

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

Zależność własności fizycznych metali od siły kohezji, nap. Inż. A. Krupkowski.  
 Ogólne równanie pięciu momentów, nap. L. Karasiński, Profesor Politechniki Warszawskiej.  
 Budowa kolei Czersk-Kościierzyna, jako fragmentu magistrali węglowej Zagłębie-Bałtyk, nap. Inż. E. Chwaściński.  
 Uwagi o regulacji rzeki Wisły, nap. Inż. A. Legun-Bliński.  
 Przegląd pism technicznych.  
 Kronika.

## SOMMAIRE:

Relations entre les propriétés physiques des corps-solides et la force de cohesion (à suivre), par M. A. Krupkowski, Ingénieur.  
 L'équation générale des cinq moments, par M. L. Karasiński, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.  
 Construction de chemin de fer Czersk—Kościierzyna (section de la ligne magistrale Silesie—Mer Baltique), par M. E. Chwaściński, Ingénieur.  
 Sur les travaux de l'aménagement de la Vistule, par M. A. Legun-Bliński, Ingénieur.  
 Revue documentaire.  
 Informations diverses.

## Zależność własności fizycznych metali od siły kohezji.<sup>1)</sup>

Napisal Inż. met. A. Krupkowski, Adjunkt Politechniki Warszawskiej.

W bieżącym stuleciu dokonano szeregu wysiłków, mających na celu rozwiązanie zagadki ciała stałego drogą znalezienia równania, któreby związało poszczególne własności fizyczne. I. Traube<sup>1)</sup> próbuje stosować do ciał stałych i ciekłych wzór Van der Waalsa, używany wyłącznie dla gazów:

$$(v-b)\left(p_z + \frac{a}{v^2}\right) = RT, \quad \dots \quad (1)$$

gdzie

- $v$  — jest objętością atomową danego ciała,
- $b$  — objętością atomów przy całkowitem ich zetknięciu,
- $p_z$  — ciśnieniem zewnętrznym,
- $a$  — stałą kohezji,
- $\frac{a}{v^2}$  — siłą kohezji (wzajemnego przyciągania atomów),
- $R$  — stałą gazową,
- $T$  — temperaturą bezwzględną.

Obliczone przez powyższego autora ciśnienie wewnętrzne metali znajduje się w ścisłej zależności od twardości i modułu elastyczności.

G. Mie<sup>2)</sup>, opierając się na zasadach ekwipartycji, uzyskuje zależność pomiędzy objętością atomową ( $v_F$ ), współczynnikiem rozszerzalności ( $\alpha$ ) i modułem ściśliwości ( $\gamma$ ), mianowicie dla jednoatomowego ciała bezpostaciowego (amorfego) autor wyprowadza:

$$v_F \cdot \alpha \cdot \gamma = \text{const.} \quad \dots \quad (2)$$

<sup>1)</sup> Temat niniejszej pracy pozostaje w związku z odczytem wygłoszonym przez autora w Warszawskim Towarzystwie Politechnicznym dn. 9. X. 26 p. t. „Własności fizyczne pierwiastków w świetle kinetycznej teorii ciepła“.

<sup>2)</sup> I. Traube, „Die Volumtheorie“ Jahrb. d. Radioakt. u. Elektr. 3, str. 168. 1906.

<sup>3)</sup> G. Mie, „Zur kinetischen Theorie der einatomigen Körper“, Ann. d. Phys. 11, str. 657. 1903.

Teoria Mie'go, po wprowadzeniu dodatkowych założeń, była dalej rozwijana przez Grüneisen<sup>3)</sup>, który wprowadza pojęcia energii potencjalnej wyrażonej wzorem

$$-\frac{a}{v^x} + \frac{b}{v^y},$$

przyczem  $\frac{a}{v^x}$  jest siłą przyciągającą,  $\frac{b}{v^y}$  zaś — siłą odpychającą. Wymieniony autor przyjmuje, zgodnie z teorią kwantów, że zawartość ciepła ciała stałego ( $E$ )

$$E = \frac{3}{2} R \left[ \frac{\beta v}{e^{\frac{\beta v}{T}} - 1} + \frac{\beta v^2}{e^{\frac{\beta v^2}{T}} - 1} \right] \quad \dots \quad (3),$$

przyczem  $\beta$  oznacza stałą uniwersalną,  $v$  — liczbę drgań na sekundę. W wyniku tych rozumowań, Grüneisen ustala zależność:

$$\frac{v_0}{\gamma_0 T_s} = 9,2 \cdot 10^9 \frac{\text{erg}}{\text{sek}}; \quad \dots \quad (4)$$

przez  $\gamma_0$  — określa on współczynnik ściśliwości, przez  $v_0$  — objętość atomową, a przez  $T_s$  — temperaturę topienia.

Th. Richards<sup>4)</sup> wyraża równanie stanu stałego wzorem

$$(p + P)(v - B_i) = k_1 + cT \quad \dots \quad (5),$$

gdzie  $B_i$  — stała objętości,  $P$  — stała zależna od wewnętrznego ciśnienia,  $k_1$  — stała. Współczynnik  $c = P\alpha_0$ , przyczem  $\alpha_0$  — rozszerzalność objętościowa przy zerze absolutnym. Wzór (5) miał wyrażać ściśliwość metali, oznaczoną dokładnie w ostatnich czasach przez Bridgmana.<sup>5)</sup>

<sup>3)</sup> Grüneisen, Theorie des festen Zustandes einatomiger Elemente. Ann. d. Phys. 39, str. 257. 1912.

<sup>4)</sup> Th. Richards, „The internal pressures of solids“ The Journal of the Amer. Chem. Soc. XLVI, str. 1419. 1924.

<sup>5)</sup> P. W. Bridgman, Proc. Nat. Acad. of Amer., 1922, str. 361—365, 1923, str. 163—242.

Na podstawie wzoru (5) i dodatkowych założeń, Richards podaje następujące równanie na ciśnienie wewnętrzne ( $\pi$ ):

$$\pi = \frac{R}{v_A \cdot \alpha}, \dots \dots \dots (6)$$

gdzie  $\alpha$  — wyraża rozrzeczalność objętościową,  $v_A$  — objętość atomową,  $R$  — stałą gazową.

Ostatnio rozpowszechnione liczne teorie elektrycznej budowy materii operują bądź elektronami, bądź jonami. F. Haber<sup>6)</sup> wysnuwa pewne wnioski z rozpatrywania elektronowej siatki przestrzennej, w którą są włączone atomy. Madelung<sup>7)</sup> wykazał na modelu elektromagnetycznym, że występujące siły są w pewnym stopniu analogiczne do sił atomowych.

Najbardziej interesującą i oryginalną ze względu na koncepcję jest teoria Borna<sup>8)</sup> (zwana również teorią Born-Brody).

Born rozpatruje własności ciał heteropolarnych (różnobiegunowych); zakłada on, że w węzłach siatki krystalicznej umieszczone są różnoimienne jony, między którymi działa siła Coulomba i siła przeszkadzająca zderzeniom, proporcjonalna do 9-ej potęgi odległości (autor opiera się tu na modelu atomowym Langmuira<sup>9)</sup>).

Przyjmując, że haloidki posiadają siatkę romboedryczną, Born uzyskuje wzór na ściśliwość (%)

$$\chi = 4,38 \cdot 10^{-4} \left( \frac{\mu_1 + \mu_2}{\rho} \right)^{4/3}, \dots \dots (7)$$

gdzie  $\mu_1$  — waga atomowa metalu,

$\mu_2$  — „ „ „ metaloidu,

$\rho$  — ciężar właściwy.

Jednak zastosowanie tej teorii do ciał homopolarnych (równobiegunowych) natrafia na poważne trudności.

Żadna jednak z istniejących teorii nie potrafiła do dnia dzisiejszego powiązać w sposób ogólny fizycznych własności ciał stałych i cieczy.

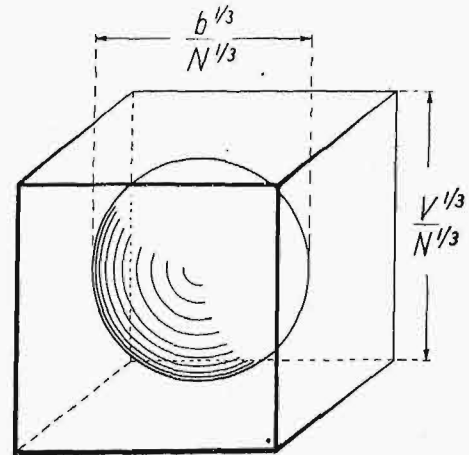
Punktem wyjścia niniejszej pracy jest wyprowadzenie równania, obejmującego fizyczne własności ciał jednoatomowych w stanie ciekłym lub stałym. Celem rozwiązania tego zagadnienia, oparłem się na rzuconej przez Van der Waalsa koncepcji przyciągania atomów, której znaczenie wcale się nie zmniejszyło, mimo powstania nowych teorii.

### Równanie stanu stałego pierwiastków jednoatomowych.

Zasadnicza różnica pomiędzy ciałami lotnymi i stałymi polega na tem, że w gazach mamy do czynienia z cząstkami wolnymi, natomiast w ciałach stałych są one związane, niejako przykute do jednego miejsca.

Weźmy jako przykład skrajny wypadek, gdy każdy atom wykonywa ruch w ściśle ograniczonej przestrzeni (komórce), do której nie docierają sąsie-

dnie atomy i spotkanie z innymi atomami następuje tylko na granicach elementarnego sześciangu (rys. 1). Będziemy uważali, że dany atom jest całkowicie odosobniony. Obliczmy teraz ciśnienie wywierane przez dany atom na płaszczyznę elementarnego



Rys. 1.

sześciangu. Oznaczmy objętość 1 gramatomu przez  $v$ , ilość atomów w 1 gramatomie przez  $N$ , wtedy krawędź sześciangu

$$l = \frac{v^{1/3}}{N^{1/3}}$$

Uważamy, że objętość samych atomów przy ich całkowitem zetknięciu wynosi  $b$ , średnica więc 1 atomu

$$d = \frac{b^{1/3}}{N^{1/3}}.$$

Ciśnienie wywierane przy ruchu postępowym na ściankę elementarnego sześciangu da się obliczyć z klasycznego wzoru kinetycznej teorii ciepła. Ciśnienie

$$p = \frac{1}{3} \frac{\text{Ilość ruchu} \times \text{Ilość uderzeń na sek.}}{\text{Powierzchnia 1 ścianki sześciangu elem.}}$$

Ilość ruchu =  $2 m s$ ,  $m$  = masa atomu,  $s$  — szybkość atomu w  $cm/sek$

$$\text{Ilość uderzeń na sek} = \frac{s}{2 \left[ \frac{v^{1/3}}{N^{1/3}} - \frac{b^{1/3}}{N^{1/3}} \right]}$$

$$\text{Powierzchnia 1 ścianki elem. sześciangu} = \frac{v^{1/3}}{N^{1/3}}.$$

$$\text{Stąd } p = \frac{1}{3} \frac{2 m s^2}{2 \left[ \frac{v^{1/3}}{N^{1/3}} - \frac{b^{1/3}}{N^{1/3}} \right] \frac{v^{1/3}}{N^{1/3}}}$$

Po redukcji

$$p = \frac{1}{3} \frac{m s^2 N}{(v^{1/3} - b^{1/3}) v^{2/3}}$$

$m N = M$  (gramatom), stąd

$$p(v - v^{2/3} b^{1/3}) = \frac{2}{3} \frac{M s^2}{2} \dots \dots (8)$$

Zgodnie z kinetyczną teorią gazów,  $\frac{2}{3} \frac{M s^2}{2} = RT$ , przyczem  $T$  oznacza temperaturę bezwzględną,  $R$  — stałą gazową.

Ostatecznie więc

$$p(v - v^{2/3} b^{1/3}) = RT \dots \dots (9)$$

Rozpatrywany skrajny wypadek idealnego odosobnienia jest nierealny. Ażeby wzór powyższy

<sup>6)</sup> F. Haber, Ver. d. Deutsch. Phys. Ges. 13, str. 1117. 1911.

<sup>7)</sup> Madelung Phys. Zft. 13 str. 489. 1912.

<sup>8)</sup> M. Born: „Über die elektrische Natur der Kohäsionskräfte fester Körper“ Ann. d. Phys. 61, str. 27. 1920. „Zur Thermodynamik der Kristallgitter“ Zft. f. Phys. 7, str. 217. 1923. „Der Aufbau der Materie“, Berlin, 1922.

<sup>9)</sup> Czytelnik znajdzie interesujące szczegóły dotyczące budowy atomów w książce: „Nieciegłość i jedność materii“, A. L e p a p e. Warszawa, 1922.

wyrażał równanie stanu stałego w sposób ogólny, możemy wprowadzić spólczynnik odosobnienia  $f$ .

Wzór (9) przybierze wówczas postać

$$p(v - v^f b^{1-f}) = RT, \dots (10),$$

przytem  $f$  może się zmieniać w granicach  $\frac{2}{3} \geq f \geq 0$ .

O ile chcielibyśmy zastosować wzór ten do ciał stałych i cieczy, możemy przyjąć zgodnie z Van der Waalsem, że ciśnienie wewnętrzne  $p$  zrównoważone jest przez przeciętną siłę przyciągania międzycząstkowego (t. zw. siłę kohezyjną), wyrażoną wzorem  $\frac{a}{v^2}$ , oraz przez ciśnienie zewnętrzne  $p_z$ . A więc

$$\left[ p_z + \frac{a}{v^2} \right] (v - v^f b^{1-f}) = RT, \dots (11)$$

przytem  $a$  — jest stałą,  $v$  — objętością atomową.

Łatwo zauważyć, że wzór nasz jest tylko modyfikacją wzoru Van der Waalsa, uwzględniającą stopień odosobnienia atomów w ciałach stałych i cieczach. Stosując ten wzór do gazów, należy przyjąć, że spólczynnik  $f = 0$ , gdyż żaden z atomów nie posiada własnej przestrzeni, do którejby nie wkraczały inne atomy. Atomy w tym wypadku są całkowicie wolne. Wzór (11) więc przyjmie postać:

$$\left( p_z + \frac{a}{v^2} \right) (v - v^0 b^{1-0}) = RT,$$

$$\left( p_z + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT,$$

t. j. otrzymaliśmy klasyczny wzór Van der Waalsa.

Mając wzór ogólny, wyrażający równanie stanu stałego i ciekłego, możemy drogą przekształceń uzyskać szereg wzorów pochodnych, wiążących własności ciał jednoatomowych.

### Praca rozszerzania przy ogrzewaniu.

Rozpatrując wzór (11), możemy uważać, że ciśnienie zewnętrzne jest znikomo małe w stosunku do ciśnienia wewnętrznego, w takim razie wymienione równanie przyjmie postać:

$$\frac{a}{v^2} (v - v^f b^{1-f}) = RT \dots (12)$$

Po zróżniczkowaniu tego wzoru, rozłożeniu w szereg i odrzuceniu wyższych potęg skończenie małej wielkości  $(v - b)$ , uzyskamy:

$$\frac{a}{v^2} \cdot \frac{dv}{dT} (1-f) \left\{ 1 + (v-b) \left[ (f-2)v^{-1} - \frac{df}{dv(1-f)} \right] \right\} = R.$$

Oznaczmy  $\frac{a}{v^2}$  przez  $p_w$  (ciśnienie wewnętrzne równoznaczne co do wielkości z siłą kohezyjną), zaś

$$\frac{dv}{dT} = v\gamma,$$

gdzie  $v$  — objętość atomowa,

$\gamma$  — spólczynnik rozszerzalności objętościowej.

Po podstawieniu, otrzymamy:

$$p_w v \gamma = \frac{R}{1-f} \cdot \frac{1}{1 + (v-b) \left[ (f-2)v^{-1} - \frac{df}{dv(1-f)} \right]}$$

W pierwszym przybliżeniu możemy wielkość

$$(v-b) \left[ (f-2)v^{-1} - \frac{df}{dv(1-f)} \right]$$

w stosunku do 1 uznać za wystarczająco małą, wskutek tego, że w skład iloczynu wchodzi względnie mały czynnik  $(v-b)$ .

Stąd wzór uzyska przybliżoną wartość:

$$p_w v \gamma \approx \frac{R}{1-f} \dots (13)$$

Równanie to wyraża, że praca rozszerzania, wykonywana przez ciśnienie wewnętrzne przy ogrzaniu ciała o 1 stopień, nie jest jednakowa dla wszystkich ciał, lecz zależy od stopnia odosobnienia atomów.

Oznaczając wewnętrzną pracę rozszerzania przez  $L$ , energię kinetyczną przez  $E_k$ , dochodzimy do wzoru dla ciepła atomowego ( $C$ )

$$C = \frac{dL}{dT} + \frac{dE_k}{dT}.$$

Przy zestawieniu równania tego z powyższym wzorem (13), możemy przyjąć, że dla ciał jednoatomowych przyrost energii kinetycznej jest stały i równy, podobnie jak w gazach, 2,98 *Kal*, czyli

$$\frac{dE_k}{dT} = \frac{3}{2} R = 2,98 \approx 3.$$

$$\text{Stąd } \frac{dL}{dT} = C - \frac{dE_k}{dT}; \quad \frac{dL}{dT} = C - 3 \dots (14)$$

Przyпускаjąc, że praca wykonywana jest wyłącznie przez ciśnienie wewnętrzne (równe sile kohezyjnej), otrzymujemy

$$\frac{dL}{dT} = p_w v \gamma \dots (15)$$

Z wzorów (14) i (15) dostajemy

$$p_w v \gamma = C - 3 \dots (16)$$

Stąd możemy obliczyć wielkość siły kohezyjnej (równiej ciśnieniu wewnętrznemu), znając objętość atomową ( $v$ ), rozszerzalność objętościową ( $\gamma$ ) i ciepło atomowe ( $C$ ):

$$p_w = \frac{C - 3}{v \gamma}.$$

Siła kohezyjna nie jest wielkością stałą i zmienia się zależnie od temperatury. Dla porównania wartości sił kohezyjnych uzyskanych na podstawie innych wzorów, dogodną jest rzeczą obliczać ją w określonej temperaturze, np. w temperaturze 0° C.

Stąd dla tej temperatury

$$p_0 = \frac{C_0 - 3}{v_0 \gamma_0} \dots (17)$$

Ażeby wyrazić tę siłę w *kg/cm²*, należy prawą część wzoru (17) pomnożyć przez mechaniczny równownik ciepła.

Ostatecznie więc

$$p_0 = \frac{C_0 - 3}{v_0 \gamma_0} \cdot 42,7 \dots I(a)$$

Obliczając ( $p_0$ ) w inny sposób i pragnąc według wzoru I zorientować się w stopniu dokładności, można za porównawczą wielkość uznać ciepło atomowe ( $C$ ), stąd

$$C_0 = \frac{p_0 v_0 \gamma}{42,7} + 3 \dots I(b)$$

(d. c. n.)

# Ogólne równanie pięciu momentów.

Napisał L. Karasiński.

1. Biorę pod uwagę belkę, pierwotnie prostą, poziomo wspartą na podporach. Ze środka  $K$  jej skrajnego przekroju prawego wyprowadzam oś  $X$  na lewo,  $Y$  — w dół. Punkty podparcia  $A_n$  ( $n=0, 1, 2, \dots, w$ ) nieodkształconej  $X$  znakuję kolejno, począwszy od skrajnego lewego  $A_0$ . Wszystkie podpory są poziomo ruchome, a więc łożyskowe lub posuwne, jedna tylko nie ma posuwu poziomego, ze względu na konieczność unieruchomienia belki, — jest przeto stała lub przegubowa. (Technik, 1926. Statyka, str. 197—199).

W głównej płaszczyźnie  $XY$  bezwładności belki leży jej obciążenie zewnętrzne pionowe: siły pionowe, pary sił skupionych momentów zewnętrznych, oraz pionowe warstwy obciążeń ciągłych. Momenty lewoskrętne i siły, jednozrotne z osią  $Y$ , uważam za dodatnie. Kierunek wzrostu momentów gnących i sił tnących belki obieram sprzeczny z kierunkiem osi  $X$ . Siły osiowe wszędzie są równe zeru: belka zgina się płasko, nie mimośrodkowo. Wymiary poziome mogą być uważane za niezmiennie przy tem odkształceniu, zawarłem w granicach praktycznie dopuszczalnych. Nadto — odpór poziomy owej jedynej podpory stałej lub przegubowej ma wartość zerową, wszystkie podpory przeto można rozpatrywać jako posuwne, lub łożyskowe.

Odcinek odkształconej zawarty pomiędzy dwoma sąsiednimi punktami podparcia  $A_{n-1}, A_n$  przynależy przeszłu ( $n$ ) belki. Odległość pozioma  $A_{n-1} A_n$  — oznaczam przez  $l_n$ . Gdy belka wystaje poza podpory skrajne — lewy odcinek, wystający poza  $A_0$ , nazywam wspornikiem lewym, prawy, wystający poza  $A_w$  — wspornikiem prawym.

Moment gnący (loco citato) tuż przed  $A_n$  nazywam momentem odporowym  $M_n$ , siłę tnącą tuż przed  $A_n$  — siłą tnącą  $Q_n$ . Pionowy odpór podpory  $A_n$  oznaczam przez  $V_n$ , moment sprzeciwu podpory  $A_n$  przez  $N_n$ . Zatem tuż za punktem  $A_n$  będziemy mieli moment gnący  $M_n + N_n$  i siłę tnącą  $Q_n + V_n$ . Rzędne odkształconej oznaczam przez  $y$ , odchylenia jej stycznych od nieodkształconej  $X$  — przez  $y'$ . W punkcie podparcia  $A_n$  znakuję odpowiednio  $y_n, y'_n$ . Podporę  $A_i$ , łożyskową, niesprężystą cechują wartości  $y_i = y'_i = 0$ , tego rodzaju podpora może być przeto tylko skrajną, albowiem przy  $i=1, 2, \dots, w-1$  belka rozpada się na dwie belki:  $i$ -przesłową oraz  $w-i$ -przesłową. Dla niesprężystej podpory  $A_i$  posuwnej:  $y_i = 0$ . Odpory  $N_n, V_n$  podpór sprężystych mogą być zawsze wyrażone w zależności od  $y_n, y'_n$ . Zależności te będą liniowe dla podpór wzorowo sprężystych: łożyskowej  $A_n$  przynależą:

$$V_n = -c_n y_n, N_n = -\partial_n y'_n,$$

posuwnej:

$$V_n = -c_n y_n, N_n = \partial_n = 0.$$

Podporę łożyskową niesprężystą cechują wartości:  $c_n = \partial_n = \infty$ , posuwną zaś niesprężystą:  $c_n = \infty, N_n = \partial_n = 0$ .

2. Pierwotny układ Clapeyron'a  $3w + 3$  niewiadomych dla belki prostej,  $w$  — przesłowej, płasko zginanej, obejmuje:

$w + 1$  momentów  $M_n, w + 1$  odchyień  $y'_n$ , oraz  $w + 1$  sił tnących  $Q_n$ , lub, co na jedno wychodzi, tyłuż odporów pionowych  $V_n$ . W najogólniejszym wypadku belki, opartej na  $w + 1$  podporach łożysko-

wych, wzorowo sprężystych, układ Clapeyron'a da się zastąpić układem:

$$w + 1 \text{ momentów } M_n, w + 1 \text{ odchyień } y'_n, \text{ oraz } w + 1 \text{ rzędnych } y_n.$$

Te niewiadome należy wyznaczyć z równań statyki i wytrzymałości. Zaczniemy od równań statyki.

W przeszle pierwszym:

$M_1 = M_0 + N_0 + [V_0 + \text{wypadkowa obciążenia zewnętrznego wspornika lewego}] l_1 + [\text{moment obciążenia zewnętrznego pierwszego przeszła względem } A_1]$ . Stąd bezpośrednio:

$$V_0 = -\frac{M_0}{l_1} + \frac{M_1}{l_2} - \frac{N_0}{l_1} + v_0, \dots (a)$$

gdzie  $v_0$  oznacza sumę odporów pionowych, jakieby panowały w punktach  $A_0$  lewego wspornika i przeszła pierwszego, gdyby te odcinki belki powycinać i, nie zmieniając ich obciążeń zewnętrznych, — wspornik lewy osadzić w  $A_0$  na podporze stałej, a przeszło (1) ustawić końcami na podporach: przegubowej i posuwnej. Z kolei:

$M_n = M_{n-1} + N_{n-1} + [Q_{n-1} + V_{n-1}] l_n + [\text{moment obciążenia zewnętrznego przeszła } (n) \text{ względem } A_n]$ .  $M_{n+1} = M_n + N_n + [Q_n + V_n + V_n + \text{wypadkowa obciążenia zewnętrznego przeszła } (n)] l_{n+1} + [\text{moment obciążenia zewnętrznego przeszła } (n+1) \text{ względem } A_{n+1}]$ .

Stąd bezpośrednio dla  $n = 1, 2, \dots, w - 1$ :

$$V_n = \frac{M_{n-1}}{l_n} - \left( \frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) M_n + \frac{M_{n+1}}{l_{n+1}} + \frac{N_{n-1}}{l_n} - \frac{N_n}{l_{n+1}} + v_n, \dots (b)$$

gdzie  $v_n$  oznacza sumę odporów pionowych, jakieby panowały w punktach  $A_n$ , przeszle ( $n$ ) i ( $n + 1$ ), gdyby te przeszła powycinać z belki, i, nie zmieniając ich obciążeń zewnętrznych, poustawiać końcami na podporach: przegubowej i posuwnej. Równanie statyki dla sił pionowych daje, po uwzględnieniu równań (a) i (b):

$$V_w = \frac{M_{w-1}}{l_w} - \frac{M_w}{l_w} + \frac{N_{w-1}}{l_w} + v_w, \dots (c)$$

gdzie  $v_w$  oznacza sumę odporów pionowych, jakieby panowały w punktach  $A_w$  przeszła ( $w$ ) i wspornika prawego, gdyby te odcinki powycinać z belki, i, nie zmieniając ich obciążeń zewnętrznych, wspornik prawy usadzić w  $A_w$  na podporze stałej, a przeszło ( $w$ ) ustawić końcami na podporach: przegubowej i posuwnej.

Drugie równanie statyki, równanie momentów, da bezpośrednio:

$$M_0 = M_1 \dots (d)$$

$$M_w + N_w = -M_p, \dots (e)$$

gdzie  $M_1$  oznacza moment obciążenia zewnętrznego wspornika lewego względem punktu  $A_0$ , a  $M_p$  — moment obciążenia zewnętrznego wspornika prawego względem punktu  $A_w$ .

3. Równania wytrzymałościowe Clerc'a obu rodzajów (P. T. 1927, str. 329, kolumna druga, wzór drugi i trzeci od góry) należy wypisać dla  $w$  przeszle belki, poczem, korzystając z (a), (b), (c) oraz ze wzorów:  $V_n = -c_n y_n$  — wyrazić  $y_n$  w zależności od  $M_n$  i  $N_n$ . Po podstawieniu tych wartości we wzory Clerc'a i uwzględnieniu równań  $N_n = -\partial_n y'_n$ , otrzymamy  $2w$  równań o  $2w + 2$  niewiadomych  $M_n$  i  $N_n$ .

W ten sposób równania Clerc'a drugiego rodzaju dają dla  $n=0$ :

$$\begin{aligned}
 N_0 \left\{ -\frac{1}{\partial_0} + \frac{\partial_1 \left[ \frac{1}{\partial_0} + \frac{1}{l_1} \int_0^{l_1} \frac{u du}{EI} \right]}{c_1 l_1 l_2} - \frac{1}{l_1^2} \left[ \int_0^{l_1} \frac{u^2 du}{EI} + \frac{1}{c_0} + \frac{1}{c_1} \right] - \right. \\
 \left. - \frac{\partial_1 \int_0^{l_1} \frac{u du}{EI}}{c_1 l_1^3 l_2} \right\} + M_0 \left\{ \frac{1}{l_1^2} \left[ \int_0^{l_1} \frac{u^2 du}{EI} + \frac{1}{c_0} + \frac{1}{c_1} \right] - \right. \\
 \left. - \frac{1}{c_1} \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right) \right\} - \frac{\partial_1 \int_0^{l_1} \left( 1 - \frac{u}{l_1} \right) \frac{du}{EI}}{c_1 l_1 l_2} \left\{ + \frac{M_2}{c_1 l_1 l_2} - \right. \\
 \left. - \frac{v_0}{c_0 l_1} + \frac{v_1}{c_1 l_1} + \frac{1}{l_1} \int_0^{l_1} \frac{m_1 u du}{EI} - \frac{\partial_1 \int_0^{l_1} \frac{m_1 du}{EI}}{c_1 l_1 l_2} \right\}; \quad (f)
 \end{aligned}$$

dla  $n=1, 2, \dots, w-2$ :

$$\begin{aligned}
 N_n \left\{ -\frac{1}{\partial_n} + \frac{1}{c_n l_n l_{n+1} \partial_n \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \frac{u du}{EI} \right]} - \right. \\
 \left. - \frac{1}{l_{n+1}^2} \left[ \int_0^{l_{n+1}} \frac{u^2 du}{EI} + \frac{1}{c_n} + \frac{1}{c_{n+1}} \right] + \right. \\
 \left. + \frac{\partial_{n+1} \left[ \frac{1}{\partial_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \frac{u du}{EI} \right]}{c_{n+1} l_{n+1} l_{n+2}} \right\} = \\
 = -\frac{M_{n-1}}{c_n l_n l_{n+1} \partial_{n-1} \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \frac{u du}{EI} \right]} + \\
 + M_n \left\{ \frac{1}{l_{n+1}} \left[ \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \frac{u^2 du}{EI} + \frac{1}{c_n} \left( \frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) + \right. \right. \\
 \left. \left. + \frac{\int_0^{l_n} \left( 1 - \frac{u}{l_n} \right) \frac{du}{EI}}{c_{n+1} l_{n+1}} \right] + \frac{1}{c_{n+1} l_{n+1}} \right\} + \\
 - \frac{\partial_{n+1} \int_0^{l_{n+1}} \frac{u du}{EI}}{c_{n+1} l_{n+1}^3 l_{n+2}} \left\{ + M_{n+1} \left\{ \frac{1}{l_{n+1}} \left[ \int_0^{l_{n+1}} \left( 1 - \frac{u}{l_{n+1}} \right) \frac{u du}{EI} - \right. \right. \right. \\
 \left. \left. - \frac{1}{c_n l_{n+1}} - \frac{1}{c_{n+1}} \left( \frac{1}{l_{n+1}} + \frac{1}{l_{n+2}} \right) \right] - \frac{\partial_{n+1} \int_0^{l_{n+1}} \left( 1 - \frac{u}{l_{n+1}} \right) \frac{du}{EI}}{c_{n+1} l_{n+1} l_{n+2}} \right\} + \right. \\
 \left. + \frac{M_{n+2}}{c_{n+1} l_{n+1} l_{n+2}} - \frac{v_n}{c_n l_{n+1}} + \frac{v_{n+1}}{c_{n+1} l_{n+1}} + \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 + \frac{1}{l_{n+1}} \int_0^{l_{n+1}} \frac{m_{n+1} u du}{EI} + \frac{\int_0^{l_n} \frac{m_n du}{EI}}{c_n l_n l_{n+1} \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \frac{u du}{EI} \right]} - \\
 - \frac{\partial_{n+1} \int_0^{l_{n+1}} \frac{m_{n+1} du}{EI}}{c_{n+1} l_{n+1} l_{n+2}}; \dots \dots \dots (g)
 \end{aligned}$$

weszcie dla  $n=w-1$ :

$$\begin{aligned}
 N_{w-1} \left\{ -\frac{1}{\partial_{w-1}} + \frac{1}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \partial_{w-1} \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \frac{1}{l_{w-1}} \int_0^{l_{w-1}} \frac{u du}{EI} \right]} - \right. \\
 \left. - \frac{1}{l_w^2} \left[ \int_0^{l_w} \frac{u^2 du}{EI} + \frac{1}{c_{w-1}} + \frac{1}{c_w} \right] \right\} = \\
 = -\frac{M_{w-2}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \partial_{w-2} \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \frac{1}{l_{w-1}} \int_0^{l_{w-1}} \frac{u du}{EI} \right]} + \\
 + M_{w-1} \left\{ \frac{1}{l_w} \left[ \frac{1}{l_w} \int_0^{l_w} \frac{u^2 du}{EI} + \frac{1}{c_{w-1}} \left( \frac{1}{l_{w-1}} + \frac{1}{l_w} \right) + \frac{1}{c_w l_w} \right] + \right. \\
 \left. + \frac{\int_0^{l_{w-1}} \left( 1 - \frac{u}{l_{w-1}} \right) \frac{du}{EI}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \frac{1}{l_{w-1}} \int_0^{l_{w-1}} \frac{u du}{EI} \right]} \right\} + \\
 + M_w \left\{ \frac{1}{l_w^2} \left[ \int_0^{l_w} \left( 1 - \frac{u}{l_w} \right) \frac{u du}{EI} - \frac{1}{c_{w-1}} - \frac{1}{c_w} \right] - \right. \\
 \left. - \frac{v_{w-1}}{c_{w-1} l_w} + \frac{v_w}{c_w l_w} + \frac{1}{l_w} \int_0^{l_w} \frac{m_w u du}{EI} + \right. \\
 \left. + \frac{\int_0^{l_{w-1}} \frac{m_{w-1} du}{EI}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \frac{1}{l_{w-1}} \int_0^{l_{w-1}} \frac{u du}{EI} \right]} \right\}; \quad (h)
 \end{aligned}$$

Równania Clerc'a pierwszego rodzaju dają dla  $n=1$ :

$$\begin{aligned}
 N_1 \left\{ -\frac{1}{\partial_1} + \frac{\int_0^{l_1} \left( 1 - \frac{z}{l_1} \right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_0 l_1} - \frac{1}{c_1 l_1}}{l_1 \partial_1 \left[ \frac{1}{\partial_0} + \int_0^{l_1} \left( 1 - \frac{z}{l_1} \right) \frac{dz}{EI} \right]} + \right. \\
 \left. + \frac{1}{c_1 l_1 l_2} \right\} = M_0 \left\{ -\frac{1}{l_1} \left[ \int_0^{l_1} \left( 1 - \frac{z}{l_1} \right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_0 l_1} - \frac{1}{c_1 l_1} \right] + \right. \\
 \left. + \frac{\int_0^{l_1} \left( 1 - \frac{z}{l_1} \right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_0 l_1} - \frac{1}{c_1 l_1}}{l_1 \left[ \frac{1}{\partial_0} + \int_0^{l_1} \left( 1 - \frac{z}{l_1} \right) \frac{dz}{EI} \right]} \right\} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ M_1 \left\{ -\frac{1}{l_1^2} \left[ \int_0^{l_1} \frac{z^2 dz}{EI} + \frac{1}{c_0} + \frac{l_1}{c_1} \left( \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} \right) \right] + \right. \\
 &\quad \left. \frac{\int_0^{l_1} \left(1 - \frac{z}{l_1}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_0 l_1} - \frac{1}{c_1 l_1}}{l_1^2 \left[ \frac{1}{\partial_0} + \int_0^{l_1} \left(1 - \frac{z}{l_1}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \int_0^{l_1} \frac{z dz}{EI} \right\} + \\
 &+ \frac{M_2}{c_1 l_1 l_2} - \frac{v_0}{c_0 l_1} + \frac{v_i}{c_1 l_1} - \frac{1}{l_1} \int_0^{l_1} \frac{m_1 z dz}{EI} + \\
 &\quad \frac{\int_0^{l_1} \left(1 - \frac{z}{l_1}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_0 l_1} - \frac{1}{c_1 l_1}}{l_1 \left[ \frac{1}{\partial_0} + \int_0^{l_1} \left(1 - \frac{z}{l_1}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \int_0^{l_1} \frac{m_1 dz}{EI} \quad (2)
 \end{aligned}$$

Dalej dla  $n = 2, 3, \dots, w-1$ :

$$\begin{aligned}
 N_n &\left\{ -\frac{1}{\partial_n} + \frac{1}{c_{n-1} l_{n-1} l_n \partial_{n-1} \partial_n \left[ \frac{1}{\partial_{n-2}} + \int_0^{l_{n-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{n-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \frac{1}{c_n l_n l_{n+1}} + \right. \\
 &\quad \left. \frac{\int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{n-1} l_n} - \frac{1}{c_n l_n}}{l_n \partial_n \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \right\} = \\
 &= -\frac{M_{n-2}}{c_{n-1} l_{n-1} l_n \partial_{n-2} \left[ \frac{1}{\partial_{n-2}} + \int_0^{l_{n-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{n-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \\
 &+ M_{n-1} \left\{ -\frac{1}{l_n} \left[ \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{n-1}} \left( \frac{1}{l_{n-1}} + \frac{1}{l_n} \right) - \frac{1}{c_n l_n} \right] + \right. \\
 &\quad \left. \frac{\int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI}}{c_{n-1} l_{n-1} l_n \partial_{n-1} \left[ \frac{1}{\partial_{n-2}} + \int_0^{l_{n-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{n-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \right. \\
 &\quad \left. \frac{\int_0^{l_{n-1}} \frac{z dz}{EI}}{c_{n-1} l_{n-1}^2 l_n \left[ \frac{1}{\partial_{n-2}} + \int_0^{l_{n-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{n-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \right\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\left. \frac{\int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{n-1} l_n} - \frac{1}{c_n l_n}}{l_n \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right\} + \\
 &+ M_n \left\{ -\frac{1}{l_n} \left[ \int_0^{l_n} \frac{z^2 dz}{EI} + \frac{1}{c_{n-1} l_n} + \frac{1}{c_n} \left( \frac{1}{l_n} + \frac{1}{l_{n+1}} \right) \right] + \right. \\
 &\quad \left. \frac{\int_0^{l_n} \frac{z dz}{EI}}{c_{n-1} l_{n-1} l_n^2 \partial_{n-1} \left[ \frac{1}{\partial_{n-2}} + \int_0^{l_{n-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{n-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \right. \\
 &\quad \left. \frac{\int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{n-1} l_n} - \frac{1}{c_n l_n}}{l_n^2 \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \int_0^{l_n} \frac{z dz}{EI} \right\} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ \frac{M_{n+1}}{c_n l_n l_{n+1}} - \frac{v_{n-1}}{c_{n-1} l_n} + \frac{v_n}{c_n l_n} - \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n} \frac{m_n z dz}{EI} + \\
 &\quad \frac{\int_0^{l_{n-1}} \frac{m_{n-1} dz}{EI}}{c_{n-1} l_{n-1} l_n \left[ \frac{1}{\partial_{n-2}} + \int_0^{l_{n-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{n-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \\
 &\quad \frac{\int_0^{l_n} m_n dz}{c_{n-1} l_{n-1} l_n \partial_{n-1} \left[ \frac{1}{\partial_{n-2}} + \int_0^{l_{n-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{n-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \\
 &\quad \frac{\int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{n-1} l_n} - \frac{1}{c_n l_n}}{l_n \left[ \frac{1}{\partial_{n-1}} + \int_0^{l_n} \left(1 - \frac{z}{l_n}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \int_0^{l_n} \frac{m_n dz}{EI} \quad (3)
 \end{aligned}$$

Wreszcie dla  $n = w$ :

$$N_w \left\{ -\frac{1}{\partial_w} + \frac{1}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \partial_{w-1} \partial_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \int_0^{l_{w-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{w-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \frac{\int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{w-1} l_w} - \frac{1}{c_w l_w}}{l_w \partial_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \right\} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{M_{w-2}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \partial_{w-2} \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \int_0^{l_{w-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{w-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + M_{w-1} \left\{ -\frac{1}{l_w} \left[ \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{w-1}} \left( \frac{1}{l_{w-1}} + \frac{1}{l_w} \right) \frac{1}{c_w l_w} \right] + \right. \\
 &+ \frac{\int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{w-1} l_w} - \frac{1}{c_w l_w}}{l_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \frac{\int_0^{l_{w-1}} \frac{z dz}{EI}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \int_0^{l_{w-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{w-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \\
 &+ \left. \frac{\int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \partial_{w-1} \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \int_0^{l_{w-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{w-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \right\} + M_w \left\{ -\frac{1}{l_w} \left[ \int_0^{l_w} \frac{z^2 dz}{EI} + \frac{1}{c_{w-1}} + \frac{1}{c_w} \right] + \right. \\
 &+ \left. \frac{\int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{w-1} l_w} - \frac{1}{c_w l_w}}{l_w^2 \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \frac{\int_0^{l_{w-1}} \frac{z dz}{EI}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w^2 \partial_{w-1} \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \int_0^{l_{w-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{w-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \right\} \\
 &- \frac{v_{w-1}}{c_{w-1} l_w} + \frac{v_w}{c_w l_w} - \frac{1}{l_w} \int_0^{l_w} \frac{m_w z dz}{EI} + \frac{\int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{z dz}{EI} - \frac{1}{c_{w-1} l_w} - \frac{1}{c_w l_w}}{l_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \int_0^{l_w} \frac{m_w dz}{EI} + \\
 &+ \frac{\int_0^{l_{w-1}} \frac{m_{w-1} dz}{EI}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \int_0^{l_{w-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{w-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right]} + \frac{\int_0^{l_w} \frac{m_w dz}{EI}}{c_{w-1} l_{w-1} l_w \partial_{w-1} \left[ \frac{1}{\partial_{w-2}} + \int_0^{l_{w-1}} \left(1 - \frac{z}{l_{w-1}}\right) \frac{dz}{EI} \right] \left[ \frac{1}{\partial_{w-1}} + \int_0^{l_w} \left(1 - \frac{z}{l_w}\right) \frac{dz}{EI} \right]} \quad (k).
 \end{aligned}$$

Powyższe wzory uzależniają poszczególne  $N_n$  od  $M_n$ .

4. Rugując zwykłym obustronnym dzieleniem  $N_n$  ( $n=1, 2, \dots, w-1$ ) ze wzorów (g) (h), (i), (j) otrzymamy  $w-1$  równań o  $w+1$  niewiadomych  $M_n$ . Są to najogólniejsze równania pięciu momentów. Można z nich wyznaczyć wszystkie niewiadome  $M_n$ , należy jednak dodatkowo uwzględnić zależność (d) oraz równanie, jakie otrzymamy, rugując  $N_w$  z równań (e) i (k). W szczególnym wypadku podpory  $A_0$  (lub  $A_w$ ) stałej lub łożyskowej niesprężystej, należy założyć  $N_0=0$  (lub  $N_w=0$ ), a nadto pominąć równanie (d) lub (e).

Ogólne równanie pięciu momentów oddaje cenę usługi w wypadku podpór wzorowo sprężystych łożyskowych i posuwnych. Wyżywa zeń bezpośrednio wzór Pearson'a w założeniu zerowych wartości wszystkich  $\partial_n$ , to jest w założeniu podpór posuwnych wzorowo sprężystych. W założeniu wszystkich  $\partial_n=0$  oraz  $c_n=\infty$ , ogólne równanie pięciu momentów staje się równaniem Clapeyron'a, dla podpór posuwnych niesprężystych, uszeregowanych na jednym poziomie.

W szczególnym wypadku równych pręseł i jednakowych współczynników sprężystości podpór, będziemy mieli:  $l_n=l, c_n=c, \partial_n=\partial$  przy  $n=0, 1, 2, \dots, w$ , a przeto ogólne równanie pięciu momentów:

$$\begin{aligned}
 &M_{n-2} + (m-4-2w) M_{n-1} + [2(2m+3) + \\
 &+ (m+4)w] M_n + (m-4-2w) M_{n+1} + M_{n+2} + \\
 &+ (1+w) l v_{n-1} - (2+w) l v_n + l v_{n+1} + \\
 &+ 6(1+w) \frac{m}{l^2} \int_0^l m_n z dz + 6 \frac{m}{l^2} \int_0^l m_{n+1} u du - \\
 &- 2 \frac{w}{l} \int_0^l m_{n-1} dz - 2(m-2) \frac{w}{l} \int_0^l m_n dz - \\
 &- 2 \frac{w}{l} \int_0^l m_{n+1} dz = 0,
 \end{aligned}$$

gdzie oznaczono:  $m = \frac{cl^3}{6EI}, w = \frac{\partial l}{2EI}$ .

Kolejność obliczeń jest zawsze ta sama we wszystkich wypadkach. Z ogólnych równań pięciu momentów, oraz dodatkowych (d), (e) i (k) wyznaczmy momenty odporowe  $M_n$  zwykłą drogą rozwiązywania równań linjowych, lub też, przy znacznej liczbie przęseł — sposobami, zapożyczonymi z teorii równań różnicowych. Po podstawieniu otrzymanych  $M_n$  we wzory (f), (g), (h) i (k) wyznaczmy momenty sprzeciwu  $N_n$ , a następnie odpory pionowe  $V_n$  ze wzorów (a), (b) i (c). Stąd bezpośrednio w ogólnym wypadku:

$$y_n = -\frac{V_n}{c_n} \text{ oraz } y'_n = -\frac{N_n}{\partial_n}.$$

Siły tnące otrzymamy drogą sumowania obciążeń i odporów pionowych. Przy wyznaczaniu momentów gnących skorzystamy z uogólnionego wzoru Bresse'a:

$$M = M_{n-1} + N_{n-1} + (M_n - M_{n-1} - N_{n-1}) \frac{z}{l_n} + m_n$$

(P. T. 1927 str. 330).

Wreszcie ze wzorów Clerc'a lub Clapeyron'a otrzymamy rzędne  $y$  i odchylenia  $y'$  odkształconej przęśla ( $n$ ) w poziomej odległości  $e$  od punktu podparcia  $A_{n-1}$ . W tym celu wyodrębniamy przęśla (e) i ( $l_n - e$ ). Dwa wzory Clerc'a:

$$y' = \frac{y_{n-1} - y}{e} - \frac{1}{e} \int_0^e \frac{Mzdz}{EI} =$$

$$= \frac{y - y_n}{l_n - e} + \frac{1}{l_n - e} \int_0^{l_n - e} \frac{Mudu}{EI}$$

wypisane dla tych dwóch przęseł pomocniczych dadzą szukane  $y, y'$ . Te same niewiadome odkształconej lewego wspornika, przynależne poziomej odległości  $e$  od punktu podparcia  $A_n$ , wyznaczą się ze wzorów Clerc'a:

$$y'_0 = \frac{y - y_0}{e} - \frac{1}{e} \int_0^e \frac{Mzdz}{EI},$$

$$y' = \frac{y - y_0}{e} + \frac{1}{e} \int_0^e \frac{Mudu}{EI}$$

wypisanych dla przęśla (e). Podobny układ równań otrzymamy również i dla prawego wspornika.

W powyższych rozważaniach zawarte jest całkowite rozwiązanie zagadnienia belek prostych, płasko zginanych.

5. Wypadek różnych pierwotnych poziomów punktów podparcia belki prostej wymaga szczegółowego omówienia. Weźmy pod uwagę układ punktów  $A_n$  podpór, uszeregowanych mniej więcej poziomo w pionowej płaszczyźnie. Nieobciążona i nieważka belka prosta, poziomo opuszczana, oprze się na punkcie podparcia najwyższym, pochyli się i wesprze na jednym z pozostałych. Zatem pod jarzmem pionowego obciążenia płaskiego pocnie wyginać się mimośrodowo. Zginanie płaskie, nie mimośrodowe, wyklucza wszelkie pierwotne pochylenia belki prostej; założmy przeto, że w układzie punktów  $A_n$  przynajmniej dwa punkty leżą na najwyższym poziomie. Przez te punkty przejdzie nieodkształcona  $X$  belki. Punkty pozostałe leżeć będą w odległościach pionowych pierwotnych ( $y_n$ )<sub>0</sub> od osi  $X$ . Sto-

pniowe wyginanie belki pionowym obciążeniem płaskim, łącznie ze sprężystymi odkształceniami owych najwyższych podpór, — włączy kolejno coraz to inne punkty do gromady punktów istotnego podparcia, poczem ustali się równowaga całego układu, pewna część jednak punktów  $A_n$  może w tem nie wziąć udziału.

Należy przeto rozróżniać podpory obu stronnego i jednostronnego działania pionowego. Te ostatnie mogą tylko wejść do gromady owych nieistotnych podpór układu.

Nadto podpory łożyskowe istotne mogą mieć pierwotne odchylenia ( $y'_n$ )<sub>0</sub> od poziomu, zatem w najogólniejszym wypadku ostateczna rzędna odkształconej:

$$y_n = (y_n)_0 - \frac{V_n}{c_n},$$

a ostatecznie odchylenie jej stycznej od poziomu:

$$y'_n = (y'_n)_0 - \frac{N_n}{\partial_n}.$$

Chcąc przeto uwzględnić pierwotne wartości rzędnych i odchyłeń odkształconej na podporach, należy we wzorach Clerc'a drugiego rodzaju (f), (g), (h) dodać z prawej strony wyrazy:

$$\left( \frac{y_n - y_{n+1}}{l_{n+1}} - y'_n \right)_0,$$

a we wzorach Clerc'a pierwszego rodzaju (i), (j), (k) wyrazy:

$$\left( \frac{y_{n-1} - y_n}{l_n} - y'_n \right)_0,$$

również z prawej strony.

Podpory jednostronnego działania dają odpory wyłącznie tylko jednego znaku, zatem po otrzymaniu  $M_n, N_n, V_n$  należy wszystkie podpory przynależne odporom znaku odwrotnego pominąć, a wszystkie rachunki rozpocząć na nowo.

Prosty przykład najlepiej to uwypukli. Belka pozioma o stałym przekroju opiera się końcami na odporach niesprężystych, przegubowej i posuwnej. Pionowa oś siły zewnętrznej  $P$  dzieli ją na dwie połowy  $l$ . Na tej osi, w odległości  $f$  od nieodkształconej  $X$  leży pod belką trzecia niesprężysta podpora posuwna jednostronnego działania. Jej odpór pionowy  $V$  może być tylko ujemny. Wzór Clapeyron'a wypisany dla obu przęseł  $l$  da:

$$6EI \left[ \frac{-f}{l} + \frac{-f}{l} \right] = 2(l + l)M.$$

Nadto ze wzoru (b), po uwzględnieniu wartości środkowego momentu gnącego  $M$ , otrzymamy:

$$V = - \left( \frac{1}{l} + \frac{1}{l} \right) M - P = \frac{6EI}{l^3} f - P.$$

Zatem podpora środkowa będzie istotna, gdy  $V < 0$ , co odpowiada warunkowi:

$$f < \frac{Pl^3}{6EI}.$$

staje się zbędną natychmiast, gdy:

$$f \geq \frac{Pl^3}{6EI}.$$

Ten sam wynik otrzymamy również i dla podpory środkowej jednostronnego działania, wzorowo sprężystej.



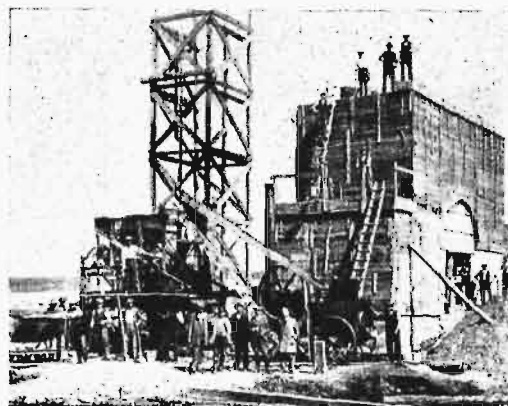
# Budowa kolei Czersk-Kościerzyna, jako fragmentu magistrali węglowej Zagłębie-Bałtyk.

Napisał Inż. Edmund Chwaściński.

**W** maju 1925 roku Ministerstwo Kolei poleciło Dyrekcji Budowy K. P. przystąpić do studiów i sporządzenia projektu magistralnej linii Bydgoszcz—Gdynia.

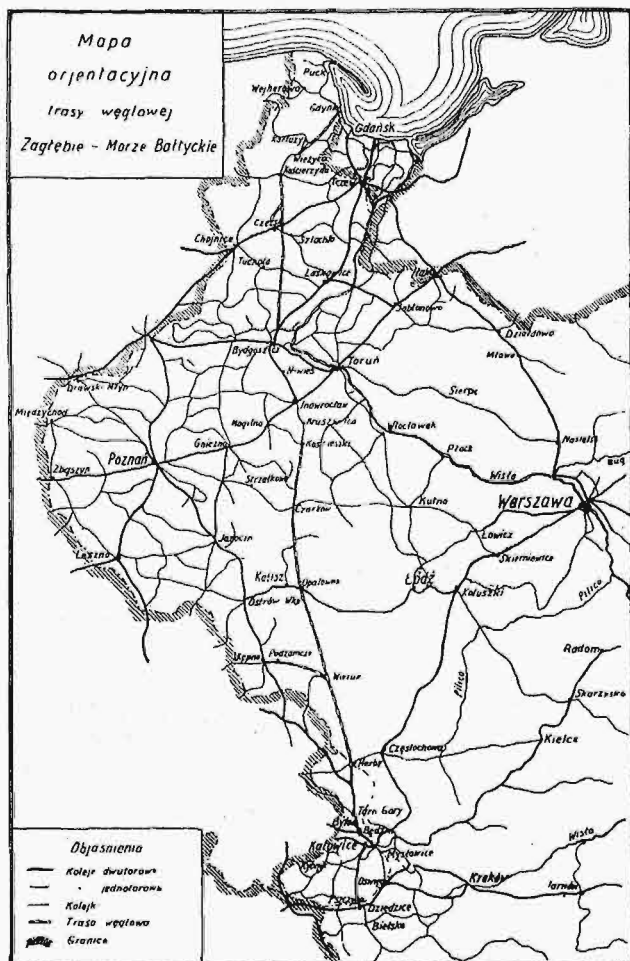
Linja ta, o długości około 190 km, stanowi skrajne północne ogniwo wielkiej magistrali węglowej Zagłębie — Morze Bałtyckie, zakreślonej w kierunku przez Herby, Wieluń, Opatówek, Konin, Inowrocław, Bydgoszcz, Kościerzynę ku Gdyni. Wielka doniosłość takiej kolei, jako arterji eksportowej, zwłaszcza na terytorjum b. Kongresówki, i przy jednoczesnym braku ujścia dla przewożonych towarów w postaci portu morskiego, zdolnego przyjąć i przerobić całe zapotrzebowanie zagraniczne, jaszkrawo rzuciła się w oczy w okresie gorączkowego wywozu węgla w r. 1926. Budowa kolei z konieczności musiała być skoordynowana i iść równoległe z rozbudową portu gdyńskiego.

ze względów oszczędnościowych, zalecono wykonywać stopniowo między wskazanymi punktami, stanowiącymi stacje istniejących linii, i wykorzystać połączenia z temi linjami chwilowo dla prowadzenia ruchu.



Rys. 2.

Przyczółek mostu o otw. 30 m na rz. Wieżycy na km. 39.



Rys. 1.

Trasa kolei Zagłębie—Bałtyk.

Kierunek trasy zaprojektowany był przez Ministerstwo Kolei w sposób następujący: od Bydgoszczy przez Szewno, Wierzchucin, Szlachtę i Łąg do Kościerzyny, skąd częściowo istniejącą linią do Somonina, wreszcie od Somonina do Gdyni. Budowę,

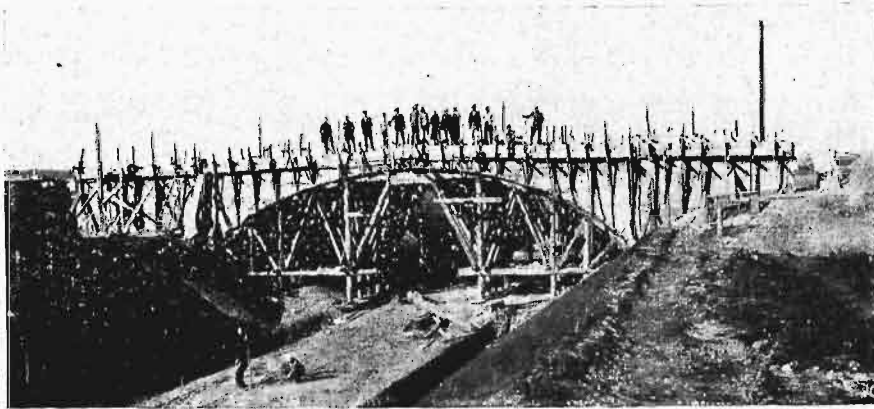
Według programu Ministerstwa Komunikacji, przede wszystkim zalecone było wykończenie odcinka, rozpoczętego przez władze pruskie, linii Czersk — Liniewo na przestrzeni od Czerska do Bąka, i budowa nowego odcinka Bąk — Kościerzyna. W ten sposób szło tu o ogniwo Szlachta — Kościerzyna, gdzie odcinek Czersk — Bąk wraz z istniejącym Szlachta — Czersk miał pełnić zastępczo rolę odcinka Szlachta — Bąk, przewidywanego w następnych etapach budowy.

Ustawa o budowie linii Bydgoszcz — Gdynia została ogłoszona w dn. 23 czerwca 1925 roku. Budowę na przestrzeni Czersk — Bąk (długość 22,5 km) rozpoczęto w końcu lipca, na nowym zaś odcinku Bąk — Kościerzyna (20,7 km) — niezwłocznie po ustaleniu jego trasy — w końcu sierpnia 1925 roku. Jednocześnie Dyrekcja Budowy przystąpiła do poszukiwań technicznych i ustalenia najracjonalniejszej trasy na całej pozostałej długości.

Warunki techniczne linii Bydgoszcz — Gdynia zostały ustalone, jak dla linii pierwszorzędnej, z miarodajnym pochylem w kierunku przeważających przewozów, t. j. ku morzu, 5‰ i odwrotnie 6‰, z promieniami łuków conajmniej 100 m na przestrzeni Bydgoszcz — Osowa, oraz pochylem 10,8‰ i promieniem conajmniej 500 m — na przestrzeni Osowa — Gdynia, posiadającej wyjątkowo trudne warunki terenowe. Ponadto odcinek Czersk — Bąk zalecono traktować jako drugorzędny z pochylem 10‰ (które udało się złagodzić do 6‰) i istniejącymi łukami 600 m.

Budowę obu odcinków Czersk — Bąk i Bąk — Kościerzyna prowadziła Dyrekcja Budowy do końca sezonu 1925 roku (około 4 miesięcy) i od połowy kwietnia do 1 listopada 1926 r. (około 6 i pół miesięcy) — razem około 10 i pół miesięcy.

We wrześniu 1926 r., na skutek rozporządzenia Ministerstwa Komunikacji i w związku z panującym na miejscu bezrobociem, przystąpiono do wykonania robót ziemnych na dalszym odcinku magistrali — od Kościerzyny do Gołubia (12 km).



Rys. 3. Wiadukt betonowy na km. 30.

Z dniem 1 listopada 1926 r. z powodu całkowitej likwidacji Dyrekcji Budowy, zarządzanej przez Ministerstwo Kolei, dokończenie budowy odcinka Czersk — Bąk — Kościerzyna — Gołubie zostało przekazane Kierownictwu budowy kolei Kalety — Podzamcze.

Dokończenie rozpoczętego przez Niemców odcinka Czersk — Bąk wymagało około 120 000 m<sup>3</sup> robót ziemnych i budowy czterech większych mostów o łącznej kubaturze murów 1 600 m<sup>3</sup> i długości otworów 73 m. Odcinek ten został wykończony i mógł być oddany do ruchu tymczasowego jeszcze latem 1926 r. Torowisko odcinka Bąk — Kościerzyna wymagało wykonania około 620 000 m<sup>3</sup> robót ziemnych, t. j. 30 000 m<sup>3</sup>/km, budowy 18 budowli sztucznych o łącznej kubaturze murów 6 935 m<sup>3</sup> i długości otworów 88,4 m oraz 2 wiaduktów nad torami po 8 m otworu. Znaczniejsze mosty były wykonane na obu odcinkach:

na rzece Niechwaszcz (km. 10)	most żelazny o otworze	14,3 m
" kanale " (" 12)	" "	14,3 "
" rzece Czarna Woda (" 16)	" żelbetowy	3×10 "
" kanale " (" 17)	" żelazny	14,3 "
" rzece Wieżycy I (" 39)	" "	30 "
" " " II (" 41)	" "	30 "

Na mostach na obu Wieżycach fundamenty i przyczółki (częściowo) wykonano pod 2 tory. Fundamenty wszystkich większych mostów musiały być wykonane w ścianach szczelnych i na palach drewnianych. Najwięcej trudności nastęczało fundowanie mostu na Czarnej Wodzie, gdzie wobec jakości gruntu pale posadowe musiały mieć do 14-tu m długości. Trudna i przewlekła robota przy tym moście zahamowała układanie toru, zaczęte od strony Czerska jeszcze w sezonie 1925 r., oraz balastowanie, rozpoczęte w lutym 1926 roku.

Do dnia przekazania budowy, torowisko na całej przestrzeni od Czerska do Kościerzyny zostało

wykończone, skarpy obsiane lub odarniowane, wykonano wszystkie budowle sztuczne z wyjątkiem dźwigarów żelaznych na 2 mostach 39 i 41 km., które miały być zmontowane w lutym 1927 roku.

Układanie torów i balastowanie na odcinku Czersk—Bąk zostało całkowicie wykończone. Nawierzchnię tego odcinka ułożono z szyn typu pruskiego Nr. 9 na podkładach typu ulgowego, dług. 2,50 m, nieprzesycanych, i na podtorzu z tak zwanej pospółki żwirowej o grubości warstwy 0,42 m. Nawierzchnia na odcinku Bąk — Kościerzyna składa się z szyn ciężkich typu Nr. 39b na podkładach przesycanych dług. 2,70 m; podtorze tutaj ma — stosownie do rozporządzenia Ministerstwa Komunikacji — składać się z

dolnej warstwy pospółki i górnej ze żwiru sianego, o łącznej grubości warstwy 50 cm. Na odcinku tym (Bąk — Kościerzyna) układanie toru było wznowione w październiku 1926 r. Jednak, jak już wspomniano powyżej, brak dźwigarów żelaznych na mostach 39 i 41 km. był przeszkodą do całkowitego ukończenia toru w sezonie 1926 roku.

Linja telegraficzna i telefoniczna ogółem o 6 przewodach została całkowicie ukończona. Urządzenia do centralnego blokowania zaprojektowano na wszystkich stacjach; odpowiednie aparaty zostały zamówione przez Dyrekcję Budowy K. P.

Budynków dla pomieszczeń służbowych i personelu zaprojektowano ogółem o powierzchni 1 980 m<sup>2</sup>, w tem na st. Kościerzyna dwa domy mieszkalne, na każdej ze stacyj pośrednich Karzin — Bąk i Olpuch — dworzec typu jednolitego i po dwa domy różnych typów dla personelu stacyjnego i drogowego. Z powyższego programu w roku 1925 wykonano dwa domy w Kościerzynie, pozostałe zaś budynki zostały oddane do wykonania w ciągu lata 1926 i na jesieni były zaawansowane o tyle, że na drugą połowę listopada tegoż roku mogły być gotowe do użytku część ubikacyj służb-



Rys. 4. Wykop na km. 37.

Górne części wykopu są rozszerzone dla widzialności przejazdu.

wych, potrzebna do ewentualnego otwarcia w tym czasie ruchu tymczasowego od Czerska do Bąka.

Budowa linii Czersk — Kościerzyna wzbudziła wielkie zainteresowanie, zarówno w miejscowych sferach administracyjnych, jak i pośród ludności.

Przyczyną tego były nietylko korzyści materialne, jakie zazwyczaj niesie ze sobą wykonywanie dużych robót, lecz również zrozumienie całej doniosłości zamierzonego dzieła budowy. To też przy prowadzeniu robót Dyrekcja Budowy niejednokrotnie miała sposobność stwierdzenia przychylności

i gotowości do wszelkich ułatwień, tak ze strony miejscowych organów władzy, jak i ludności. Należy wreszcie podnieść z uznaniem wartość miejscowej siły roboczej: robotnik zwykły, jak również rzemieślnik, wykazał dużą pracowitość, dużo dobrej woli i przychylności dla kierowników.

## Uwagi o regulacji rzeki Wisły<sup>1)</sup>.

[Napisal A. Legun-Biliński, Inżynier komunikacji.

Poruszając sprawę Wisły, jako naszej głównej drogi wodnej, pragnąłbym przede wszystkim omówić szerzej zagadnienie systemu regulacji. Musimy mianowicie ustalić, czy Wisła wymaga regulacji całkowitej, przy której obydwie brzozy są zabudowywane na całej długości rzeki, jak to zrobiono na całej Wiśle dolnej i górnej,<sup>1)</sup> czy też wystarczy regulacja odcinkowa, zmierzająca do polepszenia warunków żeglugi na odcinkach najbardziej uciążliwych dla żeglugi przy niskich stanach wody.

Wiadomo, iż każda rzeka posiada szereg odcinków, na których w czasie powodzi osiadają mniejsze lub większe osady, w zależności od warunków topograficznych doliny; takie odcinki, składające się z szeregu mniej lub więcej płytkich progów, nazywam „progowcami”.

Tak długość progowców, jak i stopień ich zapiaszczenia, są bardzo rozmaite, i — dopóki charakter doliny nie zmieni się wydatnie, — progowce zachowują nieomal to samo miejsce na rzece; np. progowiec Czerwiński — Śladów — Drwały, długości około 12 km, istniał już na Wiśle za czasów Jagiełły, który skorzystał z tego płytkiego brodu dla przeprowadzenia swoich wojsk, udających się pod Grundwald w 1410 r.

Cechą pozostałych odcinków rzeki, pomiędzy progowcami, jest przede wszystkim to, iż w czasie powodzi nie osiadają na nich piaski, a przeciwnie są zmywane nawet te, które były przesunięte z progowców na górne części rozpatrywanych odcinków przy niższych stanach wody; takie odcinki mają zwykle jedno dość głębokie łóżysko o płynnym i dla żeglugi dogodnym charakterze nurtu.

Oczywiście, iż wobec rozmaitego charakteru tych dwóch rodzajów odcinków, powinny być one różnie traktowane: o ile na progowcach konieczne są kapitalne roboty regulacyjne w celu uporządkowania i pogłębienia nurtu, o tyle na odcinkach głębszych najzupełniej wystarczą t. zw. roboty zapobiegawcze, uprzedzające wszelkie szkodliwsze podmycia brzegów.

Znany pogląd, iż Wisła należy do rzek błakających się, na podobieństwo rz. Amu-Darji, jest mylny i opiera się na faktach bądź niewstwierdzonych, bądź też zupełnie nieistniejących;<sup>2)</sup> do Wi-

śły w zaborze rosyjskim brano się bardzo niechętnie i byle powód wystarczał do odsunięcia jej uregulowania „ad calendas græcas”.

Mówiąc o Wiśle, należy koniecznie pamiętać jeszcze o jednym ważnym czynniku, wpływającym na tworzenie się łóżyska, mianowicie o wałach ochronnych, z którymi — niestety — bardzo wielu inżynierów wcale się nie liczy; jest to błąd bardzo poważny i w swych skutkach bardzo niebezpieczny; mamy np. jeden z najgorszych progowców „Kłoda” (432,5 km), który zawdzięcza swoje warunki prawie wyłącznie wadliwie poprowadzonym wałom; takich przykładów wymienić można wiele.

Typy progowców bywają bardzo rozmaite i regulacja ich obejmuje skasowanie ramion zbędnych, odpowiednie zwężenie i rozplanowanie zwykle zbyt szerokiego łóżyska, wytworzenie dla niego nowych stałych brzegów, łącznie z zawikleniem piasków. Nieumiejętna regulacja progowca może zaszkodzić sąsiadnym odcinkom, głębszym, natomiast przy znajomości rzeczy można temu zapobiec.

Z powyższego staje się jasnym, iż tak z powodów finansowych, jak i technicznych, wskazany jest wyłącznie system odcinkowy regulacji Wisły, a to tembardziej, iż zwalczając stopniowo trudności dla żeglugi na najgorszych progowcach całej rzeki, polepszamy z każdym rokiem warunki żeglowne drogi; regulacja zaś całkowita, prowadzona bądź z dołu, bądź z góry, da wymagane przez żeglugę udogodnienia zaledwo po skończeniu wszystkich zaprojektowanych robót, gdyż jeden niewykończony odcinek przeszkodzi ruchowi statków o zagłębieniu dopuszczalnym na uregulowanej części rzeki.

Na tem — między innymi — opiera się moje wcześniejsze<sup>3)</sup> twierdzenie, iż — przy stosowaniu proponowanego przeze mnie systemu regulacji Wisły, już po 7—8 latach ruch na tej rzece zmieni się do niepoznania.

Podstawową zasadą regulacji rzek wogóle powinno być unikanie zupełnego wyrównania głębokości, czyli innymi słowy — skasowania progowców, będących normalnym zjawiskiem w rzekach o dnie ruchomem i brzegach łatwo rozmywanych; należy zabiegać tylko o taką modyfikację progowca, która jest potrzebna żegludze; wobec tego trzeba tak regulować progowce, żeby nie zmieniać w stopniu znacznym ich spadku, gdyż przerzucenie tych spadków na sąsiednie odcinki może przyczynić się do nowych powikłań w tych miejscach,

<sup>\*)</sup> Artykuł niniejszy porusza sprawy, które w pewnej części stanowią materiał dyskusyjny. (Red.)

<sup>1)</sup> Na górnej roboty nie są zakończone.

<sup>2)</sup> Pogląd ten wypowiedział m. in. inż. Lochtin w swej pracy p. t. „O mechanizmie łóżyska rzek” 1897 r. Sprawę tę postaram się omówić obszerniej na innym miejscu.

<sup>3)</sup> W Nr. 6 Przeglądu Technicznego z r. 1927.

które przedtem nie nastęrczały żadnych trudności dla żeglugi. W ścisłym związku z tą zasadą pozostaje należyty wybór tych budowli, które podtrzymują i ograniczają trasę regulacyjną.

W literaturze hydrotechnicznej prowadzono długo zawzięte spory, jakimi budowlami należy posługiwać się przy regulacji rzek; temat to jednak zbyt obszerny dla niewielkiego artykułu i dlatego ograniczam się narazie do paru uwag.

Inżynier Ingarden, tak przy robotach na Wiśle górnej, jak i w ułożonym ostatnio projekcie uporządkowania Wisły środkowej, posługiwał się prawie wyłącznie tamami podłużnymi na obydwóch brzegach, stosując regulację całkowitą.

Władze niemieckie, regulując Wisłę dolną, zabudowywały również obydwie brzozy na całej długości, lecz stosowały przytem wyłącznie tamy poprzeczne, czyli półtamy; tak w jednym jak i w drugim wypadku wynik dla żeglugi był — z małemi wyjątkami — niezadawalający, gdyż trasowanie było mylne.

Osobiście jestem za systemem półtam, których działanie wypróbowałem na 45-ciu dużych progowcach rz. Don; szczególnie ważną zaletą półtam jest możność regulowania spadku za ich pomocą, co dla regulacji odcinkowej ma znaczenie pierwszorzędne; tej cechy są zupełnie pozbawione tamy podłużne, przy których staje się koniecznością właśnie regulacja całkowita, o wiele droższa niż odcinkowa, przedewszystkiem ze względu na zabudowę całej długości rzeki, a następnie z powodu większych kosztów budowy i konserwacji tam podłużnych w porównaniu z półtamami.

Należy również zwrócić baczną uwagę na szkodliwą rolę t. zw. „gorsetów”, czyli miejsc nadmiernie zwężonych na Wiśle: pod Dęblinem, Warszawą, Modlinem, Kurzebrakiem i t. d. Z przeszłością tą dotychczas wcale nie liczone się, a wszak na wielu odcinkach Wisły progowce zostały zamaskowane przez sztuczne zapiaszczenia, wywołane przez te właśnie „gorsety”; tę sprawę trzeba uporządkować przed rozpoczęciem regulacji.

Jeżeli zgodzić się na regulację odcinkową, to stanie się koniecznością możliwie wczesne wykonanie kanalizacji poniżej Krakowa do Dunajca, ewentualnie do Wisłoki, oraz wykończenie rozpoczętego już kanału Katowice — Kraków, którego budowa mogłaby zająć bardzo wielu bezrobotnych.

Nie obawiając się przesady, można śmiało twierdzić, iż gdyby ten kanał i kanalizacja już dziś były zakończone, to nawet przy nieuregulowanej Wiśle środkowej moglibyśmy, posługując się pomocą pogłębiarek, dostarczyć sporo taniego węgla Wisłą, wyzyskując w tym celu liczne jej powodzie.

W każdym razie, o ile sprawa Wisły nie będzie zarzucona, to powinniśmy przystąpić do budowy wskazanego kanału i kanalizacji jednocześnie z rozpoczęciem robót regulacyjnych.

Następnie jest bardzo ważne — mojem zdaniem — ustalenie właściwej roli pogłębiania mechanicznego w okresie robót kapitalnych na Wiśle. Jeżeli na Wołdze, mającej jedną powódź wiosenną, jest dopuszczalna rzekomo planowa akcja pogłębiarska, to na Wiśle, gdzie tych powodzi, unicestwiających wyniki poprzedniego pogłębiania,

bywa od kilku do kilkunastu w ciągu roku, samowystarczalność odpada bezwzględnie. Te właśnie liczne powodzie czynią koniecznym obwałowanie Wisły, czego również nie wymagają rzeki niziny rosyjskiej.

Narazie pogłębiarki powinny oczywiście ułatwiać ruch statków kursujących, lecz z chwilą rozpoczęcia robót kapitalnych całe pogłębianie powinno przejść pod zwierzchnie kierownictwo naczelników tych robót, gdyż oni muszą tak planować całość swoich czynności, żeby ruch na rzece nie ustawał, a przeciwnie — wznagał się z każdym rokiem, pogłębianie zaś stawało się coraz mniej potrzebne, ustępując stopniowo swoje zadanie działaniu automatycznemu samego prądu wody, należyście skierowanego przez budowle regulacyjne.

Wynik byłby idealny, gdyby jednocześnie z skończeniem regulacji Wisły, czyli po 15-tu mniej więcej latach od jej rozpoczęcia, pogłębianie okazało się zupełnie zbędne; w rzeczywistości pomoc pogłębiarek nie jest wykluczona i w okresie następnym, gdyż ostateczne wyniki regulacji uwydatnią się po pewnym czasie od chwili jej zakończenia; będzie to jednak pomoc skromna i w zupełnie innych warunkach; tak ujęta rola pogłębiania nadaje temu paljatywowi cechę nader pożytecznego współpracownika przy osiągnięciu wielkiego celu, jakim jest utworzenie z Wisły drogi wodnej, łączącej zagłębie węglowe z morzem; przy znacznem udoskonaleniu maszyn pogłębiarskich, stały się one nowym czynnikiem, pozwalającym nie tylko przyspieszać roboty regulacyjne, lecz i zmniejszać ich koszt.

Niestety, przystąpić odrazu do budowy drogi wodnej z Zagłębia przez Wisłę do Gdańska nie możemy, z braku opracowanych projektów, z wyjątkiem projektu kanału Katowice — Kraków, którego budowę już rozpoczęto; czy projekt ten jest najlepszem połączeniem zagłębia węglowego z Krakowem, czy jest on zbudany krytycznie we wszystkich szczegółach, o tem nie mogę sądzić, gdyż nie mogłem się z nim bliżej zapoznać.

Atoli zwróciła moją uwagę — w sprawozdaniu inż. Czerwińskiego z r. 1926 — projektowana głębokość tego kanału około 3 m przy zanurzeniu 600-t-go statku 1,8 m; oczywiście, taka głębokość nie będzie harmonizowała z oczekiwaniami głębokościami na Wiśle po jej uregulowaniu. Kanalizując i regulując Wisłę, powinniśmy otrzymać taką głębokość przy niskim stanie wody, która nadawałaby się do swobodnego kursowania 600-t-ych statków, racjonalnie skonstruowanych; ta głębokość na progowcach wyżej Bugu nie powinna przekraczać 1,5 m, przy niskiej wodzie, jeżeli nie chcemy powiększać kosztów regulacji do rozmiarów luksusowych. Zbudować statek odpowiadający głębokości na progowcach 1,5 m będzie nietrudno, a w takim razie pocóż mamy budować kanał o głębokości około 3 m. W tem się kryje jakieś nieporozumienie; wszak musimy dostosować ten kanał do Wisły, a nie odwrotnie.

Projekt kanalizacji Wisły, konieczny dla zestawienia z projektem kanału lateralnego od Krakowa do Dunajca, ewentualnie do Sanu, nie istnieje, — bez takiego zaś zestawienia — budowa kanału poniżej Krakowa będzie całkiem nieuzasadniona, a więc i niewskazana.

Wreszcie zapoznałem się nieco bliżej z najnowszym projektem regulacji Wisły Środkowej, ułożonym przez inż. Ingardena; autor stosuje regulację całkowitą na całej Wiśle środkowej i zabudowuje trasę na obydwóch brzegach tamami podłużnymi; mojem zdaniem, tak jedno, jak i drugie nie powinno być zaaprobowane z powodów wyżej przytoczonych; sama trasa, wykreślona jeszcze w r. 1924, jest o tyle nieracjonalna, że zastosowanie jej mogłoby zagrozić pomyślności wykonania regulacji, czego za wszelką cenę musimy uniknąć.

Jeżeli dodamy do tego, iż autor nie liczy się z wpływem wałów na utworzenie łożyska i właściwie nie porusza zupełnie tej ważnej strony regulacji Wisły, to musimy przyjść do wniosku, iż projekt ten należy przerobić.

Przytoczenie, iż ten projekt, jako generalny, może pozostać, a przy szczegółowym opracowaniu projektów poszczególnych części da się wprowadzić pewne poprawki, jest nie do przyjęcia, gdyż właśnie projekt generalny powinien posiadać wszystkie cechy projektu dobrego i służyć za podstawę projektów szczegółowych. Już same tylko wały ochronne wprowadzają do trudnej syntezy regulacyjnej tyle nowych elementów, wymagających bardzo rozważnej decyzji, iż projekt, nie liczący się z wałami, nie ma żadnej wartości.

Taki brak projektów, dobrze ułożonych i zatwierdzonych przez kompetentne grono fachowców, stanowi niewątpliwie ujemną stronę naszej dotychczasowej gospodarki wodnej i dał już wyniki ujemne, gdy chodziło o roboty nowe, jak również o konserwacyjne.

A więc zabiegi w celu utrzymania w całości wszystkich istniejących budowli prowadzą, często, przy braku poprawnych projektów, do wydatków zbędnych, konserwować powinniśmy tylko to, co należy zostawić przy rekonstrukcji trasy. Znane są wypadki, kiedy uszkodzenia budowli powtarzają się systematycznie wskutek wadliwego kierunku wału sąsiedniego; oczywiście, iż w pierw trzeba przebudować wał, zanim przystąpimy do remontu; uwagi te zmierzają nie do zaniechania remontu, lecz podkreślają tylko konieczne warunki prawidłowego prowadzenia tego rodzaju robót.

Gorzej przedstawia się sprawa nowych robót, wykonywanych od 1920 r. i pochłaniających rokrocznie miliony złotych; tu nie ustalono również, co trzeba regulować a co kanalizować, lub gdzie budować kanały; ostatnio nawet drogę Pińsk-Moślin uznaje się, jako wyłącznie wewnętrzną i rzekomo nieopłacającą się, za niewymagającą poważnego traktowania.

Skutkiem braku odpowiedniego planu ogólnego, przeprowadza się, naprz. na górnej Wiśle, powyżej Krakowa, zwężenie koryta do potrzeb średnio-niskiego stanu wody (215-dniowego), gdy zarazem zaczęto budowę kanału od Katowic do Krakowa. Atoli budowa dwu równoległych dróg wodnych poniżej ujścia Przemyszy byłaby wielkiem „embarras de richesse”. Poniżej Krakowa uzupełnia się braki w ujęciu wód średnich, bez względu na projektowaną kanalizację powyżej Dunajca; ponieważ sama kanalizacja rozwiązuje całkiem zadawalająco kwestję wymaganych przez żeglugę głębokości, to kanalizowany odcinek rzeki nie wy-

maga regulacji na średnią wodę, a tylko takiego umocowania brzegów i wąwozów, któreby zabezpieczało służy od zasypania piaskiem; taką regulację dodatkową, wymaganą przez kanalizację, wyznacza się przy układaniu projektu kanalizacyjnego.

Na Wiśle środkowej zbiera się wodę rzeki w jedno koryto, zabudowuje się zakola i wytwarza się stałe linie brzegów wraz z zawikleniem piasków; zadanie to można wykonać w sposób właściwy tylko pod warunkiem posiadania dobrego projektu, chociażby generalnego; z powyższego zaś wiemy, iż takiego projektu również narazie nie mamy.

Skutkiem tego mamy taką regulację, jak na progowcu Czerwińsk — Ślądów — Drwały, na którym łożysko wyprostowuje się, wbrew wadliwości tego systemu, wyraźnie ustalonej na Wiśle dolnej; mamy dalej takie umocowanie zakoli, jak pod Kolonją Nadwiślańską, Kępą Gostecką i inne, które to zakola przy należytem trasowaniu powinny być przetworzone na brzegi wypukłe. Mamy następnie wielką podłużną tamę na Bugaju pod Warszawą; tu kierunek brzegu lewego Wisły, między mostami Kierbedzia i kolejowemi, jest wyznaczony przez lewe przyczółki tych mostów, przy dopuszczalnym bardzo małym wykrzywieniu linii, łączącej te przyczółki. Małe światło tych trzech mostów (około 455 m zamiast co najmniej 650 m) jest powodem znacznego spiętrzenia wód wysokich, zapiaszczającego nadmiernie cały uregulowany odcinek Wisły pod Warszawą i w ten sposób pomniejszającego wynik stosunkowo udatnie wykonanej tu regulacji; co rok, po opadnięciu wody, jesteśmy świadkami przesuwania się pod Warszawą ogromnych ławic piasku, które, mówiąc nawiasem, przyczyniły się do mylnego zaliczenia Wisły do szeregu rzek błakających się.

Oczywiście, w takich warunkach jest niedopuszczalne zwężenie przekrojów pod temi mostami chociażby o 1 m<sup>2</sup>. Tymczasem poprowadzono tamę podłużną przez środek drugiego (od strony Warszawy) przęsła mostów kolejowych, czyli zmniejszono w znacznym stopniu ich światło i skierowano strugi wody ukośnie względem linii, łączącej lewe przyczółki trzech mostów; a ponieważ mosty kolejowe są zdwojone i długość dwóch symetrycznych filarów wraz z przedzielającą je przestrzenią wodną stanowi ściankę długości 44,55 m, to łatwo sobie wyobrazić skutek takiej tamy ukośnej przy pierwszym większym pochodzie lodów i wysokiej wodzie; zamiast płynnego kierunku strug w tak zwężonym profilu, poza zwiększonym oczywiście spiętrzeniem, będziemy mieli bardzo wydatne zaburzenia w ruchu masy wody, odbijające się ujemnie na odcinkach niżej i wyżej mostów.

Osobiście jestem zdania, iż w celu uniknięcia opisanych anomalii i bardzo możliwych w związku z nimi komplikacji jest wskazana niezwłoczna rozbiórka dolnej części tej tamy co najmniej na 150 m wyżej mostów.

Przykładów tych, których ilość mógłbym znacznie zwiększyć, wystarczy już do udowodnienia, iż bez dobrze przemyślanych projektów nic nowego nie należy budować na Wiśle.

# PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

## KOLEJNICTWO.

### Nowy parowóz rosyjski.

30 kwietnia r. b. ukończyły zakł. Putiłowskie w Lenin-gradzie budowę pierwszego parowozu rosyjskiego, typu 2—4—0 (t. zw. serji M), 3-cylindrowego, o nacisku na oś 18  $\frac{1}{8}$  t. Korby cylindrów są rozstawione pod kątem 120° pomiędzy sobą. Cylinder wewnętrzny (między ostojnicami) jest odlany ze stali i wyposażony w ogrzewek żeliwny; stanowi on zarazem połączenie międzyostojnicowe. Rozrząd pary wykonywa się zapomocą stawideł Walschaert'a, które posiada każdy cylinder, i suwaków Trofimowa.

Parowóz wyposażony jest w jeden tylko smoczek i podgrzewacz wody kombinowany (syst. zakł. Putiłowskich). Przegrzewacze mają być na niektórych parowozach ustroju Schmidt'a, na innych — Czusowa (dla porównania).

Zadanie stawiane parowozowi jest nast.: na wzniesieniu 10<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, z krzywymi o promieniu 600 m, ma być wieziony pociąg o ciężarze 700 t z szybkością 30 km/h. W r. b. wytwórnia ma zbudować 11 takich parowozów, wogóle zaś wykonać ma ich 100 po cenie 150 000 rubli.

Zasadnicze wymiary parowozu są nast.:

Sredn. cylindrów. . . . .	540 mm
Suw tloka . . . . .	700 "
Sredn. kół napędnych . . . . .	1720 "
" " I osi wózka . . . . .	1050 "
" " II " " . . . . .	1350 "
Ciśnienie rob. pary. . . . .	13 atn
Pole pow. ogrzewanej . . . . .	261 m <sup>2</sup>
" " przegrzewacza . . . . .	91,2 "
" rusztu. . . . .	6 "
Podstawa ogólna. . . . .	10680 mm
" sztywna . . . . .	3890 "
Nacisk osi I-ej wózka. . . . .	13 t
" " II-ej " " . . . . .	14 "
" " napędnych. . . . . po	18,125 t
Waga robocza parowozu. . . . .	103 t

Opisany parowóz jest najsilniejszą z posiadanych przez koleje rosyjskie lokomotyw osobowych. W opracowaniu konstrukcyjnym parowozu brał wybitny udział prof. Rajewski. Nie mógł jednak ukończyć prac nad tym parowozem, gdyż w r. 1925 zginął w czasie katastrofy, jaka się zdarzyła podczas badania nowej lokomotywy. (Zeleznodorożnoje Dielo, 1927, Nr. 3—4, str. 24).

## METALOZNAWSTWO.

### Gęstość pynnego surowca.

H. A. Schwartz podaje wzór na określenie gęstości pynnego surowca w temperaturze około 1450° C, zależnie od zawartości węgla i krzemu, mianowicie:

$$\rho = 7,16 - (0,1 \text{ Si} + 0,07 \text{ C}),$$

gdzie Si i C wyrażone są w % wagowych.

Spółczynnik rozszerzalności w granicach 1450—1375° C pozostawał ten sam, ciężar właściwy zmieniał się mniej więcej o 0,002 na jedną odsetkę węgla. Spółczynnik

rozszerzalności nie zależy od zawartości węgla, a krzem zmniejsza go nieco. (In d. and Eng. g. Chem. 1925, 647—649).

### O zastosowaniu przemysłowym stali nierdzewiących.

Już oddawna firma F. Krupp w Essen wyrabia ze stali nierdzewiącej szereg przedmiotów nie tylko o charakterze technologicznym, lecz i przedmiotów użytku domowego. Wyroby te nie ciemnieją wcale, leżąc na powietrzu.

Stal marki VM zawiera 13—14% Cr i nieco niklu; posiada prawie te same własności mechaniczne, co stal konstrukcyjna Cr—Ni.

Stal marki VA zawiera 18—25% Cr i bardzo mało niklu, jest nieco twardsza, jednak jeszcze magnetyczna. Stal marki V2A jest zupełnie nieczuła na rdzewienie i odporna na działanie wielu kwasów, tak mineralnych jak i organicznych. Ten gatunek stali jest wysoce plastyczny, nadaje się do wytłaczania, posiada dobre właściwości mechaniczne i znajduje szerokie zastosowanie przemysłowe.

Obecnie firma F. Krupp, oprócz zastosowania stali marki VA do pewnych części konstrukcyjnej mostowych, kolejowych, okrętowych, budowy maszyn, blachy falistej i t. p., używa tej stali do wyrobu syfonów do wody mineralnej, beczek do piwa (piwo eksportowe), przyczem piwo wcale nie traci swego smaku, na blaszanki do mleka, na blaszanki do konserw, dalej — na wszelkiego rodzaju naczynia stołowe i kuchenne (marka „chroman” i „nirosta”), naczynia do herbaty i kawy, sztuczne zęby i sztuczne szczęki.

Metal nierdzewiący (stop) „Wipla”, używany w technice dentystrycznej, obecnie zastępuje złoto i inne szlachetne metale, które dotychczas tam stosowano.

Pozatem ze stali tej wyrabiane są różne instrumenty medyczne i dentystryczne, ozdoby domowe, wyroby druciane, pily taśmowe, holendry (do fabryk papieru) i t. p. (Kruppsche Monatshefte, 1927, 103—106).

### Lekkie stopy odlewnicze w budowie okrętów.

Dawniejsze próby zastosowania lekkich stopów w okrętownictwie dawały wyniki ujemne, z powodu nieznamomości materiałów i niedostatecznej czystości składników, obecność bowiem niektórych pierwiastków jest szczególnie szkodliwa dla odporności glinu na działanie wody morskiej.

To dawne przeświadczenie o nieodporności stopów glinowych pokutuje do dziś i wobec tego trudno przekonać konstruktorów, że niektóre obecne stopy są zupełnie zadawalniające.

Zewnętrznym przyczynem dla konstruktorów okrętów do zainteresowania się ponownie lekkimi stopami stała się Konferencja Waszyngtońska, która określiła maksymalne tonnaże okrętów wojennych. Z tego powodu poszczególne admiralioje, dążąc do zwiększenia swych jednostek bojowych bez zwiększenia tonnażu, poddają rewizji te poglądy. Autor artykułu zwraca uwagę, że przy wyborze stopu należy się

	Al	Cu	Si	Zn	Fe	Mg	Mn	granica proporcjon.	minimum R	minimum A	twardość	odporność na korozję	kątowość odlewu	łatwość obróbki
Nr 1	96,5	1—1,5	0,50	ślady	0,5	ślady	0,7—2	2,4	12,6	8,0	40	3	4	3
Nr 2	92,5	0,6	4,5—6	0,20	1,0	„	0,2	2,1	11,2	3,5	35	1	1	1
Nr 3	84,0	0,6	11—14	0,20	0,8	„	0,7	4,2	17,5	8,0	45	2	2	2
Nr 4*)	94,5	3,5—4,6	1,10**)	0,25	0,75	0,3	ślady	10,5	21,1	4,0	80	4	3	3

\*) Stop Nr. 4 w stanie termicznie ulepszonym. Skład stopu Nr. 4 podany w artykule jako stop „Y”, o składzie 3,5—4,5% Cu, 2% Ni i 1,5% Mg, nie zgadza się z danymi tabeli.

\*\*) Ilość krzemu winna być co najmniej o 25% większa niż żelaza.

kierować warunkami pracy danej części i używać stopów więcej odpornych na działanie wody morskiej na części narażone na ewentualny z nią kontakt, oraz na możliwość używania innych stopów na części znajdujące się np. w maszynowniach i będące w kontakcie z oliwą.

W tabeli podanej na str. 636 są zebrane dane, dotyczące obecnych stopów odlewniczych, które autor uważa za możliwe stosować do budowy okrętów.

Dla uodpornienia tych stopów na działanie wody morskiej, można stosować malowanie, jak to się czyni z odlewami żeliwnymi, należy tylko wybrać odpowiednie środki.

Na specjalną uwagę zasługuje elektrolityczne utlenianie anodowe, które wytwarza bardzo ściśle przylegającą i trwałą blonkę tlenku glinowego. Najlepiej poddaje się tej operacji glin, potem stopy glinowo-krzemowe, a najtrudniej właśnie te stopy, które są najmniej odporne, a więc zawierające miedź.\*) (Mortimer, The Engineer, styczeń 1927, The Metallurgist, str. 2—6).

**Wpływ temperatury, czasu i szybkości ochładzania na fizyczne właściwości stali węglistej (0,75% C)**

Przeciętna szybkość ochładzania °C/sek od 750° do 585°	Czas ogrzewania godz.	Granica proporcjonalności kg/mm <sup>2</sup>	Granica plastyczności kg/mm <sup>2</sup>	Wytrzymałość kg/mm <sup>2</sup>	Wydłużenie %	Przewężenie %	Zwiężłość m/kg/cm <sup>2</sup>	Twardość Brinell'a kg/mm <sup>2</sup>
0,00667	0,20	28,1	28,3	63,0	19,0	35,0	0,256	180
0,00892	1,00	27,4	27,8	66,5	20,0	30,0	0,211	187
0,00718	2,00	28,8	29,4	60,8	21,0	30,0	0,276	174
0,05358	0,20	30,8	30,9	68,4	21,0	37,0	0,377	192
0,05136	1,00	29,7	30,7	70,3	19,5	33,0	0,276	194
0,05437	2,00	28,8	29,5	70,8	18,5	30,0	0,259	204
0,52201	0,2	35,5	35,8	77,2	19,0	35,0	0,424	212
0,50604	1,0	35,1	36,3	79,4	17,0	30,0	0,316	219
0,53205	2,0	33,0	33,3	78,4	15,0	29,0	0,292	223
0,75113	0,2	33,7	34,0	76,2	18,0	35,0	0,500	209
0,73451	1,0	39,4	40,0	81,7	17,0	32,0	0,299	223
0,85120	2,0	38,3	38,5	81,7	14,0	31,0	0,299	213
1,09201	0,2	33,0	35,1	77,5	16,0	29,0	0,408	219
1,0667	1,0	37,5	38,1	81,7	15,0	34,1	0,263	235
1,08496	2,0	40,1	40,7	87,0	17,0	29,0	0,410	245

Tylko mniejsza od 1°/sek szybkość ochładzania daje wyraźną budowę perlityczną, przy większych zaś szybkościach otrzymujemy budowę kulkową (cementyt kulkowy). Najlepsze własności mechaniczne daje szybkość ochładzania około 0,75°/sek (bezpośrednio na powietrzu).

Stosunek między t-rą hartowania, t-rą odpuszczania, t. j. warunkami ulepszania termicznego dla teje stali, a zwiężłością określony został przez tychże autorów w sposób następujący:

temperatura hartowania	t-ra odpuszczania	Zwiężłość m/kg/cm <sup>2</sup>
845	450	1,18
845	675	1,86
975	450	1,55
975	675	3,61
1040	450	1,49
1040	675	3,53

(F. B. Foley, C. Y. Clayton i W. E. Remmers, Trans. Am. Inst. Min. and Metal. Eng. 1926).

\*) O procesach ochrony glinu od korozji sprawozdawca poda w bliższej przyszłości bardziej wyczerpujące dane.

**Zdolność do odkształceń na gorąco różnych stali stopowych.**

Zachowanie się stali stopowych wobec odkształceń na gorąco, nie jest dotychczas dobrze znane, a ocena tej zdolności odbywa się obecnie na podstawie obserwacji z praktyki lub wprost na oko. Brak wiadomości o wielkości oporu materiałów przeciw odkształceniom, a również niewiadomy jest wpływ szybkości, z którą zachodzą odkształcenia w technicznych warunkach pracy. Badania w temperaturach pokojowych są niewystarczające. Dodatkowymi czynnikami, których poznanie jest konieczne w celu określenia zdolności materiału do odkształceń na gorąco, są szybkość umocnienia i stopień rekrytalizacji w tych warunkach temperatury, w których odbywa się odkształcenie. Niektóre metale (naprz. ołów) posiadają wysoką szybkość rekrytalizacji już w temperaturach pokojowych i wtedy zmiana szybkości badania doprowadza do różnic 26%; dla stali podobne zjawiska zachodzą w wyższych temperaturach, a mianowicie w temperaturze 800°, przy normalnej szybkości rzczywania (1 min), wytrzymałość 12%-wej stali chromowej wynosi 15,2 kg/mm<sup>2</sup>, a przy trwaniu procesu rozrywania 10 min — 9,5 kg/mm<sup>2</sup>; wysokostopowa stal Cr—Ni—W w warunkach normalnego biegu procesu rozrywania wykazała w tej samej temperaturze 800° wytrzymałość 47,2 kg/mm<sup>2</sup>, a przy trwaniu procesu obciążenia 25 min — 22 kg/mm<sup>2</sup>, t. j. 40% normalnej wartości.

E. Houdremont i H. Kallen trafnie zaproponowali, aby ze wzoru  $Kf = \frac{P}{f}$ , gdzie  $Kf$  opór przeciwko odkształceniu,

równy stosunkowi maksymalnej siły rozrywającej do przekroju, to znaczy kg/mm<sup>2</sup>, lub mkg/mm<sup>2</sup> (praca zginania do objętości przesuniętej) przy korzystaniu z prób dynamicznych. W ten sposób dla scharakteryzowania zachowania się stali w wysokich temperaturach konieczne są: 1) badanie statyczne dla określenia stopnia płynności stali (Kriechgrenze) i 2) badanie dynamiczne z uwzględnieniem szybkości odkształcenia. Zginanie na gorąco pozwala ująć inne warunki, istniejące w praktyce. (S. t. u. E. 1927, 826—830).

**TECHNIKA SANITARNA.**

**Oczyszczanie wód ściekowych zapomocą osadu aktywnego.**

Wśród nowości, jakie się pojawiły w ostatnich dwudziestu latach w dziedzinie oczyszczania ścieków, na wyróżnienie zasługuje oczyszczanie zapomocą „osadu aktywnego”.

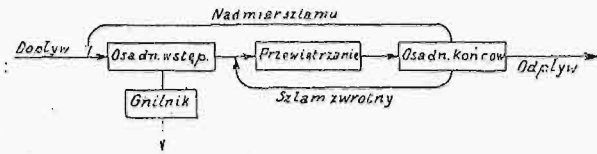
Sposób ten, wynaleziony w r. 1912 przez Clark'a w Bostonie, wprowadził do praktyki w 1913 r. Fowler w Manchester. Największe rozpowszechnienie znalazła nowa metoda w Ameryce i Anglii, gdzie ją stosują w dużych miastach, zarzucając dawniejsze urządzenia oczyszczające wody kanałowe. W Niemczech pierwszy większy zakład tego rodzaju otwarto niedawno w Esen-Rellingen dla 45 000 mieszkańców.

Zasada oczyszczania ścieków osadem (szlamem) aktywnym (czynnym, nazywanym w Niemczech „ożywym”) jest następująca. Jeżeli przez świeże wody ściekowe, zawierające koloidy, przepuszczać dłuższy czas powietrze, to koloidy i drobne zawiesiny zbijają się w kłaczkę, które w spokoju osadzają się w postaci „szlamu kłaczkowatego”. Na własności tego szlamu kłaczkowatego, że po dodaniu go w odpowiednim stosunku do nowych świeżych ścieków kanałowych wywołuje się prędsze i intensywniejsze wydzielanie z nich osadów, polega sprawa oczyszczania szlamem aktywnym.

Przebieg procesu oczyszczania przedstawia poniższy szkic (rys. 1).

Wody ściekowe przepływają naprzód przez osadniki wstępnie klarujące, dalej przechodzą do zbiorników przewietrzanych — najgłówniejszej części składowej, i wreszcie do osadników końcowych.

Do oczyszczania wstępnego są najodpowiedniejsze osadniki lub studnie klarujące, wydzielające przeciętnie 60% szlamu zawartego w ściekach. Tak sklarowane ścieki miesza się następnie w zbiornikach przewietrzanych z aktywnym szlamiem kłaczkowatym z końcowych osadników.



Rys. 1.

Sprawy najlepszego sposobu doprowadzania powietrza, który jednocześnie powinien być możliwie tani, nie można uważać dotychczas za ukończoną. Spotykamy dwa sposoby rozwiązania. W jednym z nich stosuje się dmuchawki lub płyty porowate umieszczone na dnie, przez które powietrze wciąga się do wody, przez co powietrze nadzwyczaj silnie miesza się ze ściekami. Drugi sposób opiera się na ruchu mechanicznym. Zdaje się, że najlepsze wyniki otrzyma się przez połączenie obydwóch sposobów. W każdym razie należy uważać, żeby ścieki, przepływając przez ten zbiornik, nie osadzały w nim szlamu, wskutek czego mogłoby nastąpić zatkanie dopływu powietrza, a wtenczas działanie całego urządzenia byłoby wątpliwe.

Jako następstwo ścisłego zetknięcia się szlamu kłaczkowatego, zawierającego w obfitości bakterie, z drobnymi zawiesinami i koloidami wstępnie sklarowanych ścieków, powstaje działanie oczyszczające, które częściowo polega na absorpcji (pochłanianiu), częściowo jest działaniem biologicznym.

Ze zbiorników przewietrzanych mieszanina oczyszczonych ścieków i szlamu aktywnego przechodzi do osadników końcowych, w których szlam osadza się na dnie. W Ameryce osadniki końcowe mają dno płaskie, poziome, w Anglii po większej części są w kształcie lejów z 60% wem pochYLENIEM dna.

Z wydzielonego w osadnikach końcowych szlamu, który wskutek wysokiej zawartości wody w szlamie aktywnym (98 do 99%) zajmuje objętość  $\frac{1}{3}$  ilości oczyszczanych ścieków, zaledwie  $\frac{1}{4}$  do  $\frac{1}{5}$  część zużywa się do działania w zbiornikach przewietrzanych, jako t. zw. szlam zwrotny. Pozostała większa część, t. zw. nadmiar szlamu, w Ameryce wysusza się sztucznie, co pociąga za sobą znaczne koszty, i sprzedaje się jako środek nawozowy, w Anglii wywożą ten szlam na zarzucone pola irygacyjne, w Niemczech próbują przez biologiczne gnicie otrzymywać zeń gaz oświetlający, a odgazowany i przegniły szlam używać do celów gospodarstwa rolnego.

Podług doświadczeń w Milwaukee, wskutek stosowania szlamu aktywnego do oczyszczania ścieków osiąga się:

1. zmniejszenie zawartości bakterij w ściekach o 90% (pozostałe można zniszczyć zapomocą chlorowania gazowego).

2. zmniejszenie zawiesin łącznie z koloidami o 95%.

Odpływy z podobnych zakładów w zwykłych warunkach są bezwonne, zupełnie przezroczyste i zawierają bardzo mało zawiesin — 5—20 mg/l, gdy np. surowa woda wiślana posiada ich 40—200 mg/l.

Koszt urządzenia oczyszczania ścieków zapomocą szlamu aktywnego wynosi  $\frac{2}{3}$  kosztów urządzenia filtrów

oksydacyjnych, biologicznych, koszty eksploatacyjne wypadają w obydwu razach jednakowe. Powierzchnia potrzebna do założenia oczyszczania szlamiem aktywnym wynosi zaledwie  $\frac{1}{3}$  powierzchni potrzebnej dla filtrów biologicznych. Przy tym nowym sposobie oczyszczania unika się plagi much, dającej się we znaki przy stosowaniu filtrów biologicznych. (G e s. I n g., 1927).

L. G.

## RÓŻNE.

### Nowy materiał przezroczysty, pollopas.

Od roku prawie czasopisma zagraniczne zamieszczają krótkie wzmianki o nowym materiale podobnym do szkła, który jest jednakże giętki i odznacza się wieloma in. cennymi własnościami. Materiał ten zdaje się być wynaleziony przez Austriaków, d-ra Fritza Pollaka i d-ra Pippera. Wytwarza się go z karbamidu i formaldehydu, należy więc do szeregu produktów kondensacji. Produkt ten nie rozpuszcza się w wodzie, twardość jego jest mniejsza niż szkła, może być obrabiany mechanicznie (wiercony, toczone i t. d.), wytrawiany, zabarwiany. Jest on odporny na działanie temperatury do 280° C, powyżej zaś ulega zwęglaniu. Na działanie kwasów pollopas jest również b. odporny. Jego cięż. właśc. jest bliski połowy c. wł. szkła, wreszcie charakterystyczną jego cechą jest to, że odznacza się dużą przepuszczalnością promieni pozafioletowych. Okoliczność ta czyni nowy materiał szczególnie wskazanym do użycia do wyrobu szyb w lecznicach i szpitalach. Ze względu na jego giętkość, nadaje się pollopas również do wyrobu szyb samochodowych. Nadto niska temperatura, w której się go wytwarza, pozwala na łatwiejsze zabarwienie go niż szkła, które ze względu na wysoką temperaturę wytapiania nie daje możliwości użycia wielu barwników.

Pewna modyfikacja w wyrobie pollopasu czyni zeń materiał nadający się do lakierowania, inna — do zmiękczenia włókien bawełny, słomy i t. p. materiałów. Wreszcie zastosowanie roztworu pollopasu do farbowania materiałów włóknistych dawać ma bardzo ładne efekty. (D i n g l. P o l y t. J o u r n. t. 341, str. 168—169).

## Kronika.

### Kongres Międzynarodowy Badania Materiałów.

Kongresy międzynarodowe badania materiałów technicznych, które się odbywały przed wojną co 3 lata i zebrały ogromnie obfite materiały w licznych pracach z tej dziedziny, mają być obecnie wznowione.

W r. b. ma się więc odbyć pierwszy po wojnie Kongres badania materiałów, w Amsterdamie, w dn. 13 — 17 września. Bliższe szczegóły o tym Zjeździe podamy później, obecnie zaś zaznaczymy, że referaty na Kongres zostały już zgłoszone z 20-tu różnych państw.

Wkrótce po wspomnianym Kongresie ma się odbyć Zjazd Inż. niemieckich w Berlinie, poświęcony również zagadnieniom materiałoznawstwa.

### Elektryczność w górnictwie.

(Sprostowanie).

W artykule p. inż. J. Obrąpalskiego o tytule powyższym (zeszyt 21, str. 493) wkradły się omyłki do tabeli, podającej stan elektryfikacji naszego zagłębia węglowego, które należy sprostować, jak nast.:

Moc pomp parowych w rubr. razem pow. być	42 621 KM
" sprężarek . . . . .	81 033 "
" " elektr. . . . .	46 524 " (36%)
" innych maszyn o nap. parowym . . . . .	35 593 KM.
Sumy zaś w tej rubryce pow. być:	
łączna moc maszyn o napędzie par.	253 474 KM
" " " " " elektr.	405 162 "
% elektryfikowania . . . . .	61,5%
Nadto w Zagłębiu Krakowskiem moc in. maszyn (par.) pow. być . . . . .	852 KM
i moc sumaryczna maszyn o napędzie parowym	17 521 "