

1-
LIT. BE. Gaubslawski
Nr 127

STANISŁAW CHRZANOWSKI, INŻ.
INŻYNIER STOW. DOZ. KOTŁÓW w WARSZAWIE

BŁĘDY PRZY POMIARACH TEMPERATUR

ODBITKA Z TECHNIKI CIEPLNEJ

WARSZAWA
1925
KSIĘGARNIA TECHNICZNA

Mr. Stanisław

S. 74
580
S. 87

536,5

S. 04



2087

Handwritten signature or name, possibly "M. M. M."

276/59

Prawie każde badanie przemysłowe wymaga dokonania szeregu pomiarów temperatur. Dokładność pomiaru lub dopuszczalne odchylenia i błędy zależą od rodzaju pomiaru. By zadość uczynić potrzebie, firmy dostarczające termometrów przeprowadzają badania, a z nimi ulepszenia w budowie aparatów. Pomimo, że napotkano tu na szereg trudności, zdołano je pokonać tak, że do każdego celu możemy mieć zupełnie odpowiednie urządzenie pomiarowe. Artykuł niniejszy ma na celu zwrócić uwagi na zasadnicze błędy, wynikające z niedość starannego zakładania termometrów. Podane przykłady nie wyczerpują oczywiście wszelkich możliwych przypadków wadliwego zastosowania dobrych przyrządów.

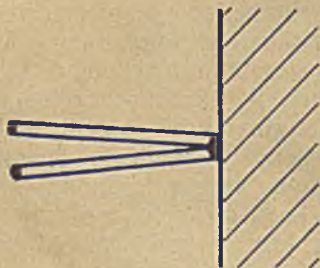
Błędy przy pomiarach temperatur można ująć w następujące grupy:

1. umieszczenie termometru, mającego mierzyć żadaną temperaturę, jest przyczyną zmiany temperatury mierzonej.
2. termometr mierzy temperaturę zupełnie innego ośrodka.
3. wobec przewodnictwa i promieniowania ciepła termometr nie może przybrać żadanej temperatury.

1. Termometr zmienia badaną temperaturę.

Przykłady niedokładnych pomiarów temperatury skutkiem niewłaściwego umieszczenia termometru napo-

tyka się szczególnie przy pomiarze temperatur powierzchni,¹⁾ Znajomość temperatur powierzchni jest potrzebna dla określenia ilości ciepła przechodzącego przez pewien materiał (badanie izolacji), lub dla wnioskowania z nich o temperaturze panującej wewnątrz naczyń, rury i t. p. Chcąc osiągnąć dobre wyniki należy starać się o dokładne zetknięcie czulej części termometru z badaną powierzchnią. Do tego celu



Rys. 1

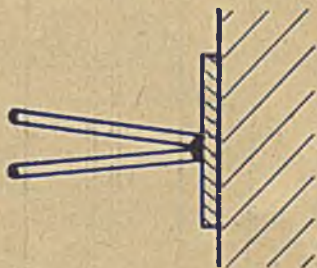
mniej nadają się termometry wypełnione cieczami a więc np. rtęciowe. Pożyteczniejsze są termometry elektryczne, a szczególnie termoelementy.

Należy jednak zwracać uwagę na umieszczenie czulej części termometrów na badanej powierzchni i na odprowadzanie połączeń. Umieszczając bowiem termometr wedle rys. 1, otrzymamy błędne wyniki. Powodem tego jest, że zetknięcie termoelementu z powierzchnią w jednym punkcie wywołuje przejście prądu badanej

¹⁾ Knoblauch. Merkblatt für Temperaturmessungen. Archiv f. Wärmewirtschaft, zeszyt 1 z 1923 r.

temperatury, podczas gdy przewody posiadają temperaturę otoczenia a więc niższą. Ten spadek temperatur umożliwia odprowadzanie ciepła z powierzchni badanej do dalszych części przewodów, co powoduje obniżenie temperatury w punkcie zetknięcia termoelementu z powierzchnią.

Mniejszy błąd popełnia się, jeśli koniec termoelementu nie dotyka ściany wprost lecz za pośred-



Rys. 2.

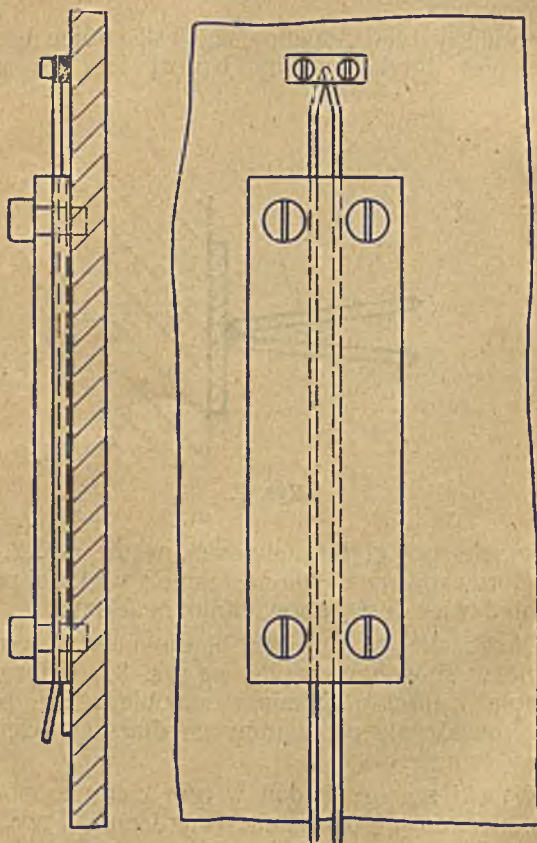
nictwem cienkiej płytki metalowej, wedle rys. 2. Wówczas odprowadzanie ciepła następuje z większej powierzchni, błąd więc jest odpowiednio mniejszy.

Chcąc mieć wyniki bez błędów należy termometr umieścić w sposób wskazany na rys. 3. Odprowadzaniu ciepła z punktu pomiaru zapobiega się przytem przez prowadzenie przewodów na dłuższej rozciągłości tuż przy ścianie.

Wyniki szeregu badań w tym kierunku poczynionych potwierdzają poprzednie twierdzenia. Przy pomiarach temperatur powierzchni różnych materiałów okazało się, że umieszczenie termometru wedle rys. 3. dało najlepsze wyniki.

Ustawienie termometru wedle rys: 1. 2. 3.

Płyta korkowa:	23,0°	32,4°	35,4°
„ drewniana:	25,6°	34,3°	35,4°
„ miedziana:	31,9°	34,5°	35,4°



Rys. 3.

Innym przykładem błędnego powiaru temperatury z powodu zmiany jej przez aparat mierzący jest pomiar rozkładu temperatur wewnątrz ciał stałych.²⁾ Tu również nie nadają się termometry rtęciowe: dla ich umieszczenia należy wiercić wielkie otwory, które powodują zmiany w rozkładzie temperatur. Umieszczenie termometrów elektrycznych jest łatwiejsze, bo potrzebne otwory są małe. Jednak przeprowadzenie przewodów w kierunku spadku temperatur powoduje odprowadzanie niemi ciepła z miejsca pomiaru. Chcąc temu zapobiedz należy przewody na znacznej długości poprowadzić na powierzchni równej temperatury.

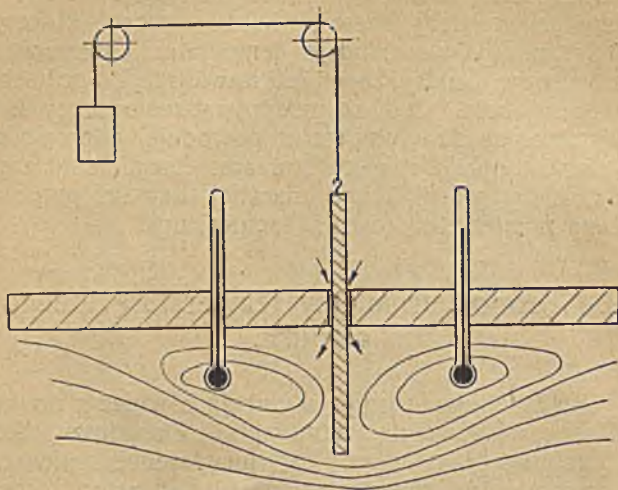
2. Termometr mierzy temperaturę innego ośrodka.

Błędy objęte tą grupą wynikają również z powodu wadliwego ustawienia termometru. Dosadnym często spotykanym, przykładem, jest niewłaściwe umieszczenie termometru przy pomiarze temperatury spalin w kanale kominowym. Zdarza się bowiem bardzo często, że pomiaru dokonywa się przez umieszczenie termometru w pobliżu zasuwy kominowej, (rys. 4). Ta zaś często posiada w swem prowadzeniu grę wynikającą bądź z powodu zużycia (rdza, działanie wysokiej temperatury), bądź też z powodu wadliwej i niedokładnej konstrukcji. Szczelina ta pozwala na znaczny dopływ zewnętrznego, zimnego powietrza. Chłodzi ono spaliny w pobliżu punktu pomiaru temperatury. Wywołany w ten sposób błąd powiększa błąd, powstały dzięki martwej przestrzeni przed zasuwą opuszczoną. Zawarte w niej spaliny nie biorą udziału w ruchu przepływa-

²⁾ W. Nosselt: Forschungsarbeiten aus d. Gebiete d. Ingenieur wesens zesz. 63 i 64 z 1909 r.

W. Rinsum: tamże zeszyt 228 z 1920 r.

jących gazów i przybierają temperaturę pośrednią między temperaturą ścian a rzeczywistą temperaturą spalin.

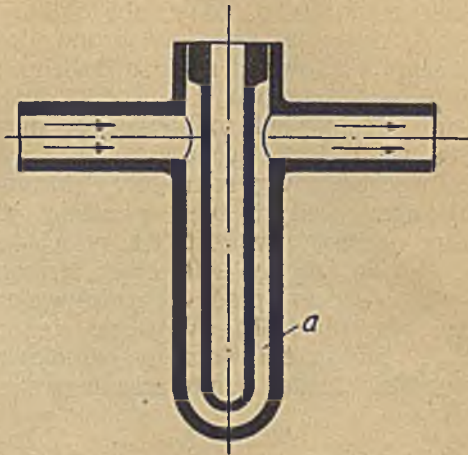


Rys. 4.

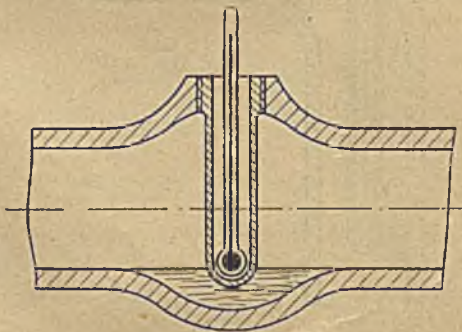
Do umieszczenia termometru należy wybrać miejsce oddalone od zasuwy kominowej i ochronione od wpływów nieszczelności przez usunięcie ich przynajmniej w pobliżu miejsca pomiaru.

Podobnego przykładu dostarcza nam wadliwe urządzenie do pomiaru temperatury pary lub cieczy przepływającej rurociągiem. Umieszczenie wstawki na termometr wedle rys. 5, napotykanе nieraz w praktyce, pomyślane było najprawdopodobniej w celu otoczenia termometru na możliwie wielkiej długości przez medium przepływające. Zasada to zupełnie dobra, lecz w tym wypadku zapomniano o tem, że para musi skroplić się w części *a*, ciecz zaś, która z przepływa-

jącej strugi tam się dostanie, nie będzie miała możliwości wydostania się. W każdym razie skutek będzie



Rys. 5.

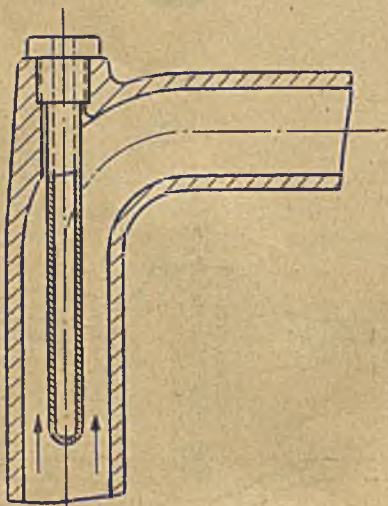


Rys. 6.

taki, że czuła część termometru tkwić będzie w ośrodku, posiadającym temperaturę o wiele niższą od badanej.

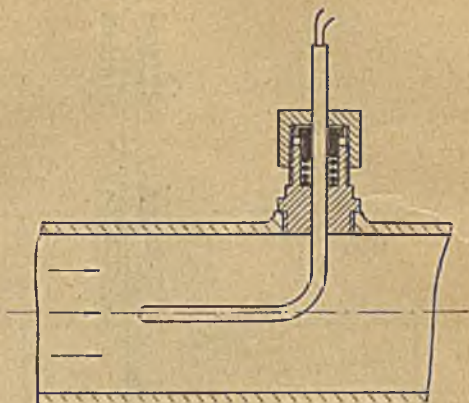
Błędnem rozwiązaniem jest również urządzenie przedstawione na rys. 6, gdzie, aby uniknąć zmniejszenia przekroju przez wstawkę, włączono do rurociągu część kulistą. Tu również może u dołu gromadzić się para skroplona. Zanurzona w niej zbyt długa wstawka termometru oddaje ciepło odbierane od pary przepływającej, które powinno być zużyte tylko na wydłużenie słupka rtęci lub powiększenie siły elektromotorycznej.

Dla uniknięcia tych błędów należy wstawki na termometry zakładać wprost do rurociągu, umieszczając je osiowo tak, by czuła część termometru skierowana była przeciw prądowi nadpływającego gazu lub cieczy rys. (6a i 6b). Wówczas termometr jest na znacznej przestrzeni otoczony ośrodkiem, którego temperaturę się bada. Umieszczenie wstawki w kie-



Rys. 6a.

runku promienia dopuszczalne jest wtedy tylko, gdy badamy temperaturę medjum płynącego rurą



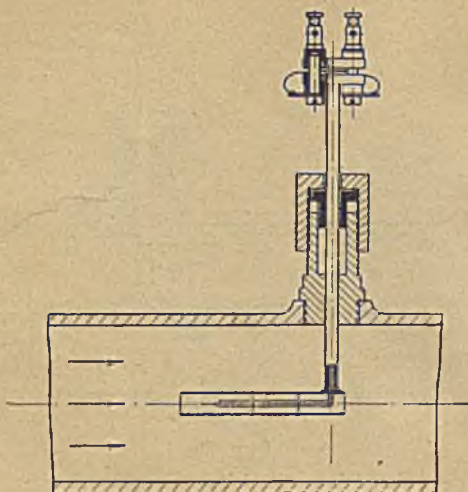
Rys. 6b.

o znacznej średnicy. Zwrócić tu należy uwagę na temperaturę wrzenia cieczy, wypełniającej wstawkę, w której mieści się termometr rtęciowy. Zrozumiałe jest, że nie może ona być niższa od temperatury, którą chcemy badać.

3. Wpływ promieniowania i przewodnictwa ciepła na dokładność pomiaru.

Mając termometr lub wstawkę ustawioną w sposób podany wyżej można mimo wszystko otrzymać błędne wyniki. Albowiem ciepło oddawane przez przepływającą ciecz lub gaz będzie częściowo promieniować ku zimniejszym ścianom rurociągu, częściowo zaś będzie przez masę termometru (wstawkę) przechodzić do ścian rury i do nakrętki a stąd przez promieniowa-

nie do otoczenia. Zapobiedz temu należy przez
a) usunięcie warunków sprzyjających promieniowaniu

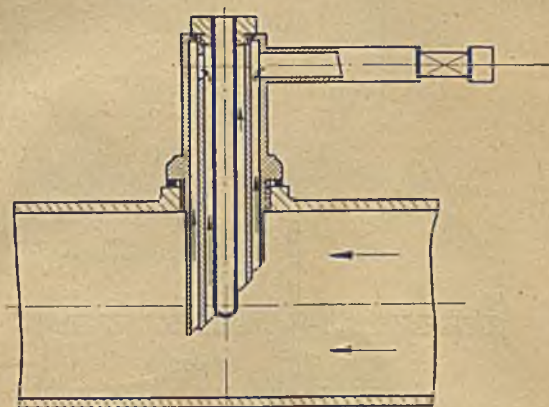


Rys. 7.

b) zmniejszenie przewodnictwa ciepła z masy termometru (wstawki) na ścianki rurociągu i części wystające na zewnątrz.

Promieniowania unikniemy, jeżeli ścianki rurociągu będą posiadały temperaturę medjum przepływającego. W tym celu izolujemy rurociąg przynajmniej w pobliżu miejsca pomiaru. Przy specjalnie dokładnych pomiarach można nawet ścianę rury podgrzewać tak, by nie było różnicy temperatur umożliwiającej promieniowanie. Drugim środkiem do zmniejszenia błędu z powodu promieniowania jest zastosowanie osłony, otaczającej termometr. Przybiera ona bowiem średnią temperaturę między temperaturą ściany i termometru, co zmniejsza ilość ciepła wypromieniowanego przez termometr. Rys. 7 przedstawia urządzenie osłony termoelementu, zapobiegającej promieniowaniu.

Dalszym środkiem, zapewniającym większą dokładność pomiaru jest zwiększenie zdolności oddawania ciepła termometrowi przez przepływający gaz lub ciecz. Doświadczalnie stwierdzono, że decydujący wpływ ma tu szybkość przepływającego medium: zwiększenie jej powoduje lepszą wymianę ciepła.³⁾ Rys. 8 przedstawia



Rys. 8.

urządzenie, służące do sztucznego zwiększenia szybkości przepływającego gazu⁴⁾. W tym celu jest on ssany przy pomocy aspiratora. Urządzenie to zapewnia korzystne warunki pomiaru.

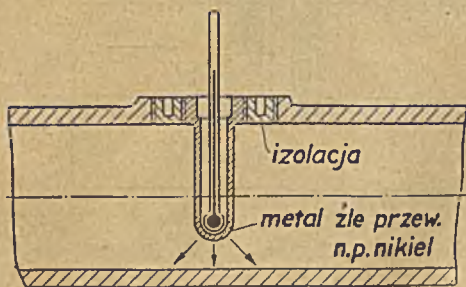
Dla zilustrowania wpływu wymienionych czynników na dokładność pomiaru temperatury służą podane niżej przykłady. Wyniki otrzymano przy pomiarze temperatury powietrza przepływającego w rurze żelaz-

³⁾ Knoblauch-Hencky: Anleitung zu genauen Temperaturmessungen. 1919 r.

⁴⁾ G. Keinath: Elektrische Temperaturmessungen. 1923.

nej o średnicy 50 mm, przyczem badana temperatura wynosiła faktycznie 200°C.

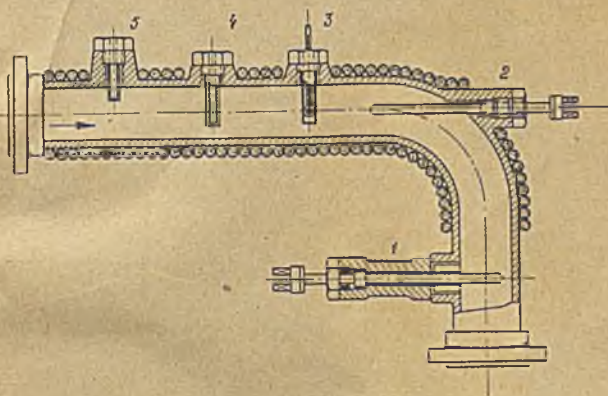
Rurociąg	Prędkość w m/sek.	Błąd pomiaru w °C.	
		bez osłony	z osłoną
bez izolacji	5	25	8,4
	10	13,4	0,8
	30	3,6	0,09
izolowany	5	8,0	0,85
	10	3,5	0,19
	30	0,82	0,022



Rys. 9.

By zapobiedz przechodzeniu ciepła przez masę termometru (wstawki) ku ściankom rurociągu i ku częściom wystającym, należy użyć urządzenia wedle rys. 9. Termometr nie jest tu wprost umocowany na ściance rury, lecz łączy się z nią za pośrednictwem pierścienia z materiału izolującego. Sama wstawka wykonana jest z materiału żele przewodzącego ciepło o cienkich ściankach, bez części wystających na zewnątrz.

Na zakończenie warto zwrócić uwagę na wyniki otrzymane przy pomiarze temperatury pary przy pomocy kilku termometrów rozmaicie umocowanych wedle rys. 10. Termometr 1 umieszczony jest na części nieizolowanej; termometr 2 pozwalał na dokładne pomiary, umieszczono go bowiem w myśl wymogów dobrego pomiaru; termometr 3 daje dokładniejsze wyniki od termometru 4 z powodu mniejszej grubości ścian wstawki. Termometry 1 i 2 były termometrami oporowymi, inne rtęciowymi.



Rys. 10.

Termometr:	2.	3.	4.	5.	1.
Temperatura w °C:	386	385	384	371	341
Błąd w °C:	0	1	2	15	45

Powyższe zestawienie kilku przykładów nie miało na celu wyczerpującego omówienia błędów możliwych przy pomiarach temperatur, lecz tylko, jak już zaznaczono, zwrócenie uwagi na błędy zasadnicze, często napotymane, a których usunięcie nie przedstawia żadnych trudności.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Politechniki Śląskiej

Gab. Dyr.

2087

Druk: Drukarnia Gliwice, ul. Zwycięstwa 27, tel. 230 48 50