

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Geometryczne uzasadnienie wzoru na przesunięcia węzłów kratownic, nap. Inż. Dr. Witold Wierzbicki, Profesor Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.
 W sprawie międzynarodowego ujednostajnienia pasowań, nap. Inż. Wacław Moszyński.
 Nakrzemowywanie żelaza (dok.), nap. M. Dubowicki, Inż. metalurg.
 Laboratorium wodne prof. Smrčka w Bernie, nap. Dr. A. Rożański, Profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.
 Przegląd pism technicznych.
 Nekrologja.

SOMMAIRE:

Argumentation géométrique de la formule relative aux déplacements des noeuds des systèmes en treillis, par M. W. Wierzbicki, Dr. Ing., Professeur à l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Varsovie.
 Sur l'unification internationale des systèmes d'ajustages, par M. W. Moszyński, Ingénieur mécanicien.
 Cémentation du fer par le silicium (suite et fin), par M. Dubowicki, Ingénieur-métallurgiste.
 Laboratoire hydraulique de M. le Professeur Smrček à Brno, par M. A. Rożański, Dr. Ing., Professeur à l'Université de Cracovie.
 Revue documentaire.
 Nécrologie.

Geometryczne uzasadnienie wzoru na przesunięcia węzłów kratownic.

Napisał Inż. Dr. Witold Wierzbicki, Profesor Szkoły Głównej Gosp. Wiejsk.

Przesunięcia węzłów kratownic przegubowych, znajdujących się pod działaniem pewnych sił zewnętrznych, bywają wyznaczane bądź jednym ze sposobów wykreslnych (najczęściej sposobem Williot'a), bądź też ze wzoru¹⁾:

$$v_m = \sum_1^r \frac{SZl}{EA} \dots \dots \dots (1)$$

w którym v_m oznacza przesunięcie węzła m w pewnym kierunku, S — siły w poszczególnych prętach kratownicy, Z — siły, które działałyby w tych prętach, gdyby w węzle m była zaczepiona siła równa 1 i mająca kierunek przesunięcia v_m , wreszcie EA — iloczyn współczynnika sprężystości przez pole przekroju pręta i l długość pręta. Suma dotyczy tu wszystkich prętów kratownicy.

Wzór (1) bywa najczęściej wyprowadzany z zasady prac wirtualnych, przyczem przesunięcia poszczególnych węzłów kratownicy uważane są tu za przesunięcia wirtualne, tak jak to zaproponował Maxwell²⁾, a następnie O. Mohr³⁾. Z dydaktycznego punktu widzenia bywa jednak nieraz wskazane wyprowadzenie wzoru (1) bez uciekania się do zasady prac wirtualnych, drogą bezpośrednich rozważań geometrycznych. Ten ostatni sposób postępowania spotykamy u niektórych autorów francuskich, przedewszystkiem u M. Lévy'ego⁴⁾.

Praca niniejsza zawiera również próbę geometrycznego uzasadnienia wzoru (1).

Ogólny bieg proponowanego uzasadnienia jest następujący:

Zakładamy, iż jeden tylko z prętów kratownicy (ij) uległ zmianie długości, i twierdzimy, iż wówczas przesunięcie węzła m wyraża się wzorem:

$$v_m = Z_{ij} \Delta l_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

gdzie przez Δl_{ij} oznaczamy przyrost długości pręta ij , nie robiąc przytem żadnych założeń co do natury tego przyrostu.

Przyjmujemy taki układ współrzędnych, aby jedna z osi była równoległa do poszukiwanego przesunięcia v_m , i ustawiamy dwa następujące układy równań linjowych:

Układ:

$$\begin{aligned} f_{12}(\Delta x, \Delta y \dots) &= 0 \\ f_{23}(\Delta x, \Delta y \dots) &= 0 \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

wyraża tu zależność między przyrostami współrzędnych węzłów kratownicy, obejmujących poszczególne pręty 12, 23 i t. d., zaś układ:

$$\begin{aligned} F_1(Z_{12}, Z_{23} \dots) &= 0 \\ F_2(Z_{12}, Z_{23} \dots) &= 0 \dots \dots \dots (4) \end{aligned}$$

wyraża warunki równowagi poszczególnych węzłów.

Rozwiązując układ (3) względem v_m , równego w przyjętym układzie współrzędnych jednemu z przyrostów Δx lub Δy , oraz rozwiązując układ

¹⁾ Por. np. W. Wierzbicki „Mechanika Budowli” 1929, str. 391.

²⁾ Por. S. Clerk Maxwell, On the Calculation of the Equilibrium and Stiffness of Frames, Philosophical Magazine, Vol. 27, April 1864, str. 294.

³⁾ O. Mohr, Technische Mechanik, 1914, str. 390.

⁴⁾ M. Lévy, La statique graphique, 1888, t. IV, str. 123.

(4) względem siły Z_{ij} , działającej w pręcie ij , znajdujemy z porównania obu rozwiązań, iż:

$$\frac{v_m}{\Delta l_{ij}} = Z_{ij}, \text{ czyli } v_m = Z_{ij} \Delta l_{ij}.$$

Ponieważ zmiana długości każdego z prętów kratownicy wywoła podobne przesunięcie węzła m , dochodzimy więc do wzoru:

$$v_m = \sum_1^r Z \Delta l \dots \dots \dots (5)$$

lub przyjmując, że wydłużenia Δl są to wydłużenia sprężyste kratownicy równe $\Delta l = \frac{S l}{E A}$, do wzoru (1).

Przystępując do obliczeń, zauważamy przede wszystkim, iż zależność między współrzędnymi węzłów kratownicy a długością pręta wyraża się znanym wzorem geometrii:

$$l_{ij}^2 = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \dots \dots (6)$$

lub też zapomocą wzoru:

$$f_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 - l_{ij}^2 = 0 \dots \dots (7)$$

Pochodne cząstkowe funkcji f_{ij} względem współrzędnych przybierają tu postać:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial f_{ij}}{\partial x_i} &= 2(x_i - x_j) & \frac{\partial f_{ij}}{\partial x_j} &= -2(x_i - x_j) \\ \frac{\partial f_{ij}}{\partial y_i} &= 2(y_i - y_j) & \frac{\partial f_{ij}}{\partial y_j} &= -2(y_i - y_j) \end{aligned} \right\} \dots \dots (8)$$

Drogą różniczkowania równania (6) dochodzimy do równania następującego:

$$l_{ij} \Delta l_{ij} = (x_i - x_j) \Delta x_i - (x_i - x_j) \Delta x_j + (y_i - y_j) \Delta y_i - (y_i - y_j) \Delta y_j \dots \dots (9)$$

Po uwzględnieniu tu zależności (8) otrzymujemy:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{ij}}{\partial x_i} \Delta x_i + \frac{\partial f_{ij}}{\partial x_j} \Delta x_j + \frac{\partial f_{ij}}{\partial y_i} \Delta y_i + \frac{\partial f_{ij}}{\partial y_j} \Delta y_j &= \\ = 2 l_{ij} \Delta l_{ij} \dots \dots \dots (10) \end{aligned}$$

Liczba równań typu (10) równa się liczbie prętów kratownicy r , która wynosi dla kratownicy statycznie wyznaczalnej o k węzłach $2k - 3$. Liczba niewiadomych przyrostów współrzędnych wynosi również $2k - 3$, gdyż wprawdzie całkowita liczba przyrostów równa się tu podwójnej liczbie węzłów, jednak dwa przyrosty, odpowiadające przegubowo-nieprzesuwnej podporze kratownicy, i jeden, odpowiadający jej podporze przegubowo-przesuwnej, równe są stale 0, niezależnie od układu współrzędnych.

Aby móc korzystać przy dyskusowaniu powyższych równań z ogólnej teorii równań liniowych, nadajemy równaniom (10) postać ogólną.

W tym celu wprowadzamy do każdego z nich wszystkie niewiadome przyrosty $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta x_j, \Delta y_j$ i t. d.¹⁾, oznaczając je niezależnie od ich kierunku przez Δz z odpowiednim numerem porządkowym I, II... γ, α, \dots, r , przyczem z z właściwym znacznikiem wyrażać będzie współrzędne x_i, y_i, x_j, y_j i t. d. odpowiednich węzłów, czyli że np. przesunięcie Δz_x odpowiadać będzie współrzędnej z_x (rys. 1).

Współczynnikami przy niewiadomych Δz_x przekształconych w ten sposób równań będą pochodne $\frac{\partial f_{ij}}{\partial z_x}$, które, jak to wynika ze wzorów (8), będą różne od zera jedynie dla przyrostów Δz współrzędnych węzłów i i j , obejmujących dany pręt ij .

Możemy więc nadać równaniom (10) postać następującą:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_1} \Delta z_1 + \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{II}} \Delta z_{II} + \dots + \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_x} \Delta z_x + \dots + \\ + \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_r} \Delta z_r = \Delta l_{ij} \dots \dots \dots (11) \end{aligned}$$

Przypuśćmy w dalszym ciągu, iż do poszczególnych węzłów kratownicy i zaczepione zostały siły zewnętrzne P_{ix} i P_{iy} , skierowane równoległe do osi współrzędnych i wywołujące w prętach ij siły S_{ij} (rys. 1).

Z warunków równowagi węzła i otrzymamy wówczas równania:

$$\left. \begin{aligned} P_{ix} + \sum S_{ijx} &= 0 \\ P_{iy} + \sum S_{ijy} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots \dots (12)$$

gdzie symbol S_{ij} ze znacznikiem x, y lub ogólnie z wyraża rzut siły, działającej w danym pręcie, na kierunek jednej z osi współrzędnych, a sumy dotyczą sił we wszystkich prętach S_{ij} , zbiegających się w danym węźle i .

Mając na widoku zależności

$$S_{ijx} = S_{ij} \frac{x_i - x_j}{l_{ij}}, \quad S_{ijy} = S_{ij} \frac{y_i - y_j}{l_{ij}}, \dots (13)$$

jako rezultaty rzutowania sił S na osi współrzędnych, oraz rozważania przytoczone przy wyprowadzeniu równania (11), nadajemy równaniom (12) postać następującą:

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_{12}}{\partial z_x} \frac{S_{12}}{2 l_{12}} + \frac{\partial f_{23}}{\partial z_x} \frac{S_{23}}{2 l_{23}} + \dots + \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_x} \frac{S_{ij}}{2 l_{ij}} + \dots + \\ + \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_x} \frac{S_{r-1,r}}{2 l_{r-1,r}} = P_x^i \dots \dots \dots (14) \end{aligned}$$

gdzie symbol P_x^i oznacza siłę zewnętrzną, mającą kierunek przesunięcia $v_m = \Delta z_x$ i zaczepioną do węzła, który tego przesunięcia doznał.

Liczba równań typu (14) równa się, tak samo jak liczba równań typu (11), liczbie r prętów kratownicy.

1) Por. A. Föppl, Graphische Statik, str. 241.

Przystępując do rozwiązania układu (11) r równań z_r niewiadomymi typu $\frac{\Delta z_x}{2 l_{ij}}$ oraz układu (14) r równań z_r niewiadomymi typu $\frac{S_{ij}}{2 l_{ij}}$, wprowadzamy następujące symbole dla wyznaczników tych równań linjowych:

$$D_z = \begin{vmatrix} \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} \\ \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \quad (15)$$

$$D_s = \begin{vmatrix} \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{II}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{II}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_x} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \quad (16)$$

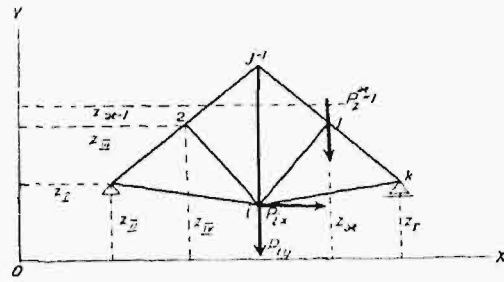
$$D_z^x = \begin{vmatrix} \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x-1}} & \Delta l_{12} & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} \\ \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x-1}} & \Delta l_{23} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{x-1}} & \Delta l_{ij} & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x-1}} & \Delta l_{r-1,r} & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \quad (17)$$

$$D_z^{ij} = \begin{vmatrix} \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_1} & P_z' & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{II}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{II}} & P_z'' & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{II}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{II}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_x} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_x} & P_z^x & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_r} & P_z^r & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \quad (18)$$

Wobec przyjętych oznaczeń, otrzymujemy na podstawie teorii równań linjowych rozwiązania następujące:

$$\frac{\Delta z_x}{2 l_{ij}} = \frac{D_z^x}{D_z} \quad (19)$$

$$\frac{S_{ij}}{2 l_{ij}} = \frac{D_z^{ij}}{D_z} \quad (20)$$



Rys. 1.

Rozważmy obecnie otrzymane rozwiązania przy założeniu:

- 1) że w omawianej kratownicy jedynie długość pręta l_{ij} uległa zmianie, że więc przyrosty Δl dla pozostałych prętów równe są zero,
- 2) że do kratownicy zaczepiona została jedna tylko siła równa 1 t, zaczepiona w kierunku przesunięcia Δz_x ,
- 3) że zmiana długości pręta l_{ij} powstała nie na skutek działania siły 1, lecz niezależnie od niej w sposób zresztą zupełnie dowolny.

W związku z powyższymi założeniami, w wyznaczniku (17) wszystkie wyrazy kolumny, zawierającej przyrosty Δl , równe są zero, z wyjątkiem wyrazu Δl_{ij} . Podobnie w wyznaczniku (18), w kolumnie zawierającej siły P_z , jedynie $P_z^x = 1$ różni się od zera. Mając to na widoku, przedstawiamy w wyznaczniku (17) kolumnę, zawierającą Δl , na miejsce pierwsze, a w wyznaczniku (18) przedstawiamy w ten sam sposób kolumnę, zawierającą siły P_z . Tego rodzaju przedstawienie wywołuje, jak wiadomo, zmianę znaków wyznaczników. Otrzymujemy więc:

$$\begin{aligned}
 D_i^z &= (-1) \cdot \begin{vmatrix} 0 & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} \\ 0 & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta l_{ij} & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{ij}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} \\ 0 & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{11}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{11}} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{11}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D_s^{ij} &= (-1) \cdot \begin{vmatrix} 1 & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_x} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_x} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \dots \dots \dots (21)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D_s^{ij} &= (-1) \cdot \begin{vmatrix} 1 & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_x} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_x} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_x} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_x} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \dots \dots \dots (22)
 \end{aligned}$$

Wyznaczniki (21) i (22) obliczamy według w którym a_k oznacza kolejne wyrazy pierwszej kolumny wyznacznika, zaś A_k odpowiednie minory, przy czym suma dotyczy wszystkich wyrazów pierwszej kolumny wyznacznika. Mamy więc, że:

$$D = \sum_{k=1}^r (-1)^{k+1} a_k A_k \dots \dots \dots (23)$$

$$D_i^z = (-1) \Delta l_{ij} \cdot \begin{vmatrix} \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} \\ \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_r} \\ \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \dots \dots \dots (24)$$

$$D_s^{ij} = (-1) \cdot \begin{vmatrix} \frac{\partial f_{12}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_1} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_1} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_1} \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{11}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{11}} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{11}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{11}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x-1}} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{x-1}} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{x-1}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x-1}} \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_{x+1}} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_{x+1}} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_{x+1}} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_{x+1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_{12}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{23}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{i-1,j}}{\partial z_r} & \frac{\partial f_{i+1,j}}{\partial z_r} & \dots & \frac{\partial f_{r-1,r}}{\partial z_r} \end{vmatrix} \dots \dots \dots (25)$$

1) S. Zaremba. Teoria wyznaczników, 1909, str. 20.

Porównyując ze sobą wyznaczniki (15) i (16), zauważamy, iż kolumny pierwszego z nich odpowiadają wierszom drugiego, i naodwrot, wobec czego

$$D_z = D_s \dots \dots \dots (26)$$

To samo dotyczy wyznaczników (24) i (25), czyli, że

$$\frac{D_z^x}{\Delta l_{ij}} = D_s^{ij} \dots \dots \dots (27)$$

Ogólne rozwiązania (19) i (20) układów równań (11) i (14) przybierają wobec tego postać następującą (tu $S_{ij} = Z_{ij}$):

$$\frac{\Delta z_x}{2 l_{ij}} = \frac{D_z^x}{D_z} \dots \dots \dots (28)$$

$$\frac{Z_{ij}}{2 l_{ij}} = \frac{D_z^x}{\Delta l_{ij} D_z^x} \dots \dots \dots (29)$$

skąd mamy, że

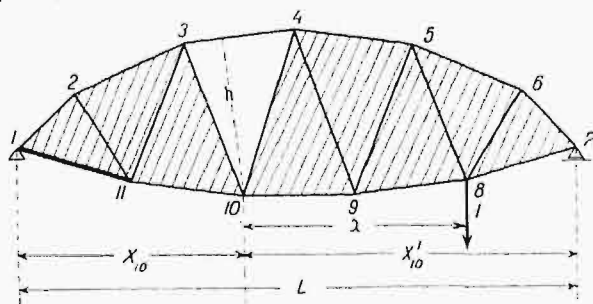
$$\Delta z_x = v_m = Z_{ij} \Delta l_{ij} \dots \dots \dots (30)$$

co było do dowiedzenia.

Przejsie od wzoru (30) do wzoru (1) było już omówione wyżej, w części pierwszej.

W wielu wypadkach szczególnych, mających znaczenie praktyczne dla budowy mostów i budynków, łatwo można uzasadnić wzór (30) i bez nadawania równaniom przesunięć i równaniom równowagi form ogólnych (11) i (14).

Ponieważ większość kratownic mostowych składa się z dwóch pasów i kraty, więc damy tu dowód wzoru (30) w razie zmiany długości jednego z prętów w pasie kratownicy tego rodzaju (rys. 2).



Rys. 2.

Przypuśćmy, iż skrótu Δl doznał pręt 34 górnego pasa i że chodzi o wyznaczenie pionowego przesunięcia węzła 8.

Zaczepiamy w węźle 8 pionową siłę 1 i wyznaczamy wywołaną przez nią siłę Z_{34} sposobem momentów (Ritter'a):

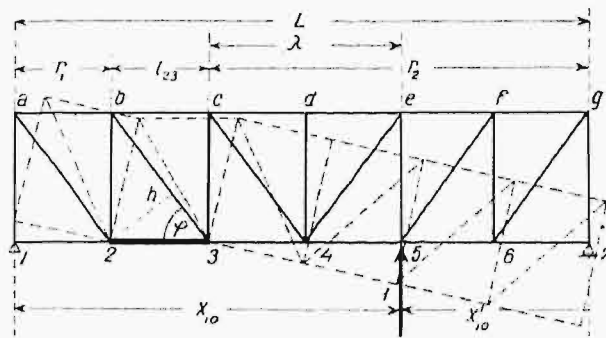
$$Z_{34} = -\frac{M_{10}}{h} \dots \dots \dots (31)$$

gdzie M_{10} oznacza moment zginający belki kratowej w punkcie 10, a h odległość punktu 10 od pręta 34.

Przyjmujemy narazie, że pręt 1, 11, przylegający do podpory nieprzesuwnej, nie ulega obrotowi. W związku z tem założeniem uważamy za nieruchomą i część kratownicy 1 2 3 10 11, której pręty żadnych zmian długości nie doznały.

Na skutek skrócenia się pręta 34 o Δl , część kratownicy 4 5 6 7 8 9 10 dozna obrotu względem punktu 10, przyczem węzeł 7 uniesie się wówczas nad odpowiednią podporą. Kąt tego obrotu wynosi:

$$\theta = \infty \operatorname{tg} \theta = \frac{\Delta l_{34}}{h} \dots \dots \dots (32)$$



Rys. 3.

wobec czego przesunięcie pionowe węzła 7 będzie równe

$$v_7' = \theta x'_{10} \dots \dots \dots (33)$$

Jednocześnie węzeł 8 dozna przesunięcia pionowego

$$v_8' = \theta \lambda \dots \dots \dots (34)$$

Ponieważ węzeł 7 w rzeczywistości nie może unieść się nad podporą i pręt 1, 11 ulega wobec tego obrotowi, więc należy od przesunięcia v_8' odjąć przesunięcie wywołane przez obrót kratownicy względem punktu 1 o kąt

$$\omega = \frac{v_7'}{L} \dots \dots \dots (35)$$

Nowe przesunięcie węzła 8 wyniesie:

$$v_8'' = \omega (x_{10} + \lambda) \dots \dots \dots (36)$$

a więc całkowite jego przesunięcie będzie równe

$$v_8 = v_8' - v_8'' = \frac{\Delta l_{34}}{h} \lambda - \frac{\Delta l_{34} x'_{10}}{h L} (x_{10} + \lambda) = \frac{\Delta l_{34}}{h} \left[\lambda - x'_{10} \cdot \left(\frac{x_{10} + \lambda}{L} \right) \right] = -\frac{M_{10}}{h} \cdot \Delta l_{34} \dots \dots (37)$$

Porównyując ze sobą wzory (31) i (37), otrzymujemy wreszcie:

$$v_8 = Z_{34} \cdot \Delta l_{34}.$$

Rozważmy, jako dalszy przykład, mający tak duże znaczenie w budownictwie przypadek belki kratowej o pasach równoległych (rys. 3). Przypuśćmy, iż wydłużeniu uległ tu krzyżulec 3b i że chodzi o wyznaczenie pionowego przesunięcia węzła 5.

Zaczepiwszy w węźle 5 pionową siłę 1, skierowaną ku górze, wyznaczamy odpowiednią siłę w przecie 3_b ze wzoru:

$$Z_{3b} = -\frac{x'_{10}}{L \sin \varphi} \dots \dots \dots (38)$$

Za nieruchomy przyjmujemy narazie pręt 23 dolnego pasa, co pociąga za sobą obrót części 1 a b 2 kratownicy względem węzła 2 i części 3 c g 7 względem węzła 3 o kąty równe:

$$\theta = \frac{\Delta l_{3b}}{h'} = \frac{\Delta l_{3b}}{l_{23} \sin \varphi} \dots \dots \dots (39)$$

oraz wywołuje przesunięcia pionowe v_1' oraz v_7' węzłów 1 i 7 względem odpowiednich podpór.

Na podstawie rys. 3 możemy napisać, iż

$$v_1' = \theta r_1 \quad v_7' = \theta r_2 \dots \dots \dots (40)$$

Aby kratownica, którąśmy myślowo oddzielili od podpór, z powrotem na podporach się znalazła, należy ją, jako całość, przesunąć w kierunku pionowym o v_1' i obrócić względem punktu 1 o kąt

$$\omega = \frac{v_1' + v_7'}{L} = \frac{\theta (r_1 + r_2)}{L} = \frac{\Delta l_{3b} (r_1 + r_2)}{L l_{23} \sin \varphi} \dots \dots (41)$$

Węzeł 5 dozna wskutek obrotu części kratownicy 3 c g 7 względem węzła 3 przesunięcia w kierunku ku dołowi, równego:

$$v_5' = \theta \lambda \dots \dots \dots (42)$$

Przesunięcie pionowe całej kratownicy o v_1' wywołuje równe v_1' przesunięcie węzła 5 ku dołowi. Wreszcie, obrót całej kratownicy o kąt ω względem podpory 1 powoduje przesunięcie węzła 5 ku górze równe:

$$v_5'' = \omega x_{10} \dots \dots \dots (43)$$

Całkowite pionowe przesunięcie węzła 5 wynosi wobec tego:

$$\begin{aligned} v_5 &= v_5' + v_1' - v_5'' = \theta \lambda + \theta r_1 - \omega x_{10} = \\ &= \frac{\Delta l_{3b}}{l_{23} \sin \varphi} (\lambda + r_1) - \frac{\Delta l_{3b} x_{10} (r_1 + r_2)}{L l_{23} \sin \varphi} = \\ &= \frac{\Delta l_{3b}}{l_{23} \sin \varphi} \left[(\lambda + r_1) - \frac{x_{10}}{L} (r_1 + r_2) \right] = \\ &= \frac{\Delta l_{3b}}{l_{23} \sin \varphi} \left[\frac{x_{10}' r_1}{L} + \lambda - \frac{x_{10} r_2}{L} \right] \dots \dots \dots (44) \end{aligned}$$

Wobec tego, że

$$\frac{x_{10} r_2}{L} - \lambda = \frac{x_{10}' (r_1 + l_{23})}{L},$$

równanie (44) przybiera postać następującą:

$$v_5 = -\frac{x_{10}'}{L \sin \varphi} \Delta l_{23}, \dots \dots \dots (45)$$

skąd, porównyując wzór ten ze wzorem (38), dochodzimy do zależności:

$$v_5 = Z_{3b} \Delta l_{3b} \dots \dots \dots (46)$$

W podobny sposób może być wyprowadzony wzór (46) i dla innych typów kratownic.

Ponieważ równanie

$$v = Z \Delta l$$

zostało otrzymane niezależnie od zasady prac wirtualnych, to może ono być użyte przy wyprowadzeniu tej zasady w zastosowaniu do kratownic.

A więc, w razie, gdy przyrostów Δl doznały wszystkie (r) pręty kratownicy, lub choćby części ich, możemy napisać, że przesunięcie pewnego węzła i równa się:

$$v_i = Z_1^i \Delta l_1 + Z_2^i \Delta l_2 + \dots + Z_r^i \Delta l_r = \sum_1^r Z^i \Delta l \dots \dots (47)$$

gdzie siły Z^i powstają w poszczególnych prętach kratownicy pod działaniem siły 1, zaczepionej w węźle i .

Dla węzła $i+1$ znajdujemy odpowiednio:

$$\begin{aligned} v_{i+1} &= Z_1^{i+1} \Delta l_1 + Z_2^{i+1} \Delta l_2 + \dots + Z_r^{i+1} \Delta l_r = \\ &= \sum_1^r Z^{i+1} \Delta l \dots \dots \dots (48) \end{aligned}$$

Mnożąc równania typu (47) przez siły $P_1, P_{II} \dots P_k$ zaczepione w węzłach I, II $\dots k$ i dodając je do siebie, otrzymamy:

$$\begin{aligned} P_1 v_1 + P_{II} v_{II} + \dots + P_k v_k &= \\ &= (Z_1^I P_1 + Z_1^{II} P_{II} + \dots + Z_1^k P_k) \Delta l_1 + \\ &+ (Z_2^I P_1 + Z_2^{II} P_{II} + \dots + Z_2^k P_k) \Delta l_2 + \\ &\dots \dots \dots \\ &+ (Z_r^I P_1 + Z_r^{II} P_{II} + \dots + Z_r^k P_k) \Delta l_r \dots \dots (49) \end{aligned}$$

Ponieważ

$$Z_r^I P_1 + Z_r^{II} P_{II} + \dots + Z_r^k P_k = S_r$$

i t. d., więc mamy, że

$$\sum_1^k P v - \sum_1^r S \Delta l = 0 \dots \dots \dots (50)$$

co wyraża, że w stanie równowagi suma prac sił zewnętrznych i wewnętrznych kratownicy (sił w prętach) równa się zeru¹⁾. Dotyczy to oczywiście tylko wielkości v i Δl , bardzo małych w porównaniu z wymiarami kratownicy.

¹⁾ Por. O. Mohr, Technische Mechanik, 1914, str. 393. H. Müller-Breslau, Die graphische Statik t. II, str. 11.

W sprawie międzynarodowego ujednostajnienia pasowań.

Napisał Inż. Wacław Moszyński, Poznań.

W zeszycie 2-gim „Werkstattstechnik“ z r. b. znajdujemy artykuł O. Kienzle'go, omawiający dotychczasowe wyniki prac podkomisji międzynarodowego komitetu normalizacyjnego (ISA), powołanej do życia jesienią 1928 r. w Pradze i obradującej w składzie pięciu członków, delegowanych przez Niemcy, Szwecję, Szwajcarię, Czechosłowację i Francję, nad stworzeniem podstaw dla międzynarodowego układu pasowań. Przewodnictwem tej podkomisji objął kierownik sekretariatu ISA do spraw pasowań, K. Gramenz, tak że przedstawicielstwo Niemiec było wyjątkowo silne, zwłaszcza, że w skład delegacji niemieckiej na pierwszej konferencji, odbytej w Paryżu w maju r. ub., oprócz właściwego delegata, Kienzle'go, wszedł również prof. G. Schlesinger. Już na zjeździe w Pradze ujawniło się wyraźne zarysowanie frontów: z jednej strony znalazły się Niemcy wraz z krajami, które przyjęły ich układ, które jednak nie wykazały żadnej żywszej inicjatywy, z drugiej — Czechosłowacja, silnie popierana przez naszą delegację, i Szwecja, związana z nami przymierzem niemal pokrywających się układów pasowań. Stanowisko nasze było w tym czasie tak mocne, że na jednej ze wstępnych konferencji, odbytych w zamkniętym gronie, na której zapadła uchwała powołania do życia wspomnianej podkomisji, przewodniczący sekcji pasowań zjazdu, Gramenz, zaproponował przystąpienie przedstawiciela Polski, jako szóstego członka podkomisji; sprawa upadła wskutek zrzeczenia się udziału przez przewodniczącego delegacji polskiej, obawiającego się nie bez słuszności, że wywoła to żądania również innych delegacji dopuszczenia ich przedstawicieli do podkomisji, w obawie czego przecież zostalibyśmy może odsunięci od udziału w jej pracach.

Dużą ruchliwość wykazali Francuzi, którzy wystąpili z własnym projektem pasowań, proponując przyjęcie go jako podstawy dla międzynarodowego układu; w tej sprawie odbyli nawet uprzednio wstępne narady w Pilźnie z delegacjami checosłowacką i naszą; projekt ich jednak nie znalazł żadnego poklasku, gdyż jedyną jego dodatnią stroną było to, że nie był podobny do żadnego z istniejących już układów narodowych¹⁾.

Przypomnieć warto, że na kilka miesięcy przed zjazdem praskim ukazał się obszerny zeszyt „Werkstattstechnik“, pisma redagowanego przez Schlesingera, poświęcony w całości wynikiem ankiety, przez którą maszynowy przemysł niemiecki zajął stanowisko wobec polemiki, jaką wywołał prof. Sawin, twórca układu Škody, publiczną kry-

tyką układu niemieckiego²⁾. Dalszy ciąg wyników tej ankiety ukazał się w drugim zeszycie specjalnym tegoż pisma, wydanym w przededniu zjazdu praskiego. Ankieta ta, przygotowana istotnie z dużym nakładem pracy, dająca dość zgodne świadectwo ze strony szerokich kół przemysłowych, że układ niemiecki okazał się w praktyce celowy, masą swoją miała zmiażdżyć krytykę prof. Sawina i dać podstawę niemieckiemu komitetowi normalizacyjnemu w jego oporze przeciwko dopuszczeniu do wprowadzenia jakichkolwiek zmian do układu niemieckiego. Zdaje się, że Niemcy wierzyły wówczas, że uda im się narzucić swój układ, jako układ międzynarodowy. Jednak innym językiem przemawia przemysł, a innym znawca-technik, to też, mimo wszystko, sprawy inaczej poszły, skoro przystąpiono w Paryżu do narad. Jeszcze w ich przeddzień zamieścił prof. Schlesinger bojowy artykuł w piśmie „Der Betrieb“³⁾, nad którym warto się chwilę zatrzymać, tak pełen jest on pewnością, że układ niemiecki jest niewzruszony. Idąc śladem myśli autora, który zdaje się nie wiedzieć nic o doświadczeniach dokonanych w Szwecji, a zwłaszcza w Czechosłowacji, uważając własne badania z przed wojny za jedyną doświadczalną podstawę pasowań, — praca, którą przeprowadził niemiecki świat techniczny przy budowie układu pasowań oparta została na tak rozległej i gruntownej statystyce przemysłowej, że „chyba nigdy na świecie nie zaszedł podobny wypadek praktycznego zastosowania statystyki do celów technicznych“. Jest to istotnie prawdopodobne; szkoda jednak, że, wbrew zapewnieniom autora, iż nie „przyfryzowano“ wyników ankiet przy zbieraniu dat statystycznych, — jednak właśnie narzucono im sztuczne zgoła ramy, największą wagę przywiązując do przejrzystości i prostoty formy układu, a nie do istotnego warunku — zachowania trwałości charakteru pasowania, przynajmniej w normalnych, przeciętnych warunkach, niezależnie od wymiarów przedmiotów złożonych.

To też tłusto wydrukowanego zapewnienia autora, że dziś, po 10 latach doświadczenia, każdy, nie znający się nawet zupełnie na pasowaniach, może bez najmniejszej obawy zaprowadzić u siebie układ pasowań (oczywiście niemiecki), nie brzmi poważnie, podobnie zresztą jak znaczna część głosów z przemysłu niemieckiego, zawartych w wyżej wymienionych dwóch zeszytach „Werkstattstechnik“. Dla udowodnienia, jak dziw-

¹⁾ W zeszycie Nr. 50 „Przeglądu Technicznego“ z r. 1928 znajdzie czytelnik szczegółowe omówienie tego projektu.

²⁾ Czytelnika bliżej interesującego się tą sprawą odsyłamy do zeszytu Nr. 25 „Przeglądu Technicznego“ z roku 1928.

³⁾ Zeszyt 9 „Maschinenbau“ 1929 r. „Die Bewährung der Dinpassungen im Lichte der Statistik“.

ne nieraz wypowiada się sady, gdy chce się podtrzymać raz obroną tezę, przytoczę jeszcze końcowy ustęp artykułu, w którym autor stwierdza, że, jeżeli się rozporządza robotnikami umiejacymi pracować według sprawdzianów różnicowych, praktycznie wyzyskuje się ledwo połowę pola tolerancyjnego, co znacznie zwięża istotną tolerancję pasowania; jednak byłoby „psychologicznym błędem”(?) zwięzić wskutek tego teoretyczne pola tolerancji, gdyż robotnik pracowałby bardziej nerwowo w obawie przekroczenia wymiarów granicznych i wyniki byłyby gorsze. Czy zatem ów robotnik „umiejący pracować według sprawdzianów różnicowych” nie pracuje w istocie według zasady sprawdzianów normalnych, przeniesionej na stronę „dobra” sprawdzianów różnicowych, i czy wobec tego prof. Schlesinger ma podstawy, by przeciwstawić się zwiężeniu pola tolerancji, przyznając, że zamiennosc pozostaje niezakłócona przez to, że robotnik wyzyskuje tylko połowę tolerancji rozporządzalnej? Wszak tem stoją układu pasowań, że zamiennosc ma być niezależną od zręczności robotnika, a tylko od wyniku sprawdzenia przy pomocy sprawdzianu różnicowego; od zręczności robotnika zależeć może tylko zmniejszenie procentowe braków, i to jest sprawą gospodarki warsztatowej, nie mającą z istotą pasowań nic wspólnego.

Teżą ostateczną prof. Schlesingera jest: nie nie potrafi usprawiedliwić potrzeby naruszenia w czemkolwiek podstawy niemieckiego układu pasowań — prawa pierwiastka sześciennego z wymiaru nominalnego.

Artykułem tym zajęliśmy się tak obszernie dlatego, że w nim znalazło odbicie stanowisko niemieckiego świata technicznego z przed maja r. ub. Gra Niemiec była zrozumiała: pokazać — patrzcie, co my mamy za sobą, a cóż wy temu możecie przeciwstawić — papierowe układy? Poco zmieniać coś u siebie, gdy jest nadzieja, że się przestraszy partnera i ten czmychnie. Lecz partner się nie przestraszył i nie czmychnął, bo wiedział, że jeżeli miło mu będzie mieć układ uzgodniony na gruncie międzynarodowym, to czuł i rozumiał, że uzgodnienie to leży w pierwszej linii w interesie Niemiec, i dzięki temu poczuł w ręku mocny, twardy argument. Tę prawdę musimy i my sobie umieć twardo powiedzieć: powstanie międzynarodowego układu pasowań przyniesie nam wiele korzyści, lecz pociągnie za sobą poważne niebezpieczeństwo, gdyż ułatwi przemysłowi niemieckiemu, najsilniejszemu z tych, które na układzie tym się oprą, dostęp do naszego życia gospodarczego, stawiając go w położeniu uprzywilejowanym w porównaniu z wielkim przemysłem Anglii i Stanów Zjednoczonych; skutek będzie nieco podobny do tego, jaki wywołałoby obniżenie stawek celnych w stosunku do państw stosujących miary metryczne z zachowaniem ich w pełnej wysokości w stosunku do krajów cała angielskiego. Jako przeciwwagę tych stron ujemnych, winien przemysł nasz umieć wydobyc z siebie duży zasób energii i woli odporu, którego wyrazem będzie jak najszybsze dźwignięcie techniki wytwórczej; najprostszą zaś drogą, wiodącą do tego celu, jest możliwie szybkie i powszechne przyjęcie przez przemysł naszego układu pasowań, i to

tymczasem w jego postaci dzisiejszej, nie odkładając do czasu uchwalenia układu międzynarodowego, który, jak z dalszej treści wyniknie, będzie najzupełniej zamiennym z naszym, polskim układem pasowań.

Lecz wróćmy do wątku. Stanowisko podobne do naszego zająć musiały i inne kraje poza Niemcami, wytworzył się więc front i... Niemcy ustąpiły.

Dziś, po trzech konferencjach podkomisji odbytych we Francji, Szwajcarii i w Niemczech, ten sam prof. Schlesinger pisze we wstępie do artykułu Kienzle'go: „Uznano, że przy obróbce otworów i wałków uwzględnić należy mnóstwo czynników, tak że różnice, wynikające z zastosowania \sqrt{D} wzgl. \sqrt{D} , nie odgrywają znaczniejszej roli; ważniejszą zatem rzeczą jest podanie przez praktykę wypróbowanych wartości liczbowych, przy których pomocy mogłyby dobrze urządzone warsztaty wytwarzać części zamienne. Wszystko, co początkowo miało szczególnie znaczenie dla stworzenia układu pasowań, jak pojęcie jednostki pasowań, ogólne podstawy matematyczne i możliwość obliczeń dla niestosownych jeszcze dotychczas obszarów średnic, może być dziś odrzucone”. I dalej: „Ponieważ przyjęcie projektu ISA nie sprawi trudności fabrykom niemieckim”, możemy im zalecić wprowadzenie tego układu pasowań”.

Wystarczyło więc siedm miesięcy czasu, by dokonana się gruntowna zmiana przekonań i możemy sobie powiedzieć: wprowadzcie dość późno, ale zato wcale szybko.

Przejdziemy jednak do szczegółowego omówienia dotychczasowego dorobku prac podkomisji pasowań ISA (skrót słów: International Federation of National Standardizing Associations).

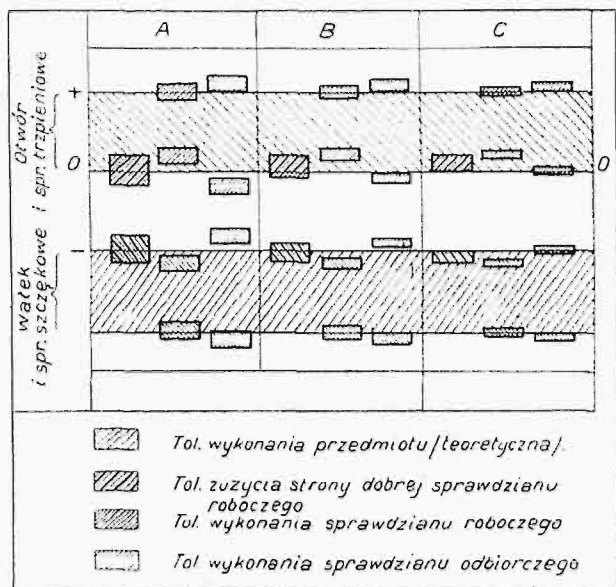
Zważywszy, że największe różnice między istniejącymi układami pasowań zachodzą w obszarach dużych średnic, w których przemysł ma też najmniej doświadczenia, postanowiono chwilowo prace podkomisji ograniczyć do obszaru średnic od 3 do 180 mm, przy zachowaniu ogólnie przyjętego podziału tego obszaru na obszary cząstkowe: 3—6; 6—10; 10—18; 18—30; 30—50; 50—80; 80—120; 120—180 mm, jednak w proponowanych przez podkomisję pasowaniach mocno wtlaczanych postanowiono każdy z tych obszarów podzielić na dwa obszary mniejsze, poczynając od wymiaru 30 mm.

Poza tem przyjęto: a) temperaturę odniesienia równą 20° C; b) budowę układu asymetryczną, wyzyskującą linię zerową jako linię graniczną⁴⁾; c) postanowiono odrzucić jakąkolwiek podstawę matematyczną, uwarunkowującą budowę układu, i w wyborze odchyłek kierować się jedynie wynikami doświadczenia praktycznego.

Jako dalsze zasady, wysunięto konieczność zapewnienia układowi projektowanemu zupełnej zamienności ze wszystkimi układami narodowymi, powstałymi ostatnio, zaczynając od układu

⁴⁾ Obie powyższe cechy spotykamy we wszystkich układach późniejszych, zaczynając od układu niemieckiego.

niemieckiego²⁾. Również rzeczą bardzo doniosłej wagi jest wprowadzenie do projektu klasy trzeciej o dokładności pośredniej między niemieckim „Feinpassung”, odpowiadającym drugiej klasie projektu, i „Schlichtpassung”, odpowiadającym klasie czwartej projektu; sprawa tej trzeciej klasy jest dotychczas omówiona ogólnikowo i budzi poważne zastrzeżenia, lecz o tem później. Poza tem przewiduje projekt klasę pierwszą i piątą,



Rys. 1.

która winna odpowiedzieć niemieckiemu „Grobpassung” i naszej klasie piątej. Czy, za przykładem układu szwedzkiego, projekt obejmie inne jeszcze klasy pośrednie między tak pojętą klasą czwartą i piątą — nie zostało wyjaśnione; zajęcie stanowiska i w tej sprawie zostawimy na później.

Z zasad ogólnych, przewidzianych w projekcie, omówimy szczegółowiej sprawę rozmieszczenia tolerancji wykonania i zużycia sprawdzianów, mającą duże znaczenie interpretacyjne dla układu³⁾. Otóż projekt ISA, idąc zasadniczo po linii wyraźnej popieranej przez nas interpretacji szwedzkiej, rozwinął ją w kierunku sprawdzianów odbiorczych, przez co propozycja ISA wypadła zupełnie identycznie z naszą tezą, wypowiedzianą na specjalnie zagadnieniu temu poświęconej konferencji Stow. Inż. Mech. Polskich, odbytej w Warszawie w dn. 6.II.29⁴⁾.

²⁾ Po układzie niemieckim powstały układy: szwajcarski, szwedzki, czechosłowacki, rosyjski i polski, nie licząc tych, które były dosłowną kopją układów niemieckiego lub szwedzkiego.

³⁾ Sprawa ta była omówiona dość szczegółowo we wzmiankowanym już zeszytce Nr. 50 „Przełądu Technicznego” z r. 1928 i w zeszytce Nr. 1—2 tegoż pisma z r. 1929 (str. 5).

⁴⁾ Teza ta brzmiała: 1) dla strony „dobrej” obrać takie rozmieszczenie tolerancji zużycia, by sprawdzian w połowie zużycia posiadał wymiar teoretyczny; 2) aby sprawdziany odbiorcze otrzymały wymiary teoretyczne: po stronie „dobrej” dokładnie równe wymiarom teoretycznym sprawdzianów roboczych zupełnie zużytych, po stronie brakowej — krańcowej wartości sprawdzianu roboczego; tolerancje wykonania sprawdzianów odbiorczych (rozmieszczone symetrycznie) należy wziąć równe tolerancjom wykonania sprawdzianów roboczych.

Interpretację tę przedstawia rys. 1 w kolumnie A. Zużycie przewidziane jest tylko dla strony dobrej sprawdzianu roboczego, przyczem strona ta w połowie swego zużycia posiada wymiar teoretyczny odnośnej odchyłki wałka, wzgl. otworu. Przeciwno takiej interpretacji, zdaniem naszym, jedynie słusznej, zda się zaprotestował delegat Francji i niezawodnie pod jego wpływem stworzono zręczny kompromis „na przyszłość” w przewidywaniu zwiększenia zarówno dokładności przemysłowego wykonania sprawdzianów, jak i zmniejszenia ich zużywalności w wyniku lepszego rozwiązania sprawy materiałowej i obróbki termicznej. Ewolucję interpretacji norm sprawdzianowych w przyszłości przedstawiają kolejno kolumny B i C rys. 1; kraje, które uważałyby, że już dzisiaj rozwiązały należycie zarówno sprawę dokładności wykonania sprawdzianów, jak i ich odporność na zużycie, mogą od razu przyjąć jedną z interpretacji B lub C (ukłon w stronę Francji); jest jednak rzeczą najzupełniej oczywistą, że pociągnie to za sobą znaczne zwiększenie kosztów gospodarki sprawdzianowej, gdyż zwiększy koszty nabycia i eksploatacji (wskutek krótszego trwania) sprawdzianów.

Ten rzut oka w przyszłość jest jednak, mimo wszystko, ciekawym i niezawodnie szczęśliwym precedensem w rozwiązywaniu dalszych zagadnień pasowań; szczęśliwym w zasadzie, niekoniecznie w swej istocie, gdyż nie można powstrzymać się od uwagi, którą należy na tem miejscu twardo wypowiedzieć, że interpretacja A pozostanie słuszną zarówno w przyszłości, przy zwięzonych tolerancjach wykonania i zużycia sprawdzianów, jak słuszną jest i dziś; kompromis ten jest więc nader wątpliwej wartości; na szczęście wiele może się jeszcze zmienić, nim rzeczywiście wejdzie on w życie.

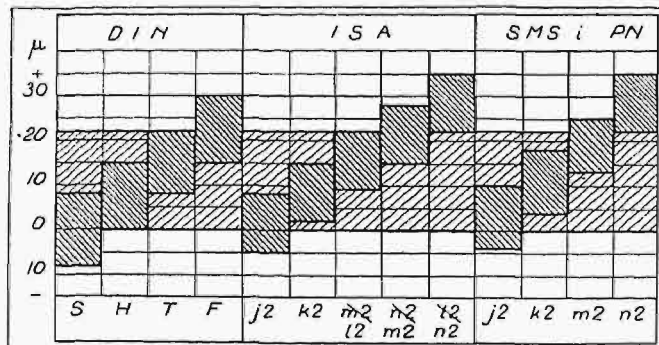
Dalszym, niezmiernie ważnym atutem, który zdobyliśmy wspólnie ze Szwedami, to przejęcie przez projekt podkomisji symbolistyki szwedzkiej, przyjętej przez nasz układ, którą uznano na najlepszą, głównie dla podobieństwa oznaczeń odpowiadających sobie sprawdzianów dla otworów i wałków, oraz dla łatwości kojarzenia otworów i wałków w pasowaniach złożonych.

Przechodząc do omówienia szczegółów projektu ISA, rozpoczniemy od klasy 2-jej, którą przyjęto jako klasę podstawową. Chociaż wykresy porównawcze zamieszczone w artykule Kienzle'go odnoszą się do zasady stałego otworu, projekt obejmie jednak oczywiście obie zasady: stałego otworu i stałego wałka, traktowane równorzędnie. Ramy niniejszego artykułu nie zezwalają na podanie tablic odchyłek lub wyczerpujących wykresów porównawczych projektu ISA z naszym układem; rzeczy te ukażą się niewątpliwie w „Wiadomościach PKN”, tu zaś zajmiemy się bardziej ogólnym ujęciem sprawy porównania owego projektu z naszym układem.

A więc otwory podstawowe H2 nie wykazują żadnych różnic, wałki zaś podstawowe h2 — znikome zupełnie różnice (tolerancja wykonania przeważnie mniejsza o 1 μ , niż u nas); dalej — ogólny układ pasowań ruchowych identyczny z naszymi, obejmujący pasowania obrotowe ciasne — g2 (identyczne z DIN, a więc odrobinę ciaśniejsze od na-

szych), obrotowe zwykłe —f2, obrotowe luźne —e2 i obrotowe bardzo luźne —d2, wszystkie niezmiernie zbliżone do naszych, wykazujące znikome zupełnie różnice, nie wpływające niczem na charakter pasowania; wszystkie te pasowania, od obrotowego zwykłego zaczynając, są przy małych średnicach znacznie bardziej zbliżone do naszych, niż do wziętych z układu niemieckiego; przy większych średnicach, pasowania te zyskują nieco na luzie w porównaniu z naszymi.

Pod tą częścią projektu ISA możemy się śmiało podpisać oburącz.



Rys. 2. (Obszar 18÷30 mm).

Kompromis z Niemcami wyraźniej zaznaczył się w pasowaniach spoczynkowych, w których, dla upodobnienia się z układem DIN, dodano jeszcze jedno pasowanie mieszane; różnice najlepiej wskazuje rys. 2. Ostatecznie dodanie jeszcze jednego pasowania nie zaszkodzi, choć konieczne ono napewno nie jest; rzut oka na rys. 2 pozwala jednak stwierdzić, że całość w projekcie ISA wypadła dość harmonijnie, i znacznie korzystniej niż w układzie niemieckim [zwłaszcza pasowanie przyłgowe]; nie możemy jednak stanowczo dopuścić, by kompromis ten miał popłacać ustaloną już naszą symbolikę i zażądać musimy wprowadzenia do projektu zmian uwidoczniionych na rys. 2 przez przekreślenia i poprawki; nowe pasowanie musi otrzymać nowy symbol, zarezerwowany dlań—l2, a nie powodować przesunięcia wszystkich symboli w pasowaniach bardziej ciasnych⁸⁾. Z nazwami nie będzie kłopotu, gdyż pasowanie l2 przyjęłoby nazwę *wciskanego zwykłego*, pasowanie zaś m2 otrzymałoby nazwę pasowania *mocno wciskanego*. Zastrzegając sobie stanowczo wyżej omówioną poprawkę co do symboli, możemy projekt ISA i w tej części przyjąć, choć bez szczególnego entuzjazmu; w każdym razie wypadnie niezawodnie inaczej ugrupować pasowania uprzywilejowane, zatrzymać się jednak z tem trzeba do opracowania projektu pasowań włączanych i całej klasy 3-ej.

Z pasowań włączanych projekt obejmuje narazie jedno tylko — lekko włączane, oznaczone —p2, które musi zachować swój symbol —n2; jedyną zmianą, i to wcale szczęśliwą, jaką tu wprowadzono, to przyjęcie paromikronowych najmniejszych wcisków dla średnic od 50 mm w górę.

⁸⁾ Poprawka jest również konieczna ze względu na symbole przyjęte przez podkomisję dla klasy pierwszej, do której nowego pasowania nie wprowadzono; konieczne bowiem podobnym pasowaniom muszą odpowiadać w obydwóch klasach podobne, a nie różne symbole.

Co do dalszych pasowań włączanych, podkomisja nie opracowała jeszcze projektu, lecz tylko propozycję dla wdrożenia badań. Propozycja ta obejmuje zasadniczo dwa pasowania włączane, odpowiadające dość dobrze naszym pasowaniom q2 — włączanemu zwykłemu i s2 — mocno włączanemu; w ostatniem, odrobinę ciasniejszym od naszego przy większych średnicach, przewidziano drobniejsze stopniowanie obszarów średnic od wymiarów 30 mm w górę, jak o tem wyżej była mowa.

Poza tem dla średnic od 50 mm w górę przewidziano dodatkowe pasowanie włączane pośrednie, zawarte między lekko włączanem a włączanem zwykłym. Można śmiało powiedzieć, że ta zmiana w istocie jest korzystna, dając większą swobodę wyboru pasowań włączanych przy większych średnicach (por. rys. 3); dobrze byłoby, gdyby nasz komitet normalizacyjny wystąpił z propozycją przyjęcia następujących oznaczeń dla tych pasowań:

- pasowanie lekko włączane: H2—n2 (identyczne z obecnym naszym pasowaniem H2—n2);
- pasowanie włączane pośrednie: H2—p2 (tylko od \varnothing 50 mm w górę);
- pasowanie włączane zwykłe: H2—q2*);
- pasowanie mocno włączane: H2—s2 (od \varnothing 10 mm w górę).

przez co symbol r2 zostałby zarezerwowany dla możliwego w przyszłości drugiego pasowania pośredniego między włączaniem zwykłym a naszym włączanem, gdyby kiedykolwiek zaszała potrzeba wprowadzenia go dla większych średnic.

Innych zastrzeżeń co do pasowań włączanych nie mamy potrzeby zgłaszać.

Projekt podkomisji objął również klasę pierwszą, potraktowaną niemal identycznie jak w naszym układzie, przy odrobinę mniejszych wymaganiach dokładności wykonania zarówno otworu, jak i wałka; i tu uwidoczniła się tendencja kompromisu z układem niemieckim, zresztą nieszkodliwa. Nasz komitet normalizacyjny winien jednak zażądać wprowadzenia do tej klasy pasowania obrotowego ciasnego, przyjętego nietylko przez Szwajcarów i przez nas, ale w następstwie również i przez Szwedów.

Oto całość projektu dotychczas opracowanego przez podkomisję. Podkreślić warto, że w artykule Kienzle'go, w wielu punktach, przebija wyraźne zadowolenie, że projekt ten wnosi korzystne poprawki do układu DIN, zarówno w drugiej, jak i pierwszej klasie. Nasz układ zawiera niemal wszystkie te poprawki już obecnie, możemy się więc na projekt klasy 1-ej i 2-ej zgodzić z jedyneimi zastrzeżeniami co do symboli, jak to wyżej zaznaczyliśmy.

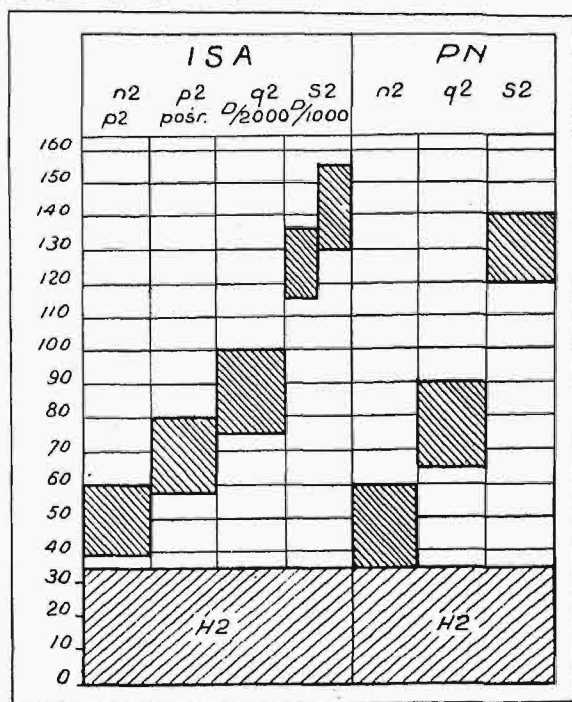
Co do innych spraw podnoszonych w artykule Kienzle'go, musimy wypowiedzieć zdanie nieraz sprzeczne ze zdaniem autora.

Trudno się zgodzić na propozycję Kienzle'go oznaczenia klas dokładności w ten sposób, by wałki klasy pierwszej miały się znaleźć w klasie 4-ej, otwory zaś razem z wałkami klasy drugiej — w klasie 5-ej i t. d.; wałki zgrubne klasy piątej znalazłyby się w klasie 10-ej, poza którą byłaby je-

⁹⁾ W artykule Kienzle'go w tabelicy 3 wadliwie podano kolejność pasowań włączanych (por. komunikat DIN w zeszycie Nr. 2 „Maschinenbau“ z b. r.).

szcze klasa 11-ta, a w przyszłości może i dalsze; według pierwszych trzech klas wykonywane byłyby tylko sprawdziany. Pomysł ten ma być niby rzutem w przyszłość, w przewidywaniu znacznego kiedyś zwiększenia dokładności obróbki części maszynowych. Chwila zastanowienia pozwala jednak stwierdzić, że wszystko to nie ma wiele sensu, bo wyrób sprawdzianów można doskonale oprzeć na odrębnych, prostych normach dokładnościowych, stojących poza właściwym układem pasowań, jak to zresztą już i obecnie ma miejsce. Jeżeli w przyszłości będziemy obrabiać dokładniej części maszynowe, odnośną klasę oznaczymy jako zero-wą, i dalszego zwiększenia dokładności dziś przynajmniej przewidywać nie potrzebujemy.

W obecnych warunkach istotnie koniecznym jest wprowadzenie, poza klasą czwartą, jednej tylko klasy zgrubnej; aby w przyszłości umożliwić wprowadzenie dalszej lub dalszych klas pośrednich między klasą czwartą i zgrubną, wystarczy klasy zgrubnej nie numerować, tak jak to uczyniono w naszym układzie, i cała sprawa przyszłości zostaje za jednym zamachem rozwiązana. Chwilowo więc całkowity układ ISA winien objąć pięć klas, oznaczonych od 1 do 4-ch, bez numerowania klasy piątej, zgrubnej.



Rys. 3. Pasowania wtlaczone (80÷120 mm).

Najenergiczniejszy jednak protest założyć winien nasz komitet normalizacyjny przeciwko zakusom Niemców okrojenia naszej klasy trzeciej i sprowadzenia jej do roli klasy pomocniczej, posiadającej tylko wałki dla pasowań spoczynkowych i otwór H4, wspólny z klasą czwartą (niemieckiem Schlichtpassung); na rzecz podobną nigdy nie moglibyśmy się zgodzić, wierząc, że klasa trzecia jest dla nas właśnie klasą podstawową, na której winien się oprzeć cały przemysł ogólnomaszynowy; musi więc ona otrzymać własny otwór podstawowy, o tolerancji około 1,5 raza większej od tegoż otworu w klasie drugiej; klasa ta winna niemal dokład-

nie odpowiedzieć klasom trzecim układu szwedzkiego i polskiego, z dopuszczeniem conajwyżej zmian podobnych do tych, które zostały wprowadzone do klasy 2-ej. W klasie czwartej natomiast otwór podstawowy winien otrzymać większą tolerancję niż wałek podstawowy, jak to ma miejsce w układach szwedzkim, czechosłowackim i polskim, gdyż tego wymaga zachowanie ciągłości układu, który w granicach od 1-ej do 4-tej klasy jest niezwykle zwarty i nie zezwala na żadne wyłomy. Wszak istnieje zupełna możliwość kojarzenia wałków z klasy 4-tej z otworem podstawowym z klasy 3-ej, mającym tę samą co one tolerancję wykonania, uzyskując to właśnie, o co zdaje się Niemcom chodzi; jednak dla wielu konstrukcji prostszych można zadowolnić się w pasowaniach ruchowych otworem H4 o tolerancji większej od obecnego niemieckiego sB, zmniejszanie więc tolerancji byłoby zupełnie błędne, gdyż powiększyłoby tylko przeskok między tą klasą 4-tą a zgrubną. A więc stanowczo musimy żądać utrzymania pełnej, podstawowej klasy trzeciej, obejmującej wszystkie pasowania klasy drugiej, od której byłaby mniej więcej 1,5 raza mniej dokładna, klasa zaś czwarta — znów około 1,5 raza mniej dokładna od klasy trzeciej — objęłaby już mniej liczne pasowania ruchowe, a więc bez pasowania obrotowego ciasnego, z dodaniem być może pasowania przestrzonnego (H4—c4), oraz jedno pasowanie wciskane (H4—14)¹⁰⁾ i jedno wtlaczane (np. H4—g4), oba dla mniej odpowiedzialnych połączeń, wymagających selekcji.

W pasowaniach zgrubnych zgodzimy się łatwo na wprowadzenie zmian do naszej klasy 5-ej, która, wobec kompromisu między niemieckim „Grobpassung“, a nawałem szwedzkich klas zgrubnych, nie wypadła bez zarzutu. Tutaj tolerancje podstawowego otworu i wałka mogą być przyjęte równe, lecz niema celu zachować niezmienną tolerancji dla otworów lub wałków b. luźnych i przestronnych, jak to uczynili Niemcy w swem „Grobpassung“; naszą propozycją powinno być znalezienie szczęśliwego kompromisu między owym „Grobpassung“ a naszą klasą piątą.

Co do ostatniego punktu poruszonego w artykule Kienzle'go, pasowań powierzchni centrujących o średnicach dochodzących do ponad 1500 mm, uważamy, że zajęcie stanowiska w tej sprawie jest jeszcze przedwczesne.

Trudno dziś orzec, ile czasu jeszcze upłynie, zanim pierwsze dwie klasy układu międzynarodowego, a za nimi i dalsze zostaną ostatecznie przyjęte i będą mogły być wprowadzone w życie. Choćbyśmy byli największymi co do tego optymistami, nie powinniśmy w żadnym razie opóźniać wprowadzenia w życie naszego układu pasowań, gdyż dziś możemy mieć większą niż kiedykolwiek pewność, że przyszły układ międzynarodowy będzie nietylko zamiennym z naszym w całej pełni, ale że nie zajdzie potrzeba wprowadzania zmian w oznaczeniach sprawdzianów; jesteśmy więc pod tym względem w wyjątkowo szczęśliwym położeniu.

¹⁰⁾ Na wzór szwajcarskiego „Klemmsitz“ i zamiast polskiego pasowania lekko wciskanego H4—k4.

Nakrzemowywanie żelaza^{*)}

Napisał M. Dubowicki, Inż. metalurg.

c) Nakrzemowywanie żelaza w próżni.

Techniczne rozwiązanie cementacji w próżni zastosowałem według prof. J. Feszczenko-Czopińskiego²⁵⁰⁾. Próżnia w tym piecu nie była absolutna, gdyż w czasie doświadczenia ciśnienie wewnątrz pieca wynosiło około 0,25 mm Hg. Doświadczenia przeprowadziłem w temperaturach od 1000° do 1200°C; czas trwania procesu wynosił od 4 do 96 godzin. Przez cały czas ogrzewania aparatu, następnie podczas trwania samego procesu dyfuzji i wreszcie podczas końcowego ochładzania utrzymywano tego rodzaju próżnię. Schemat przeprowadzonych doświadczeń w próżni, przy użyciu różnych środków cementujących w zależności od temperatury i czasu, przedstawia podana niżej tabela 38. To samo odnosi się do nakrzemowywania niklu i kobaltu.

TABELA 38.

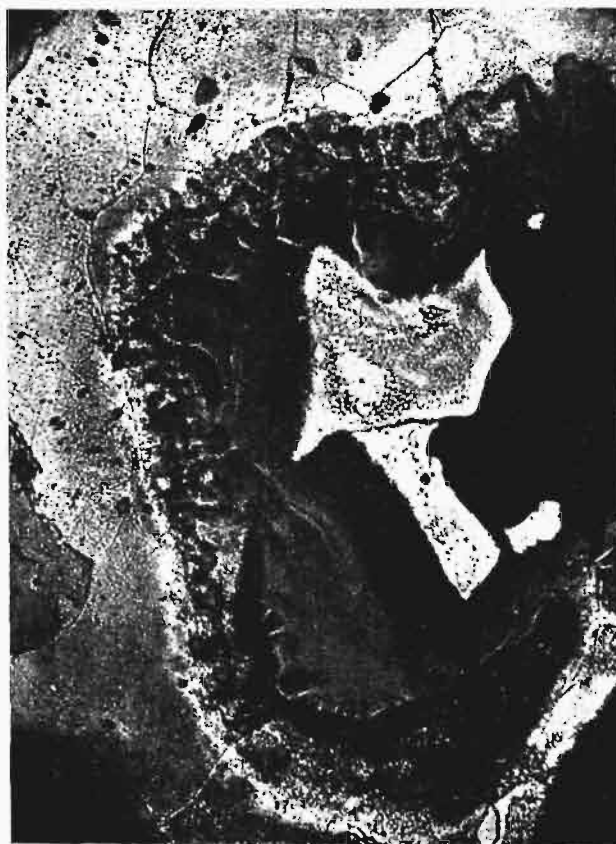
Środek cementujący	1000° C	1050° C	1100° C	1200° C
Krzem metaliczny	— 4 godz.	— 4 godz.	— 4 godz.	1/2 godz. 4 "
	— " "	72 " "	16 " "	— " "
	96 " "	— " "	96 " "	— " "
Stop żelazo-krzem	— " "	— " "	— " "	1/2 " "
	— " "	4 " "	4 " "	— " "
	96 " "	72 " "	— " "	— " "
Mieszanka Si + NH ₄ Cl	— " "	— " "	5 " "	— " "
	— " "	— " "	— " "	— " "
	96 " "	72 " "	96 " "	— " "

Fotogr. Nr. 1 (pow. 175×, wytr. HNO₃) przedstawia warstwę żelaza nakrzemowaną krzemem metalicznym w przeciągu 4 godz. przy temp. 1100° w próżni.

Z powodu wielkiej szybkości dyfuzji krzemu w żelazo, warstwa nakrzemowana jest porowata i krucha, wskutek tego odrywa się od całości. Już podczas przyrządzania szlif (przecinania) szlifowania i polerowania, warstwa nakrzemowana kruszy się.

Im wyższa jest temperatura procesu, tem większa jest kruchość nakrzemowanej warstwy żelaza. Fotogr. Nr. 3 (pow. 175×, wytr. (NH₄)₂S₂O₈) przedstawia część oderwanej warstwy nakrzemowanej krzemem metalicznym przez 4 godz. w próżni. Prowadzenie procesu nakrzemowywania ponad 1200° C nie prowadziło do celu; dlatego trzeba było obniżyć temperaturę i zwiększyć czas trwania samego procesu, przez co osiągnięto grubość warstwy więcej równomierną i mniej porowatą. Zauważono, że przy prowadzeniu procesu nakrzemowywania w tych samych warunkach (czas, temperatura i atmosfera) i

przy użyciu różnych środków cementujących (krzemu metalicznego, stopu żelazo-krzemu lub mieszaniny krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym), proces nakrzemowywania zachodzi w różnym stopniu. Fotogr. Nr. 4 (pow. 175×, wytr. (NH₄)₂S₂O₈) przedstawia część próbki żelaza nakrzemowanego żelazo-krzemem przy temp. 1100°C przez 4 godz. w próżni. Fotogr. Nr. 5 (pow. 175×, wytr. (NH₄)₂S₂O₈) przedstawia wyższy stopień nakrzemowywania żelaza niż poprzednio; wykonano ją ze szlif próbki żelaza, nakrzemowanego mieszaniną krzemu metalicznego i chlorku amonowego przy temp. 1100°C przez 4 godz. w próżni. Porównując fotogr. Nr. 1, 4 i 5, otrzymane z próbek żelaza nakrzemowanych różnymi środkami cementującymi (Si, Fe—Si i Si + NH₄Cl) przy zachowaniu tych samych warunków (temp., czas, atmosfera i obiekt cementowany), zauważamy, że stopień nakrzemowania jest różny; najłatwiej zachodzi proces cementacji przy użyciu jako środka cementującego krzemu metalicznego, natomiast najenergiczniej — zapomocą mieszaniny krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym. Fotogr. Nr. 6 (pow. 175×, wytr. (NH₄)₂S₂O₈) zrobiona z próbki żelaza nakrzemowanego mieszaniną krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym przy temperaturze 1100°C przez 16 godzin w atmosferze powietrza, przedstawia całkowitą kolejność wszystkich warstw: eutektycznej, podeutektycznej, z warstwy



Mikrofotografia 3.

Pow. 175×.

*) Dokończenie do str. 278 w zes. 12 z r. b.

²⁵⁰⁾ J. Feszczenko-Czopiński. Cementacja borem żelaza niklu i kobaltu. Kraków 1925, Prace Akademii Górniczej.

roztworów stałych krzemu w żelazie i t. d. Eutektyka ta jest nagromadzona na krawędzi próbki i rozchodzi się w postaci bądź małych skupień, bądź



Mikrofotografia 4.

Pow. 175 X.

w postaci żyłek pomiędzy kryształami roztworu stałego; w miarę oddalania się od brzegu, warstwa nakrzemowana ubożeje w krzem i zjawia się tuż za warstwą podeutektyczną szeroki zakres roztworów stałych o ograniczonej rozpuszczalności (czego dowodem są na fotogr. otworki). Warstwa nakrzemowywana robi wrażenie warstwy odwęglonej; objaśnia się to tem, że krzem, wchodząc w roztwór stały żelaza, wycisnął węgiel z roztworu w żelazo nienakrzemowywane, a przy oziębianiu wydzielił się węgiel z roztworu jako perlit; rzeczywiście, za warstwą nakrzemowywaną są widoczne skupienia perlitu, które w miarę oddalania się od warstwy nakrzemowanej zmniejszają się. Budowę warstwy podeutektycznej przedstawia lepiej fotogr. Nr. 7 (jako szczegół fotogr. Nr. 6, pow. 1100X, wytr. $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$).

Jak wpływa temperatura i czas na głębokość warstwy nakrzemowywanej, obrazują załączone tabele 39 i 40.

TABELA 39.

Wpływ temperatury na wynik nakrzemowywania żelaza krzemem metalicznym w próżni w jednakowym czasie = 4 godzinom.

Nr. badania	Temperatura i czas trwania	Głębokość max. nakrzemowywania w mm	Twardość max. w stanie wyżarz. wedł. Brinella. kg/mm^2
—	nienakrzemowywane	—	86,0
1	1000 ^o — 4 godz.	—	86,0
26	1050 ^o —	0,105	87,1
2	1100 ^o —	0,15	96,5
4	1200 ^o —	0,45	109,0

TABELA 40.

Wpływ czasu trwania procesu na wynik nakrzemowywania żelaza krzemem metalicznym w próżni przy stałej temperaturze 1100^o.

Nr. badania	Temperatura i czas trwania	Głębokość nakrzemowywania w mm	Twardość max. w stanie wyżarz. wedł. Brinella. kg/mm^2
2	1100 ^o — 4 godz.	0,15	95,5
5 i 6	.. — 16 ..	0,25	109,0
22	.. — 96 ..	1,50	117,0

TABELA 41.

Wpływ środków cementujących (Si, Fe—Si i Si_3N_4 , NH_4Cl) na głębokość i twardość żelaza nakrzemowanego przy 1100^o (4 godz.), przy 1050^o (72 godz.) i przy 1000^o (96 godz.).

Nr. badania	Środek cementujący	Temperatura i czas	Maksymalna głębokość nakrzemowywania w mm	Twardość max. w stanie wyżarz. w g Brinella w kg/mm^2
2	Si	1100 ^o —4 godz.	0,15	95,5
27	Fe—Si	.. ..	0,25	95,5
20	Si_3N_4	.. ..	0,30	117,0
17	Si	1150 ^o —72 godz.	0,15	92,0
23	Fe—Si	.. ..	0,35	93,8
21	Si_3N_4	.. ..	0,65	95,8
18	Si	1000—96 godz.	0,1	86,0
24	Fe—Si	.. ..	0,17	87,1
28	Si_3N_4	.. ..	1,40	127,0

Zbyt energiczne nakrzemowywanie powoduje nierównomierny przebieg dyfuzji; podane wartości można uważać tylko za przybliżone, gdyż warstwa



Mikrofotografia 5.

Pow. 175 X.

nakrzemowywana była tak kruchą, że podczas przyrządzenia szlifów (przecinania, szlifowania i polerowania) kruszyła się i odrywała się od reszty ma-



Mikrofotografia 6.

Pow. 175 X.

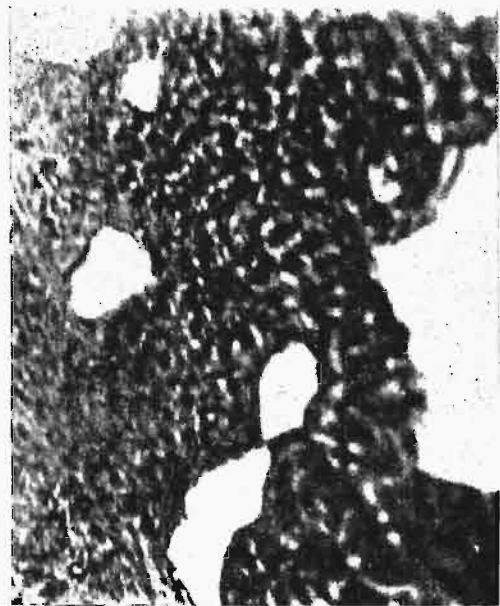
terjału, co nie zawsze można było zauważyć. Dla potwierdzenia zjawisk dyfuzji, przeprowadziłem badania twardości. Wiadomo, że każdy roztwór stały jest twardszy od czystego rozpuszczalnika, przy czym twardość nie stoi w żadnym związku z twardością rozpuszczonego metalu. Według Prof. W. Rosenhain'a, twardość roztworu stałego wzrasta w miarę wzrostu trudności rozpuszczania „obcego” metalu. Im większa jest rozpuszczalność w pewnym rozpuszczalniku, tem szerszy jest zakres wytworzonych roztworów stałych i w tem mniejszym stopniu wzrastać będzie twardość utworzonych roztworów. Niewątpliwie, że na stopień utwardnienia roztworu stałego wpływa do pewnego stopnia nie tylko zdolność rozpuszczania „obcego” atomu, lecz jego objętość atomowa, a również i różnica parametrów i stopni symetrii siatek przestrzennych metali rozpuszczonych i rozpuszczalnika²⁵¹⁾. Twardość odgrywa nieraz w praktyce rolę decydującą dla konstruktora, gdyż ze wzrostem twardości zwiększa się niejednokrotnie odporność na odkształcenia trwałe. Pierwsze próby przeprowadzenia badań twardości na powierzchni próbki nakrzemowanej za pomocą prasy Brinell'a o nacisku 187,5 kg na kulkę o średnicy 2,5 mm i przy czasie obciążenia 30 sek nie powiodły się, gdyż warstwa nakrzemowana była nierównomierna, porowata i chropowata i nie można było otrzymać nawet przybliżonych wyników. Dlatego dokładniejsze pomiary twardości

przeprowadziłem inną metodą za pomocą aparatu Le Grix-Łoskiewicza na szlifie poprzecznym próbki. Średnica kulki w aparacie Le Grix-Łoskiewicza wynosiła 1,2 mm, a nacisk 4,76 kg, zaś czas wynosił przy wszystkich pomiarach 15 sek.

Aparat ten pozwala na robienie pomiarów twardości prawie co milimetr na próbce, wskutek tego dobrze nadaje się do pomiaru twardości materiałów nacementowanych niejednostajnie.

Pewne wątpliwości może budzić sama metoda; badania próbki na twardość za pomocą przyrządu Le Grix — Łoskiewicza odbywały się na poprzecznym przekroju próbki w różnych miejscach, przy czym wzięto, jako miarodajne, największe wartości twardości nakrzemowanej powierzchni. W każdym razie pomiar twardości warstw nakrzemowanych aparatem Le Grix — Łoskiewicza daje większą dokładność, niż badania twardości aparatem Brinell'a. Pewną niedogodnością było, że niektóre warstwy nakrzemowane były tak małej grubości, iż nie można było zrobić odcisku na tak cienkiej warstwie (poniżej 0,2 mm), gdyż średnica kulki była większa niż grubość warstwy nakrzemowanej. W tych wypadkach nie można było stwierdzić właściwego wzrostu twardości. Przeciętna twardość wyżarzzonego żelaza wynosi 86 jedn. Brinell'a. Przeciętną tę obliczono z 20 pomiarów, dokonanych na próbkach wyżarzanych w zakresie temperatur nakrzemowywania. Twardość bowiem próbek wyżarzonych w zakresie temperatur nakrzemowywania jest praktycznie jednakowa.

W tablicach 39 i 40 można zauważyć, że zmiany twardości występowały zależnie od głębokości warstwy nakrzemowanej, która znów zależała od temperatury i czasu trwania procesu cementacji. Na twardość wpływa nie tylko temperatura i czas, lecz także użycie odpowiedniego środka cementującego. Tabela 41 podaje właśnie wpływ środków



Mikrofotografia 7.

Pow. 1100 X.

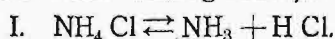
cementujących (Si, Fe—Si i Si+NH₄Cl) na głębokość i twardość warstwy nakrzemowanej w tym samym czasie i w tej samej temperaturze; otóż widzi-

²⁵¹⁾ J. Feszczenko-Czopiński Szkice z teorii metaloznawstwa. 1926.

my, że przy zachowaniu wszystkich warunków dyfuzji (atmosfera, temperatura, czas i obiekt cementowany), cementacja odbywa się najenergiczniej za pomocą mieszaniny krzemu metalicznego i chlorku amonowego, nieco słabiej za pomocą stopu żelazo-krzemu, a najpowolniej za pomocą krzemu metalicznego.

Uzasadnić to można na podstawie analogii z nawęglaniem żelaza ^{262, 263}). Nakrzemowywanie, podobnie jak i nawęglanie, może odbywać się przez kontakt lub przez działanie fazy gazowej. Otóż w wypadku użycia krzemu metalicznego lub stopu żelazo-krzemu jako środka cementującego, cementacja odbywa się przez kontakt; w razie użycia jako środka cementującego stopu żelazo-krzemowego, cementacja zachodziła energiczniej, niż przy użyciu krzemu metalicznego, co można wyjaśnić bądź na podstawie własności fizycznych, bądź na podstawie własności chemicznych. Użyty stop żelazo-krzem był bardzo rozdrobniony, podczas gdy krzem metaliczny był w postaci blaszek krystalicznych; otóż większy stan rozdrobnienia powoduje lepszy kontakt, a wraz z tem intensywniejszy przebieg dyfuzji; pod względem chemicznym, zasługuje na uwagę, że krzem metaliczny posiada zdolność do utleniania się na krzemionkę już w zwykłych warunkach na powietrzu, co utrudnia proces dyfuzji, podczas gdy stop żelazo-krzem nie posiada zdolności do utleniania się w zwykłych warunkach. Może jeszcze zachodzić jedna możliwość, któraby wpływała na większą zdolność dyfuzji krzemu, pochodzącego ze stopu żelazo-krzem, a mianowicie stop żelazo-krzem zawiera Si, związany w postaci związków chemicznych (FeSi, FeSi₂ i t. p.), które w tych samych warunkach miałyby większą zdolność do dyfuzji niż krzem metaliczny; jednak to przypuszczenie wydaje się mniej prawdopodobnym. Ażeby mogła zajść dyfuzja związku chemicznego, musiałby ten związek najpierw przed rozpyszaniem rozpaść się na poszczególne atomy, a potem dopiero nastąpiłaby dyfuzja. Uważam, że powodem lepszej dyfuzji krzemu, pochodzącego ze stopu żelazo-krzem, jest większy stan rozdrobnienia (w danym razie) i mniejsza ilość krzemionki, niż w wypadku użycia czystego krzemu metalicznego. Natomiast używając, jako środka cementującego, mieszaniny krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym, można przypuszczać, że dyfuzja krzemu odbywa się w fazie gazowej, przyczem wyjaśnić ją można w sposób następujący:

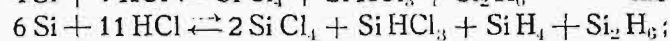
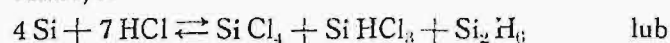
Chlorek amonowy rozkłada się w temperaturze około 350° według reakcji:



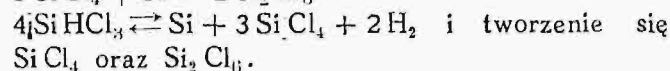
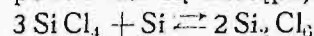
II. Podczas ogrzewania krzemu w strumieniu chlorowodoru tworzy się mieszanina czterochlorku krzemowego (SiCl₄) i krzemochloroformu (SiHCl₃); przy tej reakcji wywiązuje się wodór, który może tworzyć z krzemem połączenia: krzemometan (SiH₄) i krzemoetan (Si₂H₆).

H.St.C. Deville ²⁶⁴) wykazał, że chlorowódor tworzy czterochlorek krzemu, stykając się z mieszaniną węgla i krzemu powyżej 900° C. Zaś H. Buf i F. Wöhler ²⁶⁴) otrzymali krzemochloroform (SiHCl₃) przez ogrzanie krzemu w strumieniu suchego HCl; również w ten sposób otrzymali SiHCl₃, C. Friedel i A. Ladenberger oraz E. Vigouroux ²⁶⁴). Natomiast O. Ruf i C. Albert uważają rozkład krzemochloroformu za reakcję odwracalną: 4SiHCl₃ ⇌ Si + 2H₂ + 3SiCl₄. Także Stock i F. Zeidler stwierdzają, że krzemochloroform rozkłada się około 900° C prawie całkowicie na Si, H₂, HCl i SiCl₄.

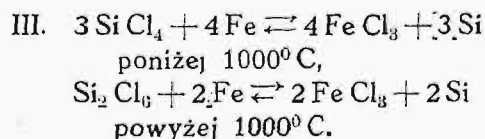
Przypuszczalnie zachodzą następujące dwie reakcje:



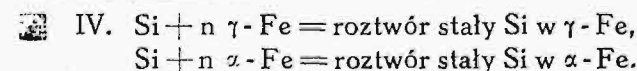
pewne zaś są następujące dwie reakcje:



N. Parravano i C. Mazzetti stwierdzają, że SiCl₄ reaguje z żelazem powyżej 800°, tworząc krzemek żelaza, a E. Vigouroux ²⁶⁴) wykazał, że już w temperaturze czerwonego żaru tworzy się krzemek żelaza i chlorek żelaza. Kobalt i nikiel reagują podobnie przy temperaturze 1200° do 1300°C. Chlorek krzemu, czy to trójchlorek, czy czterochlorek, jest gazem, który znów, stykając się z powierzchnią próbki w obecności żelaza, redukuje się; tworzy więcej trwały chlorek żelaza według reakcji:



Ten chlorek żelaza, jako lotny, usuwa się z pola reakcji. Otóż krzem, znajdujący się w stanie atomowym, „in statu nascendi”, posiadający więc maksymalną aktywność chemiczną, wchodzi w roztwór stały γ-Fe, względnie α-Fe, w zależności od temperatury procesu i zawartości procentowej krzemu w żelazie.



W taki sposób tłumaczą sobie nie tylko nakrzemowywanie żelaza, lecz niklu i kobaltu, przy użyciu jako środka cementującego mieszaniny krzemu metalicznego i chlorku amonowego.

Na podstawie przeprowadzonych badań, można wyciągnąć następujące wnioski:

1) Proces nakrzemowywania żelaza miękkiego może odbywać się w atmosferze powietrza przy użyciu odpowiedniego środka cementującego: najenergiczniej zachodzi proces nakrzemowywania przy użyciu, jako środka cementującego, odpowiedniej mieszaniny krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym. Prowadzenie procesu nakrzemowywania w atmosferze powietrza utrudnia dyfuzję krze-

²⁶²) J. Feszczenko-Czopiowski. O cementacji żelaza węglem. cz. I. Żurn. Rusk. Metalurg. Obszcz. 1914 i 1915.

²⁶³) J. Feszczenko-Czopiowski. Die Theorie der Diffusion der Kohle im Eisen. Abdruck aus den Sitzungsberichten der math. nat. Sektion der Ševcénko-Gesellschaft der Wissenschaft im Lemberg. Heft. III. 1926.

²⁶⁴) J. W. Meller. A Comprehensive Treatise Inorganic and Theoretical Chemistry, tom VI, rok 1925, str. 961, 968 9.

²⁶⁵) Mechanik 1929, str. 61.

mu w żelazo z powodu wielkiego powinowactwa tlenku do krzemu, zwłaszcza w wysokich temperaturach, w których normalnie dany proces jest możliwy, wskutek tworzenia się warstwy krzemionki.

2) Proces nakrzemowywania żelaza zachodzi również w atmosferze obojętnej azotu.

3) Najlepiej zachodzi proces nakrzemowywania w próżni.

4) Pierwszą oznaką należytego przebiegu procesu nakrzemowywania żelaza jest pojawienie się kryształów roztworu stałego krzemu w żelazie.

5) Proces nakrzemowywania żelaza krzemem metalicznym, bądź stopem Fe—Si, bądź mieszaniną Si + NH₄Cl, zachodzi w temperaturze około 1000°. Gwałtowny wzrost intensywności nakrzemowywania żelaza przypada w temperaturach ponad 1000°.

Stosowanie bardzo wysokich temperatur (1200°C) nie jest pożądane, gdyż oprócz wielkiego wzrostu ziarn w żelazie zauważono w warstwie nakrzemowywanej pewne nieprawidłowości, a mianowicie: cementacja zachodzi bardzo energicznie (gwałtownie) i nierównomiernie, co znowu powoduje niejednorodność, a wraz z tem porowatość i kruchość warstwy nakrzemowywanej. Zauważyłem prawidłowy wzrost grubości warstwy nakrzemowywanej w stosunku do temperatury. Szybkość przenikania krzemu do żelaza jest tem mniejsza, im niższa jest temperatura procesu. Dlatego, aby otrzymać równomierną warstwę nakrzemowaną, należy zwiększyć czas trwania samego procesu, a obniżyć temperaturę.

6) Na wzrost grubości warstwy nakrzemowanej wpływa nie tylko temperatura, ale i czas trwania samego procesu. Zwiększając czas nakrzemowywania, można obniżyć temperaturę procesu cementacji, przez co proces odbywa się mniej energicznie, gdyż szybkość przenikania krzemu do żelaza jest mniejsza, ale warstwa nacementowana jest więcej równomierna i jednorodna. Niema zależności linjowej między czasem trwania procesu, a grubością warstwy nakrzemowanej. W badaniach otrzymaliśmy najgrubszą warstwę około 1,5 mm, przy temp. 1100° i w ciągu 96 godz. Maksymalny wzrost twardości dochodził do 80%.

7) Zachowując te same warunki (atmosfera, temperatura, czas, obiekt cementowany) przy użyciu różnych środków cementujących (jak Si, Fe—Si i Si + NH₄Cl), zachodzi proces nakrzemowywania w różnym stopniu. Najpowolniej zachodzi cementacja zapomocą krzemu metalicznego, a najenergiczniej zapomocą mieszaniny krzemu metalicznego z chlorkiem amonowym.

8) Obecność małych ilości domieszek w postaci tlenków może również wpływać na przebieg samej dyfuzji wskutek tworzenia w stanie stałym krzemianów, stojących na przeszkodzie zjawisku dyfuzji.

9) Rozpuszczalność krzemu w stanie stałym jest ograniczona, gdyż po przekroczeniu granicy (około 18% Si) tworzy się eutektyka pomiędzy granicznymi kryształami roztworu stałego Si w żelazie a związkami chemicznymi (FeSi); ilość krzemu rozpuszczonego podczas dyfuzji zależy od tempe-

ratury i czasu procesu oraz od koncentracji i charakteru użytego środka cementującego. Przenikanie krzemu do żelaza odbywa się wzdłuż kryształów roztworu stałego krzemu w żelazie; zwiększenie zaś domieszki krzemu w żelazie poza zakres roztworów stałych (ponad 18% Si) powoduje wydzielenie kruchej eutektyki na granicach kryształów roztworu stałego krzemu w żelazie. Prawdopodobnie wielką rolę w zjawieniu się kruchości odgrywa warstwowe ułożenie eutektyki, w której wytwarza się wielka liczba płaszczyzn łupliwości. Nagromadzenie eutektyki jest największe na brzegu próbki w zetknięciu ze środkiem cementującym.

10) Krzem, dyfundując w żelazo, wchodzi w roztwór stały żelaza, wypiera z niego w części węgiel w warstwy uboższe w krzem, a potem, w miarę oziębiania, wydziela się w postaci perlitu tuż za warstwą nakrzemowaną w większych skupieniach; dalej od warstwy nakrzemowanej ilość wydzielonego perlitu zmniejsza się. Im dłużej trwa proces dyfuzji i im wyższa jest temperatura, tem więcej wydziela się węgla z roztworu w postaci perlitu. Sama warstwa nakrzemowana robi wrażenie warstwy odwęglonej.

11) Za energiczne nakrzemowywanie, związane z występowaniem składnika eutektycznego, nie tylko nie polepsza własności mechanicznych żelaza, lecz — przeciwnie — doprowadza do wyników ujemnych. Im wyższa jest temperatura procesu i im dłużej trwa sam proces nakrzemowywania, tem więcej pojawia się kruchych warstewek o budowie eutektycznej na granicach krystalicznych konglomeratów i tem więcej staje się kruchą cała próbka.

12) Twardość nakrzemowywanej warstwy zależy nie tylko od głębokości nakrzemowywania, która znowu jest funkcją temperatury i czasu trwania procesu, lecz także od intensywności nakrzemowywania (w danym wypadku od rodzaju środka cementującego). Ze względu na niejednorodność roztworu stałego, roztwór uboższe w krzem w miarę oddalenia się od styku próbki ze środkiem cementującym, a wraz z tem zmniejsza się twardość.

13) Nakrzemowywanie żelaza może mieć zastosowanie praktyczne w technice, a mianowicie w postaci nakrzemowywania powierzchniowego. Proces ten miałby na celu otrzymywanie stali, której rdzeń byłby miękki, a powierzchnia, nie będąc hartowaną, posiadałaby większą twardość. Miękkie wnętrze wyrobu zachowywałoby konieczną sprężystość, chroniąc wyrób od kruchości, którą wprowadza ze sobą krzem, wchodząc w większych ilościach w mniejszych ilościach (bez żyłek eutektycznych), niema niebezpieczeństwa kruchości. Oprócz tego przypuszczam, że krzem utworzyłby powierzchnię odporną na działanie korozji (analogją do stopów żelazo-krzemowych), co należałoby zbadać oddzielnie. Należy podkreślić, że zdolność roztworów stałych do rdzewienia i wszelkiego rodzaju korozji jest zawsze mniejszą, niż czystych metali. Wszelkiego rodzaju stopy kwasoodporne i nierdzewiące posiadają budowę roztworów stałych. Proces nakrzemowywania zapomocą krzemu w fazie gazowej może mieć znaczenie w praktyce.

Laboratorium wodne prof. Smrčka w Bernie.

Podał Dr. A. Rożański,

Prof. Uniw. Jagiellońskiego w Krakowie.

Czeska Politechnika w Bernie na Morawach posiada małe, lecz bardzo starannie założone laboratorium wodne, zbudowane dzięki zabiegom jego kierownika prof. Antonína Smrčka w latach 1914 — 1916.

W roku ubiegłym prof. Smrček przekroczył 70 rok życia, przed 40 laty ukończył szkoły, a 27 lat jest profesorem budownictwa wodnego w Czeskiej Politechnice w Bernie, gdzie pracuje z wielkim pożytkiem dla wiedzy technicznej, na sławę swej ojczyzny i Słowian.

To też, z okazji jubileuszu prof. Smrčka, czasopismo „Věstník pro vodní hospodářství” poświęciło cały zeszyt (Nr. 11 z r. 1929) jego działalności.

Laboratorium urządzono w piwnicach budynku wydziału budowlanego, gdzie umieszczono 2 koryta, jedno dla doświadczeń rzecznych o wym. 21,22 m długości, 3,50 m szerokości i 0,62 m wysokości, drugie dla doświadczeń hydraulicznych 17,14 m długości, 1,00 m szerokości i 1,05 m wysokości. Pod korytem rzeczonym znajduje się koryto odpływowe. Wody dostarczają z wodociągu miejskiego 2 pompy o wydajności 100 l/sek i 150 l/sek do zbiornika rozdzielczego o pojemności 7,26 m³, zaopatrzony w przelew 52,34 m długości; stąd woda dostaje się rurami do komór, gdzie się uspakaja, przepływając przez poziome 2 kraty drewniane, a z nich odpływa przez przelew Poncelet'a do koryta rzeczowego i przez przelew Thomson'a — do koryta hydraulicznego. Samopiszący wodowskaz wykreśla stany wody.

Laboratorium to miało sposobność zwiedzić w r. 1925.

Prof. Smrček przeprowadził w nim bardzo wiele cennych doświadczeń.

Z ważniejszych wymieniam następujące:

- 1) pomiary ilości wody i krzywych przepływu wody przez jaz o cienkiej ścianie;
- 2) przepływ wody zamkniętej namulcem przez zbiornik wodny;
- 3) badania przegród:
 - a) ziemnej na Białej Desnie w Czechach, która w r. 1916 uległa zniszczeniu;
 - b) z narzutu kamiennego (Rock-fill Dam) 70 m wysokości, projektowanej na Wełtawie pod Stechowicami;
 - c) z piasku z wewnętrznym uszczelnieniem;
- 4) badania warunków, w których woda dostająca się do przegrody ziemnej powoduje jej zniszczenie;
- 5) badania przegród ziemnych 17 i 18 m wysokości, wybudowanych pod Luhacovicami i Plumlovem na Morawach, w których później, w myśl projektu prof. Smrčka, stosownie do wyników jego badań laboratoryjnych i gdzieindziej uzyskanych spostrzeżeń, zmieniono zbyt strome skarpy od strony wody i ubezpieczenia tychże;

6) badania powodów wymycia dołu 6 — 10 m głębokości w podłożu przegrody Wilsona, wybudowanej na rzece Tennessee, Alabama, w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, o wysokości 23 m, a długości 1 300 m, ufundowanej na twardej skale wapiennej;

7) badania najodpowiedniejszego kształtu podłoża projektowanego jazu na Izarze pod Pizancón, co do którego badania modelowe przeprowadzili pp. Camichel, dyr. inst. elektrotechn. w Tuluzie, i inż. Escande i ogłosili w „Le Génie Civil”, 1928.

Dokładny opis laboratorium prof. Smrčka oraz szczegóły i wyniki wspomnianych doświadczeń znajdują czytelnicy w następujących publikacjach:

Prof. Ing. Smrček: Laborator vodních staveb při české vysoké škole technické v Brně. Odbitka z časop. Zprávy veřejné služby technické — Praga 1923.

Ten sam: Vědecké pokusy z oboru vodních staveb a hydro-mechaniky. Odbitka z jubileuszowego naukowego pamiętnika Czeskiej Politechniki w Bernie — Brno, 1924.

Ten sam: Účinek přepadající vody na podjezí. Odbitka z časopisma Časopis československých inženýrů — Praga 1923.

Ten sam: Zpráva o pokusech z oboru vodních staveb a hydro-mechaniky. Masarykova Akademie prac. Praga 1927.

Ten sam: Expositice „Živé vody“ na vystavě soudobé kultury v Č. S. R. v Brně, 1928. Odbitka z časop. Zprávy veřejné služby technické, Praga 1929.

Ten sam: Wilsonova přehrada na řece Tennessee, Alabama, U. S. A. Odbitka z časopisma Zprávy veřejné služby technické. Praga 1929.

Ten sam: La protection contre les affouillements. Essais sur modèles réduits du barrage de Pizancón sur l'Isère. Odbitka z časop. Le Génie Civil. Paryż 1929.

Ing. Karel Kostka: Cejchování měrných předadů. Odbitka z časop. Zprávy veřejné služby technické. Praga 1926.

G. de Thierry i C. Matschoss: Die Wasserbaulaboratorien Europas. Berlin 1926.

Nowe wydawnictwa¹⁾

Wytrzymałość tworzyw. Prof. L. Karasiński. Wyd. III-cie, w nowym opracowaniu Tom. I. Str. 420, rys. 125. Nakład Kom. Wyd. Bratniej Pomocy stud. politechniki warszawskiej, Warszawa 1930.

Kopalnie ropy i gazów ziemnych w Polsce. Zesz. III Biuletynu Karpackiej Stacji Geologicznej Państw. Inst. Geolog. pod red. K. Tołwińskiego. Str. 52 z 12 rys. i barwną mapą geologiczną. Warszawa-Boryslaw, 1929.

Prace 2-go Polskiego Kongresu drogowego w r. 1929. Nakł. Stow. członków Polskich Kongresów Drogowych, pod red. inż. L. Borowskiego. Warszawa 1929.

Wytrzymałość łuk działowych. Ppłk. inż. K. Jakowski. Nakł. „Przeł. Artyleryjskiego”. Str. 271. Warszawa 1929.

Mobilizacja przemysłu. Przemysł wojenny we Francji w latach 1914—1918. Ppłk. armji Franc. Rebour. Tłom. inż. por. R. Hirszbandt. Str. 118. Nakł. „Przeł. Artyleryjskiego”. Warszawa 1930.

Mosty we Francji. Inż. Dr. A. Chmielowiec. Odb. z „Czasop. Techn.” Str. 43, rys. 46. Lwów 1930.

Hilfsbuch für Betriebsberechnungen. mit besonderer Berücksichtigung nomographischer Methoden. Inż. B. M. Konorski. Str. 137, rys. 35 oraz 46 nomogramów i 13 tab. wykresów. Wyd. J. Springer, Berlin 1930.

¹⁾ Wszystkie podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w Księgarni Technicznej „Przeł. Technicznego”. Warszawa ul. Czackiego 3.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

DRUGI KOŁOWE.

Krzemianowanie wapniaków do celów drogowych.

Jednym z naczelných zagadnień doby obecnej w Polsce jest rozbudowa i przebudowa sieci dróg. Z chwilą rozpowszechnienia się pojazdów mechanicznych, problemat ten nabiera coraz większego znaczenia ze względów gospodarczych i politycznych. O znaczeniu dróg mogą świadczyć choćby dane statystyczne komunikacji autobusowej. Gdy w roku 1927 liczba pasażerokilometrów wynosiła dziennie 2 361 000, w roku 1928 wzrosła do 4 490 000. Stan dróg w Polsce już przed wojną był bardzo mierny, wojna dokonała prawie zupełnego zniszczenia, tak że obecnie musi się zwrócić bardzo wytężoną uwagę na doprowadzenie ich do jakiegoś takiego stanu.

Najlepszym rozwiązaniem byłoby niewątpliwie wybudowanie odpowiedniej ilości dróg o nawierzchni asfaltowej, smołowej, lub z kostek granitowych, względnie bazaltowych. Niestety, przeprowadzenie takiego planu wymaga nakładu pieniężnego, o jakim w obecnym czasie nawet marzyć nie możemy. W roku budżetowym 1927/28 wydatkowano w całej Polsce, z uwzględnieniem samorządów wojewódzkich i powiatowych, na cele drogowo niespełna 32 miliony złotych. Z powodu braku kapitałów musimy dlatego zrezygnować z drogich metod budowania dróg, prócz dróg w miastach i okolicach podmiejskich o natężonym ruchu samochodowym oraz proponowanej przez Ministerstwo Robót Publicznych trasy magistralnej, przecinającej całą Polskę.

Prócz tego, przy obecnym stanie rzeczy, nie należy zapominać, że asfalty z rop krajowych nie nadają się jeszcze, teraz przynajmniej napewno, do wyrobów asfaltowych drogowych, produkcja smoły pogazowej jest ściśle związaną z możliwościami produkcji koksu i nie wystarczy w razie rozwoju budowy dróg już w krótkim czasie. Podobnie sprawa przedstawia się z granitami i bazaltami, których, mimo uruchomienia przez Państwo kamieniołomów wołyńskich, jest u nas stosunkowo niedużo. Budowa dróg betonowych, jedynych z najlepszych wogóle, wymaga kolosalnego nakładu kapitałów. Jest to bowiem jeden z najdroższych sposobów budowy dróg.

Dlatego też, przy budowie dróg, należy zwrócić uwagę na materiał miejscowy, co pozwoli doprowadzić możliwie dużo dróg do stanu użytecznego małym nakładem kosztów. Należy przytem specjalną uwagę zwrócić na koszty budowy i naprawy dróg.

Otóż prawie wszędzie w Polsce mamy do dyspozycji na miejscu tani, często bezwartościowy materiał wapniaków. Wapniaki te bezpośrednio do budowy dróg się nie nadają, ale użytkować je do tego celu można przez wzmoczenie ich własności wytrzymałościowych dzięki procesowi krzemianowania, to jest przez napajanie wapniaków szkłem wodnym.

Metodę tę zastosowano po raz pierwszy w Anglii przed przeszło 20 laty, następnie w roku 1917 wybudowano drogę krzemianowaną w Szwecji, od roku 1922 wykonano we Francji około 1 000 km dróg krzemianowanych. Równocześnie prawie we wszystkich krajach europejskich przeprowadza się budowę próbnych odcinków drogowych. W ostatnich latach zastosowano tę metodę również do budowy dróg w Brazylii i Indjach. W Polsce, z inicjatywy Ministerstwa Robót Publicznych, po zapoznaniu się przez delegowanego do Francji inż. Róžańskiego z metodami budowy dróg

krzemianowanych¹⁾, wybudowano od roku 1926 we wszystkich prawie województwach próbne odcinki drogowo z krzemianowanych kamieni drogowych, ogółem około stu kilkudziesięciu km, stosując wszędzie tylko miejscowy materiał drogowy.

Wyniki praktyczne krzemianowania są zagranicą przeważnie dodatnie. U nas prawdopodobnie będą również pomyslnie, choć tymczasem jeszcze wydać o nich pewnego sądu nie można, wobec niedługiej praktyki.

Chem. Inst. Badawczy zajął się obecnie wszechstronnymi badaniami procesu krzemianowania wapniaków i własności otrzymanego produktu, stosując do badań brykiety z chemicznie czystego węglanu wapnia. Badania własności dotyczyły wzrostu wytrzymałości kamieni drogowych na ścieralność, zginiatanie i uderzenie.

Wyniki badań streszczają się (wedł. Przem. Chem. zes. 6 z r. b.) w nast. punktach:

1) Proces krzemianowania wapniaków do celów drogowych polega nie na wiązaniu chemicznym na krzemian wapniowy, lecz na wydzielaniu krzemionki ze szkła wodnego w porach wapniaka przez dializę i hydrolizę, jak już stwierdzili badacze francuscy.

2) Badania wytrzymałościowe, przeprowadzone na prąsowanych brykietach z chemicznie czystego węglanu wapnia o nasiąkliwościach 22 — 10%, wykazały bardzo korzystny wpływ krzemianowania. Najkorzystniejsze wyniki dały brykiety o nasiąkliwości 12 — 17%.

3) W granicach stosunku krzemionki do tlenku sodowego od 2,6 do 4,0, skład chemiczny szkła wodnego nie ma wyraźnego wpływu na wzrost wytrzymałości wapniaków.

4) Badania analityczne wykazały, że wzrost wytrzymałości jest zależny od ilości wprowadzonej do wapniaka krzemionki. Dla wapniaków o niższej nasiąkliwości należy stosować szkło wodne o wyższej koncentracji.

GOSPODARKA ENERGETYCZNA.

Zasoby torfu w Rosji i ich wyzyskanie.

Wśród zasobów energetycznych Rosji zajmuje torf jedno z poważnych miejsc. Dość powiedzieć, że Rosja posiada 86% światowych zasobów torfu, ocenianych na 174,3 milj. t, z których przypada 23,2% na Europę, 74,6% na Azję i 2,2% na Amerykę. Drugie miejsce, za Rosją, zajmuje Finlandja (4,2%), dalej zaś Szwecja (2,9%), Ameryka Półn. i Niemcy (po 1,6%).

W stosunku do innych paliw, stanowią zasoby torfu w Rosji 31,1% (rys. 1) w przeliczeniu na tonny węgla o wartości opałowej 7000 Kal.

Z całości zasobów torfu w Rosji (150 milj. t) przypada na Rosję europejską zaledwie 11,5% (20 milj. t), zaś reszta — 120 milj. t leży w Azji. Mimo to torf jest wyzyskiwany w znaczniejszych ilościach tylko w Rosji europejskiej, i to w stopniu coraz większym. Przed wojną bowiem użytkowywano torfu, na ogólną ilość paliw, tylko 1,9%, zaś w r. 1927 jego udział wzrósł do ok. 5% (rys. 2), a w r. 1932 ma stanowić już 10%.

Co do własności torfu rosyjskiego, to średnia miąższość jego pokładów eksploatowanych wynosi 2,09 m; 55% torfowisk europejskich należy do wyżynnych, 45% — do nizinnych. Zawartość popiołu wynosi średnio, przy 25% wilgotności, 5,6%, wartość opałowa 3460 Kal.

¹⁾ B. Róžański. Zastosowanie krzemianu sodowego do budowy dróg. Przegl. Techn. 1927. str. 535.

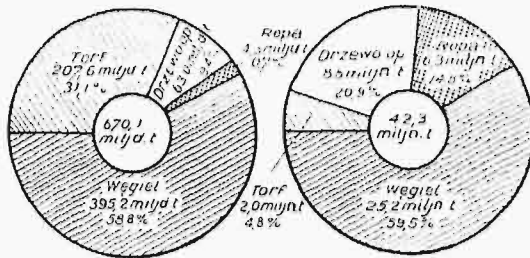
Znaczenie gospodarcze wydobycia torfu obrazuje tabela następująca:

Rozwój eksploatacji torfowisk w latach 1925—1927.

Rok	Liczba przedsięwzięć	Liczba oddanych do eksploatacji torfowisk	Powierzchnia, ha	Liczba maszyn do wydob.	Liczba robotników	Wydobycie, t ¹⁾	Wzrost w stosunku do r. 1925
1925	78	271	94 336,2	779	55 000	2 466 231	—
1926	133	298	117 601	997	75 000	3 433 888	39%
1927	140	307	133 000	1 232	96 000	5 017 237	46%

*) Przelicz. na wilgotność 30%.

Wśród urządzeń do wydobywania torfu największym rozpowszechnieniem cieszą się kopaczki torfowe, dające 83,1% wydobycia, zaś metodą hydrotorfu uzyskuje się (r. 1927) tylko 10,4%, a ręcznie — 6,5%. Koszta wydobycia 1 t torfu suszonego na powietrzu wynoszą na miejscu wydobycia ok. 9,30 rb., hydrotorfu — 8,33 rb. Kapitał zaangażowany w przemysł torfowy wzrósł od r. 1925 wdwójnasób, osiągając w 1927 r. 74,5 milj. rb.



Rys. 1. Zasoby paliw w Rosji. Rys. 2. Rozchód paliw w Rosji. (w przeliczeniu na węgiel o wart. opał. 7000 Kal).

Szeroki udział w wydobyciu torfu przypada na spółki rolnicze; ich liczba wynosi ok. 3000, liczba członków — 248 000 rodzin, produkcja — 875 000 t. Najwięcej rozpowszechnione są te spółki w pobliżu Moskwy. Torf jest przez nie wydobywany przeważnie ręcznie. Koszt 1 t torfu wydobyciego ręcznie waha się od ok. 3 rb. do 4,7 rb.

Zużycie przemysłowe torfu wzrosło z 1,56 milj. t w r. 1914 do 4,35 milj. t w 1927. Największym odbiorcą torfu jest przemysł włókienniczy (2,217 milj. t), następnie elektrownie (1,407 milj. t), przemysł ceramiczny (338,3 tys. t), hutniczy (228,8 tys. t).

W dziedzinie wytwarzania energii zajmuje torf w Rosji coraz poważniejsze miejsce. Na początku r. 1928 istniało tam 6 elektrowni o mocy 135 000 kW, opalanych torfem. Do r. 1932 mają być rozbudowane te elektrownie do 325 000 kW, a nadto wybudowane 3 nowe o mocy 154 000 kW. Jakkolwiek więc wzrost mocy elektrowni torfowych nie odbywa się w tem tempie, jak węglowych, to jednak wytwarza się dziś w Rosji stosunkowo więcej mocy na torfie niż na węglu. Nie mniej i na kolejach i w gospodarstwie domowym czyni zastosowanie torfu stale postępy, głównie z powodu braku dostatecznych ilości węgla.

Koksowanie i brykietowanie torfu nie znajduje powodzenia, ze względu na to, że brykiety wypadają prawie 2 razy droższe (na 1 kg) niż torf zwykły, wobec czego nie wytrzymują współzawodnictwa z węglem i drzewem opałowym¹⁾.

¹⁾ Zbudowaną w Niżnym Nowogrodzie dystylarnię torfu, bez uzyskiwania produktów ubocznych, dającą niezłe wyniki, musiano z tego powodu zamknąć.

Obecnie projektowana jest budowa instalacji próbnej pod Iwanowo-Wozniesińskiem do wytwarzania z torfu farby drukarskiej.

Badania naukowe torfu prowadzone są przez Instytut Torfowy i jego 23 oddziały dość szeroko, zarówno pod względem chemicznym, jak i mikrobiologicznym, botanicznym i rolniczym. (Arch. I. Wärmew. 1930, zesz. 1; wedł. I. I. Vikhlaief. Reserves de torbe dans la R. S. F. S. R. Wyd. Komisarjatu Lud. Roln. Moskwa 1929).

MATERJAŁY BUDOWLANE.

Działanie mrozu na dachówki.

Zima w 1929 r., odznaczająca się wielkimi i długotrwałymi mrozami, powodowała często pękanie dachówek na wielu budynkach. Zjawisko to rzadziej było obserwowane na budynkach, pokrytych dachówkami dobrze wypalonymi, gdyż są one bardziej wytrzymałe na mrozy. Gatunek surowców, używanych do ich wyrobu, odgrywa wielką rolę, gdyż glina i margiel, zawierając niektóre sole szkodliwe, są mało odporne na działania atmosferyczne. Dobre dachówki nie powinny być wrażliwe na działanie deszczu, śniegu czy też mrozu.

Objawy zniszczenia uwiadcniają się przedewszystkiem na dachach świeżo pokrytych, jakkolwiek zdarzają się też na pokryciach dawniejszych, kilkuletnich.

Pod wpływem mrozu najprędzej ulegają zniszczeniu dachówki źle wypalone. Rzadko się zdarza, aby w piecu cały ładunek dachówek wypalał się równomiernie; zawsze w pewnych częściach pieca dachówki wypalają się bardziej, w innych mniej. Dlatego przy dostawach należy przeprowadzić ścisłą klasyfikację.

Dachówki niedostatecznie wypalone są bardziej porowate i wchłaniają szybko wilgoć.

Podczas deszczu prawie cała powierzchnia dachu, pokrytego dachówkami, zaczyna odrazu lśnić się, niektóre natomiast miejsca zachowują przez czas dłuższy wygląd matowy, dopóki dachówki nie przesyca się wodą. Właśnie te ostatnie są mniej wytrzymałe na niepokogę. Pod wpływem mrozów, wytrzymałość dachówek na ściskanie zmniejsza się, zwiększa się natomiast zdolność wchłaniania wody. Jest to zupełnie zrozumiałe, gdyż działanie mrozu wpływa na łączenie się wielu małych porowatości dachówki w jedną całość. Nie należy jednak przesądzać ogólnie, że dachówki b. porowate są mniej wytrzymałe na niepokogę. Wykazano bowiem niejednokrotnie, że niema zależności między porowatością a wytrzymałością dachówki na niepokogę.

Woda zbiera się w porach dachówek i zamienia się w lód. Zamarzając, zwiększa swą objętość w stosunku około 1/9, wywołując przez to wysokie ciśnienie na otaczające ścianki, które, jeżeli nie są dość mocne, łatwo pękają.

Według doświadczeń laboratoryjnych, szkody, wyrządzone przez mróz, zależą od pojemności por i od współczynnika nasycenia. Cegły, w których ilość por wynosi 23 do 32%, a współczynnik nasycenia 0,68 do 0,76%, są jeszcze na mróz odporne.

Jeżeli jednak procentowość ta zwiększy się, trzeba się liczyć ze zjawiskiem niszczenia dachówek przez mróz.

Chcąc się przekonać o wytrzymałości dachówek na zimno, należy je przez zanurzenie nasycić dokładnie wodą. Następnie przez 24 godziny poddaje się je działaniu temperatury —15° C. Zamrożone dachówki wkłada się do wody o temperaturze +15° i znów wystawia się je na działanie mrozu przez 24 godziny; czynności te powtarza się 25 razy naprzemian.

Chcąc ujawnić ewentualne uszkodzenie wewnątrz dachówki, nie wystarczy obserwować podczas prób jej powierzchni, lecz po każdym zanurzeniu trzeba sprawdzać jej ciężar na czulej wadze.

Każde zmniejszenie lub powiększenie ciężaru oznacza, że zaszły pewne zmiany w wewnętrznej strukturze dachówki.

Często atoli się zdarza, że na wielu nowych budowlach dachy są w doskonałym stanie, gdy na innych także dachówki uległy zniszczeniu. Zjawisko to tłumaczy się tem, że w ostatnim wypadku spoiny dachówek zostały zapełnione zaprawą, dzięki czemu dach nie przepuszczał wilgoci. W nowych budowlach duża ilość wilgoci, pochodząca ze świeżych robót murarskich, gromadzi się na wewnętrznej stronie dachu; wilgoć ta, zamiast wydobywać się przez szpary na spoiniach, musi przedostać się nazewnątrz przez poro-

watości dachówek. W tych warunkach dachówki silnie przesycają się wodą i niejednokrotnie pokrywają się kropelkami. Jeżeli zdarzy się to w porze mrozów, wilgoć, nie mogąc się wydobyć, pozostaje w dachówkach: rozpoczyna się proces niszczenia.

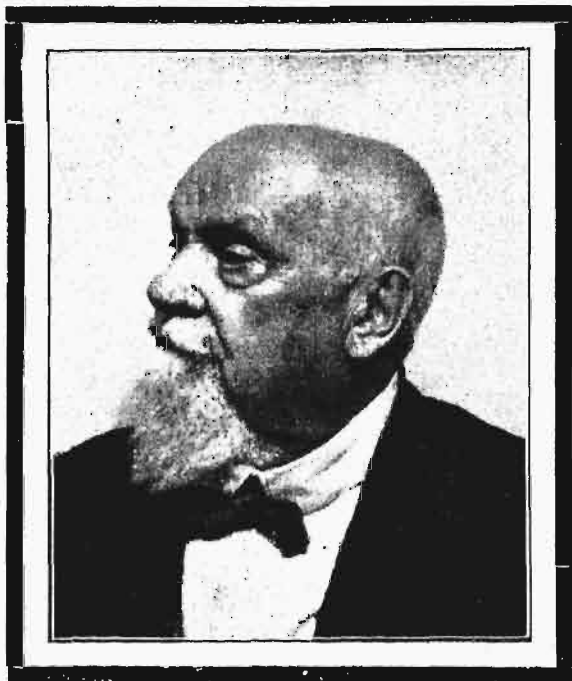
W takim wypadku budowniczy składa zazwyczaj winę na wytwórcę dachówek i żąda zamiany dostarczonego materiału.

Jeśli więc w nowych budowlach dachówki są wykonane na zaprawie, to należy przewidzieć w dachu możliwości dostatecznego przewiewu. Szczególniej w zimie należy starannie przewietrzać poddasza, aby pozwolić na łatwe ulatnianie się wilgoci. (*Revue de mat. de constr.*, gruzdzień 1929, str. 259).

Nekrologja.

ś. p. Inż. Gustaw Kamiński.

Przed kilkoma tygodniami zmarł w Warszawie znany nietylko w kółkach techników, lecz i w szerokich sferach kraju, ś. p. Gustaw Kamiński, inżynier technolog, autor licznych pisanych pod pseudonimem „Gamaston” powieści, które w swoim czasie zyskały mu szeroką popularność.



ś. p. Gustaw Kamiński urodził się w r. 1848 w Siedlcach. Po ukończeniu szkoły średniej udał się na studia wyższe do Szkoły Głównej, gdzie zajął się nauką na wydz. fizyko-matematycznym. Po zamknięciu tej uczelni, przeniósł się do Instytutu Technologicznego w Petersburgu i ukończył tam nauki w r. 1870.

Czasy studjów akademickich ś. p. Kamińskiego przypadają na okres dość liczego napływu młodzieży polskiej do Petersburga, gdzie też zaczęły się tworzyć organizacje polskie akademików. W instytucjach tych bierze Zmarły bardzo czynny udział, wyróżniając się umiejętnościami organizacyjnymi i zamiłowaniem do prac społecznych.

Po ukończeniu studjów zajmuje się ś. p. Kamiński zrazu przez parę lat pracą w wydziale mechanicznym arsenału petersburskiego, lecz w r. 1876 przechodzi do kolej-

nictwa, któremu oddaje swą pracę przez szereg lat następnych. W początkach pracy na nowym polu, zostaje delegowany na kilkumiesięczne studia praktyczne do Anglii.

Wykazawszy duże zdolności, jako technik i organizator robót, zyskuje sobie uznanie przełożonych i przechodzi w dość krótkim czasie na coraz wyższe stanowiska na kolei Kijowsko-Brzeskiej. Następnie zostaje powołany do Komisji organizacyjnej Towarzystwa kolei południowo-zachodnich, potem — na naczelnika warsztatów kolejowych w Starosielcach, wreszcie — na głównego naczelnika warsztatów kolejowych w Kijowie, a więc na stanowisko, jakie Polak mógł tylko w wyjątkowym wypadku uzyskać. W tym okresie był znów wielokrotnie delegowany do Anglii, Belgii, Austrii, Niemiec i Stanów Zjednoczonych Am. Półn.

W r. 1887 został ś. p. G. Kamiński dyrektorem naczelnym zakł. Lilpop, Rau i Loewenstein w Warszawie, potem jednak powrócił na kolej południowo-zachodnią na stanowisko szefa wydz. gospodarczego, na którym pozostawał do czasu wykupienia tej kolei przez rząd rosyjski w r. 1895, kiedy podał się do dymisji i osiadł w Warszawie. Tu zajął się prowadzeniem własnego biura technicznego (budowlanego).

Z chwilą odzyskania niepodległości kraju, powołują go władze polskie w r. 1918 do pracy technicznej w Min. Spraw Wojsk., gdzie pracuje ś. p. Kamiński w randze pułkownika do r. 1921. Jednocześnie zajmuje się wykładami na kursach kolejowych przy Wolnej Wszechnicy oraz w Wyższej Szkole Intendentury wojsk.

Zawsze czynny na polu prac społecznych, był ś. p. Zmarły współzałożycielem Stow. Techników w Warszawie, Towarzystwa Przyjaciół Politechniki Warszawskiej i w in. organizacyi.

Prace swe z dziedziny mechaniki, kolejnictwa, towaroznawstwa i t. p. ogłaszał w „Przeglądzie Technicznym”, „Zapiskach Towarzystwa Technicznego”, „Revue Générale des Chemins de fer” i in. wydawnictwach naukowo-technicznych.

Jako literat i publicysta, zamieszczał ś. p. G. Kamiński swe liczne artykuły beletrystyczne, korespondencje z zagranicy, opracowania treści historycznej i ekonomicznej w „Tyg. Ilustrowanym”, „Tyg. romansów i powieści”, „Świecie”, „Nowej Polsce” i w pismach codziennych.

W r. 1920 obchodził Gustaw Kamiński 50-lecie pracy inżynierskiej, a w r. ub. — 40-lecie pracy literackiej.

Będąc człowiekiem uczynnym i dobrym, o usposobieniu nadzwyczaj pogodnym i wesołym, lubiany był przez swych współpracowników, kolegów i uczniów.

Cześć Jego pamięci!