

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

Nowa metoda wyznaczania przewodności cieplnej materiałów izolacyjnych, nap. Dr. inż. B. Szczeniowski, asystent Politechniki Warszawskiej.  
O regeneracji złączek szynowych, nap. Inż. B. Hummel.  
Stal krzemowa konstrukcyjna, nap. Inż. M. Dubowicki.  
Przegląd pism technicznych.  
Bibliografia.  
Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

## SOMMAIRE:

Nouvelle méthode de la détermination de la conductibilité de la chaleur des matériaux isolants, par M. B. Szczeniowski, Dr., Ingénieur.  
Sur la régénération des éclisses, par M. B. Hummel, Ingénieur.  
L'acier au silicium de construction (à suivre), par M. M. Dubowicki, Ingénieur - métallurgiste.  
Revue documentaire.  
Bibliographie.  
Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.

## Nowa metoda wyznaczania przewodności cieplnej materiałów izolacyjnych<sup>\*)</sup>.

*Napisał: Dr. inż. B. Szczeniowski, asystent Politechniki Warszawskiej.*

Przy dzisiejszym stanie techniki cieplnej i chłodniczej, materiały izolacyjne grają niepoślednią rolę. Wynika stąd konieczność badania własności cieplnych tych materiałów, np. przewodności cieplnej, przez technikę i w sposób techniczny. Nie chodzi w tym wypadku o ustalenie jakichś ogólnych zasad fizycznych w teorii przewodzenia w stosunku do pierwiastków lub klasycznych mieszanin, czy związków, chemicznie czystych i jednorodnych. Technika operuje materiałami nieraz bardzo niejednorodnymi i nie dającymi się zupełnie ściśle określić chemicznie czy fizycznie, jak na przykład płyty izolacyjne z korka aglomerowanego lub choćby drzewo. Wyciąganie wniosków ogólnych z badania tego rodzaju materiałów byłoby chybione; zresztą nie jest ono celem techniki; celem jego jest raczej jednorazowe określenie własności cieplnych gotowego materiału posiadanego, celem umożliwienia obliczeń technicznych przy jego zastosowaniu do celów praktycznych. Oczywiście, że wykonanie takich pomiarów, jako nie mających ogólnego zastosowania, winno być jaknajbardziej proste, tanie i szybkie, a jednak o dokładności nie mniejszej od wymaganej w zagadnieniach technicznych.

Idea ta oddawna już znalazła zrozumienie wśród techników i spowodowała powstanie szeregu technicznych metod badania własności cieplnych materiałów, równoległe do metod fizycznych i niemal niezależnie od nich.

Wszystkie znane dotychczas metody wyznaczania przewodności cieplnej opierają się na fou-

rierowskim równaniu przewodnictwa cieplnego oraz na założeniu, że przewodność ta jest stała (nie zależy od temperatury). To ostatnie założenie jest słuszne tylko wtedy, gdy ograniczymy odpowiednio różnice temperatur przy badaniu.

Wspomniane metody podzielić można na dwie grupy zasadnicze: 1) badanie bez ustalenia równowagi przepływu — przy ruchu ciepła niestalonym, zatem zależnym od czasu; 2) badanie przy ruchu ciepła ustalonym, czyli po uprzednim uzyskaniu równowagi przepływu ciepła (stationärer Zustand). Technika poszła w tym drugim kierunku, na co złożyły się różne okoliczności, jak np. trudności matematyczne i złożoność pomiaru przy ruchu ciepła niestalonym oraz konieczność uprzedniego wyznaczenia ciężaru właściwego i ciepła właściwego badanego materiału, przytem to ostatnie samo przez się nasuwało poważne trudności w stosunku do materiałów źle przewodzących ciepło.

Stosunkowo dokładna metoda wyznaczania przewodności w stanie równowagi przepływu ciepła, oparta na metodzie i aparacie inż. Poensgen'a<sup>2)</sup>, jakkolwiek posiada bardzo prostą zasadę teoretyczną, w wykonaniu jest kosztowna i uciążliwa, ma przytem tę wadę, że przygotowanie do pomiaru oraz sam pomiar trwają bardzo długo, nieraz 8 dni i dłużej.

<sup>1)</sup> Streszczenie rozprawy doktorskiej, przedłożonej Wydziałowi Mechanicznemu Politechniki Warszawskiej, bronionej 24 października r. ub. Rozprawa ta wydana została nakładem Akademii Nauk Technicznych.

<sup>2)</sup> Inż. R. Poensgen. Ein technisches Verfahren zur Ermittlung der Wärmeleitfähigkeit plattenförmiger Stoffe. Z. d. V. d. I., t. 56 (1912), str. 1652, oraz Mitteilungen über Forschungsarbeiten zesz. 130, str. 25 (Springer). Patrz również: O. Knoblauch, E. Raasch i H. Reicher. Die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Isolierstoffen und die Wärmedurchlässigkeitszahl neuer Bauweisen. Ges. Ing., t. 43 (1920), str. 607.

Ta długotrwałość pomiaru w stanie równowagi przepływu ciepła skłoniła mnie do podjęcia na nowo zarzuconej przez techników idei mierzenia przewodności bez ustalania równowagi przepływu. Do wyznaczenia ciepła właściwego materiałów badanych użyłem kalorymetru adjabatycznego prof. Świętosławskiego i dr. A. Dorabalskiej (pomysł dotychczas nie opublikowany), w którym adjabatyczne odizolowanie właściwej bomby kalorymetrycznej uzyskuje się przez zanurzenie jej w kąpielii wodnej, podgrzewanej przy pomocy specjalnego grzejnika w ten sposób, aby jej temperatura była stale ściśle taka sama, jak wewnątrz bomby. Kalorymetr ten, dzięki swej adjabatyczności, pozwala na dokładne wyznaczenie ciepła właściwego materiałów nawet bardzo źle przewodzących ciepło; należy tylko stosować odpowiednio małe przyrosty temperatury (poniżej 0,3°C/h), które, dzięki adjabatycznemu odizolowaniu, są dopuszczalne; ponadto zastosowałem rodzaj szczotki z igieł stalowych, dającej się bez trudności wbić w korek, azbest lub drzewo, jak również zanurzać w ciała sypkie; szczotka ta służy do lepszego rozprzewadzenia ciepła wewnątrz ciała i, tem samem, zapewnienia jego równomiernego nagrzewania się.

Sam aparat do wyznaczania przewodności cieplnej ( $\lambda$ ) oparty jest na zasadzie pomiaru wartości brzegowej temperatury, natychmiast po zetknięciu się dwu ciał o różnych, lecz początkowo jednostajnych temperaturach, przytem właściwości cieplne jednego z tych ciał muszą być znane, zaś materiał badany gra rolę drugiego ciała.

W celu wyznaczenia wspomnianego wzoru na wartość brzegową temperatury, wychodzimy, ograniczając się narazie do zagadnienia jednowymiarowego, z całki równania przewodnictwa

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = \frac{1}{h^2} \frac{\partial t}{\partial \tau} \equiv h^2 \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad \dots \quad (1)$$

pozwalającej założyć temperaturę na płaszczyźnie  $x = 0$ , jako dowolną funkcję czasu:

$$t = \frac{hx}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h^2 x^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta \quad \dots \quad (2)$$

Całka ta, dla  $\tau \rightarrow 0$  i każdego  $x$  różnego od zera, dąży do zera, zaś dla  $x$  dążącego do zera przez wartości dodatnie granicą całki jest  $f(\tau)$ . Chcąc otrzymać początkową temperaturę równą nie zeru, lecz  $t_0$ , napisać należy w równaniu (2)  $t - t_0$  zamiast  $t$ .

Strumień ciepła znajdziemy przez różniczkowanie:

$$j = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} = -\frac{\lambda h}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h^2 x^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta +$$

$$+ \frac{\lambda h^3 x^2}{4\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h^2 x^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{(\tau-\vartheta)^{5/2}} d\vartheta.$$

Całkując drugą całkę w powyższym wyrażeniu przez części, otrzymamy ostatecznie:

$$j = \frac{\lambda h f(0)}{\sqrt{\pi \tau}} e^{-\frac{h^2 x^2}{4\tau}} + \frac{\lambda h}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h^2 x^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta, \quad (3)$$

zatem na płaszczyźnie granicznej ( $x = 0$ ) będzie:

$$\lim_{x \rightarrow 0} j = \frac{\lambda h f(0)}{\sqrt{\pi \tau}} + \frac{\lambda h}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \frac{f(\vartheta)}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta \quad \dots \quad (4)$$

W powyżej przytoczonych wzorach oznaczyliśmy przez

- $t$  — temperaturę w stopniach Celsjusza,
- $\tau$  — czas w godzinach ( $h$ )
- $x$  — spółrzedną długości w  $m$ ,
- $j$  — strumień ciepła w  $Kal/m^2 h$ ,
- $\gamma$  — ciężar właściwy w  $kg/m^3$ ,
- $c$  — ciepło właściwe w  $Kal/kg, ^\circ C$ ,
- $\lambda$  — przewodność cieplną w  $Kal/m, h, ^\circ C$ ,
- $k = \sqrt{\frac{\lambda}{\gamma c}}$  — współczynnik przewodzenia (Temperaturleitvermögen) w  $m/h^{1/2}$ ,
- $h = 1/k$ .

Wyżej podaną całkę (2) zastosujemy do następującego zagadnienia jednowymiarowego: Niech ciało A będzie płytą ograniczoną dwustronnie płaszczyznami  $x = -a$  oraz  $x = +a$ , czyli  $-a \leq x \leq +a$ . Na prawo od ciała A znajduje się ośrodek nieskończony B ( $x \geq a$ ), zaś na lewo ośrodek nieskończony C ( $x \leq -a$ ). Ośrodki A, B, C są różne pod względem fizycznym. Temperatury początkowe ciał A, B, C mają być jednostajne i wynosić odpowiednio  $t_a, t_b, t_c$ . Współczynniki cieplne oraz temperatury tych ciał oznaczać będziemy odpowiednio znakami 1, 2, 3. Korzystając ze wspomnianej całki podstawowej (2), możemy założyć dla ciała A:

$$t_1 = \frac{h_1(a+x)}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_{-a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2(x+a)^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta +$$

$$+ \frac{h_1(a-x)}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_{+a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2(a-x)^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + t_a, \quad (5)$$

dla ciała B:

$$t_2 = \frac{h_2(x-a)}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_b(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_2^2(x-a)^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + t_b \quad (6)$$

dla ciała C:

$$t_3 = -\frac{h_3(x+a)}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_c(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_3^2[-(x+a)]^2}{4(\tau-\vartheta)}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + t_c, \quad (7)$$

gdzie  $f_{-a}(\vartheta), f_{+a}(\vartheta), f_b(\vartheta), f_c(\vartheta)$  są funkcjami niewiadomymi.

Funkcje (5), (6), (7) spełniają warunki początkowe:

$$\left. \begin{aligned} t_1 &\rightarrow t_a \\ t_2 &\rightarrow t_b \\ t_3 &\rightarrow t_c \end{aligned} \right\} \text{gd}y \tau \rightarrow 0, \text{ dla wszelkich } x,$$

z wyjątkiem odp. wartości granicznych; dalej z wyrażeń tych otrzymamy następujące

wartości brzegowe  $t_s$  temperatur na ścianach  $x = a$  i  $x = -a$ :

$$\left. \begin{aligned} \lim_{x \rightarrow a} t_1 &= f_{+a}(\tau) + \frac{h_1 a}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_{-a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + t_a, \\ \lim_{x \rightarrow a} t_2 &= f_b(\tau) + t_b \\ \lim_{x \rightarrow a} t_1 &= f_{-a}(\tau) + \frac{h_1 a}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_{+a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + t_a, \\ \lim_{x \rightarrow a} t_3 &= f_c(\tau) + t_c. \end{aligned} \right\} \cdot (8)$$

Na granicznej powierzchni zetknięcia S dwu ciał, w myśl zasady zachowania energii, musi zachodzić równość składowych normalnych strumieni ciepła:

$$(j_{1n})_S \equiv - \left( \lambda_1 \frac{\partial t_1}{\partial n} \right)_S = (j_{2n})_S \equiv - \left( \lambda_2 \frac{\partial t_2}{\partial n} \right)_S,$$

gdzie  $n$  jest kierunkiem normalnej do powierzchni S, oraz nie powinno być skoku temperatur, czyli

$$(t_1)_S = (t_2)_S,$$

co rzeczywiście ma miejsce, o ile zetknięcie jest dokładne<sup>1)</sup>. Stosując te dwa warunki do granicznych płaszczyzn  $x = +a$  i  $x = -a$ , otrzymamy następujące cztery równania dla określenia niewiadomych funkcji  $f_{+a}(\tau)$ ,  $f_{-a}(\tau)$ ,  $f_b(\tau)$ ,  $f_c(\tau)$ :

$$f_{+a}(\tau) + \frac{h_1 a}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_{-a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + t_a = f_b(\tau) + t_b. \quad (9)$$

$$f_{-a}(\tau) + \frac{h_1 a}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f_{+a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau-\vartheta}}}{(\tau-\vartheta)^{3/2}} d\vartheta + t_a = f_c(\tau) + t_c. \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda_1 h_1 f_{-a}(0)}{\sqrt{\pi \tau}} e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau}} + \frac{\lambda_1 h_1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f'_{-a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta - \\ & - \frac{\lambda_1 h_1 f_{+a}(0)}{\sqrt{\pi \tau}} - \frac{\lambda_1 h_1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \frac{f_{+a}(\vartheta)}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \frac{\lambda_2 h_2 f_b(0)}{\sqrt{\pi \tau}} + \\ & + \frac{\lambda_2 h_2}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \frac{f'_b(\vartheta)}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta \quad \dots \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \frac{\lambda_1 h_1 f_{-a}(0)}{\sqrt{\pi \tau}} + \frac{\lambda_1 h_1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \frac{f_{-a}(\vartheta)}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta - \\ & - \frac{\lambda_1 h_1 f_{+a}(0)}{\sqrt{\pi \tau}} e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau}} - \frac{\lambda_1 h_1}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau f'_{+a}(\vartheta) \frac{e^{-\frac{h_1^2 a^2}{\tau-\vartheta}}}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta = \\ & - \frac{\lambda_3 h_3 f_c(0)}{\sqrt{\pi \tau}} - \frac{\lambda_3 h_3}{\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \frac{f'_c(\vartheta)}{\sqrt{\tau-\vartheta}} d\vartheta. \quad \dots \quad (12) \end{aligned}$$

Zakładając w równaniach (8 — 12), że  $\tau \rightarrow 0$  otrzymamy związki:

$$\begin{aligned} f_{+a}(0) &= - \frac{\lambda_2 h_2 (t_a - t_b)}{(\lambda_1 h_1 + \lambda_2 h_2)}, \\ f_b(0) &= \frac{\lambda_1 h_1 (t_a - t_b)}{(\lambda_1 h_1 + \lambda_2 h_2)}, \\ f_{-a}(0) &= - \frac{\lambda_3 h_3 (t_a - t_c)}{(\lambda_1 h_1 + \lambda_3 h_3)}, \\ f_c(0) &= \frac{\lambda_1 h_1 (t_a - t_c)}{(\lambda_1 h_1 + \lambda_3 h_3)}, \end{aligned}$$

oraz

$$\text{dla } x = -a \quad \lim_{\tau \rightarrow 0} t_s = f_{-a}(0) + t_a,$$

$$\text{dla } x = +a \quad \lim_{\tau \rightarrow 0} t_s = f_{+a}(0) + t_a,$$

zatem:

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} t_s (x = +a) = \frac{\lambda_1 h_1 t_a + \lambda_2 h_2 t_b}{\lambda_1 h_1 + \lambda_2 h_2} \quad \dots \quad (13)$$

oraz podobnie:

$$\lim_{\tau \rightarrow 0} t_s (x = -a) = \frac{\lambda_1 h_1 t_a + \lambda_3 h_3 t_c}{\lambda_1 h_1 + \lambda_3 h_3} \quad \dots \quad (14)$$

Z przytoczonych wzorów (13) i (14) wynika, że brzegowa wartość temperatury na powierzchni zetknięcia się dwu różnych ośrodków w pierwszej chwili zależy jedynie od właściwości fizycznych warstw bezpośrednio się stykających, natomiast od właściwości fizycznych warstw położonych nie zależy; możemy zatem wzór (13) uważać za zupełnie ogólny w wypadku zagadnienia jednowymiarowego. Wzór (13) zastosujemy również w przypadku warstwy zawartej między ściankami dwóch sześciaków, co jest usprawiedliwione tym faktem, że wspomniany wzór odnosi się do chwili początkowej, zatem nie zależy od promienia krzywizny w jakimkolwiek punkcie zetknięcia. Możliwe jest zresztą udowodnienie słuszności wzoru (13) w stosunku do jakiejkolwiek bryły przestrzennej przez rozwiązanie, w stosunku do równania przewodnictwa, zagadnienia, analogicznego do zagadnienia Dirichlet'a i dalsze postępowanie analogiczne, jak w rozwiązaniem powyżej zagadnieniu jednowymiarowym. Próba rozwiązania tego zagadnienia stanowić będzie temat jednej z prac następných.

Układ równań (9—12) da się, po wyrugowaniu którychkolwiek trzech funkcji niewiadomych, sprowadzić do typu równania całkowego Abel'a uogólnionego<sup>2)</sup>:

$$\int_0^\tau \frac{G(\tau, \vartheta)}{(\tau - \vartheta)^n} \varphi(\vartheta) d\vartheta = F(\tau),$$

określającego pochodną czwartej funkcji szukanej, rozwiązanie to jednak nie jest do dalszych rozważań potrzebne, więc go nie podaję. Ze względu na zamierzone w przyszłości pewne zmodyfikowanie mego aparatu (o czym niżej), wspomniane roz-

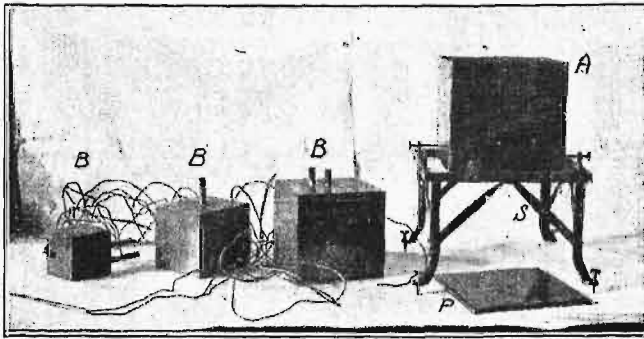
<sup>1)</sup> W. Nusselt. Die Wärmeleitfähigkeit von Wärmeisolistoffen. Mitt. über Forsch. zesz. 63 — 64. Również: M. ten Bosch. Die Wärmeübertragung, wyd. 2 (Springer, 1927), str. 38.

<sup>2)</sup> E. Goursat. Cours d'analyse mathématique, wyd. 5-te, t. III, str. 339.



wiązanie okaże się zapewne potrzebne, będzie zatem stanowić temat jednej z prac następnych.

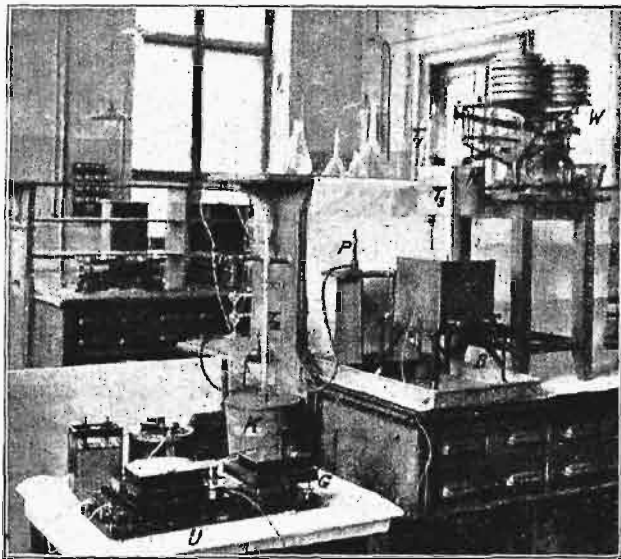
Urządzenie do mierzenia przewodności cieplnej składa się z sześcianu *A* z blachy miedzianej



Rys. 1. Aparat pomiarowy.

S — stojak, A — sześcian zewnętrzny, P — przykrywka, B — sześciany wewnętrzne.

1 mm o boku równym 200 mm (rys. 1), z przykrywką, opartego na drutach, przecigniętych w rogach stojaka *S* w celu zmniejszenia strat przez przejmowanie, oraz jednego z sześcianów *B*, również z blachy miedzianej 1 mm, posiadającego rurkę do napełniania go gorącą wodą (lub solanką), oraz drugą rurkę, służącą do umieszczenia termopary. Sześcian *B* umieszcza się symetrycznie w sześcianie *A*, wypełniając wolną przestrzeń między nimi materiałem badanym. Spodziewając się pewnych błędów spowodowanych konwekcją, wykonano trzy takie sześciany o różnych wymiarach (80, 120 i 160 mm), w celu wykrycia różnic w funkcji



Rys. 2. Urządzenie pomiarowe do badania przewodności cieplnej.

W — waga, S — stojak,  $T_1$  — termometr do odczytywania temperatury gorącej wody,  $N$  — naczynie do grzania wody, P — palnik gazowy, K — kubek drewniany z kapielem wodnym,  $T_2$  — termometr do odczytywania temperatury kapielem,  $T_3$  — termometr do odczytywania temperatury  $t_a$  wewnątrz kostki, U — urządzenie kompensacyjne Lindeck'a, G — galwanometr (dla ułatwienia wykonania fotografii zamiast galwanometru lusterkowego pokazano zwykły galwanometr wskazówkowy).

stosunku boków sześcianu wewnętrznego i zewnętrznego; jednak pomiary istotnych różnic nie wykazały; najwygodniejsza w przeprowadzeniu pomiaru okazała się kostka największa, dawała

bowiem najbardziej łagodny spadek temperatury na styku w funkcji czasu.

Aparat montujemy zawczasu; przed pomiarem odczytujemy temperaturę całego układu  $t_b$  przy pomocy termopary na styku sześcianu *B* z materiałem badanym, będącą równocześnie temperaturą początkową materiału badanego, a następnie nalewamy z naczynia zawieszonoego na wadze *W* (rys. 2) określoną ilość gorącej wody o wiadomej temperaturze  $t_a$ , odczytanej na termometrze rtęciowym  $T_1$  w chwili wlewania. Ponieważ jednak praktycznie trudne to jest do wykonania, lepiej jest odczytać kolejno kilka razy tę temperaturę w funkcji czasu, a następnie wyekstrapolować wykreślić wartość początkową (dla  $\tau=0$ ), którą przyjmujemy w chwili rozpoczęcia nalewania, nie popełniając przytem znaczniejszego błędu, bowiem proces nagrzewania się ścianek miedzianych przebiega bardzo szybko, zaledwie parę sekund. Zobaczymy zresztą niżej, że duża dokładność przy określaniu  $t_a$  nie jest wymagana.

Następnie określamy temperaturę  $t_s$  na styku, a właściwie różnicę  $t_a - t_s$ , łącząc termoparę na styku z przeciwtermoparą, umieszczoną zawczasu w drugiej szyjce kostki wewnętrznej; zobaczymy niżej, że ten sposób mierzenia jest bardzo celowy, bowiem różnica  $\varepsilon = t_s - t_a$  jest dla materiałów źle przewodzących ciepło stosunkowo bardzo mała, zatem pośrednie określanie  $\varepsilon$  z wartości  $t_a$  spowodowałoby mogło duże błędy, bowiem temperatura  $t_a$  nie da się określić zbyt ściśle. Ponieważ praktycznie trudno jest określić  $\varepsilon$  ściśle w chwili początkowej, odczytujemy więc tę wartość kolejno kilka razy w funkcji czasu, a następnie ekstrapolujemy wykreślić wartość początkową.

Opierając się na wyprowadzonym wyżej wzorze (13):

$$t_s = \frac{\lambda_m h_m t_a + \lambda h t_b}{\lambda_m h_m + \lambda h} = \frac{V \lambda_m \gamma_m c_m t_a + V \lambda \gamma c t_b}{V \lambda_m \gamma_m c_m + V \lambda \gamma c}$$

gdzie

$\lambda_m$  — oznacza przewodność cieplną miedzi (kostka) w  $Kal/m, ^\circ C$ ,

$\lambda$  — oznacza przewodność cieplną materiału badanego w  $Kal/m, ^\circ C$ ,

$\gamma_m$  — oznacza ciężar właściwy miedzi w  $kg/m^3$ ,

$\gamma$  — oznacza ciężar właściwy materiału badanego w  $kg/m^3$ ,

$c_m$  — oznacza ciepło właściwe miedzi w  $Kal/kg, ^\circ C$ ,

$c$  — oznacza ciepło właściwe materiału badanego w  $Kal/kg, ^\circ C$ ,

znajdujemy szukaną przewodność cieplną:

$$\lambda = \frac{\lambda_m \gamma_m c_m (t_a - t_s)^2}{\gamma c (t_s - t_b)^2} = \frac{\lambda_m \gamma_m c_m \varepsilon^2}{\gamma c (\Delta - \varepsilon)^2};$$

przytem oznaczyliśmy:

$$t_a - t_s' = \varepsilon,$$

$$t_a' - t_b = \Delta.$$

Znaleziona wartość  $\lambda$  odnosi się do temperatury  $t_s$ .

Do mierzenia temperatur służyły dwa termometry rtęciowe o dokładności  $\pm 0,001^\circ C$  (podziałka 0,01 $^\circ C$ ): 1) o zakresie 60 $^\circ$  do 80 $^\circ C$ , ew. 20 $^\circ$  do

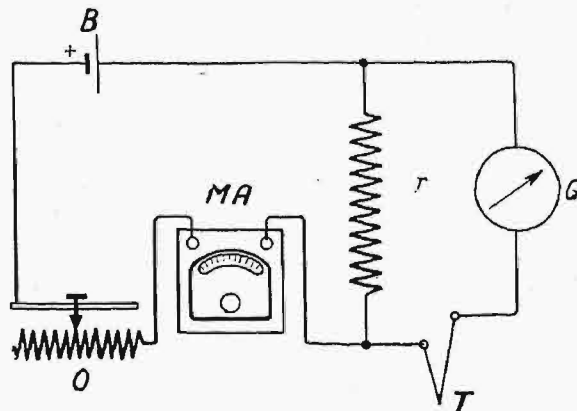
50°C; 2) o zakresie obejmującym dopuszczalne temperatury otoczenia (np. 16° do 26°C). Temperaturę na zetknięciu kostki miedzianej z materiałem badanym mierzyłem przy pomocy termopary żelazo-konstantan, z drutu konstantanowego 0,6 mm i żelaznego 0,5 mm, przytem „miejsce stopienia” termopary wykonano o długości 10 mm — ze względu na spodziewaną niejednorodność materiału badanego — i przylutowano w środku ściany dolnej kostki. Na wierzch przylutowanego złączenia termopary przylutowano prostokątny kawałek blaszki miedzianej, aby również w tem miejscu zapewnić styk badanego materiału z miedzią; jak wiadomo, współczynnik przewodzenia zarówno żelaza, jak i konstantanu, jest kilkakrotnie niższy niż miedzi, i dlatego zetknięciu z temi materiałami, przy tych samych skądinąd warunkach, odpowiadałaby niższa temperatura początkowa. Wprawdzie powierzchnia złączenia termopary jest b. mała i otoczona wokół „zetknięciem z miedzią”, jednakże różnica tem spowodowana, jak stwierdziłem, jest uchwytana. Wspomniana blaszka powinna być jak najcieńsza (0,1—0,2 mm), aby różnicę temperatur nad i pod blaszką praktycznie sprowadzić do zera. Urządzenie do mierzenia różnicy temperatur  $\epsilon = t_a - t_s$  składa się z dwu termopar przeciwsprzężonych, przytem oba końce stanowi żelazo (konstantan w środku); końce te załączamy na aparat kompensacyjny Lindeck'a, którego schemat wskazano na rys. 3, przytem, w celu uzyskania większej dokładności odczytów, zamiast galwanometru wskazówkowego, dostarczonego przez firmę Siemens, użyłem galwanometru lusterkowego Hartmanna i Brauna o czułości  $10^{-8}$  i oporze wewnętrznym 5,7 lub 47  $\Omega$ , oraz wykonałem specjalny opór stały  $r = 0,0025 \Omega$  z drutu manganinowego (najniższy opór  $r$  w aparacie dostarczonym wynosił 0,05  $\Omega$ ), pozwalający na odczyt z dokładnością do ok.  $\pm 0,005^\circ\text{C}$ . Termopary zostały uprzednio wycechowane dla tych różnic temperatur, które następnie stosowałem w pomiarach, przez porównanie ze wskazaniami termometrów rtęciowych o dokładności  $\pm 0,001^\circ\text{C}$ .

Wartość  $\lambda_m$  dla blachy miedzianej użytej do wykonania kostek zmuszony byłem przyjąć z literatury, nie rozporządzając narazie aparatami odpowiednimi do badania przewodności cieplnej metali.

Na rys. 4 wskazano przebieg temperatur przy badaniu suchego piasku niemieckiego normalnego (64—144 ziarn na  $\text{cm}^2$ , 99%  $\text{SiO}_2$ ).

W celu stwierdzenia stopnia dokładności pomiarów, osiąganey w opisywanem urządzeniu, rozważymy jeszcze teoretyczne granice błędu. W tym celu oznaczymy przez:

$\pm \delta^\circ\text{C}$  — błąd w odczycie temperatur, spowodowany niedoskonałością aparatów,



Rys. 3. Schemat urządzenia kompensacyjnego do mierzenia temperatur.

B — baterja, O — opornik regulujący prąd kompensacyjny, r — opór stały, T — termoelement, G — galwanometr zerowy do stwierdzenia kompensacji MA — miliamperomierz.

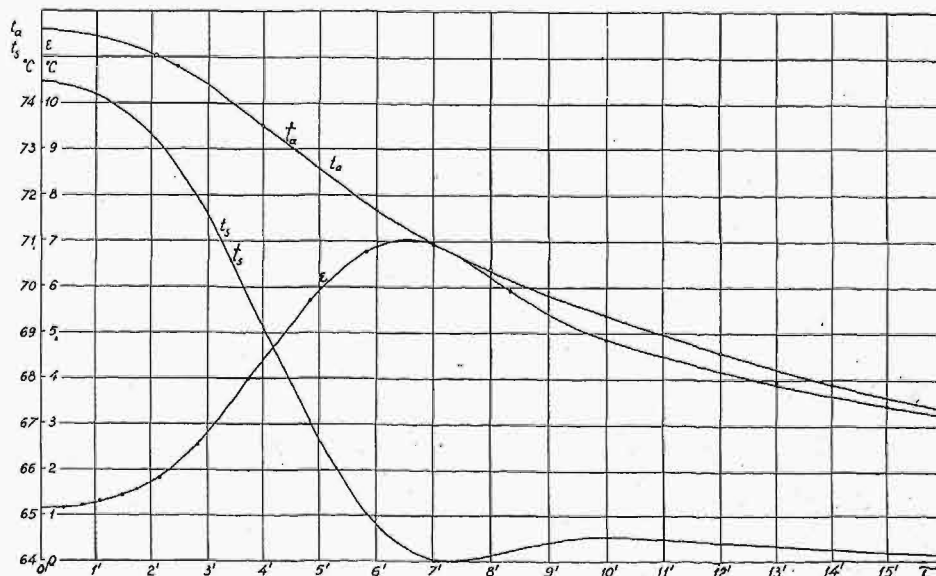
$x\%$  — błąd procentowy w określeniu  $\lambda$  ze wzoru (15), spowodowany błędem odczytu  $\delta$ ,

$$\frac{\sqrt{\lambda_m \gamma_m c_m} + \sqrt{\lambda \gamma c}}{\sqrt{c \lambda \gamma}} = m,$$

to otrzymamy, że błąd ten:

$$x = 100 \left\{ \frac{(m-1)^2 (\epsilon - \delta)^2}{[(m-1) \epsilon - \delta]^2} - 1 \right\} \quad (16)$$

Ponieważ dla materiałów źle przewodzących ciepło  $m$  jest zwykle duże, zaś dopuszczalny błąd



Rys. 4. Przebieg temperatur  $t_a$ ,  $t_s$  oraz różnicy  $\epsilon = t_a - t_s$  w funkcji czasu ( $\tau$ ).

$\delta$  przyjmijemy b. mały, zatem możemy napisać:

$$x \cong 100 \left[ \frac{(\epsilon - \delta)^2}{\epsilon^2} - 1 \right] = -100 m \frac{\delta}{\Delta} \left( 2 - m \frac{\delta}{\Delta} \right), \quad (17)$$

skąd

$$\delta = (1 - \sqrt{1 + 0,01 x}) \epsilon = \frac{\Delta}{m} (1 - \sqrt{1 + 0,01 x}) \quad (18)$$

Łatwo się przekonać na jakimkolwiek przykładzie liczbowym, że uproszczenie to praktycznie wcale nie wpływa na wynik rachunku.

Rozważmy jeszcze osobno błąd  $x'$  w określe-  
niu  $\lambda$ , spowodowany błędem  $\delta'$  °C w odczycie tem-  
peratur  $t_a$  i  $t_b$ ; wyniesie on

$$x' = \frac{100 \delta' [2(m-1)\varepsilon + \delta']}{[(m-1)\varepsilon + \delta']} \approx \frac{200 \delta'}{(m-1)\varepsilon} \quad (19)$$

Jeżeli błąd ten ma się zawierać w tych samych  
granicach co błąd  $x$ , to musi być w przybliżeniu:

$$\frac{200 \delta'}{(m-1)\varepsilon} \leq 100 \frac{\delta}{\varepsilon} \left(2 - \frac{\delta}{\varepsilon}\right),$$

czyli

$$\delta' \leq \frac{(m-1)}{2} \delta \left(2 - \frac{\delta}{\varepsilon}\right) = \frac{(m-1)}{2} \delta \left(2 - m \frac{\delta}{\Delta}\right) \quad (20)$$

W jeszcze grubszym przybliżeniu:

$$\delta' \leq \frac{(m-1)}{2} \delta, \quad \dots \quad (20')$$

zatem może być znacznie większy od  $\delta$ , bowiem  
dla materiałów źle przewodzących ciepło, w sto-  
sunku do miedzi,  $m$  jest duże. Weźmy np. korek  
 $\lambda = 0,04 \text{ Kal/m, h, } ^\circ\text{C}$ ,  $c = 0,6 \text{ Kal/kg, } ^\circ\text{C}$ ,  $\gamma = 160$   
 $\text{kg/m}^3$ , przytem dla miedzi przyjmujemy  $\lambda_m = 300$ ,  
 $c_m = 0,09$ ,  $\gamma_m = 8900$ , to otrzymamy  $m = 250$ ; niech  
 $\Delta = 50^\circ$ , to  $\varepsilon = 0,2$ , czyli

$$\begin{aligned} &\text{przy } -0,005^\circ < \delta < +0,005^\circ, \text{ mamy} \\ &\quad +5,0625\% > x > -4,9375\%, \\ &\text{przy } -0,001^\circ < \delta < +0,001^\circ, \text{ mamy} \\ &\quad +1,0025\% > x > -0,9975\%, \end{aligned}$$

oraz dla każdego  $\delta$ :

$$\delta' \leq 124,5 \delta.$$

Dla uzmysłowienia fizycznego znaczenia przy-  
toczonych formuł (14) oraz (15), podaję jeden po-  
pularny przykład: powszechnie znane jest uczu-  
cie „zimna” przy dotknięciu ręką metalu. Zjawisko  
to tłumaczy bardzo dobrze formuła (14); przewod-  
ność cieplna metalu jest duża w porównaniu z cia-  
łem ludzkim, zatem przy dotknięciu ustala się na  
zestknięciu temperatura  $b$ . bliska temperatury me-  
tal (zatem daleka od temperatury ręki); jeżeli,  
naodwrot, dotykamy złego przewodnika ciepła,  
np. korka, temperatura na zestknięciu jest bliska  
temperatury ręki (bowiem przewodność cieplna  
korka jest mała w porównaniu z ciałem ludzkim)  
i w pierwszej chwili nie odbieramy wrażenia zim-  
na. Wrażenie zimna przy dotknięciu metalu jest  
ściśle chwilowe, działa jak ukłucie szpilką, skąd  
wniosek, że temperatura na styku jest wartością  
ściśle brzegową ( $\tau = 0$ ), zatem niema tu  
mowy o wpływie szybkiego lub powolniejszego od-  
prowadzania ciepła. Jeżeli, biorąc do ręki jakąś  
tkaninę, np. wełnę, mówimy, że jest ona „ciepła”,  
nie wynika to wyłącznie ze zrozumienia jej własno-  
ści izolacyjnych, ale również z intuicyjnego skoja-  
rzenia myśli z bezpośrednio odebranem wrażeniem  
temperatury na zestknięciu, bliskiej temperatury ręki;  
tkanina ta wydała nam się „ciepła” w dot-  
knięciu. Wogóle ręka ludzka jest jakgdyby  
aparatem do mierzenia spólczynnika przewodze-  
nia. Przy pewnej wprawie rozróżnić można dot-  
knięciem ręki nawet metale, np. miedź jest bardzo  
„zimna” w dotknięciu, cyna zaś — znacznie „ciep-  
lejsza”. Rzecz się ma odwrotnie z materiałami og-  
rzanymi powyżej temperatury ciała ludzkiego; z  
dwu przedmiotów o jednakowej temperaturze, gdy  
przedmiot drewniany jeszcze stosunkowo łatwo bę-

dziemy mogli wziąć do ręki, przedmiot metalowy  
będzie nas „parzył” i nie będziemy go mogli ująć.

Uważam, że ten popularny przykład ustala  
ponad wszelką wątpliwość pozytywny sens wypro-  
wadzonej przezemnie zależności, — przynajmniej  
jakościowo.

W celu stwierdzenia dokładności urządzenia,  
przeprowadziłem cały szereg pomiarów przewod-  
ności cieplnej piasku niemieckiego normalnego oraz  
polskiego, proponowanego jako normalny, dla tem-  
peratur ok.  $70^\circ$ , ok.  $50^\circ$ , ok.  $40^\circ$  i ok.  $35^\circ\text{C}$ , i porów-  
nywałem znalezione wartości z wartościami poda-  
nemi w artykule E. Schmidt'a: Die Wärmeleit-  
zahlen von Stoffen auf Grund von Messergebnissen  
(Mitt. aus dem Forsch. für Wärmeschutz (E. V.)  
Monachjum, 1924, zesz. 5, str. 50), a znalezionemi  
przez Groeber'a. Dla temperatur niższych, rzeczy-  
wiste granice błędu pomiaru pozostawały wewnątrz  
granic teoretycznych, natomiast przy wyższych  
temperaturach przekraczały je, dochodząc przy  
 $t_s \approx 70^\circ\text{C}$  do  $\pm 3,715\%$ . Fakt ten tłumaczy się  
tem, że im większa jest różnica  $\Delta = t_a - t_s$ , tem  
szybszy jest spadek temperatury  $t_s$  w okresie po-  
czątkowym, skąd powstaje trudność ścisłego okre-  
ślenia temperatury  $t_s$  przez ekstrapolację, bowiem  
odczyty muszą tu być b. częste i pierwszy z nich  
nastąpić musi w czasie możliwie jaknajkrótszym.  
Dla materiałów bardzo źle przewodzących ciepło,  
spadek temperatury  $t_s$  w czasie jest wprawdzie  
łagodniejszy, ale zato wymagana jest większa do-  
kładność odczytu temperatur, bowiem wtedy  $\varepsilon$  jest  
b. małe.

Nie licząc czasu potrzebnego na zmontowanie  
aparatury, który zawsze, w każdej metodzie, jest  
niezbędny, sam pomiar trwa b. krótko — zaledwie  
kilkanaście minut, nie należy jednak do łatwych,  
zwłaszcza przy zastosowaniu metody kompensacyjnej  
mierzenia napięć termoelektrycznych, bo  
właśnie od szybkości przeprowadzenia odczytów  
zależy ścisłość pomiaru. W przeciwieństwie więc  
do innych metod, metoda opisywana daje wyniki  
tem dokładniejsze, im szybciej przeprowadzony jest  
pomiar.

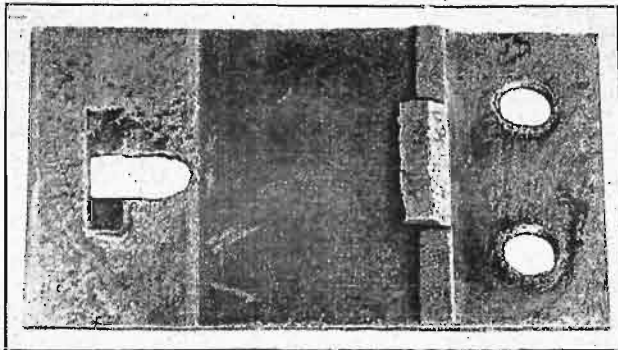
Podanej w niniejszej pracy teorii zarzucić by  
można, że nie uwzględniono w niej promienio-  
wania i konwekcji w stosunku do otaczającego  
powietrza. Zjawisko to pominąłem jednak rozmy-  
ślnie, nie dlatego aby uniknąć zbyt wielkich trud-  
ności rachunkowych, ale poprostu dlatego, że jego  
uwzględnianie było zbyt bezcelne z dwu względów:  
1) temperatura na ścianie zewnętrznej sześcianu  
różni się przez cały czas pomiaru b. mało od tem-  
peratury otoczenia; 2) pomiar polega na oznacze-  
niu temperatury na wewnętrznej ścianie granicznej  
w chwili  $\tau = 0$ ; w chwili tej temperatura  
zewnętrznej powierzchni sześcianu jest ściśle równa  
temperaturze otoczenia, wobec czego o promienio-  
waniu i przejmowaniu ciepła nie może być mowy;  
jeżeliby nawet dalszy przebieg krzywej  $t_s = f(\tau)$   
uległ odchyleniu od krzywej teoretycznej, jest to  
obojętne, bowiem ewentualne to odchylenie, spo-  
wodowane promieniowaniem, miałoby przebieg cią-  
gły i regularny i, tem samem, nie przeszkodziłoby  
w wyekstrapolowaniu  $t_s$  dla  $\tau = 0$ . Ta sama uwaga  
dotyczy nieuniknionych strat cieplnych przez rurkę,  
doprowadzającą gorącą wodę do sześcianu we-  
wnętrznego, oraz przez druty termopary.



# O regeneracji złączek szynowych.

Napisał Inż. B. Hummel.

**R**egeneracja, czyli odnawianie złączek szynowych (łubek, podkładek i t. d.), praktykowane od kilkunastu lat we Francji i w Niemczech, dopiero od bardzo niedawnego czasu stało się przedmiotem zainteresowania ze strony kolei polskich. Przed niespełną bowiem półtora rokiem pewna prywatna firma niemiecka, wykonująca tę pracę dla państwowych kolei niemieckich, mianowicie „Brinker Eisenwerke“ — wystą-



Rys. 1. Podkładka zużyta.

piła do naszego Ministerstwa Komunikacji z propozycją urządzenia w Polsce podobnego zakładu, podejmując się dostarczyć w tym celu wszelkich potrzebnych maszyn. Rzecz ta z różnych powodów nie doszła wówczas do skutku. W roku znów bieżącym Warszawska Fabryka Budowy Parowozów, nabywszy od innej niemieckiej firmy (mianowicie „Norddeutsche Eisenbahnwerkstätte“) licencję na odnawianie złączek szynowych według jej patentu — zaproponowała Ministerstwu Komunikacji zawarcie 6-letniego kontraktu, w myśl którego podejmuje się urządzić u siebie i swoim kosztem specjalny oddział regeneracyjny, Ministerstwo zaś zobowiązałoby się powierzać fabryce odnawianie pewnych zagwarantowanych ilości złączek, płacąc za to pewne określone ceny. Sprawa jest w tej chwili w toku, przyczem są szanse, iż kontrakt zostanie zawarty.

Regeneracja, jak sama nazwa wskazuje, polega na przywracaniu zużytemu, t. j. wytartemu, względnie wygniecionym w pewnych miejscach złączkom — takich wymiarów, czy też takiego kształtu, aby uczynić je zdadnymi do dalszej sprawnej służby. W tym celu rozżarza się je do białości, poczem prasuje pod dużym ciśnieniem w matrycach, mających zasadnicze wymiary takie, jakie powinna mieć nowa złączka. Ponieważ jednak trzeba skądś zapożyczyć nieco materiału, aby skompensować braki na powierzchniach, które uległy zużyciu, przeto albo w matrycach, albo w stemplach pras są pewne występy, które wygniatają wgłębienie w takich miejscach złączki, gdzie uszczuplenie materiału jest nieszkodliwe z punktu widzenia wytrzymałości i przesuwa ją w te miejsca, gdzie go brak. Dla ilustracji podane są poniżej: widoki regenerowanej podkładki — przed i po naprawieniu

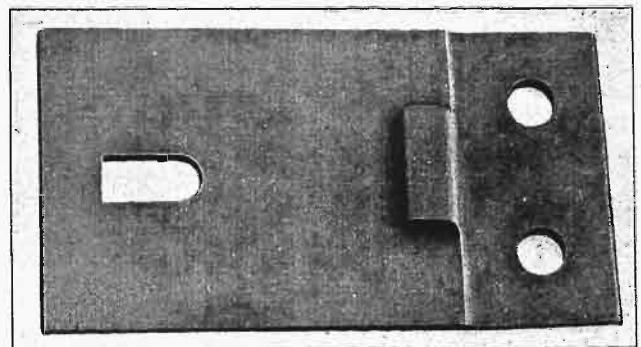
(rys. 1 i 2) oraz szkic łubki — w przekroju poprzecznym (rys. 3), na którym uwidoczniono liniami przerywanymi granice zużycia na górnej i dolnej powierzchniach oporowych oraz pokazano za pomocą linii *cd* wgłębienie, wygniecione przy regeneracji.

Procedura powyższa, jak widać, pozostawia pewne pole dla pomysłowości w konstruowaniu matryc, które stanowią właściwy przedmiot wynalazku i patentu, co się bowiem tyczy pras, to są one typu zwykłego, używanego do innych podobnych celów.

O co innego przytem chodzi przy regenerowaniu, na przykład, podkładek, o co innego zaś znów — przy odnawianiu łubek. W tym ostatnim wypadku celem zabiegu jest przywrócenie złączce zamiast zmniejszonej — wskutek zgniecenia, czy też wskutek starcia — wysokości *ab* wymiaru właściwego (patrz rys. 3), którego brak powoduje, że łubka, pomimo wcisnięcia się w sam głąb komory łubkowej, jest już luzna i nie podtrzymuje należycie styku szynowego, czyli nie spełnia swego zadania. W podobnych wypadkach, dotychczas albo wymieniano zużytą łubkę na nową, albo też ratowano się lichą łataniną w postaci uszczelniania luzów za pomocą wkładek z blachy odpowiedniej grubości.

Odnawianie natomiast podkładek polega na przywracaniu gładkiej, prawidłowej formy dolnym i górnym ich płaszczyznom, celem uzyskania dobrego przylegania podkładki do szyny — z jednej strony, do podkładu zaś — z drugiej strony.

W szczególnym wypadku podkładki t. zw. hakowatej (rys. 4), chodzi oprócz tego jeszcze i o wyregulowanie wgłębienia *cd*, tak żeby stopka szyny wchodziła w nie ściśle.

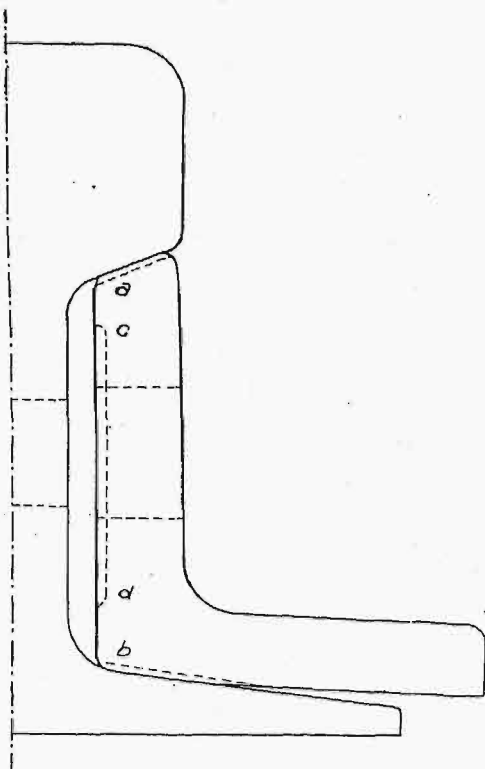


Rys. 2. Podkładka regenerowana.

Ponieważ koszt regenerowania podług wspomnianej wyżej oferty T-wa budowy parowozów ma się zawierać — wyłączając części bardzo drobne, — zależnie od wagi, w granicach od 30% do 50% — w stosunku do wartości odpowiedniej części nowej, — przeto Ministerstwo Komunikacji propozycją tą się zainteresowało. Powstało jednak zaraz pytanie, jaka może być trwałość złączek po regeneracji. Gdyby bowiem miała być znacznie mniejszą od trwałości nowych, to raczej może opłacałoby się przy wymianie zużytych stosować nowe za-

miast odnowionych. W braku doświadczenia własnego, należało zwrócić się po wyjaśnienia do narodów, doświadczenie to już posiadających.

W tym celu, z polecenia p. Ministra Komunikacji, udała się do Niemiec i do Francji Komisja w składzie kilku inżynierów, która przedewszystkiem, w porozumieniu z dyрекcją wspomnianego



Rys. 3. Szkic łubki w przekroju poprzecznym.

T-wa „Norddeutsche Eisenbahnwerkstätte“, obejmująca regeneracyjne zakłady wymienionej firmy w Werder, poczem — z zezwolenia Generalnej Dyrekcji Kolei Niemieckich — zwiedziła analogiczne zakłady rządowe w Kirchemöser pod Brandenburgiem.

Następnie Komisja udała się do Francji, gdzie, dzięki uprzejmości Dyrekcji Kolei Północnych, zwiedziła regeneracyjny zakład tychże przy stacji Persan-Beaumont.

W wyniku stwierdzono przedewszystkiem, że regeneracja w Niemczech, wobec potrzeby możliwego oszczędzania środków, w związku zwłaszcza z obecnym handlowym kierunkiem kolei niemieckich, — zainicjowaną została już przed 13 laty, na dobre jednak zorganizowano ją technicznie dopiero od lat 10. Poza dwiema prywatnymi firmami (wspomniane „Norddeutsche Eisenbahnwerkstätte“ oraz „Brinker Eisenwerke“ w Hanowerze), odnawianiem zajmuje się — przeważnie na mniejszą skalę — parę jeszcze warsztatów rządowych (wśród nich — największy bodaj w Kirchemöser).

Zakłady te pracują nie dla całej sieci „Reichsbahn-Gesellschaft“, lecz właściwie tylko dla 18 dyrekcji (na ogólną liczbę 30), mianowicie północno-środkowych, z wyłączeniem południowych, a to dlatego, że tylko pierwsze mają względnie znormalizowaną nawierzchnię, regeneracja zatem może ograniczać się do niewielu rodzajów złączek i być przez to masową.

O rozmiarach tej masowości dają pojęcie następujące cyfry; w Werder odnawia się rocznie ok. 2 500 000 podkładek, 700 000 łubek i 3 500 000 żabek (za pośrednictwem tych ostatnich wkret przy-ciska stopę szyny do podkładki).

Razem czyni to ok. 35 000 tonn żelaza rocznie.

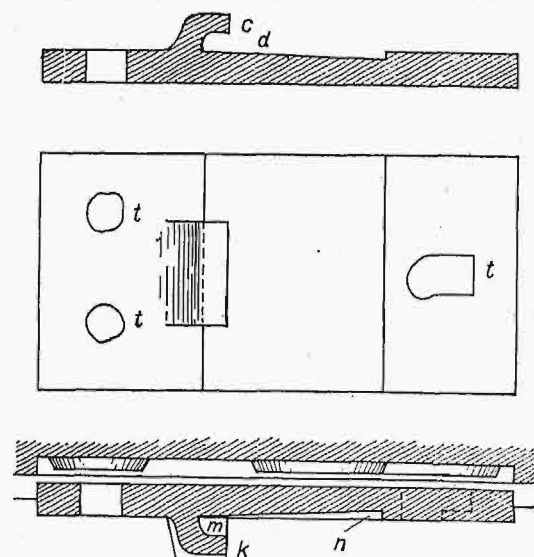
Zakład rządowy w Kirchemöser regeneruje prawie wyłącznie łubki, rozwijając w tym kierunku wydajność mniej więcej podobną, jak poprzedni.

Przebieg regeneracji jest następujący: Złączki są nagrzewane w piecach generatorowych, opalanych koksem (może być również użyty węgiel lub ropa); nagrzewanie doprowadzane jest do temperatury białego żaru, poczem podkładki przechodzą kolejno przez 4 prasy frykcyjne o o nacisku: 85 t, 300 t, 140 t i 140 t oraz o skoku: 600 mm, 750 mm, 500 mm i 500 mm.

Przedewszystkiem uderzeniami stempla bezpośrednio w krawędzie podkładek, osadza się je zlekka, dzięki czemu następuje pewne pogrubienie materiału, kosztem — oczywiście — niewielkiego stosunkowo zmniejszenia wymiarów głównych w planie. Potem umieszcza się złączkę pod prasą następną w matrycy na płask, spodem do góry, poczem naciska się ją stemplem, zaopatrzonym w występy, jak wskazuje rys. 5.

Linja *mn* pokazuje, jak wżarła się stopka szyny w podkładkę, wskutek zużycia. Pod naciskiem występow stempla, następuje przesunięcie materiału, tak że wgłębienie powyższe wyrównywa się, powierzchnia zaś spodnia kształtuje się tak, jak wskazuje załączony rys. 6.

Pod prasą następną wygładza się powierzchnię, będącą miejscem oparcia dla stopki szyny.



Rys. 4 i 5. Szkic zużytej podkładki hakowatej oraz matrycy i stempla do jej regenerowania.

Wkońcu przy pomocy stosownej matrycy — przywraca się dziobowi *k-m* (patrz rys. 5) prawidłowy kształt, jednocześnie zaś wyregulowuje otwory na wkrety (*t, t, t* na rys. 4 i 6).

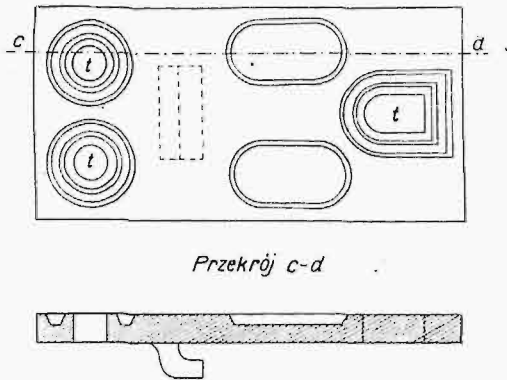
Na prasie dodatkowej o działaniu mimośrodowym wygładza się jeszcze, o ile zachodzi potrzeba, boki wspomnianych otworów, t. zn. usuwa się z nich zadry. Czynność ta uskuteczniata jest już na zimno.



Oczywiście, stemple i matryce pras, pracujących na gorąco, muszą być podczas pracy chłodzone wodą.

Opisany wyżej proces nieco się upraszcza, gdy chodzi nie o podkładki hakowate, lecz o siodełka zwykłe.

Również regeneracja łubek odbywa się w zasadzie na jednej tylko prasie, która — jak to już poprzednio zaznaczono, — przywraca złączkom pierwotną ich wysokość kosztem pewnych wgnieceń na bocznej powierzchni wewnętrznej. W zakła-



Rys. 6. Ukształtowanie spodniej powierzchni podkładki naskutek regeneracji.

dach „Brinker Eisenwerke” stosowana do tego matryca posiada jeszcze i kły pionowe, zapomocą których wyregulowywane są otwory na śruby, tak że istotnie za jednym zamachem cała operacja zostaje zakończona. Natomiast tak w Weder, jak i w Kirchemöser, jak wreszcie we Francji, w Persan-Beaumont, — regulowanie otworów traktowane jest jako czynność osobna.

W rządowym zakładzie w Kirchemöser, gdzie regeneracji poddawane są prawie wyłącznie łubki, rzecz ta wykonywana jest trochę inaczej, niż gdzieś indziej w Niemczech, albo we Francji, mianowicie rozżarzone złączki przesuwane są jedna za drugą przez matrycę pod stemplem prasy, który ma na końcu osadzone rolki w poziomych ośkach. W ten sposób wgniecenie o powierzchni bocznej wykonywane jest jakby drogą walcowania. Ruch postępowy regenerowanego materiału uskutecznia się za pomocą bardzo dowcipnie urządzonego mechanizmu transportowego w postaci łańcucha bez końca z dwu wąskich taśm żelaznych, łączonych gęsto poprzeczkami. Do tych ostatnich przywieszane są od spodu jakby widelce, każdy z dwu połączonych również poprzecznie prętów, zgiętych pod prostym kątem.

Łańcuch ten, napędzany i podtrzymywany za pomocą krążków, prowadzony jest od wagonów, z których się materiał nieprzerobiony wyładowuje, idzie dalej po przez prasy regeneracyjne, następnie przez długie koryto z wodą, gdzie po przerobieniu jest chłodzony, aż wreszcie kierowany jest znów do wagonów, w których wywozi się wyroby gotowe z fabryki. Chłodzenie wodą, prócz tego, że umożliwia natychmiastowe załadowywanie zregenerowanych złączek do wagonów, — utwardnia je poza tem powierzchniowo, co jest dla ich dalszej służby czynnikiem bardzo dodatnim.

Podobne utwardnianie stosowane jest przy łubkach również i w innych zakładach, tak niemieckich, jak i francuskich.

Odnosnie do metody, jaką posilkują się zakłady w Persan - Beaumont, zauważyć trzeba, że jest ona nieco odmienną od niemieckiej, w tym tylko zresztą szczególe, że zamiast jednolitego wgłębienia w bocznej powierzchni łubki wyłacza się tam dwa równoległe trójkątne rowki poziome. Wydajność pras, używanych do regeneracji (p. rys. 7) wynosi mniej więcej:

dla łubek wagi ok. 10 kg — 200 szt. na godz.

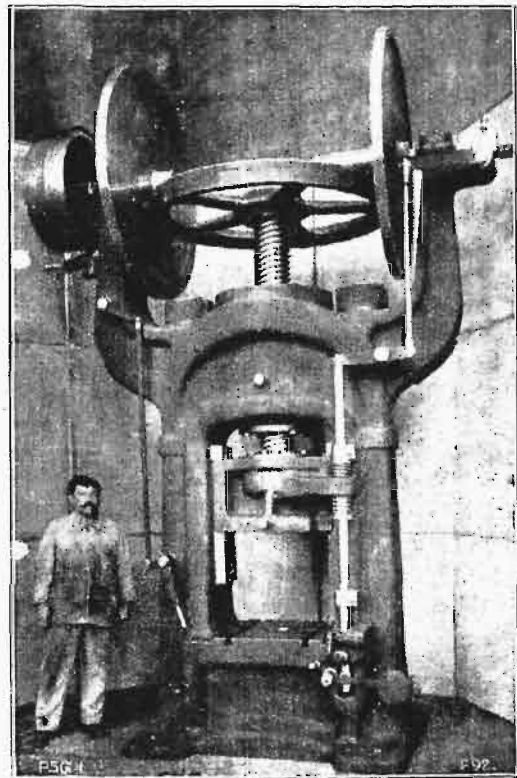
„ „ „ „ 20 kg — 120 „ „ „

dla podkładek hakow. (waga ok. 7 kg.) — 200 na godz.

„ „ „ „ zwykłych (waga ok. 4 kg) — 500 „ „

Zalecaną jest bardzo praca na 3 zmiany — głównie ze względu na piece, które przy działaniu bez przerwy i bez każdorazowego rozpalamia dają znaczne oszczędności na opale.

Jakże teraz przedstawia się kwestja trwałości regenerowanych złączek? Otóż i w Niemczech i we Francji opinia fachowa jest pod tym względem zdecydowanie i jednomyślnie dodatnią. Prostu uważają tam, że materiał regenerowany jest tak samo trwały, jak nowy. Obiektywnie można stwierdzić, że obecnie, czyli po 10 latach systematycznego stosowania omawianej metody, odnowione złączki pozostają w torach i pracują zadawalniająco, we-



Rys. 7. Jedna z pras do zabiegów regeneracyjnych.

dług zaś praktyki kolejowej dziesięć lat jest to okres, po którego upływie, — oczywiście przy starannem dbaniu o dobre utrzymanie toru, — wypada już częściowo rozpocząć wymianę bardziej zużytych złączek (zwłaszcza łubek) na nowe. Praktyka zdaje się tedy potwierdzać to zaufanie, jakim cieszy się zagranicą regeneracja.

Teoretycznie zresztą jest to zupełnie naturalne i uzasadnione: wszak procesy termiczny i mechaniczny, na których cały sposób polega, przyczyniają się bezwzględnie do poprawienia jakości obrabianych w ten sposób materiałów żelaznych. Chłodzenie zaś zimną wodą prowadzi do utwardzania ich z powierzchni.

Pozostaje powiedzieć parę słów o tem, jaki jest całkowity skład niezbędnej instalacji oraz jaki wypada koszt urządzenia fabryki.

Otóż całość powinny stanowić, poza opisanymi już prasami — z kompletem matryc — oraz poza piecami generatorowymi — następujące jeszcze obrabiarki pomocnicze:

- 1 tokarka pociągowa o wymiarach  $1500 \times 450$  mm.
- 1 strugarka poprzeczna szybkoobrotowa o skoku 800 mm.
- 1 wiertarka do dziur  $\varnothing$  25 mm.
- 1 wiertarka do dziur  $\varnothing$  50 mm.
- 1 frezarka uniwersalna.
- 1 nożyce.
- 1 szlifierka do pracy na mokro i na sucho.

Pozatem — napęd do pras i obrabiarek (najlepiej elektryczny); dalej, instalacja do nagrzewania pieców generatorowych, instalacja wodociągowa

na ok. 10 000 litrów na godz. o ciśnieniu 2—3 at, a wreszcie — opisane wyżej urządzenie do transportowania odnawianego materiału wewnątrz fabryki. Potrzebna moc napędu wynosi ok. 100 KM. Budynek fabryczny mierzyć powinien ok. 50 m długości, 20 m szerokości i 7—8 m wysokości.

Za instalację — jak powyższa — żądano od Ministerstwa w r. ub. 300 000 mk. niem., łącznie z licencją, — jednakże bez kosztów napędu, bez kompletu poprzednio wyliczonych obrabiarek pomocniczych i bez montażu, jak również bez wodociągu i bez robót murarskich przy stawianiu pieców, tudzież bez kosztu odnośnych materiałów (cegła ogniotrwała i t. d.).

Jakkolwiek przedmiotem streszczonych wyżej uwag jest tylko regeneracja złąbek kolejowych, to jednak nie ulega wątpliwości, że i różne inne wyroby żelazne kute, względnie kuto-lane mogą być tym sposobem odnawiane. Przedewszystkiem zaś różne części maszyn, nieraz posiadające znaczną wagę, a zużyte w niektórych tylko miejscach na powierzchni, możnaby tą drogą w wielu wypadkach przywracać do stanu poprawnego, zamiast żeby, jak dotąd, oddawać na złom. Wydaje się, że poruszona tu sprawa zasługiwałaby na uwagę czynników kompetentnych.

## Stal krzemowa konstrukcyjna.

Napisał Inż. M. Dubowicki, Kraków, Akademia Górnicza.

Jezeli mówimy o stalach krzemowych konstrukcyjnych, to trzeba wspomnieć wogóle o konstrukcyjnych stalach, które mają nieocenione znaczenie dla techniki i cywilizacji. Gdy wymagania stawiane materiałowi w technice były niewielkie, wystarczały stale węgliste. Jednak z postępem i rozwojem techniki powstawały coraz to nowe zagadnienia, wymagające od materiałów specjalnych właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych, i dlatego zaczęto się uciekać do specjalnych stali stopowych, do których również należą stale krzemowe. W 90-tych latach zeszłego stulecia rozpowszechnienie ogólne żelaza zlewne dało równocześnie impuls do szukania nowych gatunków żelaza o wyższych przedewszystkiem mechanicznych właściwościach. Wielki rozwój techniki, w dziedzinie budowy dróg żelaznych, mostów, wielkich budowli — „drapaczy chmur” i okrętów zmusił, zwłaszcza w Ameryce<sup>193)</sup>, techników do wprowadzenia, oprócz zwyczajnej stali zlewnej o wytrzymałości 38—43 kg/mm<sup>2</sup>, stali t. zw. „medium steel” o 42 — 49 kg/mm<sup>2</sup>, a dla szczególnie odpowiedzialnych konstrukcyj — „high steel” o 49 do 56 kg/mm<sup>2</sup>. Inne kraje, np. Francja, żądały dla materiału przeznaczonego na odpowiedzialne konstrukcje żelazne, więc np. mosty żelazne, wytrzymałości 42 kg/mm<sup>2</sup> i 22% wydłużenia, która to stal odpowiada-

ła amerykańskiej stali „medium steel”. Z czasem jednak podwyższono własności mechaniczne materiałów konstrukcyjnych. I tak np. do budowy mostu w Lyonie żądano stali o wytrzymałości 44 — 50 kg/mm<sup>2</sup> i 24% wydłużenia. Stal węglista o wyższych właściwościach mechanicznych zastosowano przy budowie mostów w Forth<sup>200)</sup>, gdzie wytrzymałość materiału wynosiła 48 — 52 kg/mm<sup>2</sup>, a wydłużenie 20%. Skład tej stali był 0,12 do 0,15% C, 0,9 do 1,0% Mn i 0,15 do 0,20% Si. Jednak później wymagania jeszcze wzrosły i w 1902 r. zjawia się w Ameryce, poprzedzona badaniami Waddela i Webstera<sup>201)</sup> nowa stal — niklowa, która zawiera ok. 3,25% Ni, o wytrzymałości 70 kg/mm<sup>2</sup> (po wyżarzeniu 60 kg/mm<sup>2</sup>) i granicy płynności 39 kg/mm<sup>2</sup> (po wyżarzeniu 34 kg/mm<sup>2</sup>).

W Niemczech zaczęto wytwarzać stal niklową dla celów konstrukcyjnych znacznie później, bo dopiero w r. 1908, po raz pierwszy w hucie „Guthofnungshütte”; stal ta zawierała od 2 do 2,25% Ni, wytrzymałość jej wynosiła 56 — 65 kg/mm<sup>2</sup>, granica płynności 35 kg/mm<sup>2</sup>, wydłużenie 18%.

W r. 1910 zbudowano pierwszy most ze stali niklowej w Oberhausen i Kilonji<sup>202)</sup>.

Szerszego atoli zastosowania stal niklowa nie znalazła.

\*) Dalszy ciąg serji artykułów, które się ukazały w „Przegl. Techn.” w r. ub.

190) W. Ritter, Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten, Zürich, 1926.

200) Barkhausen, Die Forth-Brücke, Berlin, 1889.

201) St. u. E. 1909, str. 1438, i Proc. of the Amer. Soc. of Civ. Eng., 1908.

202) F. Bohny, Die Verwendung von Nickelstahl in Brückenbau der Eisenbau 1911, 79.



Prawie w tym samym czasie wynalazł Krupp stal chromowo - niklową. Od tego czasu datuje się wielki rozwój stali specjalnych. Jednak wysoka cena niklu i chromu nie mogła pozwolić na szersze zastosowanie tych stali i znów następuje powrót do stali węglistych.

W roku 1924 firma „Linke — Hoffmann — Lauchhammer A. G. w Riesa”<sup>203)</sup> wynalazła stal „L. H. L.” i złożyła ofertę niem. kolej żelaznej; wytrzymałość tej stali wynosiła  $55 \text{ kg/mm}^2$ , granica płynności  $34 \text{ kg/mm}^2$  i wydłużenie 23%. Kolej niemiecka, opierając się na tej ofercie, ogłasza nowe przepisy dla stali konstrukcyjnej, mian. „St. 48”, której wytrzymałość wynosiła  $48 - 58 \text{ kg/mm}^2$ ; granica płynności  $31,2 \text{ kg/mm}^2$ , wydłużenie 18%, przy czym granicę płynności obniżono potem na  $29 \text{ kg/mm}^2$ . Ale nie tylko Europa wróciła do stali węglistej, również Ameryka zaczęła poszukiwać innych stali. Po raz pierwszy zastosowano w Ameryce zamiast stali niklowej nową stal krzemową o wytrzymałości  $63 \text{ kg/mm}^2$  i granicy płynności  $38 \text{ kg/mm}^2$  przy budowie mostu Delaware w Filadelfji w r. 1925,26<sup>204)</sup>.

Prawie równocześnie<sup>205)</sup> jedna z berlińskich firm („J. C. Freund”) wprowadza nową stal t. zw. „F”, o wytrzymałości  $53 \text{ kg/mm}^2$ , granicy płynności  $47 \text{ kg/mm}^2$ , czyli również 88% granicy wytrzymałości, i wydłużeniu podobnym do miękkiego żelaza: 28%, a przewężeniu 63%. Okazało się później, że była to stal krzemowa, a raczej krzemowo-manganowa, otrzymana w piecu Bosshardta. Przeprowadzono z tą stalą różne badania w Dreźnie i w Düsseldorfie<sup>206)</sup>.

Badania nad stalami krzemowymi są zresztą ciągle w toku w różnych instytucjach naukowych, oprócz wspomnianych także w Londynie, Berlinie i Moskwie. Wyniki są częściowo ogłaszane tylko w czasopiśmie. Ale przypuszczam, że w niedalekiej przyszłości niejedno zagadnienie w zakresie tej stali zostanie naukowo oświetlone i odpowiednio zastosowane w praktyce.

Według danych „Werkstoff-Handbuch”, stale krzemowe, używane na konstrukcje żelazne, powinny posiadać następujący skład chemiczny:

$C=0,08$  do  $0,18\%$ ,  $Si=1,20$  do  $0,80\%$ ,  $Mn=1\%$  do  $0,5\%$ ,  $P \leq 0,04\%$ ,  $S \leq 0,04\%$ .

Z podanego składu widać, że zawartość węgla jest dość niska i nie przekracza zwykle  $0,2\%$  C. Większe zawartości węgla i manganu wprowadza się celowo dla żelaza profilowego o większych wymiarach i mniejszej przeróbce podczas walcowania, by w ten sposób podwyższyć granicę płynności. Różnica między dodatkiem węgla i krzemu w żelazie polega na tem, że krzem podwyższa w znacznie większym stopniu granicę płynności i sprężystości, niż węgiel, przy czym krzem nie obniża tak silnie wydłużenia i przewężenia, t. zn. cią-

gliwości, jak węgiel. Struktura konstrukcyjnej stali krzemowej nie różni się od zwykłej węglistej o tej samej zawartości węgla, bowiem składa się z ferrytu i z odpowiedniej ilości perlitu w stosunku do zawartości węgla.

Ziarna są w ogólności mniejsze niż w stali węglistej równej wytrzymałości. Stali krzemowej używanej na konstrukcje używa się przeważnie w stanie walcowanym, rzadko kiedy stosuje się do niej wyżarzanie i hartowanie. Wyżarzanie pogarsza własności mechaniczne stali krzemowej, zwiększa jej kruchość i zmniejsza ciągliwość; przy hartowaniu trzeba zachować większą ostrożność, gdyż stale krzemowe są więcej czułe na działanie wysokich temperatur, niż zwykłe stale węgliste. Krzemowa stal ulepszona mało różni się od tejże w stanie wyżarzonej<sup>209)</sup>.

### Własności wytrzymałościowe.

Wpływ krzemu na własności mechaniczne miękkiej stali, względnie żelaza, badali różni uczeni. Do dawniejszych badań zaliczyć można badania R. A. Hadfielda<sup>10, 11, 208)</sup> (1889), L. Guilleta<sup>203)</sup> (1894), T. Backera<sup>144)</sup> (1903), do nowszych P. Pagliantiego<sup>51, 102)</sup> (1912), A. Pompa<sup>210)</sup> (1925) oraz cały szereg badań nad stalą wytopu „Freund” i t. d.

Własności wytrzymałościowe nie tylko stali krzemowej, ale każdej innej stali mają w konstrukcjach pierwszorzędne znaczenie; największą rolę z własności wytrzymałościowych odgrywa dla konstruktora granica płynności, gdyż od jej wysokości zależy dopuszczalne naprężenie. Dla zwykłej stali węglistej w stanie nieulepszonym granica płynności wynosi około  $55\%$  wytrzymałości, zaś w ulepszonym materiale stosunek ten jest nieco wyższy. W stalach stopowych, w stanie ulepszonym stosunek granicy płynności do wytrzymałości leży znacznie wyżej, przy  $5,0\%$  Ni osiąga  $70\%$ , a w chromowo-niklowych — do  $80\%$ . Dla różnych stali waha się granica płynności od  $20 \text{ kg/mm}^2$  w bardzo miękkim żelazie aż do  $120 \text{ kg/mm}^2$  w ulepszonej stali chromowo-niklowej<sup>170)</sup>.

Granice płynności do  $45 \text{ kg/mm}^2$  można otrzymać w zwyczajnych stalach węglistych (np. granice płynności od  $37$  do  $40 \text{ kg/mm}^2$  posiada stal węglista wyżarzona o zawartości  $0,60\%$  węgla lub stal ulepszona o zawartości  $0,50\%$  węgla). Ponad  $45 \text{ kg/mm}^2$  granicy płynności trzeba stosować stale stopowe specjalne. Wybór takiej stali zależy od żądanej granicy płynności, od wielkości i postaci wyrobu, od obróbki, ciągliwości i t. p., jakoteż od ceny.

Chcąc omówić własności mechaniczne stali krzemowej przeznaczonej na konstrukcje żelazne, muszę wspomnieć, że na wytrzymałość i granicę płynności wpływa nie tylko skład chemiczny, lecz cały szereg innych czynników, z których najważniejsze są następujące:

1) przebieg samego topienia (wsad, prowadzenie procesu i t. p.),

2) temperatura, szybkość krzepnięcia stali w samych wlewnicach,

<sup>203)</sup> Bauingenieur 1924, str. 522.

<sup>204)</sup> Bautechnik 1926, str. 838.

<sup>205)</sup> Bautechnik 1925, zeszyt 45.

<sup>206)</sup> Dr. Szafer, Der F.-Stahl. Bauingenieur 1925, str. 844 i Bautechnik 1926, zeszyt 17.

<sup>207)</sup> M. Roš. Der neue F.-Stahl. Zürich, 1926.

<sup>208)</sup> St. u. E. 1926, str. 493/503.

<sup>209)</sup> St. u. E. 1926, str. 1751.

<sup>210)</sup> K. W. Inst. f. Eisenforsch. 1925 B VII, str. 105/112 oraz St. u. E. 1926, str. 52 i St. u. E. 1924, str. 1694.



- 3) szybkość krzepnięcia stali w zlewkach,
- 4) czas ogrzewania zlewków,
- 5) temperatura początkowa i końcowa walcowania, czas walcowania i w końcu szybkość ochładzania (kształt, wymiary i t. d.).

Dlatego nic dziwnego, że badając własności mechaniczne stali krzemowych nie tylko z różnych, lecz nawet z tego samego wytopu, otrzymujemy różne wartości, na co wpływają także waga i przekrój zlewków, wzięcie próby z górnej części zlewka czy z dolnej i t. p.

Do najdawniejszych badań nad wpływem krzemu na własności wytrzymałościowe miękkiego żelaza należą badania Hadfielda; materiał użyty do badań wytopiono w tyglu przy dodatku 20% żelazo-krzemu, potem odlewano w bloki 63 mm grubości, wykuwano kęsy grubości 44 mm i w końcu walcowano je na pręty grub. 28 mm.

Zawartość krzemu do 1,5% — 1,75% podnosi granicę proporcjonalności i wytrzymałość, przy czym wydłużenie nie ulega prawie zmianie. Liczbowe dane Hadfielda podaje tabela 27.

TABELA 27.

Skład chemiczny i własności wytrzymałościowe stali krzemowych według Hadfielda.

Próbka	C %	Si %	Q kg/mm <sup>2</sup>	R kg/mm <sup>2</sup>	A %	C %	U w a g a
1	0,18	0,79	39,4	53,6	29,5	54,5	Materiał walcowany
2	0,18	0,79	29,9	46,5	34,0	52,7	„ wyżarzony
3	0,19	1,60	44,1	59,1	31,1	50,6	„ walcowany
4	0,19	1,60	39,4	52,0	36,1	54,6	„ wyżarzony

Stosunek granicy płynności do wytrzymałości wynosi dla niewyżarzonej stali około 74%, dla wyżarzonej — około 64 i 76%. Hadfield stwierdził również, że stale krzemowe posiadają dobrą zdolność płynięcia (Fließvermögen).

Badania Wahberg'a i Heyn'a<sup>212)</sup> z roku 1901 uzależniły własności mechaniczne miękkiego żelaza od zawartości krzemu i od innych wpływów niezbadanych. W roku 1903 przeprowadził Guillet<sup>10)</sup> badania mechaniczne nad wpływem krzemu w stali o zawartości 0,2% węgla i udowodnił, że krzem podwyższa granicę proporcjonalności i wytrzymałości stali, przy czym wydłużenie nie zmienia się prawie aż do 2% zawartości krzemu. Guillet doszedł do podobnych wyników, jak Hadfield, i znalazł, że przy zawartości krzemu 0,93% Si i zawartości węgla 0,21% C stosunek granicy płynności do wytrzymałości wynosi 64%, a przy zawartości 1,6% Si i 0,12% C około 80%.

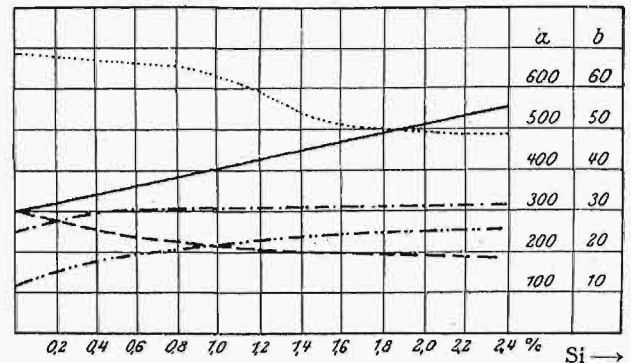
Na podstawie powyższych badań, twierdził G. Mars<sup>10)</sup>, że dodatek krzemu w ilości do 2% w stali miękkiej podnosi granicę proporcjonalności, nie wpływając na wydłużenie i przewężenie.

Badania Th. Backera odnoszą się również do stali o małej zawartości węgla i manganu nie wyżej 0,1%, fosforu i siarki jak najmniej, a krzemu do 8,6%.

<sup>211)</sup> St. u. E. 1926, str. 880.

Ciągliwość żelaza wzrasta, według Backera, do zawartości 4% Si, większa zawartość krzemu obniża ją, również do 4% Si rośnie bardzo prędko twardość, wyżej zaś materiał jest bardzo kruchy.

Badania mechaniczne nad stalami krzemowymi konstrukcyjnymi przeprowadził również Paglianti<sup>51)</sup>. Wyniki tych badań przedstawiono na rys. 28.



Rys. 28. Wpływ krzemu na własności wytrzymałościowe i na twardość miękkiego żelaza (Paglianti).

Podziałka	własności
a	B w jed. Brinella kg/mm <sup>2</sup>
b	R w kg/mm <sup>2</sup>
b	A w %
b	S w kg/mm <sup>2</sup>
b	C w %

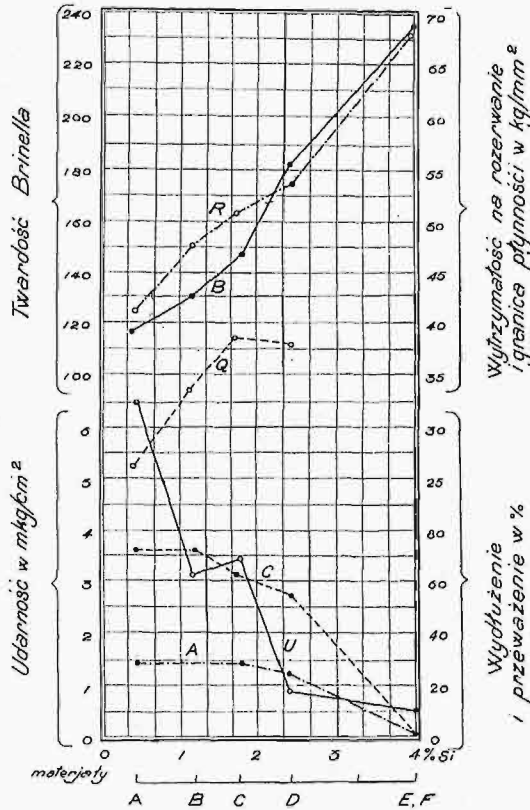
Paglianti, podobnie jak poprzedni badacze, stwierdził, że wytrzymałość na rozciąganie i granica płynności przy wzroście zawartości krzemu w stali krzemowej o składzie od 0,1 do 0,15% C i 0,24 do 5,26% krzemu podwyższa się; przytem wzrost wytrzymałości w materiale surowym wynosi 7,5 kg/mm<sup>2</sup> na 1% krzemu, natomiast w materiale wyżarzonej podnosi się wytrzymałość w nierównym stopniu, a w stalach hartowanych rośnie o 13,5 kg/mm<sup>2</sup> na 1% Si; również ze wzrostem zawartości krzemu podwyższa się granica płynności, podczas gdy wydłużenie i przewężenie nie ulega zmianie do 1% Si, a powyżej tej zawartości obniża się; twardość na 1% krzemu podwyższa się o 3,5 jednostek Brinella. Zwiększenie zawartości krzemu w stali powoduje zmniejszenie ciężaru właściwego stali. Zauważono także przy zawartości około 2% krzemu zmniejszenie udurowienia.

Z ramienia Instytutu „K. W. Inst. f. Eisenforschung“ w Düsseldorfie<sup>210)</sup> badań A. Pomp wpływ krzemu na żelazo miękkie o składzie od 0,39% Si do 4% Si i 0,05 do 0,12% C w temperaturach otoczenia i w temperaturach wyższych. Do badań użyto stali krzemowej o następującym składzie chemicznym:

TABELA 28.

Materiał	C %	Si %	Mn %	P %	S %	U w a g a
A	0,05	0,39	0,25	0,014	0,049	nadaje się na stal konstrukcyjną
B	0,07	1,17	0,32	0,013	0,034	
C	0,05	1,73	0,35	0,014	0,030	
D	0,06	2,39	0,16	0,010	0,016	stal na prądnice i przetwornice
E	0,05	3,94	0,11	0,014	0,021	
F	0,12	4,00	0,20	0,017	0,014	

Stal tę walcowano na platynie o grubości 11 mm i poddano potem badaniom mechanicznym.



Rys. 29. Wyniki badań mechanicznych stali krzemowych w temperaturze 20° C.

Wyniki badań mechanicznych w temperaturze otoczenia (w 20°) przedstawia rys. 29. Wytrzymałość podnosi się prawie proporcjonalnie do wzrostu zawartości krzemu w stali. Granica płynności podnosi się do zawartości około 1,7% krzemu, potem spada; wydłużenie jest prawie stałe do 1,7% Si, powyżej tej zawartości zaczyna spadać. Przewężenie zmienia się podobnie jak wydłużenie, ale tylko do zawartości 1% Si jest stałe, powyżej 1% Si zaczyna spadać. Udarność ciągle spada ze wzrostem zawartości krzemu, i to bardzo prędko, tak że w próbkach D, E, F o wysokiej zawartości krzemu, od 2,39 do 4%, osiąga wartość poniżej 1  $mkf/cm^2$ . Podobnie jak wytrzymałość, podnosi się twardość w przybliżeniu proporcjonalnie do zawartości krzemu. Stosunek wytrzymałości do twardości wynosi w stalach ubogich w krzem (w próbkach od A do C) około 0,35, natomiast w bogatych

w krzem (w próbkach od D do F) spada poniżej wartości 0,3.

Wpływ wyższych temperatur na własności mechaniczne stali krzemowej będą omawiał dalej.

Zainteresowanie stalami krzemowymi wzrosło w ostatnich trzech latach w różnych gałęziach przemysłu. W Niemczech firma „Berliner A. G. für Eisengiesserei und Maschinenfabrikation, früher J. C. Freund Co“ wprowadziła na rynek stal krzemową o zawartości 0,11% węgla i 0,80% krzemu. Stal ta, otrzymana w piecu systemu Bosshardta<sup>213, 214</sup>), wykazała wytrzymałość 53,1  $kg/mm^2$ , przyczem granica płynności wynosiła 88% wytrzymałości, a wydłużenie 27%. Późniejsze jednak badania przeprowadzone nad tą stalą w „Kaiser Wilhelm Inst. für Eisenforschung“ nie potwierdziły tych wyników, wykazując nieco niższą wartość stosunku granicy płynności do wytrzymałości — około 76%. Początkowo przepisywano tej stali krzemowej „Freund“, otrzymanej w piecu Bosshardta, specjalne własności, podawano, że powodem tak wysokiego stosunku granicy płynności do wytrzymałości jest dobre jej odtlenienie, brak tlenu i żużli. Jednak badania nad tą stalą nie wykazały znacznych różnic w porównaniu ze stalą otrzymaną w zwyczajnym piecu Siemens'a-Martin'a. Również przeprowadzono szereg badań nad własnościami mechanicznymi stali krzemowej, otrzymanej nie tylko w piecu Bosshardta, lecz i w piecu zwyczajnym Siemens'a-Martin'a i w elektrycznym, a nawet w gruzce Thomasa<sup>208</sup>).

Wpływ profilu walcowania w tych samych wytopach występuje bardzo wyraźnie<sup>5)</sup>. Większe profile podlegają mniejszej przeróbce mechanicznej podczas walcowania, gdyż poddaje się je mniejszej liczbie przepustów przez walce, również powolniej stygną niż mniejsze, wobec tego ich własności wytrzymałościowe są niższe i więcej zbliżone do materiału wyzarzonego. Głównie odnosi się to do granicy płynności, która spada znacznie szybciej niż wytrzymałość w miarę wzrostu grubości profilu. Należy również zwrócić uwagę, że były to pierwsze wytopy, dlatego można przypuszczać, że droga dalszej praktyki będzie można jeszcze polepszyć własności mechaniczne konstrukcyjnej stali krzemowej.

Prof. M. Roš<sup>216)</sup> badał wpływ obróbki na zimno i na gorąco na własności mechaniczne stali krzemowej „Freund“. Wyniki tych badań zestawiono w tabeli 29.

TABELA 29.

Próbka	Przekrój pręta	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Q $kg/mm^2$	R $kg/mm^2$	$\frac{Q}{R} \cdot 100$ %	A $(l = 11,3 \sqrt{3})$ %	$l = \frac{11,3}{2} \sqrt{3}$ %	C %
W stanie dostarczonym: pręt okrągły $\varnothing 32$ mm	$\varnothing 16$ mm	0,14	0,93	0,83	0,05	0,06	39,1	52,6	74,3	25,2	32,4	63,8
W stanie wyzarzonym: pręt okrągły $\varnothing 32$ mm	$\varnothing 16$ mm	"	"	"	"	"	32,4	48,5	66,8	26,7	33,4	66,0
Na zimno kuta: pręt okrągły $\varnothing 32$ mm	$9 \times 11$	"	"	"	"	"	63,0	63,2	99,5	6,4	12,8	61
" " " " " "	$9 \times 11$	"	"	"	"	"	63,0	63,5	100	5,7	11,3	57
Kuty w temp. niebieskiego nalotu: pręt okrągły $\varnothing 32$ mm	$9 \times 11$	"	"	"	"	"	72,7	72,7	100	5,7	11,3	49
" " " " " "	" " " "	"	"	"	"	"	68,9	68,9	100	6,2	12,3	58

Jako średnie wartości dla próbek dostarczonych 32 mm, otrzymano wytrzymałość 52,6 kg/mm<sup>2</sup>, granicę płynności 39,1 kg/mm<sup>2</sup> i stosunek  $\frac{Q}{R} = 74,3\%$ , przy wydłużeniu  $A = 25,2\%$  i przewodzeniu  $C = 63,8\%$ ; znaczny jest wpływ obróbki na zimno, gdyż wytrzymałość po takiej obróbce podniosła się średnio do 63,4 kg/mm<sup>2</sup>, granica płynności do 53, przyczem stosunek  $Q$  do  $R$  wynosił średnio 99,8, natomiast wpływ obróbki w temperatu-

rze niebieskiego nalotu był jeszcze większy, gdyż granica wytrzymałości podniosła się średnio do 70,8 kg/mm<sup>2</sup>, granica płynności na 70,8, tak że stosunek  $\frac{Q}{R} = 100\%$ .

Również H. W. Gillet<sup>210</sup>) ogłosił podobne wyniki badań nad stałą krzemową, przeprowadzonych przez Bureau of Standards, przytaczając szereg dawniejszych prac, między innymi pracę Bisset'a (1910).

(d. n.).

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

### BUDOWNICTWO.

#### Tunel drogowy pod rz. Mersey w Anglii.

Budowany obecnie tunel pod rzeką Mersey w Liverpoolu umożliwi przejazd samochodów z tego miasta do Birkenhead.

Projekt tego tunelu opracowany był już dość dawno, ale dopiero w r. 1925 uzyskał zatwierdzenie. Należy przypomnieć tu, że pod rzeką Mersey istnieje już tunel kolejowy, przebitý jeszcze w latach 1881 — 1886.

Czasopismo *Engineer* ogłasza teraz szczegóły budowy nowego tunelu według sprawozdania, wygłoszonego w Association of Mechanical Engineers. Całkowita długość tunelu wynosi 5,3 km. Jest więc to najdłuższy tunel podziemny w Europie.

Przekrój tunelu pod rzeką ma ok. 15 m średnicy. Spadek wynosi maximum 1:30. Szerokość jezdni pomiędzy wężłowymi sklepieniami wynosi 12 m, co umożliwia przejazd 4-ch pojazdów w rzędzie. Ilość materiałów ziemnych (skały), którą trzeba usunąć przebijając tunel, stanowi ok. 1 miliona tonn. Wewnętrzna powierzchnia tunelu pokryta będzie płytami metalowymi, łączonymi śrubami, dla wzmocnienia stroju i nadania mu większej szczelności. Ciężar metalu, zużywanego na te wykładziny, sięgać będzie 75 000 tonn. Płyty posiadać będą powłokę z zaprawy cementowej, dla ochrony od korozji.

Budowę tunelu zaczęto w r. 1925 z obu brzegów rzeki. Obie galerie spotkały się dn. 3 kwietnia 1928.

Na budowie zatrudnionych jest ok. 900 ludzi, a wkrótce liczba ta ma wzrosnąć dwukrotnie. Autor przypuszcza, że pracę będą ukończone za 3 lata.

Koszt budowy wyniesie przypuszczalnie ok. 1 miliona funtów sterl., z której to kwoty połowę pokrywa Ministerjum Pracy, a drugą połowę — miasto Liverpool i różne organizacje.

### KOLEJNICTWO.

#### Maszynowa przebudowa toru.

Celem jaknajszybszego odnowienia toru na szlaku Paryż - Chantilly, długości 48 km, zastosowano daleko idącą mechanizację robót. Mianowicie użyto dźwignicy ruchomej, posuwającej się na wózku po torze sąsiednim, która podnosiła stare szyny i ładowała je na platformy; za tą dźwignicą posuwał się wagon z urządzeniem czyszczącym podsypkę, wyposażonym w czerpaki kubelkowe i wykonywającym na miejscu całą operację czyszczenia. Następował nowy wagon z dźwignicą, która układała zestawiane obok i ładowane na oboczną platformę nowe szyny. Ażeby uzupełnić brakującą podsypkę, posuwano po przebudowywanym torze wagon,

wysypujący uzupełniającą jej ilość na tor odnawiany. Podkłady podbijano maszynowo. Napęd do tych urządzeń wytwarzała przewoźna maszyna parowa z prądnicą, a nadto — przewoźny silnik benzynowy. Na osobnym wozie dowożono wodę.

Zawdzięczając tym urządzeniom, osiągnięto taką szybkość pracy, że w ciągu jednej zmiany nocnej (6 godz.) 125 ludzi dokonało tak dalece odnowienia toru, iż mogły po nim już jeździć pociągi z szybkością 30 km/h. (R. G. d. Chemins de fer, październik 1929 str. 295. VDI. zesz. 43, r. ub.).

### MATERJAŁOZNAWSTWO.

#### Badania zmęczenia walczków kotłowych.

W laboratorium wytwórni Babcock and Wilcox w Barberton prowadzone są obszernie badania zmęczenia walczków kotłowych na wysokie prężności pary. W tym celu walczaki poddawane są kolejno ciśnieniu od 0 do 110 at, t. zn. o 50% powyżej ciśnienia roboczego, i następnie odciążane, wobec czego odtwarza się warunki ich pracy przy zmiennem ciśnieniu. Każdy walczak ma wytrzymać 150 000 takich zmian obciążenia bez żadnych uszkodzeń, gdyż liczba ta odpowiada średniemu okresowi pracy kotła. Jeden z badanych walczków spawanych wykazał nieszczelność dopiero po 400 000 zmian obciążenia. Wytrzymałość jednak szwu spawania na zmęczenie zależy oczywiście bardzo od jakości spawania. Podczas prób na zmęczenie ukazywały się na powierzchni walczków wygryzienia, które atoli nie wpływały na wyniki badań. (*Iron Age*, 1929, str. 611).

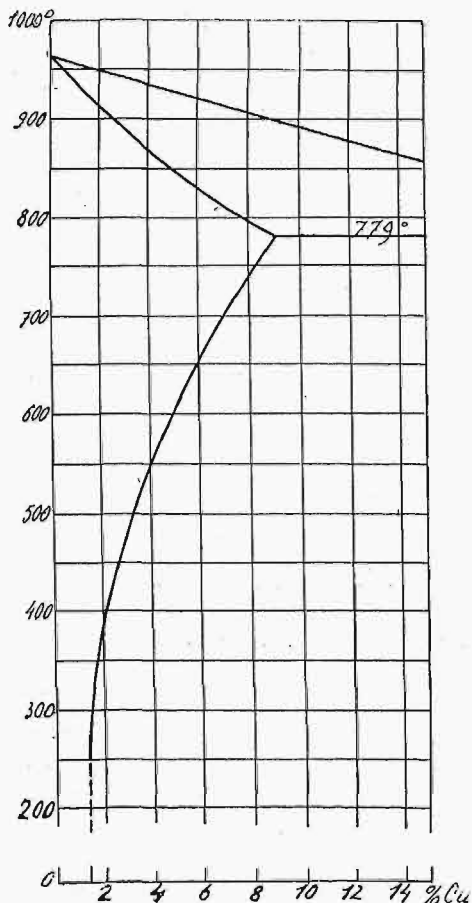
### METALOZNAWSTWO.

#### Rozpuszczalność miedzi w srebrze.

Zjawisko wzrastania rozpuszczalności miedzi w srebrze ze wzrostem temperatur stwierdzono niejednokrotnie przez próby ulepszenia termicznego. Przebieg krzywej rozpuszczalności nie był jednak dotąd dokładnie znany. Ostatnio podjął D. Hansen próby ustalenia tej zależności między rozpuszczalnością a temperaturą i określił ją w zakresie od 250° do temperatury eutektycznej, t. j. 779°. Badania przeprowadzał w ten sposób, że stopy o zawartościach od 0,68 do 10,22% Cu nagrzewał do żądanej temperatury, hartował i na podstawie obserwacji mikroskopowych określał, przy jakiej zawartości Cu zaczynają w danej temperaturze występować obok kryształów roztworu bogatego w srebro — kryształy roztworu bogatego w miedź. Dla temperatur powyżej 350° osiągnano stan równowagi przez dłuższe wyżarzanie w 750° i powolne ochładzanie do żądanej temperatury.



Dla 350° i poniżej osiągnęto równowagę przez odpuszczanie w danej temperaturze próbek hartowanych przy 750°. Na podstawie tych obserwacji ustalono krzywą rozpuszczalności (rys. 1), jako granicę między poszczególnymi:



Rys. 1.

stopami, które z jednej strony wykazały obecność tylko kryształów roztworu stałego miedzi w srebrze, a z drugiej obok tamtych, obecność kryształów roztworu stałego srebra w miedzi. Dla temperatur powyżej 400° krzywa ta określa stan równowagi z dokładnością 0,5% Cu; poniżej tej temperatury — z większą.

W myśl tej krzywej, najwyższa rozpuszczalność, w temperaturze 779°, wynosi około 9% Cu, a najniższa — od temperatury otoczenia do 300° około 1,7%. (M. Hansen. Z. f. M. k u n d e 1929, zes. 6).

## MOSTOWNICTWO.

### Nowy wielki most w Nowym Jorku.

Wkrótce ma być rozpoczęta budowa mostu na East River w N. Jorku o długości łącznej ok. 5,4 km. Most ten ma połączyć dzielnice Queens i Bronx oraz mieć będzie odgałęzienie w kierunku Manhattan'u. Główna część budowli przypadnie na wiadukty i rampy dojazdowe, pozostała zaś część składać się ma z 4-ch mostów o ogólnej długości 1,3 km, z których największą stanowić będzie most wiszący o rozpiętości 390 m i wysokości 41 m nad poziomem średnio-niskim wód w rzece. Koszta całej budowli obliczane są na ok. 20 milj. dol., z czego ok. 18 milj. dol. przypadnie na same koszta budowy. (Eng. News-Rec., 17 paźd. 1929, VDI, zes. 46, r. ub.).

## OBRÓBKA METALI.

### Samoczynne nastawianie szybkości skrawania.

Półautomaty wylworni Sunstrand Stub Co, napędzane przez silnik prądu zmiennego, o przełączalnych biegunach, mogą być wyposażone w urządzenia, przełączające samoczynnie silnik z liczby obrotów odpowiadającej szybkości skrawania przy zdzieraniu na liczbę obrotów odpowiadającą wygładzaniu. Urządzenie to jest następujące: wał pionowy, mieszczący się u spodu maszyny i sterowany kułakiem, wyposażony jest w górnym końcu w 2 drążki, naciskające na guziki, włączające jedną lub drugą szybkość. Ruch kułaka jest tak ustosunkowany względem posuwu noża, że przy półautomatach obsługa staje się zupełnie zbędną, z wyjątkiem zakładania i zdejmowania przedmiotu obrabianego. (A. m. M a c h i n i s t, 28 września 1929, str. 317).

### Samoczynna obróbka tłoków.

Seneca Falls Machine Co wykonywa obrabiarki samoczynne do wyrobu tłoków. Są to maszyny tak dalece zautomatyzowane, że same biorą, zapomocą chwytaka, przeznaczony do obróbki tłok z taśmy dowożącej półfabrykaty, ustawiają go pomiędzy konikiem a uchwytem pneumatycznym, sterowanymi powietrzem sprężonym, a po ukończeniu obróbki — zapomocą drugiego chwytaka odstawiają obtoczony tłok na inną taśmę, przenoszącą go do następnej obrabiarki.

Omawiana maszyna obtacza samoczynnie powierzchnię boczną tłoków do 127 mm średnicy i 305 mm długości, zatacza denko i wytacza rowki na sprężyny tłokowe.

Czas podnoszenia chwytakiem z taśmy tłoka przeznaczzonego do obróbki i zamocowania go w obrabiarce wynosi 3,5 sek.

Wszystkie części ruchome automatu, jak silnik, przekładnie i t. p., są ukryte. Maszyna może służyć także do obróbki innych przedmiotów o postaci cylindrów wydrążonych. (I r o n A g e, 19 września 1929, str. 745).

## TECHNIKA CIEPLNA.

### Obniżenie kosztów ruchu przez podwyższenie ciśnienia.

W związku z rozbudową papierni Rhinelander Paper Co, istniejące tam 5 kotłów o ciśnieniu pary 10,5 at i 3 kotły o ciśnieniu 14 at nie mogły zaspokoić potrzeb wylworni. Nowa maszyna papiernicza podniosła rozchód pary z 870 t do 1000 t na dobę i rozchód energii elektrycznej — z 3000 do 4200 kW. Zbadano tedy 4 możliwości poprawy sytuacji, mianowicie: 1) wyzyskanie instalacji istniejących do granic możliwości i pokrycie reszty zapotrzebowania w drodze zakupu energii elektrycznej z zewnątrz; 2) rozbudowę istniejącej instalacji 14 at-wej przez dodanie jeszcze jednego takiegoż kotła i turbiny kondensacyjnej; 3) zainstalowanie kotła wysokoprężnego i turbiny przeciwpężnej, któraby pracowała łącznie z istniejącymi turbinami o mocy 2000 kW; 4) ustawienie kotła wysokoprężnego z turbiną kondensacyjną o dwóch stopniach odbioru pary.

Koszty ruchu roczne wypadłyby, jak się okazuje, w obu pierwszych wypadkach ok. 4 milj. zł. i ok. 3 milj. zł. Wybrano tedy wprowadzenie wyższej prężności, a że do owego czasu nie posiadano pewnych danych z praktyki wysokich ciśnień powyżej 28 at, więc się zatrzymano na tem właśnie ciśnieniu i temperaturze 288° (ze względu na istniejącą już instalację). Porównanie turbiny kondensacyjnej o mocy 4000 kW z odbiorem pary przy 8,8 at

i przy 1,4 at z turbiną 2000 kW przeciwprężną, o ciśnieniu 10,5 at, okazało, że rozchód pary w turbinie przeciwprężnej i w starej turbinie 2000 kW byłby o 1350 kg/h wyższy, niż w turbinie z odbiorem pary i kondensacją.

Ponieważ zaś koszty ruchu wypadły w obu wypadkach jednakową, 2450 000 zł., więc zatrzymano się na turbinie z odbiorem pary.

Ustawione zarazem 2 nowe kotły, o pow. ogrzewanej po 775 m<sup>2</sup>, ze stokerami, pracowały przez pierwsze miesiące przy ciśnieniu 14 at. Ale już w ciągu tych pierwszych miesięcy osiągnięto tak duże oszczędności na kosztach pary, że odpowiadałyby one 720 000 do 900 000 zł. rocznie. (Power, 1 października, 1929).

## Bibliografia.

**Turbiny parowe i zastosowanie ich do napędu statków oraz podstawowe wiadomości z termodynamiki.** K. Bielski, Inż.-techn. Str. 248 + tabl. X. Tczew 1929. Instytut Wydawniczy Szkoły Morskiej.

Jest to podręcznik, jak z tytułu sądzić można, przeznaczony przede wszystkim dla uczniów Szkoły Morskiej, lecz dzięki przystępnemu i opisowemu charakterowi wydawnictwa znajdzie niewątpliwie dostęp i do szerszych kół zainteresowanych. Treść książki obejmuje, poza ogólnym omówieniem podstaw termodynamiki, własności gazów i par oraz zasady działania turbin parowych, opisy ogólne turbin typowych, ich zastosowanie na okrętach, wraz z urządzeniami pomocniczymi i obsługą.

Część teoretyczna, t. zn. podstawy termodynamiki gazów i par, napisana jest zwięźle a dostępne przy użyciu matematyki elementarnej (zastosowanie w dwóch miejscach pojęcia całki ma znaczenie raczej symboliczne). Szkoda, że autor wspomina tylko ogólnie o wykresach Molliera  $I-S$ , a nie uczy ich stosowania, opierając się na wykresach  $TS$ , które dziś w tym dziale wyszły z użycia.

Część opisowa jest również napisana przystępnie i ilustrowana ogólnymi rysunkami oraz fotografiami turbin i ich szczegółów. Do całości obrazu brak jednak omówienia właściwości turbin przeciwprężnych i z pośrednim odbiorem pary.

Przy przeglądaniu książki nasuwają się tu i owdzie pewne uwagi co do treści, jak np. błędne określenie sprawności technicznej (podanemu określeniu odpowiada sprawność termodynamiczna) lub korzyści stosowania pary przegrzanej. Niewłaściwe wydaje mi się użycie nazwy „transformator”, jako terminu oznaczającego układ prądnica—silnik elektryczny; pod tą nazwą rozumiemy bowiem co innego. Również stosowanie symbolu HP zamiast KM sprzeciwia się nie tylko znakownictwu polskiemu.

Całość jednak książki napisana jest przy zastosowaniu współczesnego słownictwa, językiem poprawnym, a odchylenia w rodzaju „po inercji nie przestaje się obracać” są tylko, sądzą, niedopatrzaniem korektora.

Książka przeto znaleźć powinna należyte uznanie i rozpowszechnienie w odpowiednich kołach czytelników, nie tylko uczniów, zasługując na to w zupełności.

B. St.

## Nowe wydawnictwa<sup>\*)</sup>

**Ogrzewnictwo.** Podręcznik dla budowniczych i budujących. Inż. M. Wójcicki. Str. 114 z liczn. rys. Nakł. Trzaski, Everta i Michalskiego, Warszawa 1929.

**Wyznaczenie objętości przepływu wody w łożyskach rzecznych i kanałowych,** według wzoru prof. M. Matakiewicza, z zastosowaniem tablic rachunkowych i wykresnych. Inż. M. Mazur. Odbitka z „Czasop. Techn.”. Str. 8 (4<sup>o</sup>) z 3 rys. Lwów 1929.

**Stałe łokowe maszyny parowe i ich smarowanie.** Wyd. Vacuum Oil Co. Str. 41 (4<sup>o</sup>) z liczn. rys. na papierze kredowym, Warszawa, 1929.

**Berechnung des Eisenbetons gegen Verdrehung (Torsion) und Abscheren.** Dr. Ing. Rausch. Str. 51, z 59 rys. Springer. Berlin 1929.

**Statik der Tragwerke.** W. Kaufmann. Handbibliothek f. Bauingenieure, wyd. przez R. Otzen'a. Wyd. 2-gie. Str. 318 z 368 rys. J. Springer. Berlin 1930.

## Sprostowania

błędów drukarskich w artykule prof. E. Hauswalda pod tyt. „Obliczanie wałów na wytrzymałość złożoną”, zamieszczonym w Przegl. Techn. 1929, zesz. 21, str. 517 do 522.

Liczby wierszy odnoszą się tylko do samego tekstu artykułu.

Strona	Wiersz lub wzór	Powinno być
517 lewa szpalta	w. 4	$M_i$
" "	w. 9	$M_i = \dots$
" "	wzór (4)	$\alpha = \frac{k}{1,3 k_0}$
" "	w. 9 od dołu	w użyciu
prawa szpalta	w. 21 od góry	w roku 1904
" "	wzór (9)	$= \sqrt{M^2 + (0,8 M_0)^2}$
518 lewa szpalta	na rysunku 1	$M_z = z M =$
" "	w. 15 od dołu	największe wzór 5
" "	w. 12 od dołu	$M_i$
prawa szpalta	w. 6 od góry	$M_0 = 0$ do . . . .
" "	wzór (12)	$i = \frac{M_i}{M}$
" "	wzór na $M_z$	$M_z = z M$
" "	w. 5 od dołu	$\frac{3}{\sqrt{z}}$
519 lewa szpalta	w. 2	0,866 $\varphi$
522 prawa szpalta	w. 11 od dołu (od końca artykułu)	$s^2$

\*) Wszystkie podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w Księgarni Technicznej „Przeglądu Technicznego”, Warszawa ul. Czackiego 3.

## T R E Ś Ć:

Materiały do projektu elektryfikacji Polski (c. d.).

## WARSZAWA

15 STYCZNIA  
1930 R.

## S O M M A I R E:

Données statistiques concernant l'électrification de la Pologne (suite).

## Materiały do projektu elektryfikacji Polski\*).

## Objaśnienia do wykresów.

Wykres 1. służy do obliczenia w przybliżeniu kosztu produkcji energii elektrycznej w elektrowniach parowych i przedstawiony jest w dwójakiej postaci: a) dla elektrowni o mocy szczytowej od 1000 do 20 000 kW i b) dla elektrowni o mocy szczytowej od 5 000 do 100 000 kW. Obie postaci wykresu tego różnią się od siebie tylko skalą. Zasada i sposób zastosowania ich są te same.

Spółrzędne prostokątne dzielą pole wykresu na cztery ćwiartki, oznaczone literami A, B, C i D. W polu A znajdują się dwie krzywe, których rzędne wyrażają złote, a odcięte — moc szczytową elektrowni w megawatach (tysiącach kW). Pierwsza krzywa, o większych rzędnych, wyraża zależność kosztów założenia elektrowni, przypadających na 1 kW mocy szczytowej, od wielkości elektrowni. Zaznaczyć należy, że koszty założenia elektrowni przedstawiane są zwykle w zależności od mocy zainstalowanej, a nie szczytowej. W danym razie, do celów tego wykresu, konieczne było odniesienie kosztów założenia do mocy szczytowej, mniejszej od mocy zainstalowanej o wielkość rozporządzalnych rezerw. Te ostatnie przyjęto w wysokości 25 — 30% mocy szczytowej. Koszty założenia, przypadające na 1 kilowat mocy, obliczone na podstawie różnych źródeł na 1 kW mocy zainstalowanej, powiększono z tego powodu o 20-25%.

Druża krzywa, o mniejszych rzędnych, przedstawia „koszty stałe” produkcji, przypadające na 1 kW mocy szczytowej elektrowni. Przyjęto, że na te koszty stałe składają się: oprocentowanie kapitału zakładowego w wysokości 10%, odpis na fundusz odnowienia w wysokości 4—5%, odpis na naprawy i utrzymanie urządzeń w wysokości 2% i wszystkie inne koszty z wyjątkiem paliwa, które preliniowano dla elektrowni 1 000 — 20 000 kW mocy szczytowej na 11 — 7%, a dla elektrowni 5 000 — 100 000 kW na 9 — 5%.

Jak widać z powyższych krzywych, koszt za-

łożenia elektrowni o mocy szczytowej od 50 000 kW począwszy zbliża się do wartości stałej, o wielkości około 600 zł. na 1 kW mocy szczytowej, czyli — w myśl wyżej przytoczonych wywodów — około 500 zł. na 1 kW mocy zainstalowanej.

W polu B znajduje się 7 krzywych, dla czasów użytkowania mocy szczytowej  $T =$  od 1 500 do 6 000 godzin, których rzędne wyrażają w groszach koszty stałe na 1 kWh wyprodukowaną, w zależności od mocy szczytowej elektrowni, stanowiącej odcięte. Rzędne tych krzywych obliczone są prosto przez podzielenie wartości rzędnych krzywej, wyrażającej koszty stałe na 1 kW mocy szczytowej, znajdującej się w polu A, przez dany czas użytkowania, ponieważ — jak wiadomo — iloraz kosztów stałych na 1 kW mocy szczytowej przez czas użytkowania tejże mocy równa się kosztom stałym przypadającym na 1 kWgodzinę.

W polu C uwzględniony jest koszt paliwa przy pomocy 5-ciu linii pomocniczych, których każdy punkt ma jako rzędną koszty stałe na 1 kWh, odczytywane na osi rzędnych wspólnej dla pól B i C, a jako odciętą — też same koszty stałe, powiększone o koszt paliwa, czyli całkowite koszty produkcji 1 kWgodziny w groszach. Wyżej wspomniane linie pomocnicze (w wykresie 1-a — 4, dla elektrowni o mocy szczytowej 1 000, 5 000, 10 000 i 20 000 kW, w wykresie 1-b—5, dla elektrowni o mocy szczytowej 2 500, 5 000, 10 000, 50 000 i 100 000 kW), wykreślone są w założeniu, że jako paliwo używany jest orzech o wartości opału 6 000 Kal w cenie zł. 30 za tonnę loco kopalnia i że zużycie paliwa wynosi, w zależności od czasu użytkowania 1 000 do 6 000 godzin rocznie:

w elektrowniach o mocy od 2 500 kW	2,0—1,6 kg/kWh
„ „ 5 000	„ 1,9—1,5 „
„ „ 10 000	„ 1,6—1,2 „
„ „ 50 000	„ 1,2—0,9 „
„ „ 100 000	„ 1,0—0,8 „

przyczem większe cyfry odnoszą się do mniejszych czasów użytkowania, a mniejsze do większych.

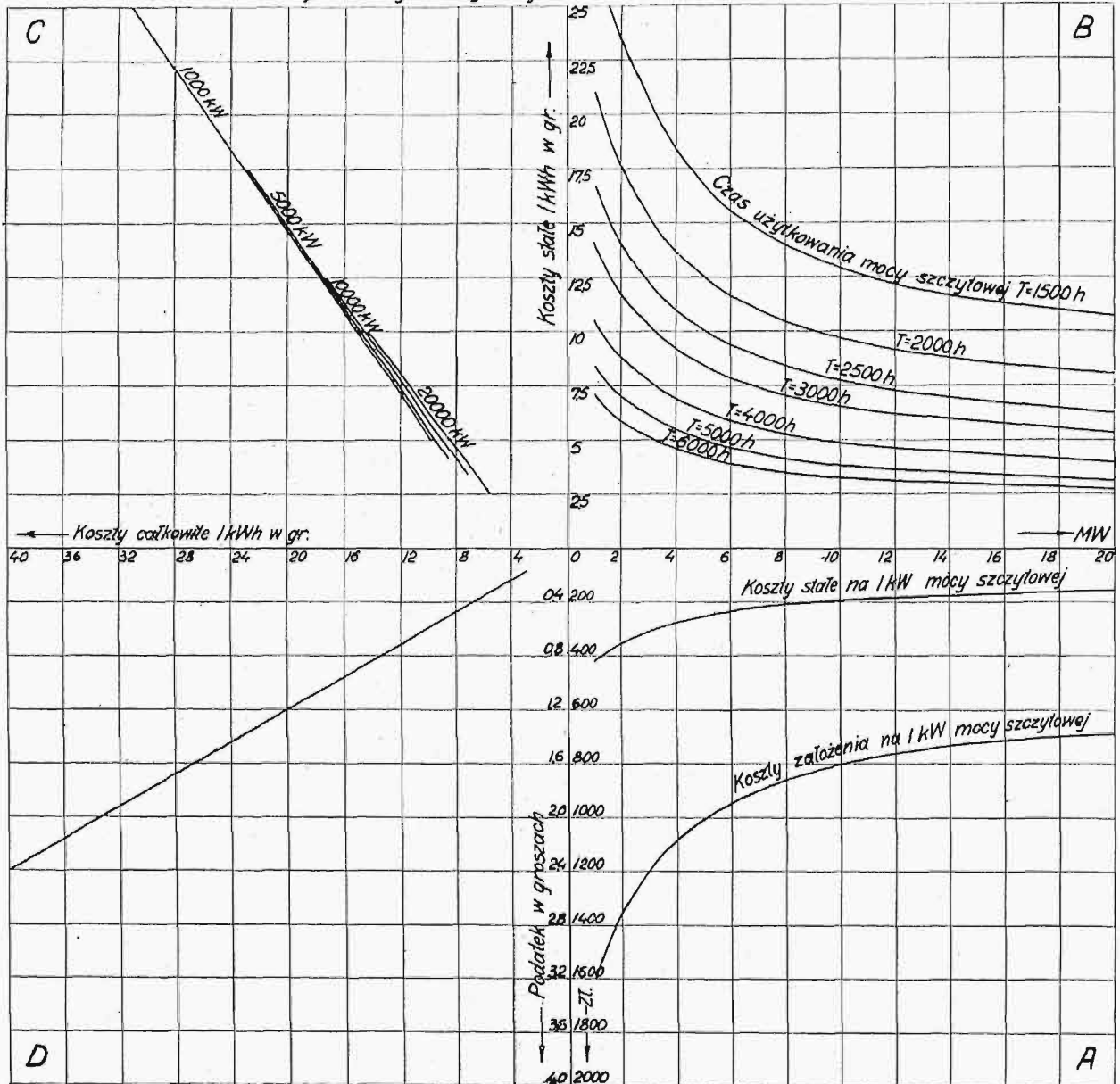
\*] Ciąg dalszy do str. 23 w zes. 1 z r. b.



W polu *D* znajduje się jedna linia pomocnicza do obliczenia podatku od produkcji w groszach za 1 kWh, który przyjęto w wysokości około 6% od kosztów produkcji i który należy dodać do wyliczonych poprzednio kosztów całkowitych, aby

Wykres 2. służy do obliczania w przybliżeniu kosztu produkcji energii elektrycznej w elektrowniach dieslowych w sposób analogiczny, jak przy pomocy wykresu. 1. Ponieważ jednak elektrownie z silnikami dieslowymi budowane są za-

Wykres 1. Koszt produkcji energii w elektrowniach parowych  
a.) o mocy szczytowej 1000 do 20000 kW.



Wykres. 1a.

otrzymać koszty produkcji wraz z podatkiem. Wielkość podatku odczytuje się na osi rzędnych wspólnej dla pola A i C w zależności od dowolnych kosztów całkowitych, odczytanych na osi odciętych, wspólnej dla pola C i D.

Tym sposobem, przy pomocy opisanego wyżej wykresu 1, znaleźć można dla elektrowni zbudowanej na dowolną moc szczytową koszt produkcji 1 kWh, śledząc przebieg spórzędnych prostokątnych od pola A przez pole B i krzywą dla właściwego czasu użytkowania, pole C i linię pomocniczą dla właściwej wielkości elektrowni do pola D.

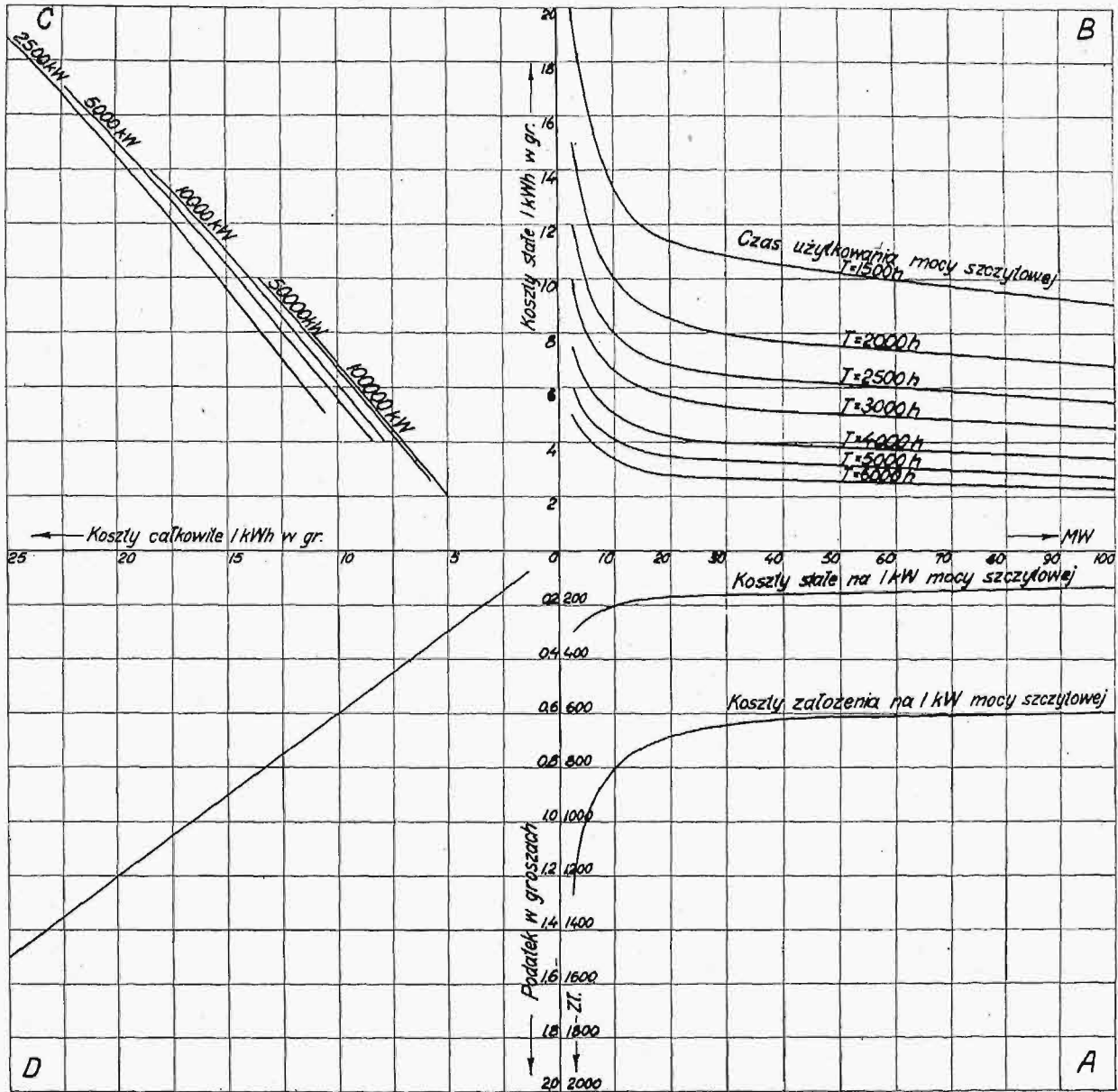
zwyczaj dla mocy szczytowych tylko od 100 (lub mniej) do 1000 kW, więc też zakres zastosowania tego wykresu ogranicza się do elektrowni tylko tej wielkości. Z tego powodu wykres ten nie ma bezpośredniego zastosowania do projektu elektryfikacji Polski, ale jest niemniej interesujący i pouczający, do jakich granic, na podstawie realnych cen współczesnych, dojść mogą koszty wytwarzania energii loco elektrownia w małych prowincjonalnych elektrowniach, przy małych „czasach użytkowania”, z jakimi się spotykamy w większości małych miasteczek,

Pole A tego wykresu zawiera, jak poprzednio, krzywą kosztów założenia na 1 kW mocy szczytowej i krzywą kosztów stałych. Koszty założenia obliczone zostały na podstawie realnych kosztorysów, pochodzących z r. 1928 i 1929, i odnoszą się

za równy w przybliżeniu kosztowi elektrowni z 3-ma zespołami po 200 kW.

Krzywa kosztów stałych obliczonych na 1 kW mocy szczytowej, znajdująca się w temże polu A, uwzględnia oprocentowanie kapitału w wysokości

Wykres 1. Koszt produkcji energii w elektrowniach parowych.  
b) o mocy szczytowej 5000 do 100000 kW.



Wykres 1b.

tutaj także do mocy szczytowej, poza którą należy brać pod uwagę rezerwę od 100 do 30%. Np. w elektrowni o mocy szczytowej 100 do 200 kW należy przypuszczać istnienie dwóch zespołów maszynowych po 100, względnie po 200 kW. Dla większych elektrowni, np. dla mocy szczytowej 400 kW, przyjęte są 3 zespoły maszynowe po 200 kW każdy, z których jeden stanowi rezerwę. Także jednak elektrownia z dwoma zespołami po 300 kW i jednym na 100 kW uchodziłaby w powyższym rozumieniu za elektrownię dla mocy szczytowej 400 kW i jej koszt założenia należałoby uważać

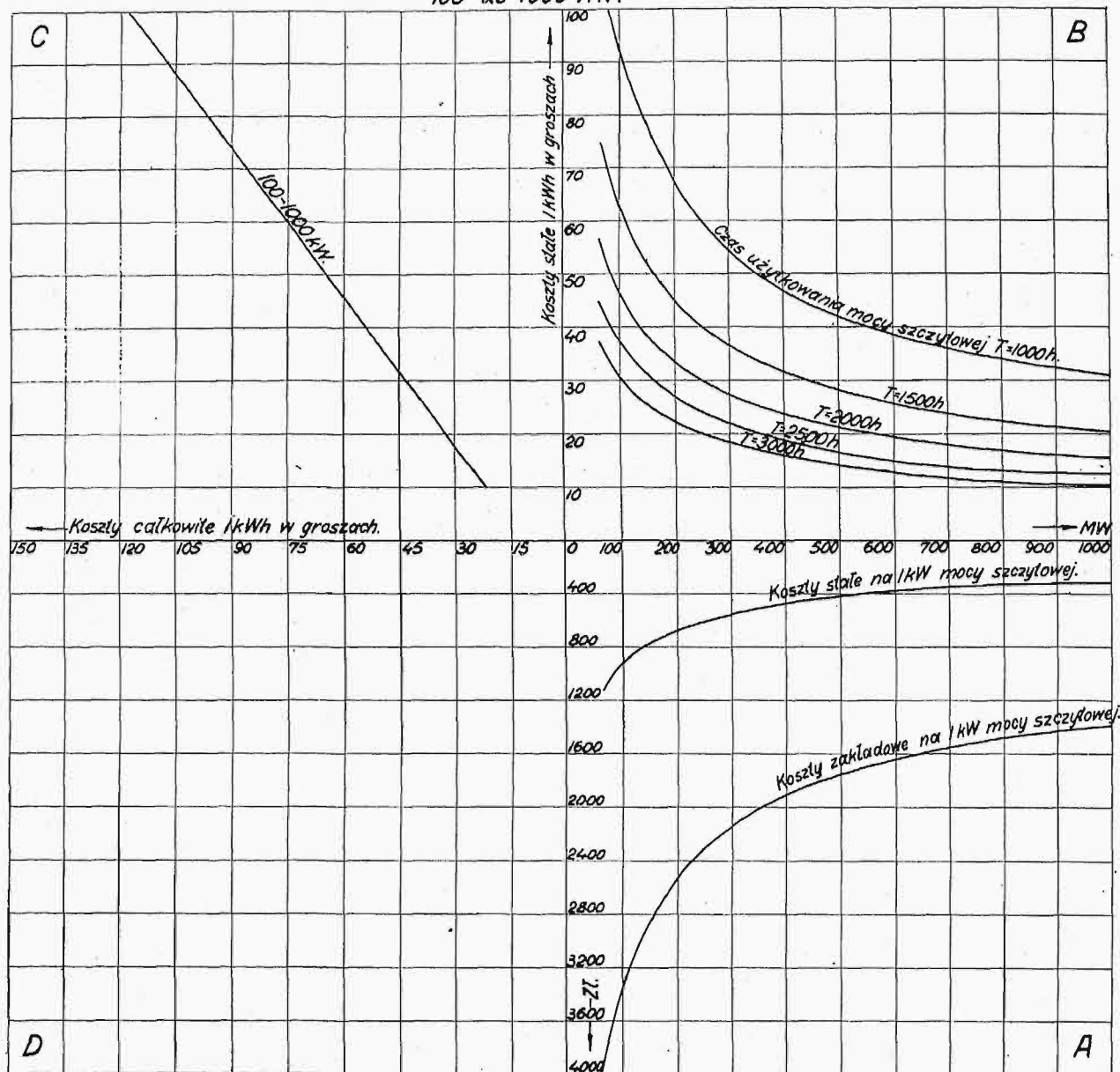
10%, odpis na fundusz odnowienia w wysokości 4 — 5%, odpis za naprawy i utrzymanie w wysokości 2% i resztę kosztów stałych, t. j. w takich małych elektrowniach głównie tylko koszty personelu, w wysokości 12 — 6%, dla mniejszych elektrowni więcej, a dla większych mniej.

W polu B przewidziane są w tym wykresie krzywe kosztów stałych dla czasów użytkowania 1 000, 1 500, 2 000, 2 500 i 3 000 godzin. Jest nieprawdopodobne, aby elektrownie dieslowe osiągały większy czas użytkowania nad 3 000 h, wówczas bowiem przeważnie opłacają się już elektrownie

parowe. Natomiast nie jest wykluczone, jak pouczy statystyka, że elektrownie takie miewają czas użytkowania nieraz poniżej 1500 h i dlatego przewidziana została jako dolna granica krzywa kosztów stałych dla czasu użytkowania 1000 h.

Także i ten wykres (podobnie jak wykres 1) pozwala znaleźć dla elektrowni o dowolnej mocy szczytowej, koszt produkcji 1 kWh przez przejście z mocy oznaczonej na osi odciętych w polu A na krzywą dla właściwego czasu użytkowania w po-

Wykres 2. Koszt produkcji energii w elektrowniach dieslowych o mocy 100 do 1000 kW.



Wykres 2.

W polu C znajduje się jedna tylko linia pomocnicza, pozwalająca uwzględnić koszt paliwa w założeniu, że paliwem jest olej gazowy o wartości opałowej ca 10 000 Kal, kosztujący po zł. 30 za 100 kg, i że zużycie jego wynosi bez względu na wielkość elektrowni, a tylko w zależności od czasu użytkowania mocy szczytowej od 350 g/kWh przy czasie użytkowania 3 000 h aż do 600 g/kWh przy czasie użytkowania 1 000 h.

Pole B tego wykresu jest puste. Elektrownie tego rodzaju są zwykle elektrowniami komunalnymi, które podatków nie opłacają.

lu B, stamtąd na linię pomocniczą w polu C i na oś odciętych między polami C i D.

(d. c. n.).

### Sprostowanie.

W tablicy statystycznej, zawierającej zestawienie dotychczasowej produkcji energii elektrycznej w okręgu Brodnica (str. 1097—63 En tego pisma z r. ub.) zakradła się omyłka. Mianowicie elektrownia Nr. 435a wymieniona została, jako położona w osobnym powiecie Jabłonowskim, zamiast być zaliczoną do powiatu Brodnickiego. W rzeczywistości powiat Jabłonowo nie istnieje. Suma zestawienia pozostaje jednak bez zmiany.