmere. De beschikbare voorstuwende kracht in deze slitten is dus grooter, er passeeren meer heete gassen door en zij worden dientengevolge sneller verwarmd dan de slitten, die reeds een hooger temperatuur hebben. De stroomrichting van boven naar beneden bewerkt dus tijdens de verwarming automatisch het gelijk worden van de gemiddelde temperatuur in de verschillende slitten.

Opgemerkt moet worden, dat bij afkoeling precies het omgekeerde geldt. Hier zouden de gassen van beneden naar boven moeten stroomen. Tijdens de afkoeling werkt dus de constructie van den vlamoven niet gunstig op een gelijkmatige temperatuursverdeling. Ongetwijfeld is echter gelijkmatigheid der temperatuur tijdens het bakproces van nog meer belang dan bij de afkoeling.

Anders staat het evenwel met de temperatuursverschillen in verticale richting. In „Mededeelingen” No. 3, blz. 70—71 hebben wij reeds betoogd, dat de bovenste kantelingen noodzakelijk heeter moeten worden dan de onderste en dat wij er slechts naar kunnen streven deze verschillen zoo klein mogelijk te maken, terwijl op blz. 72 een formule gegeven werd, waaruit het temperatuursverschil berekend kan worden. Wil men zoo stoken, dat tot op den vloer sort. I of hoogstens sort. II verkregen wordt, dan kan het gemakkelijk gebeuren, dat de bovenste kantelingen reeds eenigszins oversinterd zijn en daardoor bros en splinterig.

Hoewel het met de stookmethode, in het reeds genoemde artikel aangegeven, mogelijk is de temperatuursverschillen tot een zoodanig minimum

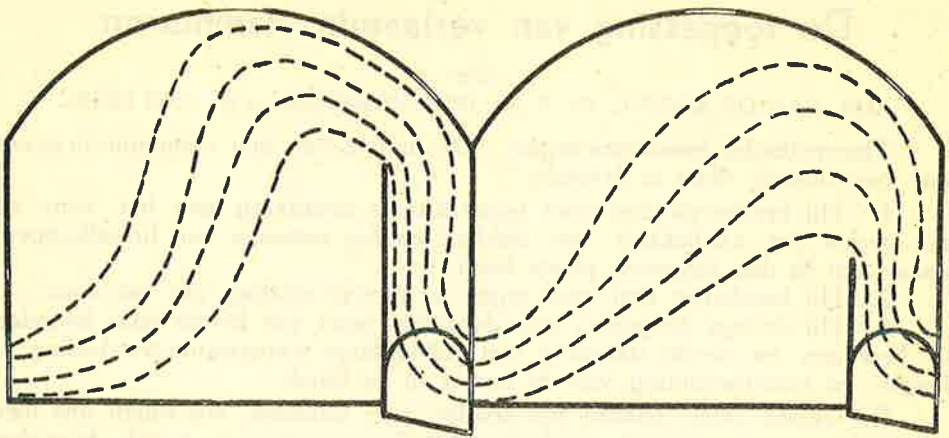


Fig. 1

terug te brengen, dat dit euvel niet behoeft op te treden, is natuurlijk elk middel om de verschillen nog te verkleinen, welkom.

Zoo ontstond het denkbeeld om de vlamuren sterk te verlagen. Dit heeft op de streaming der gassen den volgenden invloed. Na het verlaten van het vuur stijgen niet alle gassen verticaal omhoog tot boven in de kamer om dan vrijwel verticaal door den inzet naar beneden te trekken, maar verbreedt de gasstroom zich direct boven den vlammuur, ongeveer ter halver hoogte van den inzet. Een deel stijgt nog tengevolge van de natuurlijke stijgkracht en de reeds aanwezige snelheid in verticale richting omhoog, een ander deel buigt direct boven den lagen vlammuur om, heeft een geringe afstand af te leggen om den vloer te bereiken en geeft op dien korten weg minder warmte af. De kop van den inzet krijgt dus een kleinere hoeveelheid heete gassen, de voet krijgt gassen van hoogere temperatuur dan bij den hoogen vlammuur, waardoor het temperatuurverschil kleiner wordt. Zeer schematisch worden de te verwachten streamingsbeelden weergegeven door figuur 1.

Metingen. Teneinde de theoretische overwegingen te toetsen aan de praktijk werden op den oven van de N.V. Vlamovicfabriek v. d. Koppel, waar de lage vlammuur op initiatief van haar directeur het eerst werd toegepast, de temperatuurverschillen in verticale richting met behulp van differentiaal-thermo-elementen gemeten, op de wijze als in het reeds meermalen genoemde artikel beschreven. Ter vergelijking werden de metingen uitgevoerd in kamers met hooge- en met lage vlammuur.

De eerste serie metingen werd gedaan in kamer 23 met lage-

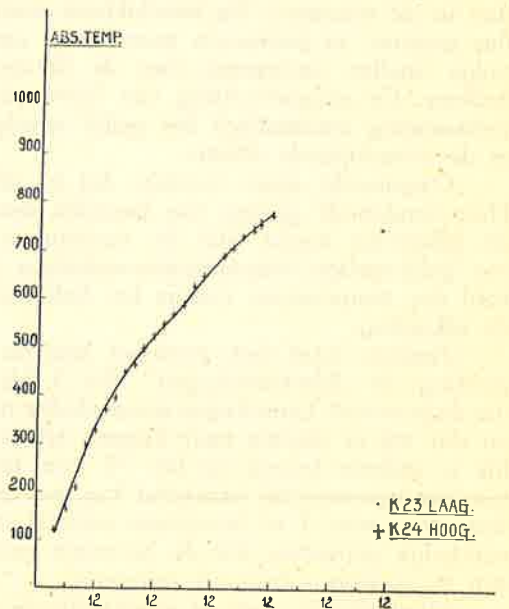


Fig. 2

Uren

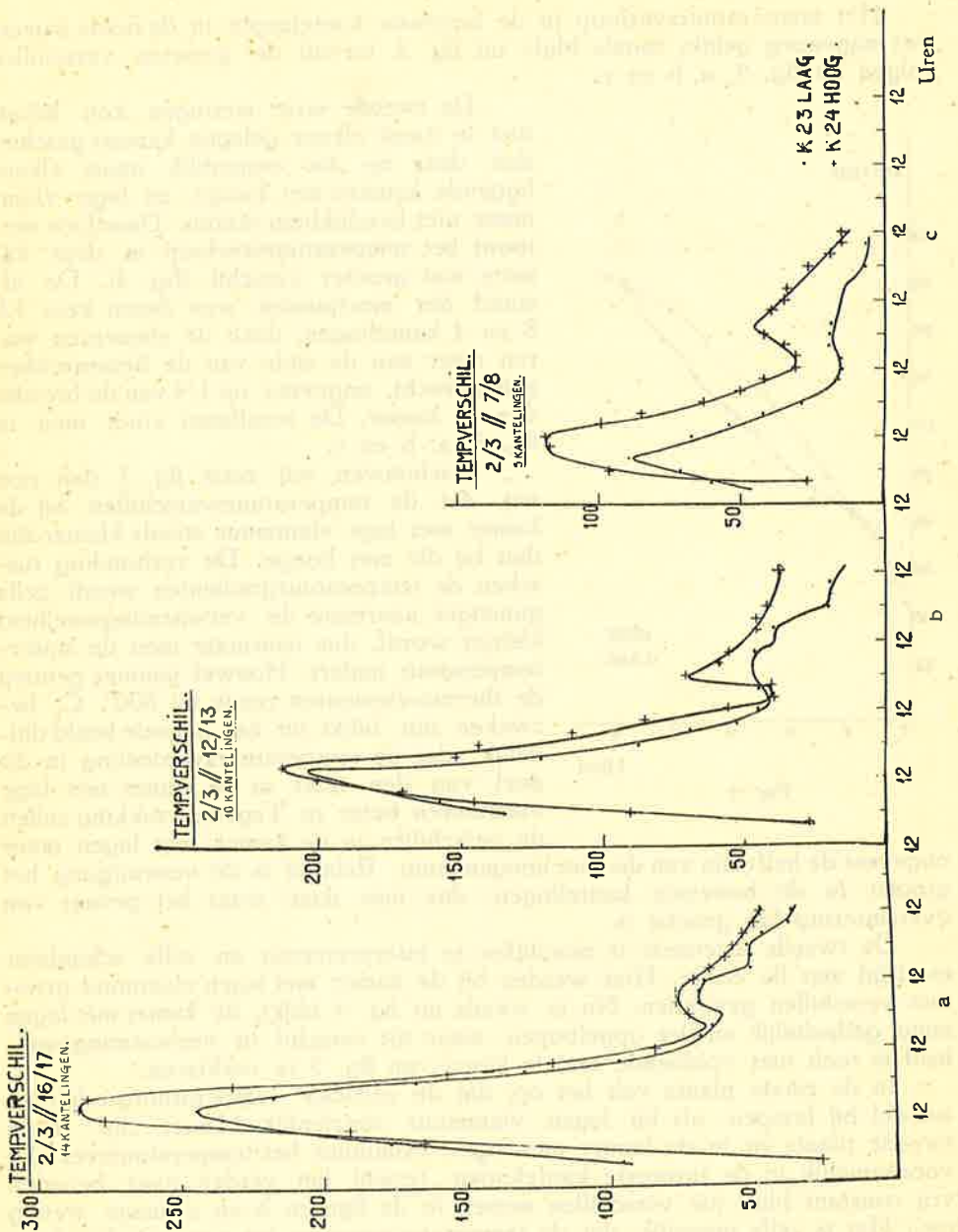


Fig. 3

en kamer 24 met hooge vlammuur. In elke kamer werden drie verschilmetingen a, b en c verricht, die elk het temperatuursverschil aangaven tusschen de 2e kanteling van boven en resp. de 16e, 12e en 7e kanteling. De lasschen werden geklemd tusschen de steenen dus tusschen de 2e en 3e kanteling, 16e en 17e kanteling enz. De temperatuursverschillen werden dus gemeten over afstanden van resp. 14, 10 en 5 kantelingen. De elementen werden aangebracht ongeveer in het midden tusschen vlammuur en fietsenrekken doch iets meer naar de zijde van den vlammuur onder de middelste kijkpot.

Het temperatuursverloop in de bovenste kantelingen in de beide kamers was nagenoeg gelijk, zooals blijkt uit fig. 2, terwijl de gemeten verschillen volgen uit fig. 3, a, b en c.

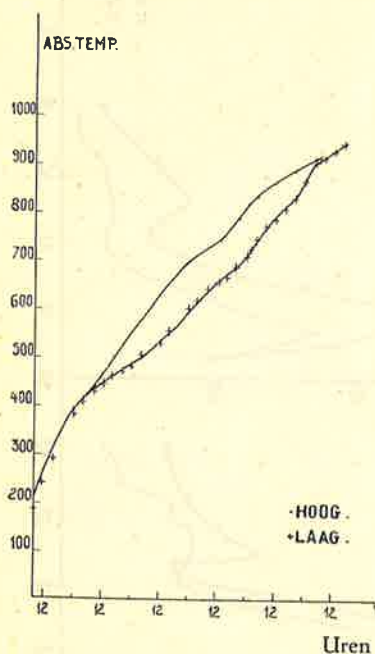


Fig. 4

De tweede serie metingen kon helaas niet in naast elkaar gelegen kamers geschieden, daar op dat oogenblik naast elkaar liggende kamers met hooge- en lage vlammuur niet beschikbaar waren. Daardoor vertoont het temperatuursverloop in deze kamers wat grooter verschil (fig. 4). De afstand der meetpunten was dezen keer 12, 8 en 4 kantelingen, doch de elementen waren meer aan de zijde van de fietsenrekken aangebracht, ongeveer op $1/4$ van de breedte van de kamer. De resultaten vindt men in fig. 5, a, b en c.

Beschouwen wij eerst fig. 3 dan zien wij, dat de temperatuursverschillen bij de kamer met lage vlammuur steeds kleiner zijn dan bij die met hooge. De verhouding tusschen de temperatuurgradiënten wordt zelfs gunstiger naarmate de verwarmingsnelheid kleiner wordt, dus naarmate men de sinter-temperatuur nadert. Hoewel jammer genoeg de thermo-elementen reeds bij 800° C. bezweken zijn, blijkt uit het geheele beeld duidelijk, dat de temperatuursverdeling in dit deel van den inzet in de kamer met lage vlamvuren beter is. Tegen de zakking zullen de verschillen in de kamer met lagen muur

ongeveer de helft zijn van die met hoogen muur. Relatief is de vooruitgang het grootst in de bovenste kantelingen, dus juist daar, waar het gevaar van oversintering het grootst is.

De tweede meetserie is moeilijker te interpreteren en zelfs schijnbaar in strijd met de eerste. Hier werden bij de kamer met lagen vlammuur groo-tere verschillen gevonden. Nu is, zooals uit fig. 4 blijkt, de kamer met lagen muur gedeeltelijk sneller opgelopen, maar dit verschil in verwarmingsnelheid is toch niet voldoende om de lijnen van fig. 5 te verklaren.

In de eerste plaats valt het op, dat de verticale temperatuurgradiënten zoowel bij hoogen- als bij lagen vlammuur aanzienlijk kleiner zijn. In de tweede plaats zit in de kamer met lagen vlammuur het temperatuursverschil voornamelijk in de bovenste kantelingen, terwijl het verder naar beneden vrij constant blijft (de verschillen nemen in de figuren b en c maar weinig toe). Het is zelfs mogelijk, dat de temperatuurssprong tot nog minder kantelingen beperkt blijft, maar dat dit aan de meeting is ontsnapt, doordat de kleinste afstand der meetpunten vier kantelingen bedroeg.

De uitwerking van den lagen vlammuur is dus aan de zijde van de fietsenrekken en aan die van de vlammuur verschillend. Aan den vlammuur wordt het temperatuurverschil in verticale richting tamelijk gelijkmatig verminderd doch iets sterker aan den bovenkant, bij de fietsenrekken neemt het temperatuursverschil, voornamelijk aan den bovenkant toe, doch blijft van dezelfde orde van grootte als aan den vlammuur.

Deze werking is dus gunstig, daar aan de gevaarlijke vlammuurzijde

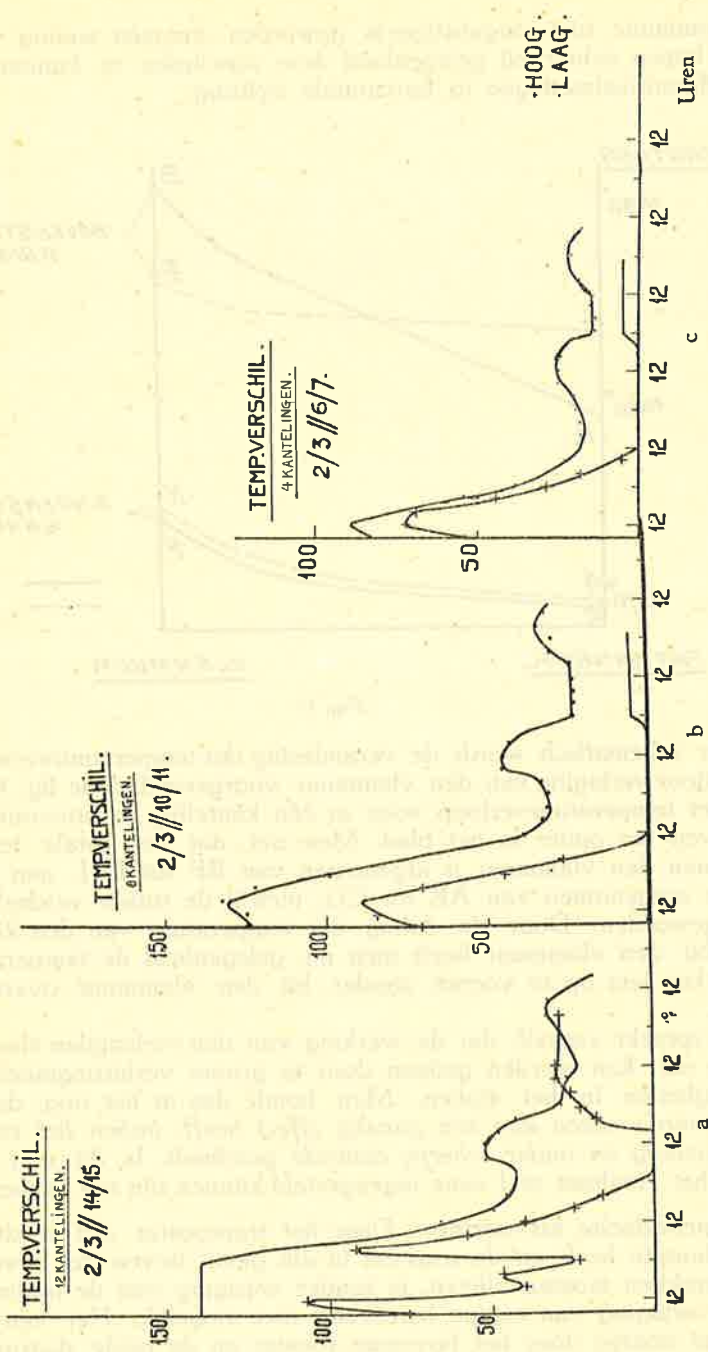


Fig. 5

de temperatuur wordt verlaagd en aan de zijde der fietsenrekken wordt verhoogd, waar men meer warmte gebruiken kan. De verdeling wordt dus ook gelijkmatiger in horizontale richting.

Toegegeven moet worden, dat deze laatste conclusie alleen juist is, wanneer de verdeling in horizontale richting onder in de kamer door de

lage vlammuur niet ongunstiger is geworden, hetgeen weinig waarschijnlijk is. Wij hopen echter bij gelegenheid deze conclusies te kunnen bevestigen door differentiaalmetingen in horizontale richting.

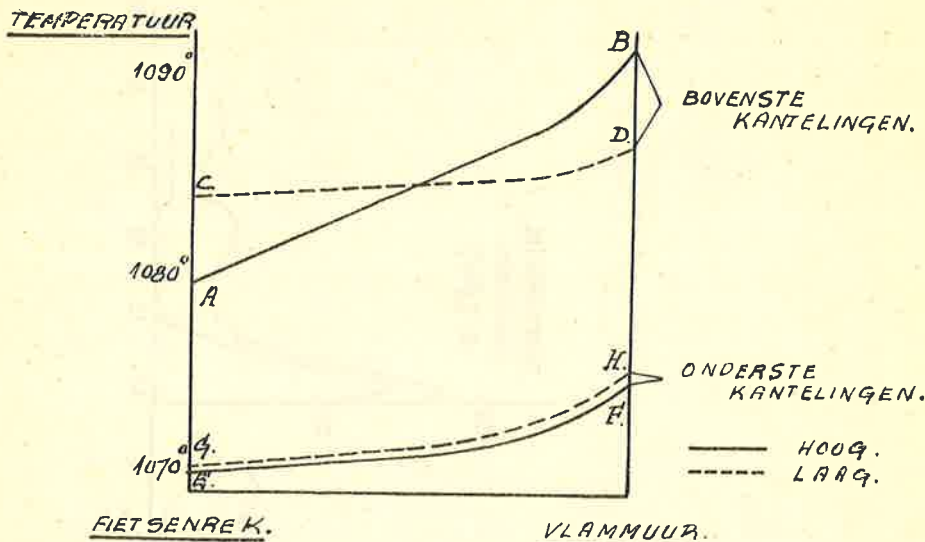


Fig. 6

Zeer schematisch wordt de verandering der temperatuursverdeling over het blad door verlagings van den vlammuur voorgesteld door fig. 6. De lijnen stellen het temperatuurverloop voor in één kanteling in horizontale richting resp. boven- en onder in het blad. Men ziet, dat het totale temperatuursverschil aan den vlammuur is afgenomen van BF tot DH, aan de fietsenrekken is toegenomen van AE tot CG, terwijl de totale verdeling gunstiger is geworden. Door de daling der temperatuur van den kop van den inzet nabij den vlammuur heeft men n.l. gelegenheid de temperatuur bij de fietsenrekken iets op te voeren zonder bij den vlammuur oversintering te riskeeren.

Het spreekt vanzelf, dat de werking van den verlaagden vlammuur weer geheel te niet kan worden gedaan door te groote verhittingsnelheid en onregelmatigheden in het stoken. Men houde dus in het oog, dat *verlagings der vlammuuren alleen dan een gunstig effect heeft, indien het stoken reeds zeer zorgvuldig en onder scherpe controle geschiedt.* Is dit niet het geval, dan zou het resultaat wel eens tegengesteld kunnen zijn aan het beoogde doel!

De praktische uitvoering. Daar het traprooster zelf reeds een aanzienlijke hoogte heeft en de roosters in elk geval boven de bovenkant van de fietsenrekken moeten blijven, is zonder wijziging van de ligging der roosters een verlagings van eenige beteekenis niet mogelijk. Het eenvoudigst is deze uit te voeren door het bovenste rooster en de beide daarop volgende elk over een afstand van twee roosters naar beneden te brengen. Van iedere volledige trap van het bestaande rooster worden er dus drie verplaatst, terwijl er vier blijven liggen. De verandering is schematisch aangeduid in fig. 7. De vlammuur kan nu verlaagd worden tot even boven de tweede trap van het tegenwoordige rooster d.i. bij door Van de Koppel gebouwde ovens tot ± 1.00 m.

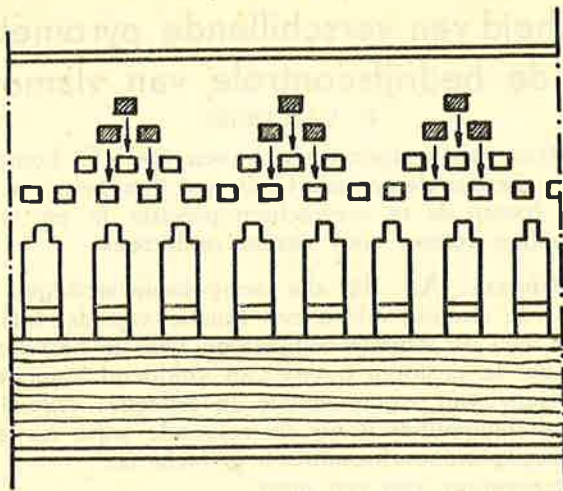


Fig. 7

Andere voordeelen der verlaging. Lage vlamuren hebben, behalve gelijkmatiger temperatuursverdeling nog de volgende technische- en economische voordeelen :

1. Besparing van vuurvast materiaal.
2. Besparing van arbeidsloon bij vernieuwing der vlamuren.
3. Geringer lekkage door poreusheid tijdens het afgeplakt zijn van de kamer.
4. Betere toegankelijkheid en zichtbaarheid van de roosters, die daardoor gemakkelijker zijn schoon te maken en te controleren.
5. In de practijk is gebleken, dat minder asch op de roosters blijft liggen.

De geschiktheid van verschillende pyrometersystemen voor de bedrijfscontrole van vlamovens.

H. VAN DRIEL.

Voor het meten van temperaturen boven 600° C. komen in aanmerking stralingsmeters en thermo-elementen. Gaan wij van beide na wat in verband met de mogelijke fouten de te verwachten precisie is en welke principieel in aanmerking zouden komen voor verder onderzoek.

Stralingsmetingen. A. Bij alle temperatuurmetingen via straling is vooropgesteld dat de straling alleen een functie van de temperatuur is. In open vaten diene men de emissiecoëfficiënten van de betreffende stof in aanmerking te nemen. In gesloten ovens van voldoende homogene temperatuur zal de straling (som van eigen emissie en reflectie) vrijwel zwart zijn. De invloed van de inhomogeniteit is op de volgende wijze na te gaan, waarbij de straling voorloopig mono-chromatisch gedacht is:

Zij T_s = de temperatuur van een inzet.

T_g = de " " het gewelf.

e_s = de emissie coëfficiënt van den inzet bij temp. T_s .

e_g = " " " " het gewelf " T_g .

$1 - e_s = R_s$, de reflectie coëfficiënt van den inzet bij temp. T_s .

$1 - e_g = R_g$, " " " " het gewelf " " T_g .

E_s = de zwarte straling voor de temperatuur T_s .

C_s = de totale straling van den steen bij temperatuur T_s .

E_g en C_g overeenkomstig.

Dan is:

$$C_s = e_s E_s + (1 - e_s) C_g \quad 1)$$

$$C_g = e_g E_g + (1 - e_g) C_s \quad 2)$$

daar de opening ongeveer 2π is. Combinatie van 1) en 2) geeft:

$$C_s = e_s E_s + (1 - e_s) [e_g E_g + (1 - e_g) C_s] \text{ of}$$

$$C_s [1 - (1 - e_s)(1 - e_g)] = e_s E_s + e_g (1 - e_s) E_g.$$

$$C_s [1 - R_s R_g] = e_s E_s + e_g R_s E_g \quad 3)$$

$$E_g [1 - R_s R_g] = E_s [1 - R_s R_g] \quad 4)$$

4) - 3) geeft.

$$(E_s - C_s)(1 - R_s R_g) = E_s(1 - e_s) - R_s R_g E_s - e_g R_s E_g = \\ E_g R_s (1 - R_g) - e_g R_s E_g = \\ R_s (1 - R_g) (E_s - E_g). \quad 5)$$

Uit C_s bepaalt men de schijnbare temperatuur T_{ss} (zwarte temperatuur bij deze golf lengte) van den inzet door haar op te vatten als E_{ss} .

Dan wordt 5):

$$(E_s - E_{ss})(1 - R_s R_g) = (E_s - E_g) R_s (1 - R_g)$$

Voor kleine verschillen:

$$(T_s - T_{ss}) \frac{\partial E}{\partial T} (1 - R_s R_g) = (T_s - T_g) \frac{\partial E}{\partial T} R_s (1 - R_g) \text{ of}$$

$$\text{Fout } \tau = T_s - T_{ss} = (T_s - T_g) \times \frac{R_s (1 - R_g)}{1 - R_s R_g}$$

Controle :

$$\begin{array}{l} 1^{\circ}) T_g \sim T_s = 0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \tau = 0 \\ 2^{\circ}) R_s = 0 \text{ of } e_s = 1 \quad . \quad . \quad . \quad \tau = 0 \\ 3^{\circ}) R_g = 1 \text{ of } e_g = 0 \quad . \quad . \quad . \quad \tau = 0 \end{array}$$

De fout is dus evenredig met het verschil tusschen gewelf en steentemperatuur, waarbij de evenredigheidsfactor is ;

$$\frac{R_s (1 - R_g)}{1 - R_s R_g} = C.$$

Uit het feit dat zoowel R_s als $R_g < 1$ volgt onmiddellijk dat $C < 1$ daar $C < R_s$.

Stelt men $R_s = R_g = R$. wat niet ver van de waarheid zal zijn, dan is $C = \frac{R}{1 + R} < 1/2$

C zal dus afhankelijk van R wel kleiner zijn dan $1/2$, voor kleine R zelfs aanmerkelijk.

Voor R vindt men opgegeven (totaalstraling !):

$$\text{Trinks, Industrieöfen I, p. 21, hoogstens } 1 - \frac{1,6}{4,9} = 0.67$$

$$\text{Keinath, El. Temp. messungen, p. 159, voor vuurvast} = 0.60$$

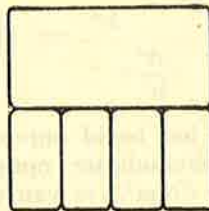
$$\text{Knoblauch, Hencky, Anleitung zu genauen technischen Temperatur-} \\ \text{messungen p. 174, Ziegelstein, rot, glatt} = 0.07$$

Een waarde van $R = 2/3$ is dus zeker niet te gunstig genomen. Dan is $C = \frac{2/3 \cdot 1/3}{1 - 2/9} = 2/7 = 0.28$.

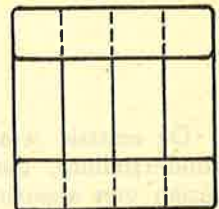
Het lijkt dus alleszins gerechtvaardigd $C = 0.3$ te nemen.

De temp. van het gewelf, gemeten op de ovens van de Fa. Splinter te Montfoort en Van de Pol te Eck en Wiel was enkele tientallen graden lager dan de inzet. De fout zal dus zeer zeker binnen 10° blijven en altijd de temperatuur te laag doen meten. Waar dit geldt voor iedere golf lengte, zal het ook voor het geheel zoo zijn. Dat deze fout niet grooter is klopt, voor zoover het visuele betreft, met waarnemingen op den oven te IJsselstein, waar in het zakvuur, in den steen geboorde gaten ter diepte van 10 cm. (twee platsteen) en diameter 5 cm., zich niet of nauwelijks afteekenden.

Reflectie van straling van achter den vlammuur via het gewelf op den steen zal de fout bovendien verminderen. Waar de totale fout waarschijnlijk aanmerkelijk kleiner dan tien graden zal zijn en bovendien alleen fluctuaties in deze fout van belang zijn, kan dit wisselende effect op enkele graden geschat worden. Mocht de precisie van het instrument van dien aard zijn dat deze fout merkbaar is, dan kan bij instrumenten met voldoende kleine opening steeds in verdiepingen in den inzet gemeten worden.



ZIJ-AANZICHT.



BOVEN-AANZICHT.

Bij gloeidraad pyrometers is dit zonder meer mogelijk door in twee op elkaar gelegde platsteenen een gat te boren. Bij lintpyrometers door op de bovenste kanteling twee steenen in de lengterichting van het blad op hun kant te zetten. Men krijgt op deze wijze een ruimte van $10 \times 10 \times 20$ cm., welke reeds aanmerkelijk zwarter is. (Zie fig. 1).

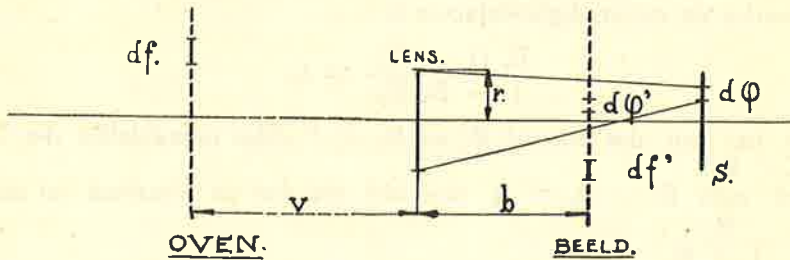


Fig. 2

B. De waargenomen (opgevangen) straling dient verder onafhankelijk van den afstand te zijn. Zij (fig. 2):

\mathcal{E} de emissie /cm.²/ ruimtehoek van den oven.

v afstand oven-objectief.

b „ beeld-objectief.

r straal objectief.

df oppervlakte-element van den oven.

df' „ „ „ beeld.

Dan is de intensiteit welke op het objectief komt van df en afgezien van absorbtie en reflectieverliezen, dit ook verlaat:

$$I = \mathcal{E} \times df \times \frac{\pi r^2}{v^2} \quad df' = \frac{b^2}{v^2} \times df,$$

De intensiteit per oppervlakte-eenheid van het beeld

$$I_0 = \frac{\mathcal{E} \times df \times \frac{\pi r^2}{v^2}}{\frac{b^2}{v^2} \cdot df} = \mathcal{E} \times \frac{\pi r^2}{b^2}$$

Het beeld ontvangt straling uit een ruimtehoek $\frac{\pi r^2}{b^2}$.

Dus is de emissie per oppervlakte-eenheid van het beeld, per eenheid van ruimtehoek:

$$\mathcal{E}' = \frac{\mathcal{E} \times \frac{\pi r^2}{b^2}}{\frac{\pi r^2}{b^2}} = \mathcal{E}.$$

De emissie /cm.²/ω, \mathcal{E}' welke het beeld ontvangt en doorgeeft, is dus bij veronderstelling, dat deze allereenvoudigste optische afbeelding bestaat en afgezien van absorbtie, gelijk aan \mathcal{E} /cm.²/ω van den oven.

In het geval van een gloeidraadpyrometer wordt het beeld van den oven gebracht op den gloeidraad. Daar \mathcal{E}' onafhankelijk van den afstand is zal, mits de opening van het oculair niet grooter is dan die van het objectief, de aanwijzing onafhankelijk van de afstand zijn.

Via het beeld laat zich in het geval van een totaal-stralingspyrometer de intensiteit op het opvangende deel vinden. Zij $d\varphi$ een element van het opvangende scherm, dat straling ontvangt uit den ruimtehoek naar den objectierand (Fig. 2), $d\varphi'$ een element van het beeld; $d\varphi$ ontvangt van $d\varphi'$ een intensiteit, die bij gegeven $\mathcal{E}' = \mathcal{E}$ omgekeerd evenredig is met het kwadraat van den afstand a tusschen $d\varphi$ en $d\varphi'$. Daar echter bij een ander beeld het met $d\varphi'$ corresponderende element in verhouding a^2 vergroot wordt, blijft de intensiteit van $d\varphi'$ constant. Mits de totale ruimtehoek van $d\varphi$ naar den objectierand constant is, (focus dus vast!) is dus ook de totale intensiteit constant; bij totaalstralingspyrometers met wisselend focus is de intensiteit evenredig met $\frac{1}{b^2}$, kan dus zeer sterk verlopen.

De verwarming van het gedeelte van den pyrometer rond het stralingsgevoelige deel door de invallende straling kan verder afhankelijk zijn van den afstand.

Philpot heeft voor verschillende instrumenten de afstandsinvloeden onderzocht. (Journal of Scientific Instruments 3, 1926).

In één geval van een pyrometer met variabel focus compenseerde het openingseffect, juist den verwarmingsinvloed. Een mooie oplossing van de moeilijkheid lijkt dit echter niet, temeer waar de aanwijstijd waarschijnlijk langer wordt, daar de geheele omgeving van den ontvanger in evenwicht moet komen.

De moeilijkheid zal hier ondervangen moeten worden door te werken met een vast-focus pyrometer, waarbij de verwarming geen invloed heeft of in ieder geval een van den afstand onafhankelijken invloed.

Philpot beeldt een vast met het instrument verbonden diafragma op het thermo-element af, waardoor de overvulling steeds dezelfde is. Voor thermo-elementen kan door geschikte plaatsing van de koude lasch de verwarmingsinvloed te niet gedaan worden.

Verondersteld is steeds hierbij de eenvoudigste afbeelding, verder constante absorptie en voldoende grootte van het beeld; dit moet n.l. steeds zoo groot zijn dat het de ruimte tusschen de lijnen, welke de randen van objectief en stralingopvangend scherm verbinden, steeds geheel vult.

C. Onderweg dient geen straling afgeschermd te worden. De opening van het instrument moet voldoende klein zijn. De onderrand der potjes is in veel gevallen 30 cm. Met werking van het gewelf dient men als uiterste 20 cm. te nemen, wat een opening $\frac{1}{10}$ beteekent als uiterste. Eenige speling is zeer wenschelijk, zoodat een opening 1 : 13 à 15 gewenscht is, temeer waar herhaaldelijk slitten onder de potten zijn. Om steeds op het blad te kunnen meten, zou zelfs een opening van $\frac{10}{250} = \frac{1}{25}$ noodig zijn bij instrumenten met ronde openingschijf. In geval van langwerpige opvanger is die opening (waarbij men dus steeds over het blad kan meten, slechts in één richting noodig.)

Te kleine opening merkt men meestal onmiddellijk, doordat de aanwijzing sterk verandert bij een kleine richtingsverandering van het instrument.

Het feit, dat men het beeld van den oven buiten den stralingsopvanger ziet, is zonder meer geen bewijs dat geen straling afgeschermd wordt. Het is zeer wel mogelijk een gedeelte der straling weg te nemen, zonder dat iets aan de plaats of grootte van het beeld verandert. Diafragmeering van de lens om een ander meetbereik te krijgen is hiervan al een sprekend voorbeeld. De plaats van het beeld is geen quantitative norm.

D. Behalve door diafragmeering dient geen straling weggenomen te worden door absorbtie, tenzij dit een constant bedrag is. Men verliest straling door absorbtie in de optiek, door eventueel vuil op het objectief en door absorbtie van gassen in den oven. De optiek absorbeert een constant bedrag, is dus van geen belang. Vuil op het objectief kan groote miswijzingen veroorzaken. Wij hebben na één rondgang meten bij een totaalstralingsmeter fouten van 10° en 20° gevonden en bij een ons ter ijking toegezonden pyrometer zelfs een fout van 100° . Men diene dus het objectief goed schoon te houden.

De absorbtie (emissie) van gassen kan voor zoover het den gloeidraadpyrometer betreft buiten beschouwing blijven. Gekleurde vlammen door den inzet komen in vlamovens uiterst zelden voor.

Wat den totaalstralingspyrometer betreft, zijn hoofdzakelijk van belang de ultrarode H_2O en CO_2 banden. De gassen, voor zoover zij onder het gewelf zijn, zijn voor de beoordeeling van hun stralingseigenschappen ongeveer van dezelfde temperatuur als de inzet. Zij hebben dus weinig of geen invloed op de straling van de steenen.

De straling zal wel geabsorbeerd worden in het kluis en de kijkbuis. Een totale lengte dus van hoogstens twee meter. Absorbtiebanden komen voor bij:

$$\begin{array}{r} 2,74 \mu \\ 4,33 \mu \text{ van } CO_2 \text{ en } 6,8 \mu \text{ van } H_2O. \\ 14 \mu \qquad \qquad \qquad 18,5 \mu \end{array}$$

6,6 14 en 18,5 μ worden altijd volledig geabsorbeerd door de lens. De absorbtie van kwarts begint bij 4μ veel sterker te worden. Bij $4,3\mu$ wordt door een lens van 5 mm. dikte slechts $\pm 1\%$ doorgelaten,

De CO_2 absorbtie reduceert deze intensiteit tot $e^{-3500 p}$, waarin p het percentage CO_2 in de rookgassen. Totaal wordt dus van deze straling doorgelaten $\pm 0,01 \times e^{-3600 p}$, hetgeen ongeacht het percentage CO_2 te verwaarloozen is.

Er resten dus de absorbtie van CO_2 bij $2,74 \mu$ en van H_2O bij ongeveer dezelfde golflengte.

De emissie van CO_2 in dikke lagen in den band $2,74 \mu$ is bij $1000^\circ C$. $6,8 \times 10^3$ kg. cal/m²h (Gröber, Wärmeübertragung p. 143) of in procenten van de totaalstraling (absorbtie van de lens buiten beschouwing latend, daar maximum emissie bij $\pm 3 \mu$) $6,8 \times 10^3 / 4,9 \times 10^{-8} \times 1300^4 =$

50%. Van deze 50% wordt doorgelaten (Gröber p. 141)

bij 4% CO_2 $5 \times e^{-32 \times 0,04} = 1,35\%$ van de totaalstraling

bij 8% CO_2 $5 \times e^{-32 \times 0,08} = 0,40\%$ " " "

bij 12% CO_2 $5 \times e^{-32 \times 0,12} = 0,10\%$ " " "

In emissie is dus de verandering, gaande van $4-12\%$ CO_2 $1,34 - 0,10 = 1,25\%$. Stellende $\frac{dC}{C} = 4 \frac{dT}{T}$ is dus het verschil, gemeten in temperatuur $1,25 : 4 = 0,31\%$ d.i. $4^\circ C$. bij $1000^\circ C$.

De fouten, veroorzaakt door de geringe hoeveelheden waterdamp blijken veel kleiner te zijn.

E. Het bezwaar, dat stralingsmetingen subjectief zouden zijn is niet groot. Totaalstralingspyrometers zijn hier geheel vrij van, terwijl de fout bij

gloeidraadpyrometers en eenigszins geofende waarnemers zeer klein is, hoewel enkele kleine verschillen in helderheid niet waarnemen. Voor deze zeer weinigen is de gloeidraadpyrometer dan niet geschikt.

F. Wat van veel belang is, is de invloed van de omgevingstemperatuur op de aanwijzing van het instrument.

Deze invloed doet zich gelden :

1e) door de verandering van de constanten van het meetorgaan.

2e) doordat het evenwicht van het stralingsgevoelige deel afhankelijk is van de omgevingstemperatuur.

Over de verandering van de constanten van het meetorgaan valt in het algemeen niet veel te zeggen. Zij is van type tot type veranderlijk.

Gaan wij voor de invloed 2e) de evenwichtsvoorwaarde na. Zij :

$$\begin{aligned} T_o &= \text{de oventemp.} & (\text{abs.}) & \Theta = \text{doorlating lens,} \\ T_w &= \text{de omgevingstemp.} & \beta &= \text{warmteoverdrachtscoëfficient lucht} \\ T_b &= \text{temp. stralingsgevoelige deel} & & \text{— stralingsontvanger.} \\ & & \tau &= T_b - T_w \\ & & \tau' &= \tau/T_w. \\ \mathcal{E} &= \text{emissie van den oven /cm}^2/\text{ruimtehoek} = \sigma T_o^4. \\ a^2 &= \frac{\Theta \rho^2}{4b^2} & \gamma^2 &= \frac{\beta}{4\pi\sigma} \end{aligned}$$

Het objectief ontvangt van een element df van den oven (zie fig. 2) een energie :

$$I = df \times \sigma T_o^4 \times \frac{\pi r^2}{v^2} \text{ en laat hiervan door } \Theta \times df \times \sigma T_o^4 \frac{\pi r^2}{v^2}.$$

Per oppervlakte eenheid van den stralingsontvanger komt

$$\frac{\Theta \times df \times \sigma T_o^4 \times \frac{\pi r^2}{v^2}}{df'} = \frac{\Theta \times df \times \sigma T_o^4 \times \pi r^2/v^2}{b^2/v^2 \times df} = \frac{\Theta \times \sigma T_o^4 \times \pi r^2}{b^2}$$

van den oven.

In totaal ontvangt het instrument :

1e) $\frac{\Theta r^2}{4b^2} \times 4 \pi \sigma T_o^4$ van oven.

2e) $4 \pi \sigma T_w^4$ van instrument.

3e) $- 4 \pi \sigma T_b^4$ eigen straling.

4e) $-\beta (T_b - T_w)$ geleiding lucht (en bevestiging).

Evenwichtsvoorwaarde wordt :

$$\frac{\Theta \rho^2}{4b^2} \times 4 \pi \sigma T_o^4 + 4 \pi \sigma T_w^4 - 4 \pi \sigma T_b^4 - \beta (T_b - T_w) = 0. \quad \text{of}$$

$$\frac{\Theta \rho^2}{4b^2} \times T_o^4 + T_w^4 - T_b^4 - \frac{\beta}{4\pi\sigma} (T_b - T_w) = 0. \quad (6)$$

$$a^2 T_o^4 + T_w^4 - T_b^4 - \gamma^2 (T_b - T_w) = 0.$$

$$a^2 T_o^4 + T_w^4 - (T_w + \tau)^4 - \gamma^2 \tau = 0. \quad (6a)$$

Bij vaste T_w is de verandering van τ met T_o gegeven door

$$4 a^2 T_o^3 dT_o - 4 (T_w + \tau)^3 d\tau - \gamma^2 d\tau = 0.$$

$$4 a^2 T_o^3 dT_o = [4 (T_w + \tau)^3 + \gamma^2] d\tau. \quad (7)$$

Bij vaste T_o en veranderlijke T_w is $d\tau$ bepaald door:

$$4 T_w^3 - 4 (T_w + \tau)^3 (dT_w + d\tau) - \gamma^2 d\tau = 0. \\ [4 T_w^3 - (T_w + \tau)^3] dT_w = [4 (T_w + \tau)^3 + \gamma^2] d\tau. \quad (8)$$

Schrijft men nu deze $d\tau$ niet aan dT_w toe, maar aan een verandering der oventemperatuur, dan volgt uit 7) en 8):

$$4 a^2 T_o^3 dT_o = [4 T_w^3 - 4 (T_w + \tau)^3] dT_w \quad (9)$$

en uit 6a) en 9)

$$4 a^2 T_o^4 \frac{dT_o}{T_o} = 4 [(T_w + \tau)^4 - T_w^4 + \gamma^2 \tau] \frac{dT_o}{T_o} =$$

$$4 [T_w^3 - (T_w + \tau)^3] dT_w$$

$\tau = \tau' T_w$ en deelen door $4 T_w^4$ geeft

$$[(1 + \tau')^4 - 1 + \frac{\gamma^2 \tau'}{T_w^3}] \frac{dT_o}{T_o} = [1 - (1 + \tau')^3] \frac{dT_w}{T_w}$$

$$dT_o = - \frac{3}{4} \cdot \frac{1 + (\tau' + \frac{1}{3} \tau'^2)}{1 + \frac{\gamma^2}{4T_w^3} + (\frac{3}{2} \tau' + \tau'^2 + \frac{\tau'^3}{4})} \cdot T_o \frac{dT_w}{T_w}$$

T_w ongeveer kamertemp. = 300° K. Dus:

$$dT_o = - \frac{1 + (\tau' + \frac{1}{3} \tau'^2)}{1 + \frac{\gamma^2}{4T_w^3} + (\frac{3}{2} \tau' + \tau'^2 + \frac{\tau'^3}{4})} \times \frac{T_o}{400} \times dT_w. \quad (10)$$

||
f

De factor f is een functie van τ en $G = \frac{\gamma^2}{4\pi\sigma T_w^3} = \frac{\beta}{4\pi\sigma T_w^3} = G$.

f is dus functie van τ en G . Waar τ practisch tusschen 50° en 200° ligt is deze afhankelijkheid van τ niet sterk, vergeleken met die van G .

$G = \frac{\beta}{4\pi\sigma T_w^3} = \frac{\text{overdr. coeff. door geleiding}}{\text{overdr. coeff. door straling}}$ zal zeer sterk van den luchtdruk en de wijze van bevestiging van het stralingsopvangende deel afhangen. Bij normalen druk en temperatuur schijnt G in vele gevallen ± 1 te zijn; in vacuum is G dan kleiner. Nemen wij als ruime grenzen voor G 0 en 3, dan komt f tusschen 0.25 en 1.

Volgens 10) wordt numeriek voor 1050° C:

$$dT_o = - \frac{1323}{400} \times f \times dT_w.$$

$$|0.85 dT_w| < |dT_o| < |3.3 dT_w|.$$

Deze fout is dus aanmerkelijk. Zij loopt tegengesteld aan de verandering der buitentemperatuur en is in absolute waarde 0.85 tot 3.3 maal die temp. verandering voor $T_o = 1323^\circ$ K.

Deze waarden gelden voor totaalstralingspyrometers. Voor gloeidraadpyrometers met hun zeer groote overtemperatuur is zij onmerkbaar.

G. In vele gevallen geschiedt de aanwijzing bij een stralingspyrometer door een electrisch instrument. De fout daarvan komt dus ook in de temperatuurmeting. Door de naar het uiteinde sterk gerekte schaal is de rela-

tieve fout in de temperatuur echter veel kleiner dan in de hoekuitslag, in geval van totaalstralingsmeters dikwijls een factor $\frac{1}{4}$. Juist hierin ligt een groot voordeel van stralingspyrometers boven thermo-elementen. De sterk gerekte schaal is voor gebruik op vlamovens, waar juist de hoogste temperaturen van het grootste belang zijn, geen bezwaar.

Bezien wij aan de hand van het voorafgaande verschillende typen meters.

Bispiraalometers. Een groote fout zal hier in het algemeen zijn die, veroorzaakt door veranderingen in de omgevingstemperatuur. De coëfficiënt hiervoor (d.i. de verhouding van de fout tot de verandering der buitentemperatuur) is minstens -0.85 . Door verandering der buitentemperatuur zal de nulstand verlopen. Denken wij ons deze echter bijgesteld, dan is de oventemperatuur τ bepalend en de coëfficiënt minstens -0.85 .

Verandering van den uitzettingscoëfficiënt of elasticiteitscoëfficiënt met de temperatuur, kunnen dit effect moeilijk compenseeren bij eenigszins bruikbare materialen.

$$dT_o \rightsquigarrow - dT_w \quad 4 \frac{dT_o}{T_o} \rightsquigarrow \frac{d\varphi}{\varphi}$$

$$\frac{d\varphi}{\varphi} \rightsquigarrow - \frac{4 dT_w}{T_o} \quad \frac{d\varphi}{\varphi} : dT_w \rightsquigarrow \frac{-4}{T_o} \rightsquigarrow - \frac{1}{300}$$

Per graad Celsius en in procenten moet deze compensatie dus zijn $\pm \frac{1}{3}$.

Het verlopen van den nulstand kan gecompenseerd worden door b.v. een aparte bispiraal het geheele meetorgaan te laten draaien. Eén type instrument is van een dgl. spiraal voorzien. Met zulk een spiraal kan men verder een compensatie aanbrenge, welke afhankelijk is van de temperatuur van het instrument. Deze is dan echter onafhankelijk van de te meten temperatuur, terwijl uit vgl. 10) volgt, dat de miswijzing hiervan wel degelijk afhankelijk is. Men kan dus op deze wijze wel compensatie vinden in één punt van de schaal, echter niet in het geheele meetbereik. Deze fout springt onmiddellijk in het oog als men bedenkt, dat het onbestraalde instrument een van den nulstand verschillende aanwijzing zal geven.

Een compensatie, die de intensiteit evenredig verandert en bovendien afhankelijk van de omgevingstemp., kan mogelijk gevonden worden, doordat afhankelijk van de buitentemperatuur een diafragma voor of weggeschoven wordt. Een dgl. compensatie vindt men op een instrument met een thermo-element als stralings opvanger. Op bispiraalometers is ons echter deze compensatie niet bekend, en zal dus deze fout de meters vrijwel onbruikbaar maken.

Een type van deze meters, dat veel gebruikt wordt op vlamovens bleek de volgende gebreken te hebben :

- 1e) Temp. coëff. -1 .
- 2e) Terugspringen van den wijzer dikwijls 5 à 10° C.
- 3e) Na verloop van eenigen tijd loopt de aanwijzing dikwijls 50 à 60° C. terug, waarschijnlijk voor een gedeelte door het verdwijnen van het zwartsel op het *bewegende* spiraaltje.
- 4e) Een vrij sterk afstandseffect.
- 5e) Zeer trage aanwijzing.

In totaal zijn de resultaten wat deze meter betreft zoo, dat zij als onvoldoende te beschouwen zijn.

Voor zeer korte meetreeksen, welke alleen ten doel hebben temperatuurverschillen van verschillende plaatsen op het zelfde moment te bepalen, was

deze meter wel bruikbaar, indien men er voldoende zorg voor droeg, dat de temp. van het instrument niet te veel verliep. Dit blijkt uit de volgende meetrijen :

Punt 1	Punt 2	Punt 3	
1064° C.	1070° C.	1063° C.	Meting 1
1063° C.	1071° C.	1061° C.	Meting 2
1061° C.	1072° C.	1060° C.	Meting 3
<u>1062° C.</u>	<u>1071° C.</u>	<u>1061° C.</u>	Gemiddelde

Meters met thermo-element als stralingsontvanger.

Een groote moeilijkheid is ook hier de afhankelijkheid van het temp. evenwicht van de omgevingstemperatuur. Bij elementen met lineaire thermo-spanning is de overtemperatuur bepalend, wanneer de koude lasch in het instrument ligt. Bij niet lineaire elementen speelt de verandering van de thermokracht per graad een rol. Deze thermokracht (gevoeligheid) zou in principe zóó gekozen kunnen worden als functie van de temperatuur, dat zij de invloed van de verandering der overtemperatuur compenseerde. De gevoeligheid van het element moet dan echter zeer snel toenemen in het betreffende gebied en het is zeer de vraag of een combinatie van materialen te vinden is, die aan dezen eisch quantitatief voldoet. Bij de veelal gebruikte lineaire (of in gevoeligheid afnemende elementen) moet de compensatie elders gezocht worden, b.v. in andere eigenschappen van het instrument, die van de omgevingstemperatuur afhankelijk zijn. Van de weerstands-, veldsterkten- en richtkrachtverandering van den spanningsmeter is de eerste numeriek de grootste. Zij heeft echter hetzelfde teeken als de fout door het veranderde evenwicht.

Kunstschakeling waarbij men via weerstandsveranderingen compenseert, zullen de toch al niet groote gevoeligheid sterk drukken.

Keinath (Electrische Temp. messungen p. 166) geeft voor het geval, dat meter en thermo-element gescheiden zijn, een gedeeltelijke oplossing door voor de verbinding van element en meter een zoodanig materiaal te kiezen, dat de hierdoor ontstane thermokracht een extra uitslag van het goede teeken geeft. Het bezwaar hiertegen is hetzelfde als bij de compensatie met een extra bispiraal bij een bispiraalmeter, n.l. dat zij alleen afhankelijk is van de buitentemperatuur en niet van de oventemperatuur. Voor kleine uitslagen is de meter overgecompenseerd (Keinath p. 166, de meter heeft onbestraald een zeer groote positieve uitslag) voor hooge- niet voldoende gecompenseerd.

Een der betreffende firma's heeft de compensatie gevonden, doordat een bispiraal afhankelijk van de omgevingstemperatuur een diafragma voorschuift. Hierdoor ontstaat niet een constante hoek-compensatie, doch het diafragma neemt steeds een evenredig deel der straling weg en is dus een relatief constante correctie, hetgeen ook juist is.

Deze meter bleek echter bij gebruik op een vlamoven verschillende bezwaren te hebben zooals ons uit het betreffende bedrijf werd medegedeeld.

1e) Was zij gevoelig voor kleine richtingsveranderingen. Mogelijk was de opening niet ruim.

2e) Was de temperatuur compensatie zeer langzaam, zoodat de meter voor niet-continue metingen minder geschikt was.

Een juiste oplossing lijkt het drukken van den stralingsterm door b.v. gasvulling, daar deze de oorzaak van de miswijzing is. Bij een *stralings*-pyrometer moet dit echter altijd tot vermindering der gevoeligheid leiden en het instrument zal bovendien zeer subtiel worden, daar zelfs bij geëva-

cueerde instrumenten de spanning al niet groot is. In transportabelen vorm zal een dgl. instrument dan ook wel niet meer leverbaar zijn.

Siemens' ardometer is in dien zin gewijzigd. De nieuwere meters zijn met argon gevuld en bevatten vier elementen in serie. Deze meters zijn voor vasten inbouw.

Water- of luchtgekoelde meters zijn practisch vrij van deze temperatuurfout. Op vlamovens met hun vele meetplaatsen en opschuivende vuurzone is een dergelijk systeem echter onbruikbaar.

Door den aard der afhankelijkheid van het thermische evenwicht van de buitentemperatuur lijkt het dus, dat stralingsmeters met thermo-element als ontvanger weinig perspectief geven. Indien het gelukt een instrument te bouwen, dat aan den eisch van onafhankelijk van de buitentemperatuur te zijn voldoet, is het de vraag bovendien nog, of de meter aan andere te stellen eischen tegelijkertijd voldoet.

Een transportabel instrument met thermo-element als stralingsontvanger, dat veel gebruikt wordt op vlamovens, heeft de volgende fouten:

- 1e) Temp. coefficient bleek te zijn -2 . De weerstandsverandering geeft een coefficient -0.4 . De hoofdzaak van den factor -2 wordt dus geleverd door het gewijzigde evenwicht.
- 2e) Sterke veroudering. De meter gaat lager aanwijzen. Mogelijk door lekken van het vacuüm of omzetting der stoffen van het thermoelement, Hiervoor is gekozen een combinatie met buitengewoon hooge thermokracht. Daar men bij den eisch van hooge thermokracht zeer beperkt is in zijn keuze, is het niet onmogelijk dat de combinatie instabiel is.
- 3e) De meter als zoodanig is niet zeer goed, de balancering laat bv. veel te wenschen over. Een meter rondgedraaid om een horizontale as, parallel aan de as van het spoeltje gaf bv. de volgende meetresultaten tijdens het draaien:

1068	1080	1083	1095	1108	1122	1112	etc.
------	------	------	------	------	------	------	------

 De resultaten liepen van 1068° tot 1122° dus over 54° .
- 4e. Een sterk afstandseffect. Eén kanteling hooger of lager stapelen kan reeds van invloed zijn, daar hierdoor verschillen van de orde van vijf graden optraden.

Deze fouten kunnen onder ongunstige omstandigheden een zeer groote resulterende fout geven. Om de fout in het normale bedrijf te bepalen is met een meter gedurende meerdere dagen op den oven de gemeten temperatuur vergeleken met die van een goede gloeidraadpyrometer. De gemiddelde afwijking was 10.5° C. Die van den gloeidraadpyrometer schattend op uiterlijk 3° C. vindt men voor den stralingsmeter $\pm 10^{\circ}$ C. Fouten van $10-15^{\circ}$ zullen dus veel voorkomen, doch onder ongunstige omstandigheden hebben wij er ook van $30^{\circ}-40^{\circ}$ geconstateerd. Tijdens bovengenoemde metingen waren de variaties in de omgevingstemperatuur betrekkelijk gering.

Meet men kort na elkaar, zonder dat de meter warm wordt (dus op het laboratorium b.v.) en precies onder dezelfde omstandigheden dan zijn de verschillen klein. Een dgl. reeks metingen op een electrisch verhit oventje, dat constant gehouden werd, gaf:

1071 $^{\circ}$ 1071 $^{\circ}$ 1068 $^{\circ}$ 1074 $^{\circ}$ 1069 $^{\circ}$ gemiddeld 1070.5 $^{\circ}$.

Voor meten van temperatuurverschillen tusschen verschillende plaatsen op hetzelfde moment is dus de meter mogelijk voldoende, voor bepaling van de temperatuur van vlamovens als functie van den tijd echter zeker niet.

Totaalstralingsmeters met bolometer als stralingsontvanger: Een Nederlandsche instrumentenfabriek ontwierp en bouwde een meter van dit type, waar de onder A-G. genoemde bezwaren geen rol spelen en welke tegelijk metingen op technische schaal toestaat. (Zie hiervoor het volgend artikel in dit nummer).

Gloedraadpyrometers bezitten van de in het voorgaande genoemde principieele bezwaren alleen die der subjectiviteit. De ervaring heeft geleerd, dat dit bewaar niet van dien aard is, dat de precisie voor het gebruik op de vlamovens niet meer voldoende zou zijn.

De kruisdraadpyrometer der firma Siemens en Halske bleek aanvankelijk een merkbare temperatuurcoëfficiënt te hebben. Zij was positief. De instelling der kruisdraden op gelijke heiderheid was afhankelijk van de omgevingstemperatuur. De firma Siemens heeft toen het instrument op ons verzoek zoodanig gewijzigd, dat dit effect verdween, zooals uit onderstaande tabel blijkt, waarbij op een oventje van constante temp. gemeten werd.

Aanwijzing bij 18° gemiddeld 1036° .
 " " 52° " $1033\frac{1}{2}^{\circ}$.

Halfschaduwpyrometers zijn weinig geschikt door hun groote thermische en mechanische gevoeligheid; bovendien is de opening te groot of bijna te groot en het transport zeer onhandig. Zie hiervoor Keinath, pag. 138—142.

N.B. Men dient bij stralingspyrometers goed op te letten, dat geen leklucht langs de kijkbuis binnenstroomt en dat na het opzetten van de buis de kamer weer op haar oorspronkelijke temperatuur komt. Meet men te snel, dan is bij kamers waarop veel trek staat de afkoeling, ontstaan door het openen der potten, merkbaar. Indien op iedere te meten pot een vaste bus staat is dat beter.

Thermo-elementen. Gebruikt men als spanningsmeters draaispoel millivoltmeters, dan is de gewenschte precisie niet te bereiken. Voor het betreffende meetbereik moet men de te bereiken precisie zeker niet grooter verwachten dan $\frac{1}{2}\%$, dat is dus 5° bij 1000° C. Gevoegd bij andere fouten (weerstandverandering leiding, verschillende elementen, isolatie etc.) wordt de meting onvoldoende nauwkeurig.

Men dient dus tot compensatiemeting over te gaan, hetzij partieele- bv. op 100° , 200° , 300° . . . terwijl wat boven veelvouden van 100° is, gemeten wordt, hetzij totale compensatie. De laatste kan met de hand bediend worden of automatisch zijn (Leeds & Northrup, Brown, Foxboro)

Bij gebruik van Pt elementen, zeer goede isolatie en goede verzorging van de koude lasch is de gewenschte precisie dan mogelijk te bereiken.

Conclusie. Het heeft zin verder te onderzoeken op bruikbaarheid voor vlamovens:

- 1e) Totaalstralingsmeter met bolometer als stralingsontvanger.
- 2e) Gloeidraadpyrometers.

In gebruik blijkt van de kruisdraadpyrometer, dat zij zeer vermoeiend is, mogelijk doordat de bandjes op eenigen afstand van elkaar staan. Door deze vermoeidheid zakt de nauwkeurigheid dikwijls tijdens een lange reeks metingen. Hoewel als laboratorium- of controle instrument zeer geschikt, is dit voor den meter als bedrijfsinstrument onaangenaam.

3e) Thermo-electrische metingen in compensatie als vaste installatie, al dan niet registreerend.

Prijs van onder 1e en 2e genoemde instrumenten f 100 — f 300.

" " " 3e " " " f 2000 — f 3000.

Het is de vraag of rente en afschrijving van de laatste installatie onder de tegenwoordige omstandigheden gedekt kunnen worden door een hogere opbrengst vergeleken met die, welke men kan bereiken met een even nauwkeurige of nauwkeuriger transportabele meter. Bij thermo-electrische registratie moet bovendien rekening gehouden worden met een niet te verwaarloozen slijtage van thermo-elementen en beschermbuizen.

De „Pyrheo”, een nieuwe zeer nauwkeurige stralingspyrometer.

door Dr. F. W. HISSCHEMÖLLER en Drs. H. VAN DRIEL.

Inleiding. Zoals in het voorafgaande artikel reeds even werd aangestipt, was de bolometer één der weinige mogelijkheden, die bij de oplossing van het pyrometervraagstuk in ons bedrijf, een redelijke kans op succes boden. Voor de vervaardiging was natuurlijk samenwerking met een goed ingerichte instrumentenfabriek onontbeerlijk en wij vonden daartoe de Nederlandsche Instrumenten en Apparaten Fabriek (NIEAF) te Utrecht spoedig bereid. De aangename samenwerking met deze fabriek heeft tenslotte geleid tot de constructie van een pyrometer, die niet alleen aan de door ons gestelde hooge eischen beantwoordde, maar deze nog overtrof — een prestatie, waarvoor de NIEAF een woord van hulde toekomt. De zoo vruchtbaar gebleken samenwerking zal worden voortgezet in den vorm van een gezamenlijk aangevraagd — en te exploiteeren octrooi, waarbij onze N.V. de alleenverkoop voor alle landen verkregen heeft. In verband hiermede is het helaas niet mogelijk op de zeer interessante constructiedetails van het nieuwe instrument in te gaan en beperken wij ons tot bespreking van het principe, de technische eigenschappen en eenige wenken voor het gebruik. Ongetwijfeld zal deze pyrometer in vele bedrijven en laboratoria, ook buiten de vlamovens, snel ingang vinden.

Principe. Door middel van een groote kwartslens met een diameter van 47 mm. wordt de ovenstraling geconcentreerd op een metalen bandje (bolometer), dat daardoor in temperatuur stijgt. Hierdoor neemt de elektrische weerstand van het metaal toe en deze verandering wordt door middel van een bepaalde schakeling door een stroommeter aangegeven. 1) De uitslag van den meter kan nu op de temperatuur van den oven geijkt worden, waardoor de weerstandsmeting omgezet is in een temperatuurmeting.

Dit principe is niet nieuw, doch door technische onvolkomenheden slaagde men vroeger niet in de toepassing en geraakte het gedurende eenige tientallen jaren in het vergeetboek. Door perfectionneering van de technische uitvoering is men er in de laatste jaren in geslaagd met den bolometer zeer nauwkeurige stralingsmetingen te verrichten, die wel toegepast worden in natuurkundige laboratoria doch niet in een vorm, die geschikt is voor metingen in het bedrijf

De temperatuur van het metaalbandje wordt, evenzeer als het thermoelement in andere stralingspyrometers, niet alleen door de oven- maar ook door de omgevingstemperatuur beïnvloed (zie voorafgaand artikel). Zonder meer zou dus de bolometer dezelfde principieele fout vertoonen als de thermoelectrische stralingsmeters. Het beginsel van den bolometer biedt echter veel grootere mogelijkheden tot correctie. De nieuwe pyrometer bevat dan ook een speciale schakeling, een uitvinding van den heer J. Wouda te Utrecht, waarin de wisselingen van de eigen temperatuur van het instrument volledig gecompenseerd worden.

Beschrijving en gebruiksaanwijzing. Het gevoelige metaalbandje bevindt zich in de as van het cilindrische huis A (fig. 1) en kan door het

1) Vandaar den naam „Pyrheo” een samentrekking van de Grieksche woorden pyros (= vuur, hitte) en rheos (= weerstand).

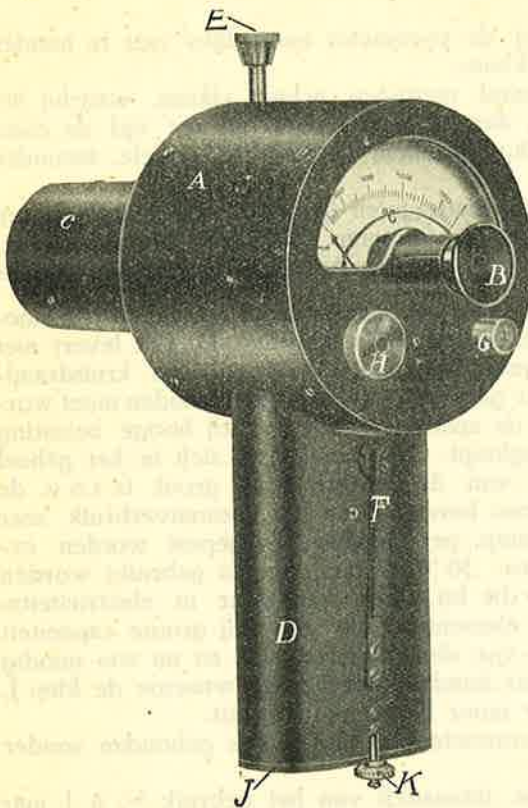


Fig. 1. Afbeelding van den Pyrheo.

getrokken stand bevindt. Drukt men nu met den duim, die om het handvat is geslagen, op het veerend contact **F** dan slaat de wijzer uit en wijst in een seconde de oventemperatuur aan. Richt men eerst den kijker op het vuur en drukt daarna het contact **F** in, dan neemt men waar, dat de wijzer even over de ware temperatuur heenschiet en dan terugloopt op de juiste temperatuur. Men kan daarom nog iets sneller werken door het contact reeds tijdens het richten in te drukken, waarna de wijzer direct op den definitieven stand uitslaat.

Desgewenscht kan men dezen stand tijdelijk fixeeren door indrukken van een arreterknop **G**, b.v. om tijdens de aflezing het licht beter op de schaal te laten vallen of bij meting door een nauwe opening, waarbij het moeilijk is den pyrometer tijdens het aflezen gericht te houden. Bij loslaten van den drukknop komt de wijzer weer vrij.

Compensatie voor de omgevingstemperatuur. De compensatie-richting werkt als volgt: Men drukt knop **E** in, waarbij het gezichtsveld door een scherm wordt afgesloten en geen van buiten komende straling op den bolometer kan vallen. Drukt men nu het contact **F** in dan slaat de wijzer op- of nabij het eindpunt van de temperatuurschaal uit, dat is aangegeven met een roode streep. Staat de wijzer precies op deze streep dan is de compensatie goed ingesteld, is dit niet het geval dan draaie men den regelknop **H** links of rechts, tot de wijzer precies op de eindstreep staat.

Het instrument is dan volledig gecompenseerd, welke temperatuur het op dat moment ook (binnen normale grenzen) hebben mogen. Pas boven

verstelbare oculair **B** worden waargenomen. In de buis **C** bevindt zich de kwartslenzen, vrij van luchtbellensierens, die ter voorkoming van beschadiging eenigszins naar binnen geplaatst is. Kwartslenzen en oculair vormen tezamen een kijker, waardoor de inzet van den oven scherp kan worden waargenomen en die zoo gericht wordt, dat het beeld van het bandje, dat zich volkomen zwart tegen den gloeienden achtergrond afteekent, valt op de plaats waar men de temperatuur wil meten. (fig. 2).

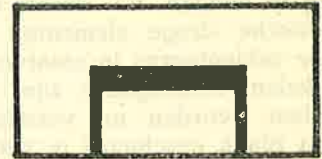


Fig. 2. Gezichtsveld van den Pyrheo.

Tijdens de meting houdt men het instrument bij voorkeur in de linkerhand bij het handvat **D**, terwijl de knop **E** zich in uit-

50° C., een temperatuur, waarbij de pyrometer nauwelijks vast te houden is, worden kleine afwijkingen merkbaar.

Verricht men een groot aantal metingen achter elkaar, waarbij het instrument meestal warmer wordt, dan moet men van tijd tot tijd de compensatie controleren en zoo noodig bijstellen, hetgeen in enkele seconden is geschied.

Bij de constructie zijn voorzorgsmaatregelen getroffen om plaatselijke- en zeer snelle temperatuurswisselingen te voorkomen. Daardoor kan men verscheidene metingen achter elkaar verrichten zonder bijstelling der compensatie.

De batterij. Als stroombron voor het meetsysteem is een batterij noodig, die ondergebracht is in het breede, holle handvat D. Dit levert niet de minste moeilijkheden op, in tegenstelling met gloeidraad- en kruisdraadpyrometers, waar men of een accu gebruikt, die geregeld geladen moet worden of droge elementen, waarvan de spanning door de vrij hoge belasting tijdens de meting merkbaar terugloopt. Dit euvel doet zich in het geheel niet voor wanneer de capaciteit van de batterij zeer groot is t.o.v. de stroomlevering. Dit is in den Pyhreo bereikt door het stroomverbruik zeer laag te houden, n.l. slechts 0.035 amp. per element. Toegepast worden cilindrische droge elementen van ca. 30×60 mm., zooals gebruikt worden voor zaklantaarns in staafvorm en die bij elken handelaar in electriciteitsartikelen verkrijgbaar zijn. Deze elementen, die een vrij groote capaciteit hebben, worden na verwijdering van den papieren huls en na zoo noodig even blank geschuurd te zijn, in het handvat geschoven, waartoe de klep J, na losdraaien van de onverliesbare moer K geopend wordt.

Zij worden door veerende contacten op hun plaats gehouden zonder aansluitingen.

De elementen gaan al naar de intensiteit van het gebruik $\frac{1}{2}$ à 1 jaar mee, zonder dat tijdens de metingen merkbaar spanningsverlies optreedt. Indien de batterij uitgeput is bemerkt men dit, doordat men bij de compensatie den wijzer niet meer op de roode streep kan brengen.

Uitvoering. Bijzondere zorg is verder besteed aan de stofdichte uitvoering, een punt, dat voor bedrijfsinstrumenten van zeer groot belang is en maar al te dikwijls verwaarloosd wordt. Alle naden van het huis zijn daarom met pakking afgesloten, terwijl bovendien het elektrische meetinstrument nog in een afzonderlijke, geheel dichtgesoldeerde kast is ondergebracht. Ook bij de doorvoering der bedieningsknoppen zijn maatregelen voor de stofdichte afsluiting getroffen.

De constructie is robust en houdt rekening met de (mis)handelingen, waaraan dergelijke instrumenten in een ruw bedrijf bloot staan. De bediening is zoo eenvoudig, dat stokers, in het gebruik van pyrometers volkomen ongeroutineerd, met den Pyhreo direct goed werkten en hem na korten tijd niet meer wilden missen.

Alle meters worden verzegeld afgeleverd met een jaar garantie voor de goede werking.

Nauwkeurigheid. Het uiterst korte sintertraject van onze kleisoorten maakt een zeer nauwkeurige temperatuurmeting noodzakelijk, indien men uit den oven het maximum rendement wil halen. Het stoken volgens een bepaald stookprogramma en het nauwkeurig aanhouden van de zoo gewichtige rijpingsperiode, stelt eveneens hoge eischen aan de instrumenten. (Zie ook het artikel over verlaagde vlamuren in dit nummer). Oorspronkelijk stelden wij als eisch een nauwkeurigheid van minstens 5° C. Onder nauw-

keurigheid is hier te verstaan reproduceerbaarheid en niet de absolute nauwkeurigheid. Een geringe constante afwijking van de ware temperatuur is niet ernstig wanneer steeds met hetzelfde instrument gemeten wordt. Dit is bovendien slechts een kwestie van zorgvuldige ijking en schaalverdeling, die buiten de technische kwaliteiten van het instrument staat. Daarentegen is het een noodzakelijke eisch, dat bij opeenvolgende metingen van dezelfde temperatuur ook steeds hetzelfde wordt afgelezen (binnen kleine toegestane afwijkingen), onafhankelijk van uitwendige omstandigheden. Uit een groot aantal metingen bij verschillende omgevingstemperaturen en op een normale bedrijfsoven is nu gebleken, dat de nauwkeurigheid bij het definitieve instrument is opgevoerd tot het dubbele van den gestelden eisch n.l. tot minstens $2\frac{1}{2}^{\circ}$ C. tusschen 1000 en 1100° C. In deze gemiddelde fout kunnen nog kleine inhomogeniteiten der temperatuur van de bovenste kantelingen begrepen zijn.

Meetgrenzen. De meetgrens omvat 450 à 500° C. Het is vooral bij stralingspyrometers wenschelijk de hoogste meetgrens zoo weinig mogelijk boven de maximale bedrijfstemperatuur te kiezen, daar dan de gunstigste schaalverdeling verkregen wordt. Voor ons bedrijf hebben wij daarom 1150° als eindpunt van de schaalverdeling gekozen, waardoor het beginpunt bij 700° valt.

Voor andere bedrijven kunnen hoogere — eventueel dubbele — meetbereiken naar keuze aangebracht worden. Bij een dubbel meetbereik wordt voor de hoogste temperaturen in de buis C een diafragma voor de lens geschroefd.

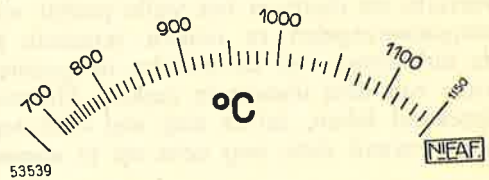


Fig. 3. Voorbeeld van een schaalverdeling (ware grootte).

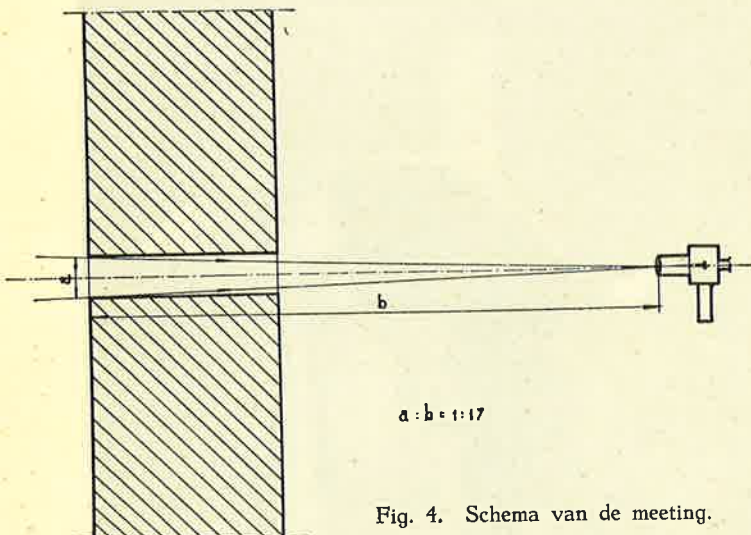


Fig. 4. Schema van de meting.

Openingshoek. Deze bedraagt in lengterichting van het bandje 1 : 17 à 18 d.w.z., dat de afstand b , waarop men meet niet grooter mag zijn dan 17 à 18 maal de lengte a van het voorwerp, waarop men instelt of dan de diameter van het kijkgat (fig. 4). In verband met de grootte der kijk-

potten is dit ruim voldoende. In breedterichting is de opening ca. 1 : 250. Bij meting door de gebruikelijke kijkbuizen bevindt de pyrometer zich op ± 2.50 m. van de bovenste kanteling.

Men meet dan de temperatuur van een vlakje van 1×15 cm. Door het bandje evenwijdig aan de slitten te plaatsen kan men bij goed rechtopstaande bladen zelfs de temperatuur van den vloer meten.

Samenvatting der voordeelen van den Pyrheo.

1. Grootte nauwkeurigheid,
2. Eenvoudige bediening.
3. Handige, gemakkelijk transportabele vorm, uit slechts één stuk bestaande.
4. Objectieve aflezing.
5. Aanwijstijd van een seconde.
6. Aanwijzing onafhankelijk van de omgevingstemperatuur.
7. Aanwijzing onafhankelijk van den meetafstand.
8. Kleine openingshoek.
9. Robuste, stofdichte constructie.

Wenken voor de uitvoering van nauwkeurige temperatuurmetingen.

Indien men met een dergelijk precisie-instrument metingen in het bedrijf verricht en daarvan het volle profijt wil trekken, dient men eenige voorzorgsmaatregelen te nemen, teneinde niet door kleine onvolkomenheden in de uitvoering van de meting, de grootte nauwkeurigheid van den pyrometer voor een deel illusoir te maken. Hoewel eenige dezer maatregelen vanzelfsprekend lijken, zal er nog wel eens tegen gezondigd worden en kan het geen kwaad deze nog eens op te sommen.



Fig. 5. Temperatuurmeting met den Pyrheo op een vlamoven.

1. De pyrometer moet goed gericht zijn, hetgeen door waarneming door den kijker gemakkelijk te constateeren is. Bij scheefgetrokken kijkschachten beteekent dit, dat men den kijker niet altijd verticaal zal kunnen houden. De kijker van den pyrometer moet door de opening van den kijkbuis vallen.
2. Indien de ovenkamer niet homogeen van temperatuur is, richtte men bij opeenvolgende metingen zooveel mogelijk op dezelfde plaats van den inzet.
3. In het algemeen richtte men op het blad en slechts in bijzondere gevallen op een slit. In elk geval trachtte men te vermijden, dat het bandje in het gezichtsveld tegelijkertijd een deel van de steenen en van een slit bedekt.
4. De lens moet geregeld schoongemaakt worden met een zacht, zeemlederen lapje, dat in den zak of in den pyrometertasch bewaard wordt. (Dus niet met een willekeurige lap of dot poetskatoen, bezwangerd met scherp kolenstof!). Vooral bij opstootend vuur wordt de lens zeer snel met een uiterst dunne aanslag bedekt, die echter voldoende is om merkbaar warmtestralen te absorberen. Bij opstootend vuur moet men na iedere meting de lens even controleeren.
5. Na het opzetten van den kijkbuis en het plaatsen van den pyrometer moet men onder normale omstandigheden minstens een halve minuut wachten alvorens af te lezen. Bij het openen der kijkpotten trekt nl. een groote hoeveelheid koude lucht naar binnen, die de bovenste kanteling snel, en zelfs voor het bloote oog zichtbaar, afkoelt. Het duurt eenigen tijd voor deze storing uitgewerkt is en des te langer naarmate het deksel langer open gestaan heeft. Daar de meting zelf slechts enkele seconden duurt, gaat met wachten veel tijd onnoodig verloren. Wij raden dan ook ten sterkste aan, bij gebruik van den nieuwen pyrometer *op elke te meten kijkpot een bliken kijkbuis met goed sluitend dekseltje te plaatsen, die blijft staan zolang de betreffende kamer in vuur is.*

De hoeveelheid lucht, die gedurende een moment door de kleine opening van den kijkbuis trekt is dan te verwaarloozen. De temperatuur kan direct afgelezen worden, waardoor een groote tijdsbesparing verkregen wordt, die gebruikt kan worden om vaker, of op meer plaatsen te meten.

Resumeerende kunnen wij zeggen, dat de Pyrheo de lang gezochte oplossing brengt van het vraagstuk der temperatuurmeting in ons bedrijf en het gebruik daarvan zal leiden tot verbetering van de kwaliteit in het algemeen en verhooging van het percentage der beste sorteeringen, o.a. door de mogelijkheid de belangrijke rijpingsperiode nauwkeuriger aan te houden, het voorkomen van snelle temperatuursschommelingen tijdens de sintering, in het algemeen door een gelijkmatiger stookbedrijf. De verhoogde opbrengst aan eerste kwaliteiten, die bij gebruik van den Pyrheo bereikbaar is, maakt dat de aanschaffingskosten van het instrument in zeer korten tijd afgeschreven kunnen worden.

The government has been very kind in allowing me to publish this book. It is a very interesting and important work, and I hope it will be of great service to the public. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

I have been very busy lately, but I have managed to find some time to write to you. I am sure that you will be very interested in the progress of the work. I have been very fortunate to have had the opportunity to work with you, and I am sure that you will be very satisfied with the result.

