

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

- Obliczenie ramownicy czteroprzęsłowej o końcach przesuwnych. Nap. Inż. Dr. Witold Wierzbicki, Profesor Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.
- Zagadnienia wyzyskania sił wodnych. Referaty złożone na II Wszecławiatową Konferencję Energetyczną w czerwcu r.b. nap. Inż. H. Herbich.
- Przyczyny łamliwości szyn kolejowych (dok.). nap. M. Kornaczewski, Inżynier-metalurg.
- Przeгляд pism technicznych.

## SOMMAIRE:

- Calcul d'une cadre à quatre ouvertures, aux bequils extrêmes glissants, par M. W. Wierzbicki, Dr., Ing., Professeur à l'Ecole Nationale d'Agriculture.
- Problèmes de l'utilisation de l'énergie hydraulique d'après les rapports soumis à la Conférence Mondiale de l'Energie, Berlin 1930 (à suivre), par M. H. Herbich, Ingénieur.
- Les causes de la fragilité des rails (suite et fin), par M. M. Kornaczewski, Ingénieur-métallurgiste.
- Revue documentaire.

## Obliczenie ramownicy czteroprzęsłowej o końcach przesuwnych.

Napisal Inż. Dr. Witold Wierzbicki, Profesor Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.

### Ogólny schemat rozwiązania.

Trudność obliczenia ramownicy czteroprzęsłowej, trzysłupowej o obydwóch końcach przesuwnych, przedstawionej na rys. 1a, polega na tem, iż przy niesymetrycznym obciążeniu ramownicy górne jej węzły są przesuwne w kierunku poziomym.

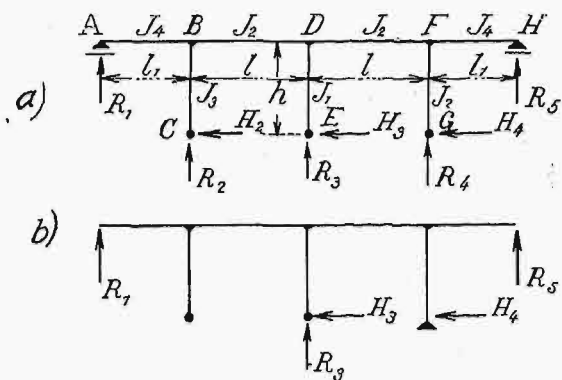
Zapewne wskutek tej trudności omawiana ramownica nie dostała się ani do tablic prof. Kleinlogel'a, zawierających wyniki obliczenia ram, ani do „Podręcznika Inżynierskiego” prof. Bryły, zaś brakujące wzory do jej obliczenia statycznego były dotąd przeważnie zastępowane przez wzory przeznaczone dla odpowiedniej ramownicy o jednym końcu nieprzesuwym.

Potrzeba właściwego rozwiązania danej ramownicy zdarzyła się w Dyrekcji Budowy linii kolejowej Bydgoszcz-Gdynia<sup>1)</sup> przy obliczaniu mostów tej linii, przyczem okazało się, iż ramownica ta może być stosowana z powodzeniem i że wobec tego jej obliczenie statyczne tem bardziej nabiera ogólniejszego znaczenia dla budowy mostów.

Korzystanie przy obliczaniu ramownicy czteroprzęsłowej o końcach przesuwnych ze sposobów, przeznaczonych do obliczania ram o węzłach nieprzesuwnych, wymagałoby tu tak daleko idących zastrzeżeń i uzupełnień, iż trzeba się było go wyrzec na korzyść ogólnych metod Statyki Budowli. Z pośród tych ostatnich należało zatrzymać się przede wszystkim na bezpośrednim sposobie geometrycznego dodawania odkształceń<sup>2)</sup>, jako dającym możliwość najpewniejszej kontroli należytego uwzględnienia w obliczeniu odkształceń po-

szczególnych prętów ramownicy. Niezależnie od tego, obliczenie wykonano też i według równań Betti'ego, przyczem dla obydwóch obliczeń przyjmowano dla tem pewniejszego uniknięcia błędów różne statycznie wyznaczalne schematy zastępcze<sup>3)</sup>. Próba zastosowania w danym razie twierdzenia Menabréa nie dała tu korzystnych wyników, wobec wyraźnie kłopotliwego nagromadzenia się przy jej stosowaniu wielkiej liczby całek.

W obliczeniu ramy drogą dodawania odkształceń przyjmujemy za wielkości statycznie niewy-



Rys. 1.

znaczalne 5 składowych reakcji  $R_1$ ,  $R_3$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ ,  $R_5$  (rys. 1b), wobec czego zastępczym schematem statycznie wyznaczalnym staje się rama dwusłupowa CBEF (rys. 2a) o jednej podporze przegubowej, a drugiej przegubowo-przesuwnej.

Wobec tego, że wynikiem obliczenia mają być linie wpływowe dla momentów zginających w ra-

<sup>1)</sup> Na zlecenie tej też Dyrekcji zostało podjęte omawiane tu obliczenie.

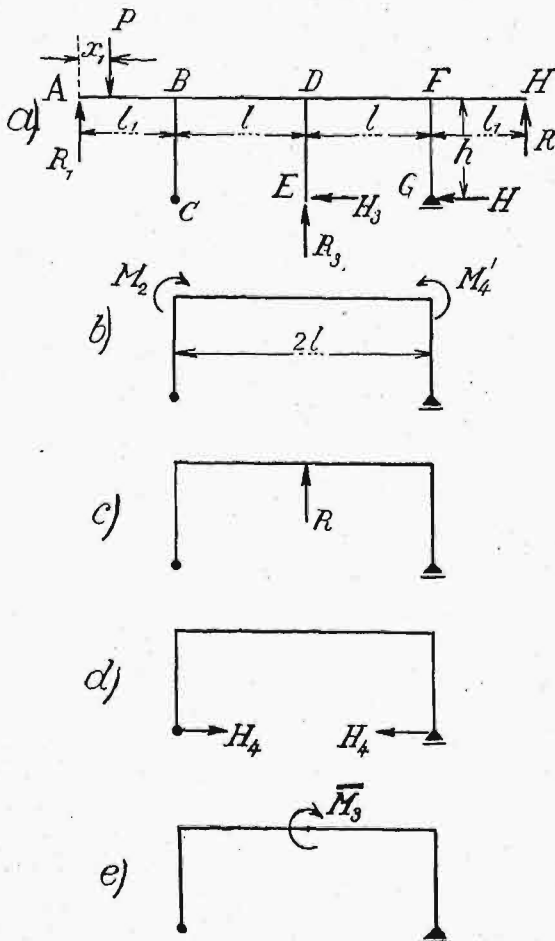
<sup>2)</sup> Por. np. W. Wierzbicki „Mechanika Budowli”, str. 244 i następn.

<sup>3)</sup> W obliczeniach brali udział moi asystenci: p. inż. L. Tylbor z Politechniki Warszawskiej oraz p. inż. J. Mu-termilch ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.

mie, umieszczamy w przedziale  $AB$  siłę  $P = 1$  w odległości zmiennej  $x$  od punktu  $A$ , następnie zaś przenosimy ją na przęśle  $BD$ , ustawiając w zmiennej odległości  $x$  od punktu  $B$ . W przęslach  $DF$  i  $FH$  otrzymamy rzędne linii wpływowych na podstawie symetrii ramownicy, biorąc pod uwagę, że siła  $P$ , ustawiona w przęśle  $DF$  lub  $FH$ , wywołuje reakcje  $R_1, R_2, R_3, H_2, H_3$  równe odpowiednio reakcjom  $R_5, R_4, -H_4, -H_3$ , wywołanym przez siłę  $P$ , ustawioną symetrycznie w przęśle  $BD$  lub  $AB$ .

Przesunięcia punktów odrzuconych podpór nadliczbowych, a więc punktów przyłożenia sił  $R_1, R_3, H_3, H_4$  i  $R_5$  w kierunku ich działania oznaczamy odpowiednio przez  $v_1, v_3, v_5, u_3, u_4$ . Wielkości tych przesunięć, jako funkcje wielkości statycznie nadliczbowych, wyznaczamy, rozpatrując odkształcenie ramy dwusłupowej, przedstawionej na rys. 2b, kolejno pod działaniem poszczególnych sił, obciążających ramę zgodnie ze schematami, uwidocznionymi na rys. 2b do 2d. Na rysunkach tych przez  $M_2, M'_4$  i  $\bar{M}_3$  oznaczone zostały, dla uproszczenia obliczeń, momenty sił niewiadomych, przyłożone w odpowiednich węzłach, tak iż np.  $\bar{M}_3 = H_3 \cdot h$ .

Dla danego położenia siły  $P$  oraz dla 5 wielkości nadliczbowych wyznaczamy przesunięcia  $v_1, v_3, v_5, u_3$  i  $u_4$  sposobem momentów wtórnych (t. j. momentów od momentów).



Rys. 2.

W ten sposób otrzymujemy każde z przesunięć  $v_1, v_3, v_5, u_3$  i  $u_4$ , jako inną funkcję tych

samych wielkości  $x, M_2, M'_4, \bar{M}_3, R_3, H_4$ , dla obliczenia zaś pięciu wielkości statycznie niewyznaczalnych ustawiamy pięć równań:

$$v_1 = 0, v_3 = 0, v_5 = 0, u_3 = 0, u_4 = 0.$$

Równania te dla siły  $P$  przyłożonej w przęśle  $AB$  przybierają postać następującą:

$$3 R_1 l_1 - 3 P (l_1 - x_1) + 3 R_5 l_1 - 2 R_3 l - 6 H_4 h - 3 H_3 h = 0,$$

$$2 \frac{I_2}{I_3} h^2 (H_3 + 2 H_4) - 3 l [2 R_5 l_1 + 2 R_1 l_1 - 2 P (l_1 - x_1) - R_3 l - 2 H_3 h - 4 H_4 h] = 0,$$

$$4 \frac{I_2}{I_3} h^2 (H_3 + H_4) + 4 \frac{I_2}{I_1} h^2 H_3 - 3 l [R_5 l_1 + 3 R_1 l_1 - 3 P (l_1 - x_1) - 3 H_3 h - H_3 h - R_3 l - 4 H_4 h] = 0,$$

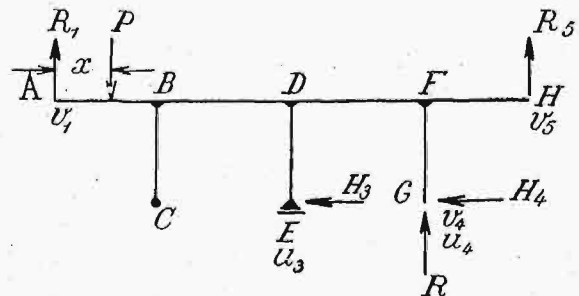
$$2 \frac{I_2}{I_4} [2 R_1 l_1^3 - 2 P (l_1 - x_1)^3 - 3 P x_1 (l_1 - x_1)^2] + l_1 l [4 R_5 l_1 + 8 R_1 l_1 - 8 P (l_1 - x_1) - 8 H_3 h - 3 R_3 l - 12 H_4 h - H_3 h] = 0,$$

$$4 \frac{I_2}{I_4} R_5 l_1^2 + l [4 R_1 l_1 - 4 P (l_1 - x_1) - 4 H_3 h + 8 R_5 l_1 - 3 R_3 l - 12 H_4 h + H_3 h] = 0.$$

Podobne układy równań otrzymujemy dla siły  $P$ , przyłożonej w przęśle  $BD$  oraz dla wahań temperatury.

Układy te rozwiązujemy drogą kolejnego rugowania niewiadomych, poczem rozwiązania dla wielkości statycznie niewyznaczalnych będą przedstawione, jako funkcje odciętych  $x_1$ , czy  $x$  punktu przyłożenia siły  $P$ .

Przy rozwiązywaniu ramownicy sposobem Betti'ego, za wielkości statycznie niewyznaczalne przyjmujemy reakcje podpór  $R_1, H_3, R_4, H_4, R_5$ , a za statycznie wyznaczalny układ zastępczy — ramę dwusłupową  $C B D E$  (rys. 3). Przyjmując obciążenia ramy przedstawionej na rys. 3 za układ I (pierwszy) w równaniu Betti'ego, za układy II (drugie) przyjmujemy układy sił, przy których jedna z wymienionych wielkości statycznie niewyznaczalnych równa się 1, pozostałe zaś 0.



Rys. 3.

Równanie Betti'ego doprowadza więc tu do układu 5 równań, podobnych do równań, podanych poprzednio, a otrzymanych drogą dodawania odkształceń, ale nie identycznych, tak że zgodność obydwóch omówionych rozwiązań może być tu ujawniona dopiero po rozwiązaniu równań.

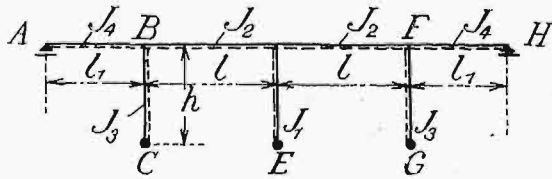
Wyznaczenie linii wpływowych dla momentów zginających wewnątrz przęseł i dla wszytkich reakcyj podpór, poza 5 uważanymi za wielkości nadliczbowe, otrzymujemy z 3 równań statyki.

Ostatecznie dochodzimy do następującego ze-

stawienia wzorów, służących do obliczenia ramownicy czteroprzesłowej, trzysłupowej, o obydwóch końcach przesuwnych.

**Oznaczenia we wzorach ostatecznych.**

Wszystkie momenty, które wywołują wyciąganie po zakreskowanej na rys. 4 stronie prętów, są znakowane przez +.



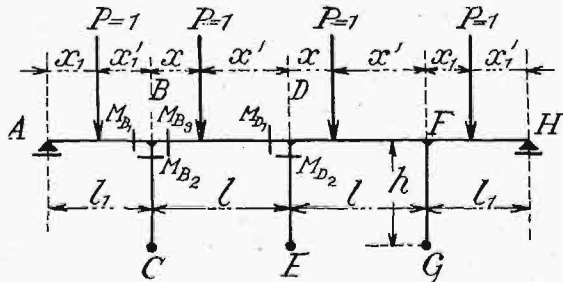
Rys. 4.

$$k = \frac{I_2}{I_1} \cdot \frac{h}{l} \quad k_1 = \frac{I_2}{I_3} \cdot \frac{h}{l} \quad k_2 = \frac{I_2}{I_4} \cdot \frac{l_1}{l}$$

$$a = \frac{h}{l} \quad \beta = \frac{l_1}{l}$$

$$\xi_1 = \frac{x_1}{l_1} \quad \xi'_1 = \frac{x'_1}{l_1}$$

$$\xi = \frac{x}{l} \quad \xi' = \frac{x'}{l}$$



Rys. 5.

$$N = 3k_1 + 4k_1k_2 + 3k_2,$$

$$N_1 = 3 + 8k + 4k_1 + 12k_2 + 8kk_2 + 4k_1k_2,$$

$$N_2 = 9 + 24k - 12k_1 + 8kk_1 + 4k^2,$$

$$N_3 = 2k + k_1 + 3, \quad N_4 = 4k_2 + 3,$$

$$N_5 = 2N_3 - 9, \quad N_6 = 4N_3 - 9,$$

$$N_7 = 3N_3 - 4,5, \quad N_8 = 27 - 2N_3,$$

$$N_9 = 3 - 2k_1, \quad N_{10} = 8k_2 + 7,$$

$$N_{11} = 4k_1 + 3.$$

$$z_1 = 2(k_2 + 1), \quad z_2 = N_9 - \frac{N_2}{N_1}$$

$$z_3 = 2N_9 - \frac{N_2}{N_1} z_1, \quad z_4 = \frac{8NN_3}{N_1} - z_2,$$

$$z_5 = \frac{8NN_3}{N_1} z_1 - z_3 - 4N,$$

$$z_6 = z_5 + N_{10} z_3 - 36 \frac{N}{N_1} z_1 + 12N,$$

$$z_7 = z_4 + N_{10} z_2 - 36 \frac{N}{N_1} + 4N,$$

$$z_8 = 3z_5 - 3z_3 - 36 \frac{N}{N_1} z_1 + z_6 + 12N,$$

$$z_9 = 3z_4 - 3z_2 - 36 \frac{N}{N_1} + z_7 + 4N,$$

$$z_{10} = 2z_4 - z_9 + 2z_2 + \frac{4}{\beta} z_2,$$

$$z_{11} = 2z_5 - z_8 + 2z_3 + \frac{4}{\beta} z_3,$$

$$z_{12} = 2z_9 + z_{10} + \frac{4}{\beta} (z - z_2),$$

$$z_{13} = 2z_8 + z_{11} + \frac{4}{\beta} (z_5 - z_8),$$

$$z_{14} = 72 \frac{N}{N_1} z_1 - z_6, \quad z_{15} = 72 \frac{N}{N_1} - z_7,$$

$$z_{16} = 6z_4 - z_{15}, \quad z_{17} = 6z_5 - z_{14},$$

$$z_{18} = z_6 - 6z_3, \quad z_{19} = z_7 - 6z_2,$$

$$z_{20} = 3z_{13} + 2z_{14} - \frac{12(1+\beta)}{\beta} z_5,$$

$$z_{21} = 3z_{12} + 2z_{15} - \frac{12(1+\beta)}{\beta} z_4,$$

$$z_{22} = z_{20} - \frac{144N}{N_1} z_1, \quad z_{23} = z_{21} - \frac{144N}{N_1},$$

$$z_{24} = z_{12} - \frac{4z_4}{\beta}, \quad z_{25} = z_{13} - \frac{4z_5}{\beta},$$

$$z_{26} = \frac{4z_3}{\beta} - z_{11}, \quad z_{27} = \frac{4z_2}{\beta} - z_{10},$$

$$\zeta_1 = N_8 + \frac{N_2 N_4}{2N}, \quad \zeta_2 = \frac{N_2 N_4}{2N} - N_5,$$

$$\zeta_3 = 2N_3 + \frac{N_2}{4N}, \quad \zeta_4 = 12N_3 - N_8 - \frac{2k_2 N_2}{N},$$

$$\zeta_5 = N_5 - \frac{2k_2 N_2}{N}, \quad \zeta_6 = 4N_3 - \frac{k_2 N_2}{N},$$

$$\zeta_7 = 2N_5 - \frac{k_2 N_2}{N}, \quad \zeta_8 = N_7 - \frac{k_2 N_2}{2N},$$

$$\zeta_9 = N_5 - \frac{k_2 N_2}{N}.$$

$$\left. \begin{aligned} \omega_D &= \xi - \xi^3 = \xi \xi^1 (1 + \xi) \\ \omega'_D &= \xi^1 - \xi'^3 = \xi' \xi^1 (1 + \xi^1) \\ \omega_R &= \xi - \xi^2 = \xi \xi^1 = \xi' - \xi'^2 \\ \omega'_D + \omega_D &= 3\omega_R. \end{aligned} \right\} *)$$

Linia wpływowa dla momentu  $M_{B1}$ :

Gałąź AB  $y_1 = -l_1 \cdot \frac{k_2}{N_1} \cdot \zeta_3 \cdot \omega_D,$

„ BD  $y_2 = -l \cdot \frac{1}{4N} (z_4 \omega'_D - z_5 \omega_R),$

„ DF  $y_3 = +l \cdot \frac{1}{4N} (z_2 \omega_D - z_3 \omega_R),$

„ FH  $y_4 = -l_1 \cdot \frac{k_2}{N_1} \cdot \frac{N_2}{4N} \cdot \omega'_D.$

Linia wpływowa dla momentu  $M_{B2}$ :

Gałąź AB  $y_1 = +l_1 \cdot \frac{1}{6} \frac{k_2}{N_1} \zeta_1 \omega_D,$

„ BD  $y_2 = -l \cdot \frac{1}{24N} (z_{14} \omega_R - z_{15} \omega'_D),$

„ DF  $y_3 = +l \cdot \frac{1}{24N} (z_6 \omega_R - z_7 \omega_D),$

„ FH  $y_4 = +l_1 \cdot \frac{1}{6} \frac{k_2}{N_1} \zeta_2 \omega'_D.$

\*) Tablice dla  $\omega$  są podane w dziele: A. Kleinogel, Mehrstilige Ramen, Berlin 1927 (str. 25).

Linja wpływowa dla momentu  $M_{B_3}$ :

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= -\frac{1}{6} l_1 \frac{k_2}{N_1} \zeta_4 \omega_D, \\ \text{" BD} \quad y_2 &= -\frac{1}{24 N} (z_{16} \omega'_D - z_{17} \omega_R), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= +l \frac{1}{24 N} (z_{18} \omega_R - z_{19} \omega_D), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= -l_1 \frac{1}{6} \frac{k_2}{N_1} \zeta_5 \omega'_D. \end{aligned}$$

Linja wpływowa dla momentu  $M_{D_1}$ :

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= +l_1 \cdot \frac{1}{6} \frac{k_2}{N_1} \zeta_6 \omega_D, \\ \text{" BD} \quad y_2 &= -l \cdot \frac{1}{48 N} (z_{20} \omega_R - z_{21} \omega'_D), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= -l \cdot \frac{1}{48 N} (z_{22} \omega_R - z_{23} \omega_D), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= +l_1 \cdot \frac{1}{6} \frac{k_2}{N_1} \zeta_7 \omega'_D. \end{aligned}$$

Linja wpływowa dla momentu  $M_{D_2}$ :

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= +l_1 \cdot 3 \frac{k_2}{N_1} \omega_D, \\ \text{" BD} \quad y_2 &= -l \cdot \frac{3}{N_1} (z_1 \omega_R - \omega'_D), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= +l \cdot \frac{3}{N_1} (z_1 \omega_R - \omega_D), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= -l_1 \cdot 3 \frac{k_2}{N_1} \omega'_D. \end{aligned}$$

Linja wpływowa dla mom. w punkcie Z  
przesła AB w odległości  $a$  od podpory A,  
czyli w odległ.  $a'$  od podpory B:

$$(a + a_1 = l_1).$$

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AZ} \quad y_1 &= +a' \xi_1 - a \cdot \frac{k_2}{N_1} \zeta_8 \omega_D, \\ \text{" ZB} \quad y_1' &= +a \left( \xi_1 - \frac{k_2}{N_1} \zeta_8 \omega_D \right), \\ \text{" BD} \quad y_2 &= -\frac{1}{\beta} a \frac{1}{4N} (z_4 \omega'_D - z_5 \omega_R), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= +\frac{1}{\beta} a \frac{1}{4N} (z_2 \omega_D - z_3 \omega_R), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= -a \frac{k_2}{N_1} \frac{N_2}{4N} \omega'_D. \end{aligned}$$

Linja wpływowa dla mom. w punkcie Z  
przesła BD w odległości od podpory B,  
czyli w odległ.  $a'$  od podpory D:

$$(a + a' = l).$$

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= -\beta \frac{1}{6} \frac{k_2}{N_1} \left[ a' \zeta_4 - a \frac{1}{6} \zeta_6 \right] \omega_D, \\ \text{Gałąź BZ} \quad y_2 &= +a' \xi - \frac{1}{48N} [(az_{20} - a'2z_{17}) \omega_R - \\ &\quad - (az_{21} - a'2z_{16}) \omega'_D], \end{aligned}$$

Gałąź ZD  $y'_2 = +a \xi' -$ 

$$-\frac{1}{48N} [(az_{20} - a'2z_{17}) \omega_R - (az_{21} - a'2z_{16}) \omega'_D],$$

Gałąź DF  $y_3 =$ 

$$= -\frac{1}{48N} [(az_{22} - a'2z_{18}) \omega_R - (az_{23} - a'2z_{19}) \omega_D].$$

Gałąź FH  $y_4 = +\beta \cdot \frac{1}{6} \frac{k_2}{N_1} [a \zeta_7 - a' \zeta_5] \omega'_D.$ Linja wpływowa dla reakcji A  
(siła poprzeczna w punkcie A):

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= +\xi_1 - \frac{k_2}{N_1} \zeta_8 \omega_D, \\ \text{" BD} \quad y_2 &= -\frac{1}{\beta} \cdot \frac{1}{4N} (z_4 \omega'_D - z_5 \omega_R), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= +\frac{1}{\beta} \frac{1}{4N} (z_2 \omega_D - z_3 \omega_R), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= -\frac{k_2}{N_1} \frac{N_2}{4N} \omega'_D. \end{aligned}$$

Linja wpływowa dla częściowej reakcji  $B_1$   
(Siła poprzeczna na lewo od B):

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= +\xi_1 + \frac{k_2}{N_1} \zeta_8 \omega_D, \\ \text{" BD} \quad y_2 &= +\frac{1}{\beta} \cdot \frac{1}{4N} (z_4 \omega'_D - z_5 \omega_R), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= -\frac{1}{\beta} \frac{1}{4N} (z_2 \omega_D - z_3 \omega_R), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= +\frac{k_2}{N_1} \frac{N_2}{4N} \omega'_D. \end{aligned}$$

Linja wpływowa dla częściowej reakcji  $B_3$   
(Siła poprzeczna na prawo od  $B_3$ ):

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= +\beta \frac{k_2}{N_1} \zeta_8 \omega_D, \\ \text{" BD} \quad y_2 &= +\xi_1 + \frac{1}{16N} (z_{24} \omega'_D - z_{25} \omega_R), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= -\frac{1}{16N} (z_{26} \omega_R - z_{27} \omega_D), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= +\beta \frac{1}{2} \frac{k_2}{N_1} \zeta_9 \omega'_D. \end{aligned}$$

Linja wpływowa dla częściowej reakcji  $D_1$   
(Siła poprzeczna na lewo od D):

$$\begin{aligned} \text{Gałąź AB} \quad y_1 &= -\beta \frac{k_2}{N_1} \zeta_8 \omega_D, \\ \text{" BD} \quad y_2 &= +\xi - \frac{1}{16N} (z_{24} \omega'_D - z_{25} \omega_R), \\ \text{" DF} \quad y_3 &= +\frac{1}{16N} (z_6 \omega_R - z_{27} \omega_D), \\ \text{" FH} \quad y_4 &= -\beta \frac{1}{2} \frac{k_2}{N_1} \zeta_9 \omega'_D. \end{aligned}$$

Linje wpływowe dla całkowitych reakcji  
w punktach C i E otrzymujemy przez zsumowanie

linij wpływowych odpowiednich reakcyj częściowych:

$$C = B_1 + B_3, \quad E = D_1 + D_3.$$

Momenty wywołane przez równomierny dla całej ramownicy wzrost temperatury:

$$M_{B_1} = -\frac{3EI_2 \varepsilon t}{l} \cdot \frac{N_{11} \cdot \frac{\alpha}{\beta} - 3 \cdot \frac{1}{\alpha}}{1},$$

$$M_{B_2} = -\frac{3EI_2 \varepsilon t}{l} \cdot \frac{N_4 \cdot \frac{1}{\alpha} - \frac{\alpha}{3 \cdot \beta}}{N},$$

$$M_{B_3} = -\frac{12EI_2 \varepsilon t}{l} \cdot \frac{k_2 \cdot \frac{1}{\alpha} + k_1 \cdot \frac{\alpha}{\beta}}{N},$$

$$M_{D_1} = +\frac{6EI_2 \varepsilon t}{l} \cdot \frac{k_2 \cdot \frac{1}{\alpha} + k_1 \cdot \frac{\alpha}{\beta}}{N},$$

$$M_{D_2} = 0,$$

$$H_C = \frac{M_{B_2}}{h}; \quad H_E = 0;$$

$$V_A = \frac{M_{B_1}}{l_1}; \quad V_C = \frac{M_{D_1} - M_{B_3}}{l} - \frac{M_{B_1}}{l_1},$$

$$V_E = -\frac{2(M_{D_1} - M_{B_3})}{l}.$$

W ostatniej grupie wzorów korzystamy dodatkowo z oznaczeń następujących:

$\varepsilon$  — jednostkowe wydłużenie pręta przy podniesieniu się temperatury o 1 stopień,

$E$  — spólczynnik sprężystości przy zginaniu,

$t$  — wzrost temperatury,

Przy spadku temperatury, wszystkie siły i momenty otrzymują znak odwrotny do znaku przy jej wzroście.

## Zagadnienia wyzyskania sił wodnych.

Referaty złożone na II Konferencję Energetyczną w r. b.

Napisał Inż. H. Herbich.

Referaty nie były wygłaszane na Kongresie przez autorów, lecz streszczane przez sprawozdawców generalnych w poszczególnych sekcjach, które grupowały po kilkanaście prac z jednego zakresu. Cały program podzielono na 34 sekcji. Sprawy sił wodnych poruszane były w 5 sekcjach, mianowicie: w sekcji 13-ej — „Metodyka i zagadnienia techniczno-gospodarcze wyzyskania sił wodnych”; w sekcji 14-ej — „Zapory”; w sekcji 15-ej — „Zagadnienia gospodarcze wielkich zbiorników energii”; w sekcji 16-ej — „Gospodarka wodno-energetyczna w poszczególnych krajach”; w sekcji 24-ej — „Ustawodawstwo wodne” oraz częściowo w sekcji 32-ej — „Badania techniczno-naukowe”.

### Metodyka i zagadnienia techniczno-gospodarcze wyzyskania sił wodnych.

Sprawozdawcą generalnym tego tematu był Prof. Dr. Inż. D. T h o m a. Sekcja obejmowała referaty: Nr. Nr. 134, 259, 148, 217, 132, 183, 256, 362, 187, 158, 299, 170, 309.

Postępy techniczno-gospodarcze w dziedzinie budowy zakładów wodnych w Szwajcarii (Technisch-wirtschaftliche Fortschritte auf dem Gebiete der Wasserkraftanlagen in der Schweiz, ref. 217), omawiają prof. E. Meyer-Peter i prof. R. Dubs przy współpracy 10 inżynierów-budowniczych. Referat dzieli się na 3 części: pierwsza, dotycząca nowych ustrojów i doświadczeń przy budowie szwajcarskich zakładów wodnych, zawiera b. cenne dla konstruktorów informacje, oparte na doświadczeniach ostatnio budowanych zakładów wodnych o niskich jazach, jak również o b. wysokich zaporach.

Podano tu między innymi najnowsze próby dostosowania materiału do ochrony budowli położonych powyżej 1000 m n. p. m. od uszkodzeń, powodowanych przez mrozy, uproszczenia przy budowie sztolni pod wysokim ciśnieniem, zastosowanie najodpowiedniejszych typów turbin dla otrzymania najwyższej sprawności. Na pierwsze miejsce wysuwają się dziś (przy mniejszych spadach) turbiny Kaplana i śmigłowe o przepływie osiowym.

W drugiej części referatu rozważają autorzy zagadnienie zasobników wodnych i wykazują istniejące w Szwajcarii możliwości wyzyskania naturalnych jezior przez odpowiednie spiętrzanie zaporami dla dwóch jednocześnie celów: retencyjnych (ochrona od powodzi) i użytkowych dla zakładów wodnych, gdzie podnoszą wartości wytwarzanej mocy, a jednocześnie zmniejszają koszty uzyskiwanej energii.

Końcowa część, poświęcona badaniom, podaje opis laboratorium budownictwa wodnego w Pólitchnice Zuryskiej. Laboratorium to, rozbudowane w ostatnich latach (1927—1929), posiada wymiary 70 × 19 m i prowadzi doświadczenia na modelach dla wszystkich większych projektowanych zakładów wodnych niskiego, średniego i wysokiego ciśnienia. Zainstalowane pompy dostarczają mogą do rynien laboratorium maximum przepływu 4 m<sup>3</sup>/sek, najwyższy zaś spadek doświadczalny wynosi 15,5 m. Koszt budowy laboratorium wyniósł 1 200 000 fr. szwajc.

Nowe kierunki w dziedzinie rozbudowy sił wodnych w Kanadzie (Recent Trends in Water Power Development in Canada, ref. Nr. 148) T. H. Hogg. Referat ten

wykazuje ogromny rozwój wyzyskania sił wodnych w Kanadzie. Podczas gdy w r. 1923 było zainstalowanych 3,2 milj. KM, to już w r. 1928 liczba ta wzrosła do 5,35 milj. KM. Obecnie w budowie jest szereg nowych zakładów o mocy 1 milj. KM. Stale wzrastające zapotrzebowanie energii zmusza do szukania i wyzyskania sił wodnych w bardziej oddalonych i bezludnych miejscowościach, mimo droższych w tych warunkach kosztów eksploatacji. Celem zmniejszenia kosztów budowy i eksploatacji, wprowadzone są najnowsze uproszczenia zarówno w studjach terenowych i pomiarowych (przeważnie przy pomocy zdjęć lotniczych), jak i udoskonalenia w konstrukcji zakładów. Obecne dążenia prowadzą do budowy dużych jednostek turbozespołów (często o jednej wielkiej turbinie) i do automatyzacji zakładów, do pracy bez obsługi. Ostatnie zakłady budowane są przeważnie jako automatyczne. Dużo ulepszeń i uproszczeń poczyniono też w konstrukcji części elektrycznej zakładów wodnych.

Metody budowy zakładu Conowingo (Construction Methods on Conowingo Development. (U. S. A.) ref. Nr. 256). W. L. Locke. Referat ten podaje opis budowy zakładu Conowingo. Wymiary tego zakładu są ogromne. Zapora ma 1,43 km długości, 27 m wysokości; kubatura betonu lanego stanowi 330 000 m<sup>3</sup>. Zakład jest zainstalowany na 378 000 KM. Organizacja i metoda budowy jest nader interesująca. W jej wyniku budowa tego olbrzymiego zakładu trwała zaledwie 2¼ lat; od marca 1926 do lipca 1928 r.

Opróżnianie jeziora Gosau za pomocą wpływających urządzeń pompowych (Die Absenkung des Gosausees im Rahmen der oberösterreichischen Energiewirtschaft mit Hilfe einer schwimmenden Pumpenanlage, ref. Nr. 183). Inż. V. Nietsch. Autor podaje obszernie studjum hydrologiczne, służące za podstawę obliczeń możliwości tak co do ilości, jak i czasu opróżniania naturalnego zbiornika „Gosausee” w górnej jego 40-metrowej warstwie. Dla lepszego wyzyskania tej rezerwy energii w czasie największego zapotrzebowania, wprowadzono sztuczne szybkie opróżnianie jeziora. W tym celu zainstalowano pompy, położone 40 m poniżej wylotu sztolni z jeziora, która to sztolnia prowadzi wodę do dwóch zakładów, pracujących na spadku 225 m.

Metody oceny sił wodnych, stosowane we Włoszech (In Italien angewandte Methoden zur Bewertung der Wasserkräfte; Servizio Idrografico Italiano; ref. Nr. 134). Prof. de Marchi, dyr. służby hydrograficznej we Włoszech, opisuje wytyczne, jakimi kierowano się tam przy wyborze przepływów charakterystycznych i okresowych, celem ujednostajnienia rejestracji sił wodnych. W wydanych dotychczas 5 zeszytach katastru sił wodnych oraz w następnych, będących w opracowaniu, przyjęto następujące przepływy charakterystyczne: średni roczny przepływ, przepływy 9, 6 i 3-miesięczne, oraz — dla budowy zakładów — przeciętne tych okresowych przepływów (9, 6, 3-mies.) w dłuższym okresie lat. Pewne trudności w ustaleniu przepływów okresowych nasuwają

rzeki, w których dorzeczu wybudowano zbiorniki wodne; w tych wypadkach wprowadzany jest pewien system redukcji przy określaniu przepływów, celem możliwości porównania z rzekami wolnymi.

Zjawiska lodowe w korytach uregulowanych (Die Eisverhältnisse in profilregulierten Gewässern, ref. Nr. 362) omawia A. Ekwall (Szwecja). Referat podaje wyniki, otrzymane z doświadczeń nad rzekami Göla älv i Ume älv w zakresie zjawisk termicznych, powstających w wodzie w okresie zlodzenia. Doświadczenia miały na celu ustalenie praw tworzenia się lodu i kry przy różnych warunkach temperatury powietrza (wysokość temperatury i czas trwania) i różnej szybkości wody w rzekach. Na podstawie przeprowadzonych prób, dochodzi autor do wniosku, iż możliwe jest dobranie takiego kształtu i spadku kanału, by warunki zlodzenia były poprawione tak dla żeglugi, jak i dla wyzyskania sił wodnych, t. j. by tworzyły się stałe zlodzenia wody po brzegach kanału, a w środku pozostawała przestrzeń wolna od szkodliwej dla statków i turbin kry.

Nowe postępy w dziedzinie utrzymania, wyzyskania i rozbudowy sił wodnych, turbin wodnych i pomp (New Developments in Regard to Economy, Utilization and Extension of Water Power, Water Turbines and Pumps, ref. Nr. 259), B. E. White (U. S. A.). Autor porusza ogólnie temat rentowności wyzyskania sił wodnych, podkreślając różne wartości sił wodnych w zależności od warunków miejscowych. Nie zawsze rzeki o dużych wartościach sił surowych mogą konkurować z innymi źródłami energii, gdyż zakłady muszą liczyć się w pewnych warunkach ze znacznymi trudnościami. Przeciwnie, nieraz rzeki o mniejszych wartościach jednostkowych sił wodnych konkurują ekonomicznie z zakładami cieplnymi o tanim opale. Wiele czynników, jak charakter podażi i zbytu energii, uproszczenie konstrukcji urządzeń i in., decydują o wyborze źródeł energii.

Badanie ruchu wody i rumowiska przy wolnym ujęciu wody do kanału roboczego (Untersuchung über die Wasser-und Geschiebebewegung bei freien Werkseinfängen, ref. Nr. 187). Prof. Dr. F. Schaffernak (Austria). Referat zawiera studjum laboratoryjne zagadnienia konstrukcji ujęcia wody do kanału roboczego z punktu widzenia ochrony przed zaszutowywaniem kanału roboczego wobec ruchu rumowiska w rzece i podaje sposoby wypłókiwania oraz wyczerpywania.

Pozostałe referaty tej sekcji: Nr. 158 Doprrowadzenie wody do koła zasilającego turbiny (Die Wasserführung vor der Turbine bis an den Leitapparat) Inż. H. Sörbye'a (Norwegja); Nr. 299 — Metoda porównania ilościowego ogólnych charakterystyk turbin wodnych (Method of the Quantitative Comparison of Universal Characteristics of Hydraulic Turbines) Inż. G. G. Gorbunoff (Rosja); Nr. 170 — Turbina o stałych łopatkach kierowniczych i ruchomych łopatkach wirni-

ka (Turbine mit festen Leit- und beweglichen Laufschaufeln), Prof. Dr. R. Thoma (Austria); Nr. 309 — Koło zasilające o łopatkach przekręcanych (Leitapparat mit durchschwenkbaren Schaufeln), Dr. Inż. K. Lindner (Austria); Nr. 132 — Najnowsze i najważniejsze ustroje zakładów turbinowych i pompowych we Włoszech (Die neuesten und wichtigsten Turbinen- und Pumpenanlagen in Italien), Inż. G. Ucelli (Włochy) poświęcone są zagadnieniom budowy turbin wodnych, których tu nie poruszamy. Ogólnie z referatów tych przebija wniosek, że należy dążyć do instalowania mniejszej ilości, lecz dużych jednostek turbinowych. Na szczególną uwagę zasługuje obszerny ostatnio wymieniony referat Nr. 132, w którym autor Inż. G. Ucelli, opierając się na dużym doświadczeniu uzyskanym przy wykonaniu ostatnio budowanych we Włoszech zakładów (moc instalowanych turbin wodnych w r. 1920 wynosiła 2,3 milj. KM, a już w 1928 została zwiększona do potrójnej wartości 6,1 milj. KM), wskazuje najkorzystniejsze warunki zastosowania turbin różnych typów.

### Gospodarka wodno-energetyczna w poszczególnych krajach.

Sprawozdawcą generalnym tej sekcji był Dr. Inż. Krieger. Sekcja obejmowała 12 referatów: Nr. 391, 146, 224, 388, 135, 136, 395, 411, 363, 210, 310, 182, które świadczą o powszechnym rozwoju wykorzystania sił wodnych przy jednoczesnym zmniejszaniu kosztów jednostkowych instalacji (co obecnie już jest osiągnięte, w porównaniu z dawniejszymi budowlami); przez stawianie dużych zakładów wodno-elektrycznych, skupiając zasoby energii większej części dorzecza (względnie łącząc źródła energii kilku dorzeczy); przez umiędzianie położenia źródeł energii od okręgów zapotrzebowania w drodze budowy sieci elektrycznej dalekonośnej o wysokim napięciu (do 380 000 V) oraz zapomocą umiejętnej gospodarki zbiornikowej i zastosowania przepompowywania.

Zasoby energii wodnej w Kanadzie i ich wyzyskanie (Water Power Resources of Canada and their Development), I. T. Johnston (Kanada). Obszerny ten referat stanowi sprawozdanie z 6-letniej działalności w dziedzinie wyzyskania sił wodnych i stanowi uzupełnienie danych podanych na Konferencję Energetyczną w Londynie w r. 1924. Poniższe wymowne cyfry rozwoju są jednak umotywowane dogodnym rozplanowaniem większych źródeł energii wody w znacznym oddaleniu od kopalń węgla. Najnowsze obliczenia zasobów sił wodnych Kanady podają 20 347 400 KM dla przepływu przeciętnie niskiego, 33 877 200 KM dla przepływu 6-miesięcznego, co przy dzisiejszych możliwościach wyzyskania oceniać można na 43,7 milj. KM mocy instalowanej. W ciągu ostatnich 6 lat podniesiono łączną instalowaną moc zakładów wodnych w Kanadzie z 3 227 000 KM do 5 200 000 KM. Rzeczywista całkowita moc wyzyskana odpowiada cyfrze

5 711 000 KM. Napięcie stosowane w sieci elektrycznej wynosi 134 000, 168 000 i 224 000 V.

Z następnego referatu z Kanady (Nr. 224) p. t. Zbiorniki wodne (Storage Reservoirs in Canada) O. Lefebvre'a wynika, iż w przeszłym roku łączna pojemność zbiorników użytkowych w Kanadzie wyniesie 1,6 miljarda m<sup>3</sup>. Wiele zakładów, pracujących dawniej na przepływie 7-miesięczny, wyzyskuje obecnie, po przebudowie, przepływ całoroczny. W najbliższej przyszłości ma być cały szereg jezior w dorzeczu Św. Wawrzyńca na odcinku Ontario i Montreal wyzyskany na zbiorniki użytkowe, dając możliwość wytworzenia 5 milj. KM, z czego 4 milj. KM przypadnie dla Kanady, a 1 milj. KM dla Stanów Zjednoczonych.

Referat (Nr. 135) p. t. Stan wyzyskania sił wodnych we Włoszech na 31 grudnia 1928 r. (Stand der Wasserkraftausnutzung in Italien am 31 Dezember 1928), opracowany przez „Servizio Idrografico Italiano“, zawiera dane, obejmujące różne kategorie zakładów w zależności od wysokości instalowanej mocy, wykazując stan w czterech dzielnicach Włoch. Dla ujednostajnienia statystyki, wprowadzono orientacyjne moce teoretyczne czyli nominalne w KM, odpowiadające średniemu spadowi i średniej objętości przepływu dla każdego zakładu, oraz moce instalowane rzeczywiście. Sumaryczne dane wyzyskania przedstawiają się następująco: z początkiem 1929 r. było w ruchu 719 dużych zakładów. Pod nazwą dużych zakładów rozumiane są zakłady o mocy wyższej od 300 KM, dla których prowadzona jest przez służbę hydrograficzną ścisła i pełna ewidencja.

Moc nominalna tych zakładów wynosiła 2,85 milj. KM, a instalowana moc elektryczna 3,014 milj. KM. Moc wszystkich zakładów wodno-elektrycznych, dużych i małych, oraz pracujących bezpośrednio na napęd maszyn w przemyśle, przy założeniu średniej sprawności 0,75, wypada okragło 6 milionów KM wyzyskanych w całym państwie. W 1928 r. było w budowie 885 000 KM. Cała produkcja w 1928 r. wynosiła 9,75 miliardów kWh, z czego na pracę sił wodnych przypada 9,5 miljarda kWh. Ze Szwajcarii importowano w 1928 r. dodatkowo 240 milionów kWh. Z początkiem 1929 r. było we Włoszech 68 sztucznych zbiorników użytkowych o spiętrzonej pojemności 500 000 m<sup>3</sup> i zdolności magazynowania 1,21 miliardów m<sup>3</sup> wody.

W referacie: Wyzyskanie sił wodnych Dunaju w Austrii w związku z żegluga międzynarodową (Die Wasserkraftausnutzung der Oesterreichischen Donau mit Beziehung auf die internationale Schifffahrt, ref. Nr. 310) podaje inż. C. Grünhut-Bartolletti plan możliwości wykorzystania 343 km Dunaju, który ze względu na b. wysoką objętość przepływu „małej wody“, wahającej się od 800 do 1000 m<sup>3</sup>/sek, stanowi bardzo poważny zasób energii, w ilości 5 450 milionów kWh.

Stan rozbudowy zbiorników w Austrii i ich wpływ na racjonalizację wyzyskania sił wodnych (Stand

des Ausbaues der österreichischen Staubeckenanlagen und ihr Einfluss auf die Rationalisierung der österreichischen Wasserkraft, ref. Nr. 182) Inż. F. Kühnelt. Referat zawiera opis istniejących, projektowanych i nadających się do budowy zbiorników w Austrii. Przy możliwej do osiągnięcia rocznej produkcji sił wodnych w ilości 3 miliardów kWh, pożądana jest zdolność rocznego rezerwowania 400 milionów kWh w zbiornikach wody. Wówczas zakłady wodne mogłyby wyzyskać w latach suchych 75% do 80% średniej rocznej mocy. Obecnie, po wliczeniu zakładów znajdujących się w budowie, posiada Austria możliwość rezerwowania 168 milionów kWh w zbiornikach wodnych, o pojemności 174 milionów m<sup>3</sup>.

Gospodarka energetyczna i zasilanie energią m. Sztokholmu (Die Energiebeschaffung und Energiewirtschaft der Stadt Stockholm, ref. Nr. 363), R. Dahlander (Szwecja). W gospodarce elektrycznej m. Sztokholmu siły wodne odgrywają rolę dominującą. W latach 1912—1919 został zbudowany zakład wodny na rzece Dalälva o 4 turbinach po 10 000 KM i produkcji wahającej się od 140 do 240 milionów kWh. Energia elektryczna przenoszona jest do Sztokholmu przewodami o długości 133 km przy napięciu 100 000 V. Zakłady ciepłe kryją szczyty w rozmiarach 6,1 do 17,7%. W 1930 r. będzie ukończony drugi zakład na tej samej rzece, który dostarczy 180 milionów kWh energii.

Wyzyskanie sił wodnych rz. Aury przez odprowadzenie wód do Sundalfjordu (Ausnutzung der Aura-Wasserkraft durch Ueberführung nach dem Sundalfjord, ref. Nr. 388), E. Svanöe (Norwegja). Autor podaje opis projektu wyzyskania sił wodnych w dorzeczu Aury przez odprowadzenie wód kanałami roboczymi w krótszej drodze do morza. Udzielona w r. 1928 koncesja na eksploatację sił wodnych przewiduje zakład o mocy 250 000 KM oraz budowę 4 mniejszych zakładów automatycznych po 11 000 KM.

Przypływy oceanu, jako źródło energii w Argentynie (Die Gezeiten als Kraftquelle in Argentinien, ref. Nr. 391) Inż. M. E. Piaggio. Referat zawiera opis projektu wyzyskania energii przypływu oceanu Atlantyckiego na wybrzeżu argentyńskim przez zamknięcie tamą 7 km dług. wjazdu do zatoki San José (o powierzchni 780 km<sup>2</sup>).

Wahania poziomu oceanu przy przypływie i odpływie odpowiadają spadowi w granicach 0,5 do 2,25 m, zaś objętość wody roboczej mieści się — wedł. powyższego projektu — w granicach od 90 000 do 150 000 m<sup>3</sup>/sek. Projekt przewiduje ustawienie 376 turbin, które wytworzą dziennie 10 milionów kWh. Dla oddalonego o 1 100 km miasta Buenos Aires cena 1 kWh wyniesie zaledwie 2,1 grosza. Kosztorys tego zakładu wynosi ok. 840 milj. złotych.

Dalsze projekty przewidują podobne wyzyskanie energii przypływów morskich przy ujściu rzeki Deseado.

Przemysł wodno-elektryczny w Portugalji (Les Industries Hydro-Electriques au Portugal, ref. Nr. 395) I. A. Lopes Galva (Portugalja). Wyzyskanie sił wodnych w Portugalji jest naogół trudne. Składają się na to stosunkowo małe wartości opadów (śr. 880 mm) oraz pagórkowaty charakter kraju, przy jednoczesnej słabej wegetacji, co wpływa na nierównomierność odpływów. Mimo to, jest do dyspozycji ok. 2 milionów KM, z czego do tej pory wyzyskano 100 000 KM. Najlepsze stosunkowo warunki znajdują się w dorzeczu Deuro i Zezere, gdzie projektuje się budowę zapory 93 m wysokości.

Zbiorniki wodne z przepompowywaniem w Czechosłowacji (Die Pumpspeicherung in der Tschechoslowakischen Republik, ref. Nr. 411) Inż. V. Pavloušek. Niezależnie od nadmiaru węgla, w Czechosłowacji jest dążenie do wyzyskiwania sił wodnych do współpracy z zakładami cieplnymi przy stosowaniu przepompowywania do zbiorników. Energia tracona na przepompowywanie w godzinach małego obciążenia zakładów kosztuje 3 razy mniej, niż w godzinach obciążenia szczytowego. Referat zawiera wiele projektów tego rodzaju zakładów oraz opis jednego znajdującego się w budowie przy Czarnem jeziorze.

Wyzyskanie energii jez. Waikaremoana (Waikaremoana Power Development, ref. Nr. 210) F. T. M. Kissel (N. Zelandja). Referat zawiera opis wyzyskania odpływu z jeziora Waikaremoana, położonego na wysokości 642 m n. p. m., w odległości 35 km od brzegu morskiego. Wyzyskano 442 m spadów na 3 stopniach, wytwarzających razem 140 000.

Typy rurociągów tłocznych, stosowanych we Włoszech (Conduites Forcées en Italie, ref. Nr. 136). Inż. E. Bernardini. Referat zawiera historję stosowanych rurociągów we Włoszech, zaczynając od rurociągów z ołowiu i gliny w odległych czasach, aż do zastosowanych po raz pierwszy rurociągów żelaznych w 17 wieku.

Użycie sił wodnych do wytwarzania elektryczności, stosowane na szeroką skalę we Włoszech wobec braku węgla, dostarczyło dużo doświadczenia w konstrukcji rurociągów pracujących pod ciśnieniem. Autor wyróżnia 3 okresy, w których rozpowszechnione były pewnego typu rurociągi żelazne: pierwszy — o przeważnym stosowaniu rur żelaznych nitowanych, drugi — w którym używano rur spawanych, wreszcie trzeci, — kiedy zaczęto stosować rury żelazne wzmacniane obręczami. Dla każdego z tych okresów podaje autor charakterystyki własności różnego typu rurociągów. Opiera się przytem na obserwacjach statystycznych istniejących zakładów dawniejszych, jak i nowoczesnych, stosujących rury o znacznych wymiarach sięgających do 3 m średnicy i pracujących przy spadkach ponad 150 m.

Niezależnie od tych referatów została zgłoszona obszerna monografia sił wodnych Niemiec p. t. „Die Wasserkraftwirtschaft Deutschlands”

(d. n.).



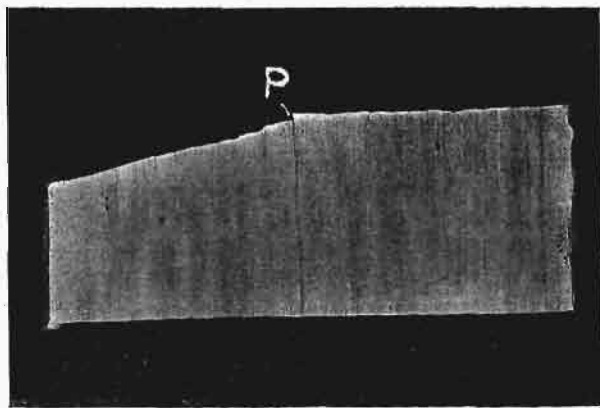
# Przyczyny łamliwości szyn kolejowych<sup>\*)</sup>.

(Z Zakładu badawczego Huty Królewskiej).

Napisał M. Kornaczewski, Inżynier-metalurg.

3. Drobne wady w stopie szyny. Przy dokładnym badaniu wyglądu złomów pękniętych szyn, stwierdziliśmy, że w większości wypadków pęknięcie szyny zaczyna się od stopy. Ogólny wygląd złomu pękniętej szyny, z początkiem pęknięcia od stopy, był już przedstawiony na rys. 1; na rys. 6 pokazane są złomy dwóch innych szyn. Charakterystyczną cechą złomu tych szyn jest mały występ, czyli karbik *K* w stopie, wysokości 5 — 7 mm, oraz kierunek linii na złomie. Jak można zauważyć na rysunkach, początek linii w stopie, w kierunku których szło pęknięcie, znajduje się przy wierzchołku karbiku *K*: stąd również idą linie do szyjki, a następnie i do główek, wskazując nam początek oraz kierunek pęknięcia. W

niektórych wypadkach część stopy posiada gładką powierzchnię złomu (rys. 1), co wskazuje na to, że ta część stopy pękła powoli (Dauerbruch). Przy dokładnych badaniach przyczyn tworzenia się karbiku *K* stwierdziliśmy, że karbik powstaje zawsze wskutek miejscowej wady w stopie (rysa, żużel i t. p.), czyli że karbik jest rzeczywiście początkiem pęknięcia szyny, a nie powstał, jakby to moż-



Rys. 7. Likwaty na dolnej powierzchni stopy szyny 1:1,5.

na było przypuszczać, wskutek prostej zmiany kierunku złomu.

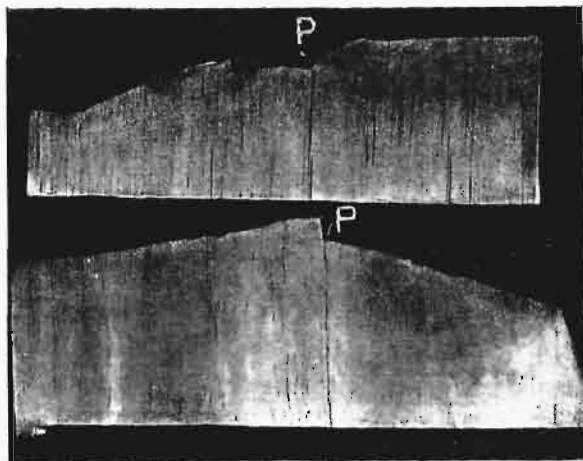
Jak wykazują nasze badania, początek pęknięcia w stopie powodują znajdujące się na dolnej

powierzchni stopy: a) pęcherze i likwaty baniek gazowych (Randblasenseigerung) oraz b) zawałcowane rysy. Stwierdziliśmy, że 41,0% szyn pękło wskutek wad w stopie, w tem 31,5% wskutek istnienia na dolnej powierzchni stopy pęcherzy i likwatów baniek gazowych, oraz 9,5% wskutek zawałcowanych rys. Oprócz tego,

znaczna ilość szyn ma początek pęknięcia w stopie, lecz nie posiada wad. Przyczyną pęknięcia jest tu nienormalne obciążenie stopy, wskutek złego przylegania do podkładki (wklęsta stopa lub podkładka).

Wykrycie likwatów baniek gazowych udaje się najlepiej przy badaniu makrostruktury szyn; mikrostruktura daje obrazy niewyraźne, tak że likwaty można łatwo prze-

oczyć. Jeżeli zeszlifujemy dolną powierzchnię stopy szyny i wytrawimy odczynnikami Heyn'a, to zobaczymy większą lub mniejszą ilość likwatów rozwałcowanych w cienie pasemka, jak to wykazują rys. 7 i 8. W środkowej części przechodzi grubsze pasemko, które, jak wskazuje charakter linii zło-

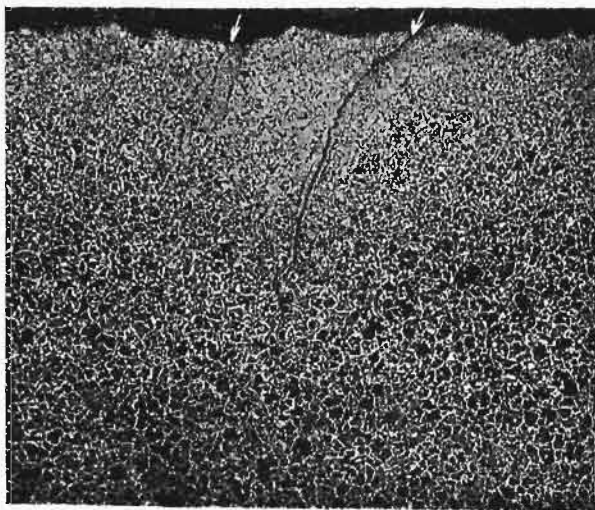


Rys. 8. Likwaty na dolnej powierzchni stopy szyny 1:1,5.

mu, dało początek pęknięcia w punkcie *P*. W tem samym miejscu znajduje się na złomie karbik *K*, co wskazuje na zależność jego od likwatu. Bardzo często, bo w 60% wypadków, powstaje w stopie podłużna rysa, idąca wzdłuż likwatu.

<sup>\*)</sup> Dokończenie do str. 870 w zesz. 45 z r. b.

No poprzecznych przekrojach stopy można zobaczyć kształt rozwalcowanych likwatów i stwierdzić ich głębokość oraz wpływ na powstawanie początkowej rysy i wyjaśnić sposób powstawania tych likwatów. Najlepsze wyniki daje i w tym wypadku badanie makroskopowe, przy zastosowaniu

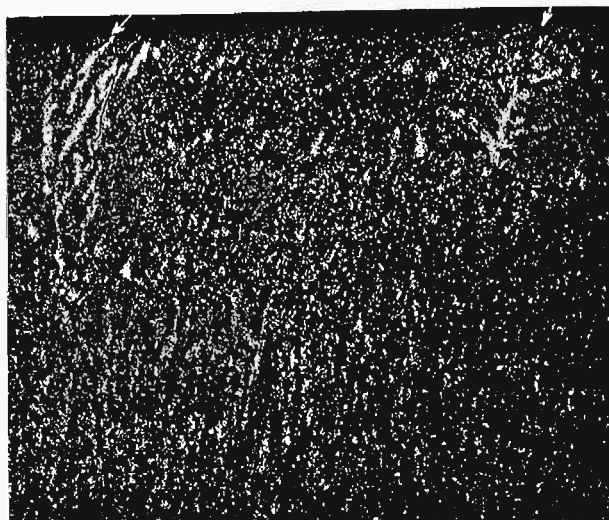


[ Rys. 9. Pęcherze i rysa w stopie szyny. Pow. 25 X.

małych powiększeń. Ze znanych i używanych odczynników najlepsze wyniki daje odczynnik Comstock'a<sup>28)</sup>, gdyż otrzymuje się wyraźnie zarówno obraz likwacji, jak i obraz budowy pierwotnej. Ogólny wygląd szyny z pęcherzami jest pokazany na rys. 5. Na rys. 9 przedstawione są likwaty z rysą w powiększeniu 25-krotnym, trawione na mikrostrukturę. Jak można zauważyć, likwaty występują niewyraźnie. Po wytrawieniu odczynnikami Comstock'a, kształt i ilość likwatów występuje wyraźnie, jak to widać na rys. 10, gdzie jest pokazana w powiększeniu 10-krotnym ta sama szyna, co na rys. 9. Odczynnik Rosenhain'a daje obrazy mniej wyraźne. Przedstawione na ostatnich rysunkach likwaty odpowiadają środkowemu pasemku na rys. 7 i 8; jak widać, likwaty te sięgają w głąb stopy na 1,5 do 5 mm. Likwaty te są kruche, wobec czego łatwo następuje pęknięcie miejsca likwacyjnego. W niektórych wypadkach likwaty pękają jeszcze przy walcowaniu, tak że szyny posiadają już gotowe rysy (rys. 10). Jak wskazuje H. J. Gough<sup>29)</sup>, szyny kolejowe wytrzymują podczas swojej służby około 0,5 miliona zmian naprężeń pod kołami parowozów oraz około 15 milionów zmian pod kołami wagonów; obciążenie szyn w większości wypadków ma charakter dynamiczny. W takich warunkach obciążenia odgrywają powstałe w stopie drobne rysy rolę karbów, wobec czego następuje stopniowe pęknięcie szyny, zwłaszcza przy zwiększonej skutecznym mrozów kruchości materiału. Najłatwiej pękają przytem kruche miejsca likwacyjne.

Na rys. 11 i 12 pokazane są w powiększeniu 5-krotnym dwie stopy szyn, posiadające likwaty

oraz budowę dendrytyczną; od likwatów idą głębokie rysy podłużne. Zauważyliśmy, że materiał w środkowej części stopy, mającej kształt trójkąta, posiada najmniejszy stopień przeróbki, tak że często występują w tym trójkącie wyraźne dendryty. Można dostrzec, że likwaty baniek gazo-



Rys. 10. Likwaty w stopie szyny. Pow. 10 X.  
(Wytraw. odczynnikami Comstock'a).

wych są położone pomiędzy długimi dendrytami (patrz rys. 10, 11 i 12); wskazuje to na sposób powstawania likwatów baniek gazowych. Jak widać z samej nazwy, likwaty są związane z bankami gazowymi, czyli pęcherzami. Przy krzepnięciu bloku w kokili, wydzielają się jednocześnie gazy rozpuszczone w płynnym metalu lub powstające wskutek reakcji:  $FeO + C = Fe + CO$ . Gazy te tworzą banki pomiędzy kryształami. Ilość i położenie pęcherzy bywa różne. Im wyższa będzie temperatura stali, tem większa ilość gazów wychodzi przy krzepnięciu i tem większe jest niebezpieczeństwo tworzenia się pęcherzy. Duże znaczenie ma także ilość tlenków i węgla w stali, gdyż od tego zależy ilość gazu reakcyjnego. Przy obniżeniu temperatury, prężność gazu w pęcherzu zmniejsza się, a ciśnienie w środku bloku (t. zn. ciśnienie ferrostacyjne) wzrasta; wskutek powyższego, do pęcherza wciska się stopniowo zanieczyszczona ciecz ze środka bloku. Przy utworzeniu długich kryształów (dendrytów), zanieczyszczona ciecz, bogata w P, S i inne domieszki, łatwo przenika do pęcherza pomiędzy dendrytami; widać to na rys. 10, 11 i 12. Tak powstają likwaty baniek gazowych. Przy walcowaniu bloku wyciągają się likwaty w pasemka, zaś pęcherze gazowe zgrzewają się, o ile ścianki ich nie są utlenione; w przeciwnym razie pęcherze rozwalcowują się w ryski.

Obecność likwatów baniek gazowych w szynach jest zjawiskiem bardzo nieprzyjemnym, gdyż wywołuje pęknięcie oraz szybkie zużywanie się szyn; trzeba więc dążyć do otrzymywania bloków bezpęcherzowych.

Według Brinell'a<sup>30)</sup>, dla otrzymania bloków bezpęcherzowych trzeba, żeby stal zawierała pewną ilość manganu, krzemu i glinu, określoną

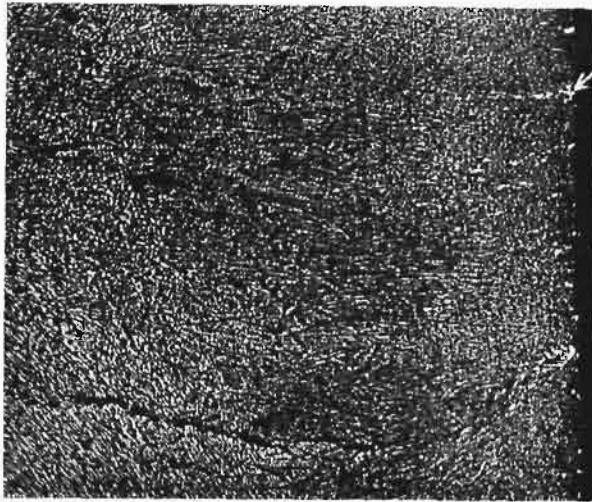
<sup>28)</sup> Bull. of Int. Railway Congres 1924, Nr. 10, str. 677.

<sup>29)</sup> The Fatigue of Metals. London, 1924 r.

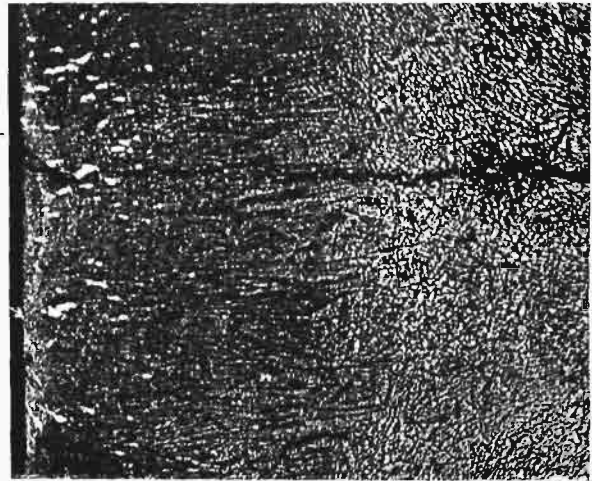
<sup>30)</sup> Iron and Steel Inst, 1902, str. 833.

wzorem:  $Mn + 5,2 Si + 90 Al = 1,66$  do 2,05. Przy niższych wartościach sumy tych domieszek, powierzchnia bloków staje się pęcherzowata. Przy badaniu bloków stali szynowej stwierdził Wickhorst<sup>31)</sup>, że skłonność do tworzenia pęcherzy wzrasta z wielkością bloków i suma wpływu do-

stopadłe do ścian kokili. Zjawisko to nazywa Czochralski transkryształacją. Całkowitą transkryształację spostrzega się tylko w małych blokach i, jak stwierdził Brearley<sup>32)</sup>, jedna i ta sama stal wykazuje w małych blokach dużą transkryształację, a w dużych blokach transkryształacja



Rys. 11. Likwaty i rysy pomiędzy dendrytami w stopie szyny. Pow. 5X.



Rys. 12. Likwaty i rysy pomiędzy dendrytami w stopie szyny. Pow. 5X.

mieszek musi być wyższą od 2,05. Pod mikroskopem można stwierdzić w likwatach wtrącenia siarczków i tlenków. K. Daeves znalazł następujący skład chemiczny likwatów: 18,4% Mn (jako tlenku), 36,8%  $SiO_2$ , 0,4% S trochę mniej niż 0,1% P, reszta — żelazo w postaci tlenków.

Utworzenie budowy dendrytycznej jest też zjawiskiem ujemnym, gdyż pomiędzy wydłużonymi kryształami zatrzymują się zanieczyszczenia i w ten sposób powstają słabe miejsca. Dendryty powstają wskutek jednostronnego szybkiego odpro-

cja nie występuje. Według Brearley'a na transkryształację mają wpływ: temperatura i szybkość odlewania, przekrój i grubość ścian kokili oraz jej temperatura. Jak widać z rys. 11 i 12, transkryształacja występuje w szynach tylko częściowo i, można dodać, dosyć rzadko. Dla zbadania wpływu transkryształacji na pękanie stopy szyny, wykonaliśmy ze środka stopy małe próbki wytrzymałościowe wzdłuż i w poprzek szyny. Wyniki otrzymane przy rozrywaniu tych próbek są zebrane w tabeli 3. Z danych tej tabeli widać, że wytrzymałość próbek

TABELA 3.

Wytrzymałość stopy szyny w kierunku podłużnym i poprzecznym (próbki  $\varnothing$  8 mm).

№ № szyn	Skład chemiczny					Próbki podłużne		Próbki poprzeczne	
	C %	P %	Mn %	Si %	S %	wytrzymałość	przewężenie	wytrzymałość	przewężenie
1	0,43	0,020	0,73	0,226	0,045	64,7 kg/mm <sup>2</sup>	44,7%	64,0 kg/mm <sup>2</sup>	13,3%
2	0,46	0,069	0,83	0,282	0,041	79,6 ..	32,3 ..	75,6 ..	10,9 ..
3	0,48	0,039	0,84	0,225	0,036	76,3 ..	39,6 ..	70,2 ..	9,6 ..
4	0,48	0,033	0,86	0,263	0,035	78,7 ..	30,6 ..	74,9 ..	11,2 ..
5	0,48	0,077	0,92	0,282	0,051	79,4 ..	39,5 ..	74,8 ..	8,7 ..
6	0,49	0,040	0,84	0,282	0,038	78,2 ..	33,0 ..	73,5 ..	7,7 ..
7	0,49	0,036	0,91	0,206	0,020	77,5 ..	30,8 ..	72,2 ..	8,6 ..
8	0,51	0,023	0,82	0,216	0,028	80,2 ..	32,1 ..	71,8 ..	7,2 ..
9	0,53	0,051	0,80	0,235	0,049	79,2 ..	33,5 ..	77,2 ..	12,3 ..
10	0,54	0,055	0,83	0,301	0,040	82,7 ..	23,7 ..	75,7 ..	7,5 ..

Wytrzymałość stopy szyny w kierunku podłużnym nie różni się od wytrzymałości główki.

wadzenia ciepła od płynnego bloku. Czochralski<sup>32)</sup> wskazuje, że długie kryształy rosną równoległe do kierunku ubywania ciepła, to znaczy pro-

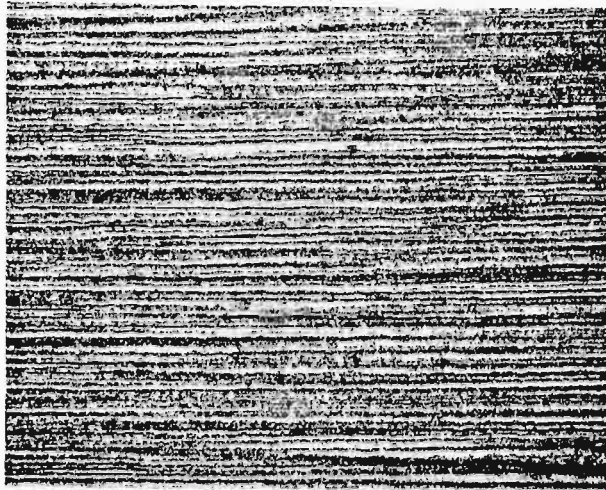
poprzecznych jest o 5—8% niższa niż wytrzymałość próbek podłużnych; jest to zjawisko całkiem normalne, a oznacza, że słabo rozwinięta rekryształacja nie osłabia wytrzymałości stopy szyny.

<sup>31)</sup> Proc. Railw. Eng., 1912, str. 655.

<sup>32)</sup> Zft. VDI, 1917, str. 348.

<sup>33)</sup> Ingots and ingot moulds. Londyn, 1918.

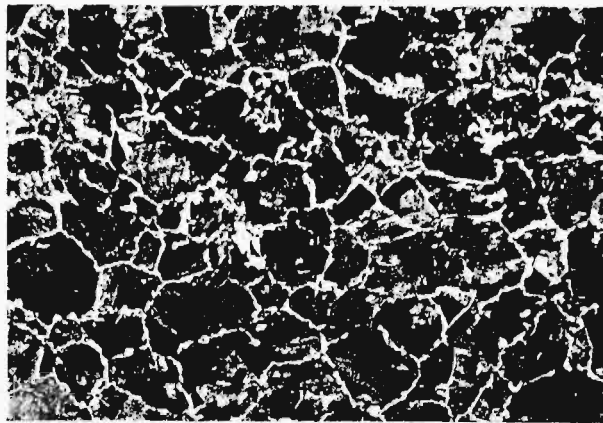
Można tylko wskazać, że w przekroju poprzecznym posiada materiał bardzo małą plastyczność (porównaj % przewężenia), a więc ma większą kruchość. Makrostruktura dendrytów w przekroju podłużnym jest pokazana na rys. 13. Rozrywanie



Rys. 13. Przekrój podłużny dendrytów stopy szyny. Pow. 10 $\times$ .

próbek poprzecznych następuje wzdłuż tych dendrytów, bez dużego odkształcenia. Warto zwrócić uwagę, że mikrostruktura dendrytów nie wykazuje żadnej niejednorodności i jest zupełnie jednakowa w obu przekrojach, jak to widać na rys. 14 i 15; zdawałoby się więc, że materiał musi posiadać w obu kierunkach jednakowe własności mechaniczne. Z powyższego możemy wnosić, jak ważne jest badanie makrostruktury. Stopa zdrowych szyn nie posiada likwatów nawet w razie budowy dendrytycznej, co widać na rys. 16. To też szyny te nie pękają w torze.

Zawalcowane w stopie rysy odgrywają w procesie pęknięcia szyn taką samą rolę, jak pęcherze. Ogólny wygląd zawalcowania jest pokazany na rys.

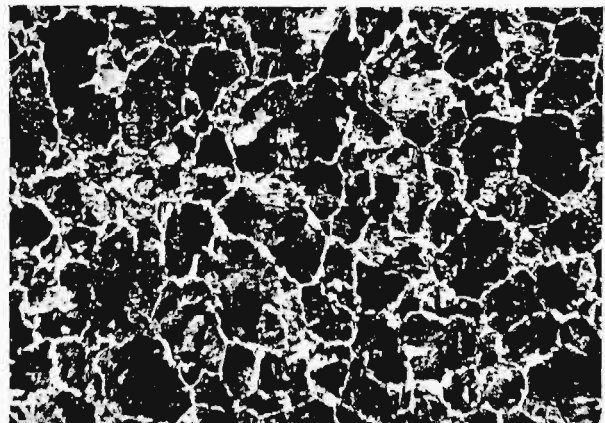


Rys. 14. Mikrostruktura stopy w przekroju poprzecznym. Pow. 100 $\times$ .

17 i 18. Na rysunkach tych widać, jak od zawalcowania powstają w stopie rysy podłużne. W niektó-

rych wypadkach (a może nawet często) rysy zawalcowane są związane z likwatami (rys. 18) tak, że naogół trudno bywa stwierdzić, z jakiego rodzaju wadą mamy do czynienia. Na podłużnym złomie stopy widać czasem, jak powstała początkowa rysa. Część takiego złomu obok poprzecznego pęknięcia jest pokazana na rys. 19. Widzimy dosyć dokładnie, że stopa posiadała zawalcowanie 1, głębokości około 1 mm; od tego zawalcowania powstała szczelina, z początku do głębokości 5 mm (strefa 2), a później do 20 mm (strefa 3). Strefa 2 posiada gładki złom, co wskazuje, że pęknięcie szło tu powoli. Zboku widać, że złom poprzeczny rozpoczął się dopiero po utworzeniu się w rysie podłużnej strefy 2, kiedy to od wierzchołka karbiku K rozpoczęło się pęknięcie we wszystkich kierunkach. Z tego widać, że szyna nie pęka raptownie od zbyt dużego obciążenia, lecz z początku tworzy się rysa, która następnie odgrywa rolę karbu i, pod działaniem zmiennych obciążeń długotrwałych, powoduje szybkie złamanie szyny. Z tego, że nie wszystkie szyny posiadające pęcherze lub zawalcowania pękają z utworzeniem rysy podłużnej w stopie, możemy wnioskować, że powstawanie rysy podłużnej jest zależne od obciążenia szyny w torze, na co wskazuje też M. R o s <sup>17</sup>). Rysa tworzy się zwykle w miejscu oparcia stopy, a nie pomiędzy oparciami (podkładami).

Zawalcowania w szynach są, jak się zdaje, zjawiskiem przypadkowym. Przy obserwacji walcowania szyn z podgrzewanych rygli, zauważyliśmy, że przy przepuszczaniu rygla przez pierwszy kaliber wstępny, na części odpowiadającej środkowi stopy szyny pozostaje gruba warstwa zendry z powodu szerokiego luzu pomiędzy walcami, możliwe jest również, że na ryglu powstają w tym miejscu zmarszczki. Przy dalszym walcowaniu, tak zendra, jak zmarszczki, mogą stać się przyczyną drobnych zawalcowania w stopie. Wobec powyższego byłoby wskazane prowadzenie walcowania tak, żeby

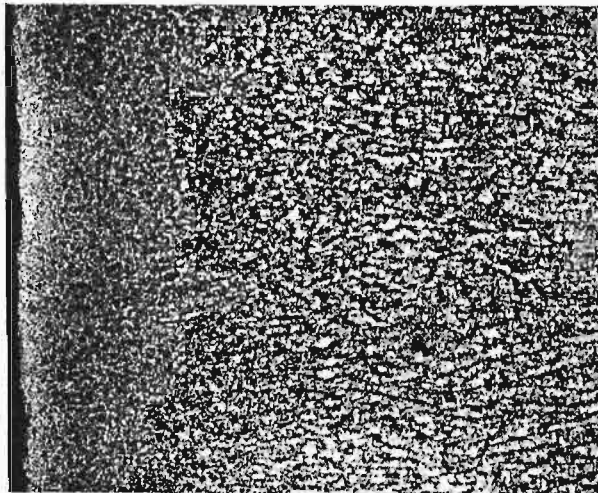


Rys. 15. Mikrostruktura stopy w przekroju podłużnym. Pow. 100 $\times$ .

<sup>14</sup>) Trans. Am. Inst. of Mining Eng., 1915, marz., str. 557—85.

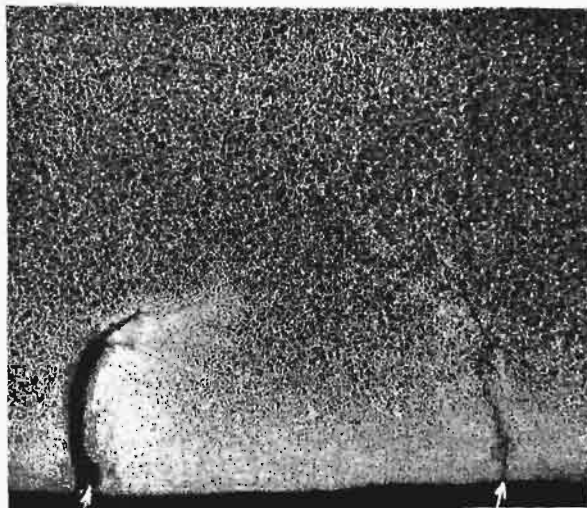
cała powierzchnia rygli straciła zendrę w pierwszych kalibrach prostokątnych. Można by zaradzić sobie również w ten sposób, że walcować szyny z małych bloków za jednym nagraniem; jednak, jak wskazuje G. C o m s t o c k <sup>18</sup>) oraz G. K.

Burgess i W. R. Shimer<sup>34)</sup>, szyny walcowane z powtórnym nagrzewaniem bloku wychodzą lepsze, wskutek zmniejszenia likwatów fosforu. Poza to małe bloczki posiadają zwiększoną transkrystalizację, która obniża wytrzymałość szyn.



Rys. 16. Makrostruktura stopy zdrowej szyny Pow. 10 X.

W warunkach normalnych, szyny posiadające pęcherze lub drobne zawalcowania wykazują całkiem dobre własności i wytrzymują wszystkie przepisane próby; to też na te drobne wady nie zwraca się żadnej uwagi i szyny uznaje się za zdrowe. Jest to całkiem słuszne dla warunków normalnych, tak że również i my uważamy pęknięte wskutek pęcherzy szyny za zdrowe, gdyż wykazały one bardzo dobre własności mechaniczne. Biorąc jednak pod uwagę, że szyny kolejowe pracują często w warunkach obniżonej ciągliwości i zwiększonej kruchości materiału, musimy zawsze zwracać uwagę



Rys. 17. Zawalcowania w stopie szyny. Pow. 10 X.

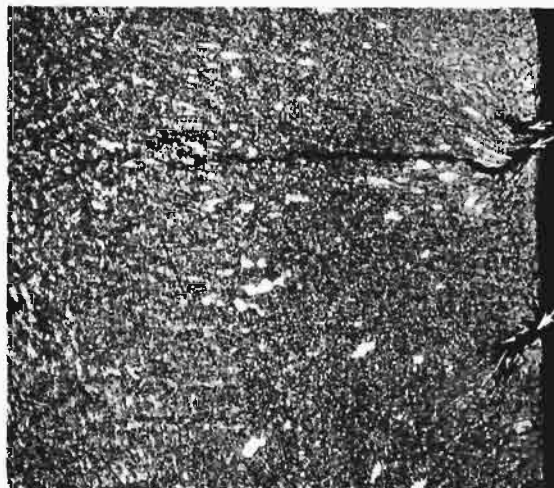
na pęcherze i dążyć do tego, żeby otrzymać szyny zupełnie bez pęcherzy i innych wad powierzchniowych, gdyż szyny pęcherzowe, będąc zdrowymi

<sup>34)</sup> Trans. Am. Inst. of Mining Engrs. 1915, marzec, str. 557—85.

dla warunków normalnych (latem), stają się wadliwymi w warunkach zwiększonej kruchości (zimą). Na tę zmienność warunków pracy szyn kolejowych nie zwraca się należytej uwagi i wobec tego nie przywiązuje się dużego znaczenia do pęcherzy i zawalcowań<sup>\*)</sup>. Skutkiem tego są pęknięte w torach szyny!

4. Wady w główce szyny. Wbrew rozpowszechnionemu zdaniu, że w główce szyn tworzą się rysy poprzeczne wskutek spłaszczania i podhartowywania się na zimno, nie mogliśmy wykryć w badanych szynach żadnej rysy w główce, chociaż mieliśmy szyny zużyte od 1 mm do 12 mm, a nawet do 15 mm. W naszych badaniach stwierdziliśmy, że tylko 2,7% szyn pękło wskutek wad w główce; były to szyny wadliwe, posiadające takie wady, jak zawalcowany żużel (rys. 20), głębsze podłużne rysy zawalcowane oraz skupienia likwacyjne przy głęboko położonych pęcherzach. Jak widać, są to przypadkowe wady materiału, nie mające nic wspólnego z mechanicznym uszkodzeniem. W każdym razie, gdyby nawet rysy poprzeczne powstawały w główce, to zjawisko to nie ma dużego znaczenia, z powodu zbyt małej liczby wypadków pęknięcia szyn od główki.

5. Nieustalone przyczyny pęknięcia szyn. W badaniach naszych zebrała się grupa szyn, wynosząca 10,5% wszystkich pękniętych szyn, dla której nie udało się stwierdzić przyczyn pęknięcia. Przy badaniu tych szyn ustalono, że są to szyny małowosforowe, nie posiadające ani likwacji, ani jamy usadowej; na małą niewyraźną jasną plamę nie zwróciliśmy uwagi, a pęcherzy nie dało się zauważyć; wobec powyższego zaliczyliśmy te szyny do zdrowych. Zresztą, szyny te rzeczywiście mogły być całkiem zdrowe i pękły wskutek naprężeń mechanicznych, powstałych w czasie ruchu, wskutek złego stanu toru; tak przynaj-



Rys. 18. Zawalcowania i rysa w stopie szyny. Pow. 10 X.

<sup>\*)</sup> O szkodliwym wpływie wad powierzchniowych na wytrzymałość wyrobów wobec zmiennych obciążeń długotrwałych pisałem już w artykule p. t. „Niewłaściwe skutki pogrubiania osi i wałów sposobem spawania”. Przegląd Techniczny, 1930 r., str. 121—7.

mniej tłumaczą zjawisko pęknięcia C. Frémont<sup>8)</sup> i inż. Zavidil<sup>9)</sup>.

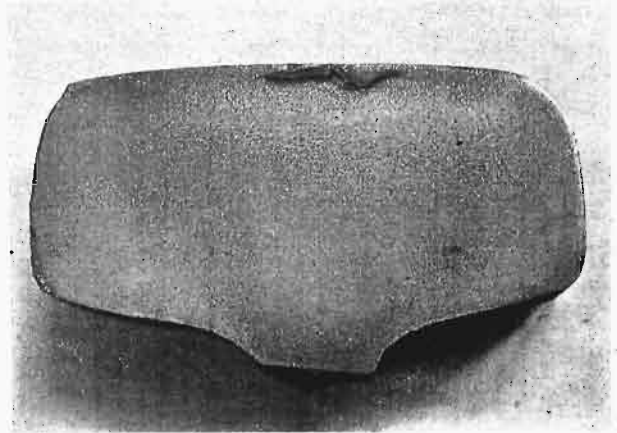
#### IV.

Podaliśmy powyżej różne przyczyny pęknięcia szyn kolejowych na kolejach polskich oraz wskazaliśmy na sposoby ulepszenia własności szyn i za-



Rys. 19. Podłużne pęknięcie stopy. Wygląd złomu.

wniosek, że około  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  pęknięć dają szyny wadliwe, wobec czego odpowiedzialność za te wypadki ponoszą dostawcy; usunięcie z szyn grubych wad jest całkiem możliwe, to też ilość pęknięć tej gru-



Rys. 20. Zawalcowany żuźel w główce szyny. Pow. 1,2 X.

bezpieczenia ich od wad, powodujących pęknięcie. Żeby przedstawić bardziej wyraźnie przyczyny pęknięcia szyn kolejowych, podajemy w tabeli 4 w ze-

TABELA 4.

Podział pękniętych szyn według przyczyn pęknięcia.

Przyczyna pęknięcia	Ilość wypadków %
Likwacja w środku szyny . . . . .	10,5
Ślady jamy usadowej . . . . .	10,0
Rysy, żuźle i t. p. w główce . . . . .	2,7
Pęcherze i zawalcowania w stopie . . . . .	41,0
Szyny fosforowe bez wad . . . . .	25,3
Szyny małowosforowe bez wad . . . . .	10,5
	100,0%

stawieniu podział pękniętych szyn według przyczyn pęknięcia. Z zestawienia tego widać, że wskutek grubszych wad (jama usadowa, likwacja, żuźle) pękło ogółem 23% szyn; bez żadnych wad pękło 36% szyn, w tem 25% szyn ze zwiększoną nieco zawartością fosforu (jednak w dopuszczalnych granicach) i około 11% szyn małowosforowych; reszta szyn (około 41%) pękła wskutek całkiem nieznaczących wad (drobne pęcherze i zawalcowania). Dla potwierdzenia tych wyników byłoby bardzo pożądane, żeby zostały ogłoszone wyniki badań innych badaczy, gdyż tylko przy dużej ilości zbadanych wypadków można będzie zrobić ostateczną wnioskę co do przyczyn pęknięcia szyn i poczynić pewne kroki celem zmniejszenia ilości pęknięć. Z wyników naszej badań możemy wyciągnąć

py szyn da się łatwo zmniejszyć. Za 36% pęknięć odpowiedzialność spada całkowicie na koleje; niewątpliwie istnieją w torach jakieś niedokładności, wskutek których następuje przeciążenie, a następnie i pęknięcie szyn; dowodem tego jest 11% pęknięć całkiem zdrowych szyn oraz 25% szyn też zdrowych, lecz zawierających trochę więcej fosforu, których przyczynę pęknięcia można wytłumaczyć tylko przeciążeniem w torze i zmęczeniem. Przy istnieniu w torach przeciążenia, najłatwiej następują pęknięcia szyn w obecności drobnych wad, działających jako karby; to też szyn z drobnymi wadami pękło najwięcej, bo aż 41%. Kto odpowiada za te pęknięcia, — trudno powiedzieć; gdyby nie było przeciążenia szyn, to pęknięcie nie nastąpiłoby wcale, lub nastąpiłoby nie tak prędko; więc zdaje się obciążać kolej; chociaż — biorąc sprawę z punktu widzenia wytrzymałości wobec długotrwałych obciążeń zmiennych — musimy powiedzieć, że szyny z drobnymi wadami posiadają obniżoną wytrzymałość i za to odpowiadają dostawcy. Usunięcie z szyn drobnych wad jest rzeczą bardzo trudną, to też należy raczej zwrócić uwagę na usunięcie z torów nienormalnych obciążeń, gdyż jest to łatwiejsze, wystarczy bowiem trzymać tory w normalnym stanie i uważać na dobre przyleganie szyny do podkładki.

Kończąc ten artykuł, wyrażam nadzieję, że przeprowadzone badania przyczynią się do zrozumienia ważności odpowiedniego wykonania szyn kolejowych oraz ich normalnego obciążenia w torze i będą pożyteczne zarówno dla hutników, jak i dla kolejarzy. Największym jednak zadowoleniem będzie dla mnie, gdy badania te przyczynią się choć w małej mierze do zmniejszenia ilości wypadków pęknięcia szyn na kolejach.

# PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

## DŹWIGNICE.

### Suwnica ze stopu aluminiowego.

Nowe zastosowanie aluminium, mian. do budowy suwnic, wprowadziła wytwórnia Alliance Co. w stanie Ohio. Zbudowała ona suwnicę 3-silnikową o nośności 10 t, wysokości podnoszenia 6,7 m i rozpiętości 22 m. Dźwigary, wózka, most, pomieszczenie dla maszynisty i poręcze wykonane są ze stopu aluminiowego. Wózek wykonany jest z jednego odlewu stalowego. Budowa suwnicy nie spowodowała żadnych trudności. Do łączenia części aluminiowych użyto nitów stalowych, ustawionych zapomocą niciarki pneumatycznej; przytem musiano zważać, by temperatura nitów nie była za wysoka, ażeby nie następowało odpuszczanie aluminium.

Ta sama firma wykonała dla porównania takąż suwnicę z tworzyw zwykłych. Przytem okazało się, że, przy momencie bezwładności względem osi poziomej suwnicy aluminiowej o 21% większym niż suwnicy stalowej, ciężary wypadły następujące: suwnica aluminiowa waży 30 416,5 kg, zaś suwnica stalowa — 41 315 kg, zaoszczędzono więc 11 tonn ciężaru i odp. do tego rozcłód energii. Ugięcie pod obciążeniem próbnym wykazała suwnica aluminiowa 1,8 razy większe niż stalowa (w środku). Przy przeciążeniu o 70% (15,6 t), wykazała suwnica aluminiowa ugięcie 27,68 mm, bez odkształceń trwałych. (Iron Age t. 125 (1930), str. 1689).

## KOLEJNICTWO.

### Pociągi towarowe o wadze 17 000 tonn.

Kolej Great Northern podwyższyła ciężar pociągów, wożących rudę z okręgu Mesabi do portu przeładunkowego na jeziorze Górnem, odległego o 170 km, do 13 578 t, wówczas gdy w r. 1920 ciężar tych pociągów sięgał (zaledwie!) 7255 t. Najcięższy pociąg ważył ostatnio nawet 16 953 t. Pociągi te składają się obecnie średnio ze 169 wagonów, czyli 676 osi, wobec 110 wagonów w r. 1920. Zdarzają się jednak składy aż do 178 wagonów. Stosunek ciężaru użytecznego do ciężaru brutto pociągu wynosi przytem ok. 80% (dawniej 74%).

Do przewozu pociągów służą parowozy ustr. Mallet'a o ciężarze roboczym 205 t (bez tendra) i wagony na 68 t rudy, o pojemności 38 m<sup>3</sup>. Ciężar netto wagonu wynosi tylko 18,7 t. Lżejsze wagony, 45-tonnowe, są wycofane z obiegu. Szczególnie znaczenie przywiązuje się do tego, by pociągi te zatrzymywały się na danym odcinku tylko raz jeden, przytem prawie 80 km linii jednotorowej pracuje bez obsługi stacyjnej i telegraficznej; szlak jest prawie prostoliniowy i ruch na nim odbywa się tylko w jednym kierunku, gdyż do ruchu powrotnego służy szlak objazdowy.

Poprzednio wożono w pociągu, poza tendrem, jeszcze specjalny wagon z wodą, z którego przepompowywano w ruchu wodę do tendra, gdyż wydawało się korzystniejszym wozić taki wagon, niż wprowadzać postoje do brania wody. Obecnie zaś wyposażono parowozy w tendry 6-osiove o pojemności 81,5 t wody i 24 t węgla. Ciężar tendra z ładunkiem wynosi 166 t.

Codzień przejeżdża szlak w każdą stronę 10 pociągów, ruch ten trwa atoli tylko 7 miesięcy w roku, gdyż w zimie ustaje żegluga na jeziorze. W r. 1929 przewieziono w ten sposób 17 645 000 t. (Railway Gaz. t. 89 (1930), str. 607. VDI 1930, zesz. 44, str. 1522).

## KUŹNICTWO.

### Kucie duraluminu w formach.

Kując duralumin ogrzany do 420° w ten sposób, jak kuje się stal, napotyka się na trudności w postaci tworzenia się rys i zagięć. Równocześnie daje się zauważyć słabszy skutek uderzeń młota. Kucie w tłoczydło wymaga zwrócenia uwagi na:

1. tłoczydła (formy, matryce),
2. wysokość spadania i ciężar spadający (baby),
3. kształt sztuki przed kuciem w tłoczydło,
4. temperaturę, przy której zaczyna się kucie.

Do kucia przedmiotów o prostym kształcie używa się tłoczydeł ze stali o 3% Ni i 0,5 — 0,8% Cr, zaś do skomplikowanych — stali o 5% Ni i 1,5% Cr. Należy dawać duże zaokrąglenia brzegów i zmian przekroju. Matryce muszą być gładkie i nie wolno ich obficie smarować. Ciężar młota w granicach 500—1500 kg powinien być o 30% wyższy niż do kucia analogicznych wyrobów ze stali, przy ciężarze uderzającym 5—8 t — o 40%, przy większym — o 60%. Wysokość spadania powinna być niewielką. Uderzenia młota przy kuciu stali, należy z wolnej ręki odkuć kształt jaknajbliższy ostatecznego i w tłoczydło nadać tylko żądany kształt i dokładne wymiary. O ile w przygotowaniu ujawnią się rysy lub zakładki, należy sztukę wadliwą odrzucić, przed kuciem w tłoczydło. Na tłoczydło powinien dostawać się przedmiot nagrany do 380°—430°. Rodzaj pieca nie jest zbyt ważny. Piec elektryczny, gazowy, czy ropowy nadaje się w równym stopniu do podgrzewania. Podgrzewanie duraluminu w piecu do 500° nie powoduje wad, o ile nie kuje się go w temperaturze powyżej 440°. Przewodność ciepła duraluminu pozwala na ogrzanie równomierne przedmiotu aż do głębi w krótkim stosunkowo czasie. Co się tyczy obliczeń, należy je przeprowadzać według spódczynnika sprężystości, który jest cechą najbardziej miarodajną. Formułami dla stali, uwzględniającymi wytrzymałość, kierować się nie należy. (M. Charton. Revue d'Aluminium 1929, str. 950/54).

2 K-d.

## METALOZNAWSTWO.

### Wpływ fosforu na miedź.

W ostatnim tomie Journal of the Inst. of Metals ukazała się szósta część prac o wpływie zanieczyszczeń na miedź. Liczba zbadanych pierwiastków: tlen, żelazo, arsen, arsen i tlen jednocześnie, bizmut, została uzupełniona fosforem.

Systematyczne badania nad wpływem fosforu na miedź zapoczątkował Guillet w r. 1905, następnie zajmowało się tą sprawą wielu badaczy; z nich Heyn i Bauer ustalili granicę rozpuszczalności P w Cu na 0,175% P i eutektykę przy 8,27% P i temp. 707° C; Münter ustalił, że wzrost zawartości fosforu powoduje wzrost wytrzymałości i twardości, z jednoczesnym obniżeniem się wydłużenia, gęstości i przewodności elektrycznej.

Wyniki badań autorów są następujące: fosfor w małych ilościach sprzyja otrzymaniu lepszych odlewów miedzianych, gdyż redukuje tlenki miedzi; jednak można skonstatować obecność w miedzi jednocześnie fosforu i tlenu. Przy wyknaniu odlewów ze stopów miedzi z fosforem tworzy się

jama usadowa, lecz w celu jej usunięcia wystarczy jedynie dolanie płynnego metalu, nie zaś dawanie nadstawek, wzgl. nadlewów. Przy zawartości P 0,04% i więcej, gęstość odlewów zbliża się do gęstości wyrobów walcowanych. Zaś przy 0,49% P otrzymuje się bloki mniej zdrowe. Przy zbyt małej ilości P odlewy mają skłonność do porowatości; gęstość maleje ze wzrostem zawartości fosforu. Twardość natomiast rośnie.

Mikrobudowa stopów odlanych wykazuje obecność nierozpuszczonych fosforków miedzi. Po walcowaniu na gorąco, stopy o zawartości P do 0,254% były jednorodne; zaś przy P = 0,49—0,95% dało się stwierdzić tylko nieznaczna ilość nierozpuszczonych fosforków, zmniejszającą się przy wyżarzaniu. Miedź daje się walcować na gorąco przy zawartości P do 0,95—1,2%, na zimno zaś do 0,79—0,95% P. Podobnie jak i przy odlewach, gęstość wyrobów walcowanych ze wzrostem ilości P maleje. Fosfor podnosi wytrzymałość w temp. zwykłej i 250° C w wyższym stopniu aniżeli tlen, żelazo i arsen, nie obniżając wydłużenia, jak to widać z poniższego zestawienia (tabl. I).

T A B E L A I  
Własności wytrzymałościowe miedzi.

O%	P%	Walcowana na gorąco			Wyżarzona i ostudzona na powietrzu						Walcowana na zimno		
		R	A	C	R	A	C	R	A	C	R	A	C
		kg/mm <sup>2</sup>	%	%	kg/mm <sup>2</sup>	%	%	kg/mm <sup>2</sup>	%	%	kg/mm <sup>2</sup>	%	%
					+ 15°			+ 25°					
0,019	0,014	35,0	20,8	76,6	23,8	32	75,1	17,7	40	59,5	34,5	14,4	68,9
0,0	0,148	38,5	20,0	90,8	24,22	61,6	85,8	17,2	56,8	90,0	40,0	19,2	75,9
0,002	0,79	51,3	20,0	80,0	26,89	64	80	20,5	54	80,0	54,6	18,2	52

Małe ilości fosforu powodują podniesienie się granicy zmęczenia. Fosfor powoduje zmniejszenie przewodności elektrycznej miedzi walcowanej na zimno (z 98% przy 0,014, do 14,4% przy 0,79% P).

Temperatura podatności (zmiękczenia) materiału podnosi się ze wzrostem zawartości fosforu.

Rozpuszczalność fosforu w miedzi wzrasta ze wzrostem temp. z około 0,5% przy 282 °C do 1% przy 682 °C. Z obniżeniem temp. od 282 °C do temp. pokojowej, ilość fosforu, znajdująca się w roztworze stałym, zmniejsza się, lecz jest w każdym razie większa od ilości podawanej przez poprzednich badaczy.

Ze względu na zmianę rozpuszczalności P w Cu, można było przewidzieć zjawisko starzenia się stopów o zawartości P ponad 0,5%. Starzenie się w słabym stopniu dało się zauważyć w stopach o 0,69-0,95% P, hartowanych przy 690 °C, następnie wyżarzanych w ciągu 9 dni w temp. 400-450 °C. Twardość podniosła się z 43 na 53 kg/mm<sup>2</sup>. Wpływu starzenia się na wytrzymałość na rozciąganie stwierdzić się nie dało. (Journ. Inst. Met., t. XLIII, str. 41/72).

E. P.

## SILNIKI SPALINOWE.

### Samochodowy silnik Diesela.

Miasto Leeds uruchomiło niedawno autobus o dwóch kondygnacjach, na 48 osób, o napędzie silnikiem Diesela wytwórni Gardner & Sons, Patricroft. Silnik jest 4-suwowy o wtrysku bezpowietrznym, ma 6 cylindrów o średnicy 114 mm

i skoku 152 mm i rozwija moc 75 KM przy 1300 obr./min. Interesujący ten silnik odznacza się jeszcze tem, że uruchamia się go ręcznie na zimno; mianowicie przestawia się małą dźwignią na jednym z cylindrów, która utrzymuje zawory wlotowe w położeniu otwartym, i obraca się koło rozpędowe. Gdy koło nabierze dość dużej szybkości, przestawia się nową dźwignią, która powoduje ponadnormalne sprężanie w pierwszych dwóch cylindrach i dzięki temu następują pierwsze zapłony. (The Commercial Motor, 23 września 1930, VDI 1930, zesz. 44, str. 1522).

## TWORZYWA ZASTĘPCZE.

### Sztuczne drzewo z odpadków młewa.

Pracownicy Jowa State College, pp. Sweeny i Winfrey podają w Mech. Engg. (wrzesień 1930 r., str. 849) wyniki swych badań sztucznego drzewa z odpadków zboża, kukurydzy i t. d. Według znanej metody, wytwarzanie tego tworzy-

wa wykonywa się w ten sposób, że odpadki zbóż gotuje się w sodzie żrącej lub t. p. chemicznych na masę galaretowatą, wypłukuje się, rozdrabnia, odpowietrza, suszy w niskiej temperaturze i sprasowuje na mniej lub więcej twardą masę. Takie sztuczne drzewo może osiągnąć nawet własności wytrzymałościowe drzewa teakowego. Przy badaniu takiego tworzywa z odpadków słomy kukurydzowej, ustalili autorzy nast. własności wytrzymałościowe:

wytrzymałość na ściskanie . . . . .	845 do 1220 kg/cm <sup>2</sup>
" " rozciąganie . . . . .	1125 " 2675 "
granica plastyczności . . . . .	350 " 700 "
wytrzymałość na ścinanie . . . . .	545 "
twardość wedł. Brinella . . . . .	15,2 " 28,9 "
ciężar właściwy . . . . .	1,3 " 1,5 "
wytrzymałość elektryczna na przebicie przy grubości 0,025 mm. . . . .	125 " 200 V .
nasąkliwość (wody) w 24 h, w stos. do ciężaru pierwotnego . . . . .	22 " 42% .

O ile chodzi o zastosowanie takiego drzewa sztucznego, to szczególnie opłaca się ono przy użyciu na ramy okienne i drzwiowe, skrzynie i t. p. przedmioty wydrążone, które mogą być wytwarzane z jednego kawałka w drodze prasowania. Wobec swej wielkiej gęstości, nadaje się drzewo sztuczne na płyty rezonansowe w fortepianach i in. instrumentach muzycznych, a także na podłogi, okładziny ścian i izolacje cieplne i dźwiękowe. Ponieważ zaś daje się ono łatwo obrabiać, przeto może zastąpić z powodzeniem drzewo naturalne w większości wyrobów stolarskich.