

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Obliczanie wałów na wytrzymałość złożoną, nap. Inż. E. Hauswald, Profesor Politechniki Lwowskiej.  
 Racjonalizacja gospodarki energetycznej w hutnictwie, nap. Inż. Z. Warszawski.  
 Eksport węgla drogą morską, nap. Inż. T. Tillinger.  
 Przegląd pism technicznych.  
 Wiadomości Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

SOMMAIRE:

Sus de calcul des arbres à la résistance complexe, par M. E. Hauswald, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Lwów.  
 Rationalisation de l'utilisation de la chaleur dans les usines métallurgiques, par M. Z. Warszawski, Ingénieur-mécanicien.  
 L'exportation du charbon par voie navigable en Pologne, par M. T. Tillinger, Ingénieur.  
 Revue documentaire.  
 Bulletin du Comité Polonais de Standardisation.

## Obliczanie wałów na wytrzymałość złożoną\*).

Napisał Inż. E. Hauswald, Profesor Politechniki Lwowskiej.

Wały różnego rodzaju, narażone w niektórych przekrojach na zginanie i skręcanie, obliczano dotychczas przeważnie według wzoru (1) na tak zwany moment idealny  $M$ , zastępujący do celu obliczenia działanie momentu zginającego  $M$  i skręcającego  $M_0$ . Wzór ten opiera się na przypuszczeniu, że o „wytężeniu” materiału rozstrzyga największe wydłużenie.

$$M = 0,35 M + 0,65 \sqrt{M^2 + M_0^2} \quad (1)$$

W celu ułatwienia użycia tego wzoru, ułożono osobne tabele i wykresy, które zawierają niektóre podreżniki techniczne, jak np. „Hütte”, 25 wydanie, I, 652; Dubbel „Taschenbuch”, „Mechanik” i t. p.

Do ujęcia danej funkcji w dogodny wykres, wzięto stosunek momentu skręcania do momentu zginania

$$\varphi = \frac{M_0}{M} \quad (2)$$

i stosunek

$$M_i/M = \xi = i = 0,35 + 0,65 \sqrt{1 + \varphi^2} \quad (3)$$

Aby nadto uwzględnić brak jednorodności, czyli izotropji w zachowaniu się materiałów konstrukcyjnych, wprowadził prof. Bach t. zw. *stosunek nateżeń* (Anstrengungsverhältnis)

$$\alpha_0 = \frac{k}{\frac{m+1}{m} \cdot k_0} \quad \text{albo: } \alpha = \frac{k}{1,3+k_0} \quad (4)$$

który był powszechnie w użyciu, mimo sprzeciwu wielu znawców teorii wytrzymałości. Naprężenie dopuszczalne na skręcanie oznacza tu  $k_0$ .

Trochę niedogodny w życiu wzór (1) dawał w praktyce wyniki bezpieczne i zadowalające, chociaż badania teoretyczne i doświadczalne wykazały jego zasadnicze braki, które prawdopodobnie dlatego nie dawały się odczuwać, że używane w technice naprężenia dopuszczalne były zawsze znacznie niższe od granicy plastyczności i z łatwością pokryć mogły niedokładności założeń wzoru.

Około roku 1900 wykonał w tym dziale poważ-

ne doświadczenia Guest i doszedł do wyniku, że w zakresie naprężeń dopuszczalnych, utartych w technice, lepszy będzie prostszy wzór:

$$M_w = \sqrt{M^2 + M_0^2} \quad (5)$$

odpowiadający innemu pogładowi na wytężenie, mianowicie hipotezie „największego naprężenia stycznego”. Wzór ten ma tę zaletę, że daje wielkość identyczną z momentem wypadkowym, który powstaje wprost z wykreślnego złożenia momentów zginania i skręcania wedle zasad równoległoboku momentów, o czym już pisałem w roku 1918 (Hauswald „Przestrzenne diagramy momentów”). Natomiast wadą jego jest, że daje zawsze o wiele wyższe wartości na moment zastępczy, będący tu zarazem momentem wypadkowym, niż wzór (1), a nowsze badania doświadczalne Rosza i Eichingera w Zurychu dały nieco odmienne wyniki niż doświadczenia Guesta i poparły nowsze wzory, polegające głównie na hipotezie o wpływie największej „pracy odkształcenia postaciowego”, o której prof. M. Huber pisał już w roku 1914, niedawno zaś w „Przeglądzie Technicznym” z r. 1928.

Sprawa zadowalającego i poprawnego rozwiązania zagadnienia nateżenia wypadkowego na obciążenie złożone rozwijała się w ciągu 25 lat w kilku stopniach. I tak polecano w swoim czasie wzór

$$M_r = a \sqrt{M^2 + M_0^2}, \quad \text{gdzie } a < 1 \quad (6)$$

Wkrótce potem prof. M. Huber przedstawił w lwowskim „Towarzystwie Politechnicznym” wspomnianą wyżej hipotezę o wpływie pracy odkształcenia postaciowego i oparty na niej związek dla naprężenia zredukowanego lub zastępczego, które oznaczymy przez  $s$ , naprężenia składowego  $\sigma$  od zginania i  $\tau$  pochodzącego od skręcania, przyczem liczba Poissona dla żelaza zlewne- go i miękkiej stali  $m = 10/3$ :

$$s^2 = \sigma^2 + 2 \frac{m+1}{m} \tau^2 \quad (7)$$

$$s^2 = \sigma^2 + 2,6 \tau^2 \quad (8)$$

Z tych wzorów możemy przejść do związku między momentami:

$$M_r = \sqrt{M^2 + 0,65 M_0^2} = \sqrt{M^2 + (0,8 M)^2} \quad (9)$$

Dalsze dostosowanie tej hipotezy do wyników

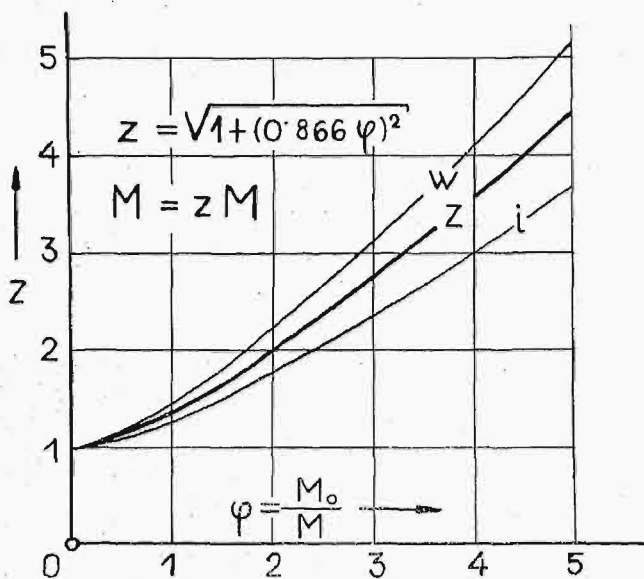
\*) Referat wygłoszony na 3-m Zjeździe Inż. Mechaników Polskich w marcu. r. b.

otrzymanych z ostatnich pomiarów doprowadziło do zastąpienia mnożnika 0,65 liczbą  $c = 3/4$  i  $\sqrt[3]{c} = 0,866$ , wobec czego zredukowany albo zastępczy moment zginający

$$M_z = \sqrt{M^2 + c M_o^2} = \sqrt{M^2 + \sqrt[3]{1/4} M_o^2} = \sqrt{M^2 + (0,866 M_o)^2} \dots (10)$$

Podana na końcu forma nadaje się do przedstawienia funkcji wykreslinie (rys. 1).

Pomiary Rosza i Eichingera w roku 1927 dały nadto wartość na liczbę  $m$ , różniącą się dziwnie od tego, co dotąd uznawano za pewne. Zamiast bowiem  $m = 3,3$  do  $3,4$ , zauważono tam  $m' = 2$ . Tak wielką różnicę trudno zrozumieć, chyba że po-



Rys. 1.

miary odbywały się w innym niż zwykle zakresie, np. blisko granicy plastyczności, przy krótej materjał jest nieco rozgrzany i jakby płynny. Stwierdzono bowiem dawniej, że żelazo zlewne ma przy wysokiej temperaturze, blisko stanu topnienia,  $m = 2$ .

**Porównanie wzorów.**

Wszystkie dotychczas omówione wzory odnoszą się tylko przekrojów kołowych lub rurowych. Porównanie wzorów na momenty zastępcze drogą czysto rachunkową, czyli analityczną, pokazuje nam, że przy wszystkich kombinacjach momentów  $M$  i  $M_o$  najmniejsze wartości na moment zastępczy daje wzór (1), najmniejsze wzór (5) a pośrednie wartości wzór (10).

Przyjęcie w praktyce technicznej wzoru (10) w miejsce wzoru na moment idealny  $M$  zależy przede wszystkim od przekonania się konstruktorów o tem, że wyniki nowego sposobu obliczania nie naruszają przy żadnej możliwej kombinacji momentów podstawowych wymogów bezpieczeństwa ani też ekonomji materjału. Wobec właściwego konstruktorom poczucia odpowiedzialności za następstwa każdego kroku, najbardziej pomocnym będzie wykresline zbadanie funkcji (10) w całym zakresie możliwych w praktyce zastosowań, aby się przekonać, że dany wzór nie kryje w sobie żadnych niespodzianek i wogóle niewiele się odchyła od tego,

co się dotąd okazywało dość pewnem i ekonomicznem.

Wykres 1 przedstawia wzrastanie momentów zastępczych, obliczonych według trzech tu omawianych wzorów dla stosunków  $\varphi = \left(\frac{M_o}{M}\right)$ , w zakresie od  $M = 0$  aż do  $5 M$ .

Na osi  $X$  odcina się stosunki momentów; na osi  $Y$ , w dowolnie obranej skali, — wartości stosunków  $\frac{M_z}{M}$  = momentu zastępczego / momentu gnącego, które mają następujące formy:

a) dla momentu idealnego stosunek ten oznaczamy literą

$$i = \frac{M_i}{M} = 0,35 + 0,65 \sqrt{1 + \varphi^2} \dots (12)$$

b) dla momentu zastępczego, według wzoru 10, ze znakiem  $z$ :

$$z = \sqrt{1 + c\varphi^2}, \dots (13)$$

c) dla momentu wypadkowego, według wzoru (1), ze znakiem  $w$ ,

$$w = \sqrt{1 + \varphi^2} \dots (14)$$

Powyższe wielkości stanowią potem mnożniki, któremi mnoży się dany moment gnący  $M$ , aby otrzymać odpowiedni moment zredukowany. Wartości mnożników  $i$  podane są w podręczniku „Hütte” i „Dubbla”, oraz zapomocą krzywej ( $i$ ) na wykresie 1; wielkości mnożników  $z$  i  $w$  można otrzymać rachunkowo, albo też zapomocą prostej konstrukcji geometrycznej, opisanej później przy rysunku 2.

Wszystkie krzywe wychodzą z jednego punktu początkowego na rzędnej  $y_o = 1$ , poczem się rozchodzą. Krzywa ( $z$ ) leży, jak widać, między linjami ( $i$ ) oraz ( $w$ ), daje więc wartości średniej wielkości, nieco większe od liczonych według momentu idealnego.

Postępowanie praktyczne jest następujące. Dane są momenty  $M = 40000 \text{ kgcm}$  i  $M_o = 60000 \text{ kgcm}$ ; obliczamy stosunek  $\varphi = \frac{M_o}{M} = \frac{60000}{40000} = 1,5$ . Na wykresie odczytujemy dla powyższego stosunku wysokość rzędnej  $z = 1,63$  i obliczamy moment zastępczy

$$M_z = z \cdot M = 1,63 \cdot 40000 = 65200 \text{ kgcm.}$$

Moment ten ma cechę momentu zginającego, wobec czego mamy:

$$M_z = W k = \frac{\pi d^3}{32} \cdot k \approx \frac{d^3}{10} k, \dots (15)$$

z czego wyznaczamy średnicę wału.

Różnic odsetkowych między wartościami  $i$  oraz  $z$  nie podaję, dlatego że konstruktorom potrzebne są raczej odchyłki w wielkościach średnic, które przedstawia rys. 4. Wielkości te zmieniają się oczywiście w mniejszym stopniu, gdyż zależą od  $\sqrt[3]{i}$ , względnie  $\sqrt[3]{z}$ .

**Wykresline oznaczenie krzywej (z), rys. 2.**

Jeżeli równanie (10) przeobrażymy do celów geometrycznego przedstawienia, otrzymamy

$$z = \sqrt{1 + \left(0,866 \frac{M_o}{M}\right)^2} = \sqrt{1 + (0,866 \varphi)^2},$$

gdzie 0,866 jest równe  $\sqrt[3]{1/4}$ .

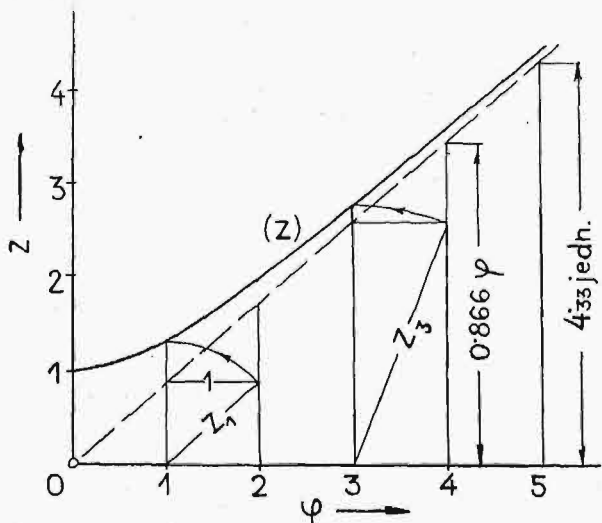


Wielkość  $z$  jest przeciwprostokątną trójkąta, którego przyprostokątnymi są wielkości 1 i 0,866 .

Ażeby otrzymać drugi składnik, odcinamy rzędną dla  $\varphi = 5$  długość  $(0,866 \cdot 5) = 4,33$  jednostek, podanych na osi poziomej. W takim razie prosta łącząca punkt  $O$  z punktem  $y = 4,33$  odcina na każdej rzędnej długość  $(0,866 \varphi)$  i jest zarazem asymptotą hyperboli  $(z)$ . Prostopadle do rzędnych, a na danym rysunku poziomo, dodajemy odcinek  $z_1 = 1$ , prowadzimy przeciwprostokątnie i obracamy ją na pionową poprowadzoną w punkcie, odpowiadającym danej wartości stosunku  $\varphi$ .

**Wykres naprężeń składowych i zastępczych.**

Wzory wyprowadzone z różnych hipotez o wyteżeniu nie uwzględniają różnorodnych typów obciążeń, oznaczonych w znanej tabeli naprężeń dopuszczalnych symbolami I, II, III, a w podręczniku Bacha literami  $a, b, c$ , lecz polegają na cichem założeniu kierunkowej jednorodności materiałów i jednego tylko typu obciążenia, zarówno na zginanie, jak na skręcanie. Zadowolając się chwilowo stwierdzeniem tego stanu rzeczy, zbadamy teraz zajmującą dla konstruktora kwestję, w jaki sposób możnaby sobie wyobrazić lub „odwzorować” zmienną grę naprężeń składowych według podanych poprzednio wzorów.



Rys. 2.

Ograniczając rozpatrywanie do wzorów na  $\bar{M}_z$  i  $M_w$ , możemy je tak przeobrazić, aby otrzymać związki między naprężeniami składowymi  $\sigma$  (na zginanie),  $\tau$  (na ścinanie) i całkowitem naprężeniem zastępczym  $s$ , które powinno pozostać w granicach naprężenia dopuszczalnego  $k$ .

Zważywszy że wszystkie momenty we wzorach 5 i 10 odnoszą się do tego samego przekroju, którego moduł oporu (moment wytrzymałości) jest  $W = \frac{\pi}{32} d^3$  przy zginaniu,

$$a \ W_0 = \frac{\pi}{16} d^3 = 2 \ W \ \text{przy skręcaniu, podsta-}$$

wiamy:

$$M_w = Ws; \ M = W\sigma; \ M_0 = W_0\tau = 2 \ W\tau \ . \ . \ (16)$$

i otrzymujemy dla hipotezy Guesta, czyli naprężenia „wypadkowego”:

$$s_w^2 = \sigma^2 + (2\tau)^2, \ . \ . \ . \ . \ . \ (17)$$

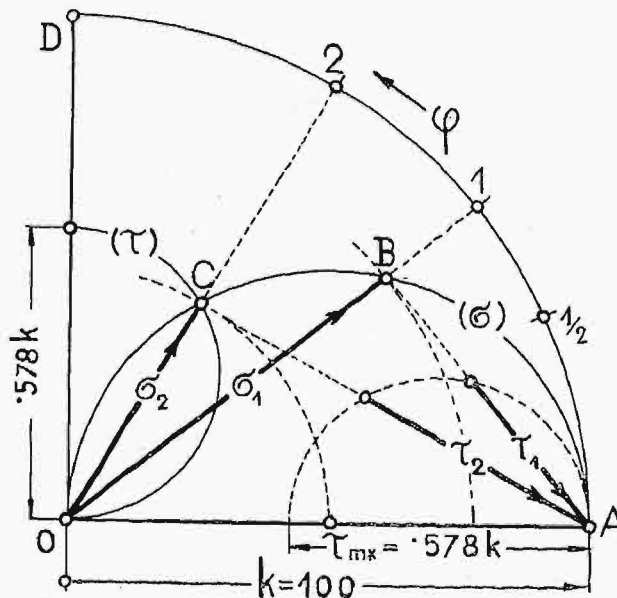
a dla momentu zredukowanego czyli „zastępczego”:

$$s^2 = \sigma^2 + c(2\tau)^2 = \sigma^2 + \frac{3}{4}(2\tau)^2,$$

$$s^2 = \sigma^2 + 3\tau^2 \ . \ . \ . \ . \ . \ (18)$$

Kombinację naprężeń według wzoru (17) pokazaliśmy wykresnie w pracy o „Przestrzennych diagramach momentów” z r. 1918. Obecnie ograniczę wykres 3 do przedstawienia funkcji (18).

W tym celu przyjmujemy  $s$ , będące zwykle równe naprężeniu dopuszczalnemu  $k$ , jako promień o długości równej 100 jednostkom, kreślimy kwadrant koła i na jego obwodzie odcinamy od prawej do lewej skalę dla stosunków  $\varphi$ , przy pomocy prostej podziałki pionowej. Następnie wpisujemy półkole  $(\sigma)$  na promieniu  $s$  jako średnicy i drugie koło  $(\tau)$  o średnicy 0,578  $s$ , która przedstawia maksimum naprężenia ścinającego  $\tau$ . Jeżeli dla danego stosunku  $\varphi$  pociągniemy w tym wykresie promień przecinający koło  $(\sigma)$  w punkcie  $B$ , to długość  $OB$  przedstawia wielkość  $\sigma$ , a prostopadle do niej poprowadzona prosta  $BA$  — wielkość przynależnego naprężenia zredukowanego  $\tau' = \tau \sqrt{3} = 1,732\tau$ . Półkole  $(\tau)$  można nadto narysować przy pionowej,



Rys. 3.

poprowadzonej w punkcie  $O$ . Podziałkę dla stosunków  $\varphi$  oblicza się przy pomocy tabeli I.

Użycie wykresu jest proste. Mając dany stosunek  $\varphi$ , np.  $\varphi_1 = 1$ , prowadzimy ze środka  $O$  promień  $OI$ , przecinający koło  $(\sigma)$  w punkcie  $B$ , który łączymy także z punktem  $A$ . Wówczas  $OB = \sigma_1$ ;  $BA = \tau'_1 = 1,73\tau_1$ . Część odcinka, zawarta w kole  $(\tau)$ , przedstawia wprost naprężenie ścinające (styczne)  $\tau$ , bez czynnika 1,73.

Podobnie przynależą do siebie, przy wartości stosunku  $\varphi = 2$ , naprężenia  $\sigma_2 = OC$ ;  $\tau'_2 = CA$ , podczas gdy cała długość  $O2$  przedstawia naprężenie złożone  $s$ , względnie dopuszczalne  $k$ . Przy użyciu drugiego koła  $(\tau)$  odczytuje się kolejno na danym promieniu wodzącym  $\tau, \sigma$  i  $s$  w odsetkach wielkości podstawowej  $k$ . Procentowy udział naprężenia rozciągającego  $\sigma$ , potrzebny do oceny wielkości dopuszczalnego naprężenia złożonego, widoczny jest wprost na odnośnym promieniu wodzącym

W uzupełnieniu wykresu, podaję teraz szereg wzorów, które wyjaśniają pewne stałe związki między modułami  $W$  i  $W_o$ , naprężeniami składowymi i stosunkami  $\varphi$ .

W tabeli I podano szereg wartości  $M_o/M, z = \sqrt{1 + 3\varphi^2}, \left(\frac{\tau}{\sigma}\right); \sigma = \frac{s}{z}, \tau, s = z \cdot \sigma$  oraz stosunkowe wielkości średnic, obliczone dla stałego momentu gnącego  $M = 40000$ , stałego naprężenia  $k = 400$  i różnych wartości momentu skręcającego  $M_o$ . Średnice te obliczono przy pomocy wzoru

$$\frac{d}{d_o} = \sqrt[3]{z} \dots (19)$$

Ze związków  $M = W\sigma$  i  $M_o = W_o\tau = 2W\tau$  wynika:

$$\varphi = \left(\frac{M_o}{M}\right) = \frac{2\tau}{\sigma} \dots (20)$$

$$\left(\frac{\tau}{\sigma}\right) = \frac{\varphi}{2} \dots (21)$$

Z równań (18) i (21) mamy

$$s^2 = \sigma^2 + 3\tau^2 = \sigma^2 \left[1 + 3\left(\frac{\tau}{\sigma}\right)^2\right] \dots (22)$$

$$s^2 = \sigma^2 \left(1 + \frac{3}{4}\varphi^2\right) \dots (23)$$

Ale wiemy już, że

$$(1 + 3\varphi^2) = 1 + \frac{3}{4}\varphi^2 = z^2 \dots (24)$$

stąd więc

$$s = \pm \sigma \cdot z \dots (25)$$

$$\sigma = \frac{s}{z} = \frac{s}{\sqrt{1 + 3\varphi^2}} \dots (26)$$

Z równania (21) otrzymujemy

$$\tau = \frac{\sigma}{2}\varphi, \dots (27)$$

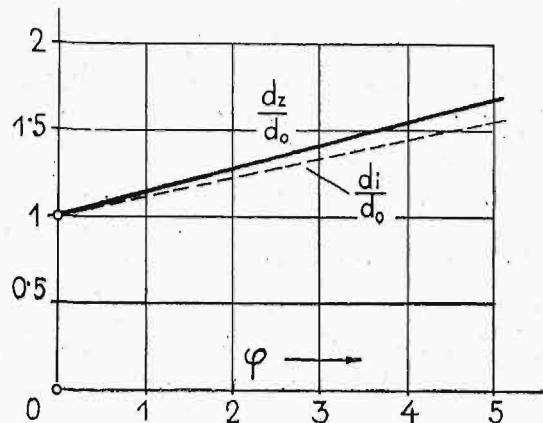
$$\tau = \frac{s}{\sqrt{\left(\frac{2}{\varphi}\right)^2 + 3}} \dots (28)$$

Szereg wartości liczbowych, otrzymanych z powyższych wzorów, zawiera tabela I, ułożona według stosunków  $\left(\frac{M_o}{M}\right)$ .

**Stosunkowe wymiary średnic według wzoru (10).**

W podobny sposób jak zależności między momentami, dadzą się też przedstawić zależności między średnicami wałów dla różnych wartości  $\varphi$  (rys. 4).

Dla ułatwienia poglądu przyjmujemy najpierw stały moment zginający  $M = 40000 \text{ kgcm}$ , stałe naprężenie dopuszczalne  $k = 400 \text{ kg/cm}^2$  i obliczamy średnicę  $d_o$  dla założenia, że działa tylko moment gnący, podczas gdy moment  $M_o = 0$ . W takim razie średnica wypadnie  $d_o = 10 \text{ cm}$ . Dla do-



Rys. 4.

wolnej innej kombinacji momentów, obliczamy przynależne średnice  $d$  ze związku

$$M_{z^3} = z M = \frac{d^3}{10} 400, \dots (29)$$

zachowując bez zmiany moment podstawowy  $M$  i naprężenie  $k$ . Wtedy stosunek średnic

$$\frac{d^3}{d_o^3} = \frac{z M}{M} = z, \dots (30)$$

$$\frac{d}{d_o} = \sqrt[3]{z} \dots (31)$$

Średnice wałów zmieniają się ze wzrostem stosunku momentów, jak trzecie pierwiastki przynależnych liczb  $z$ .

Wykres 4 przedstawia na osi X stosunki momentów, a w kierunku osi Y stosunki średnic  $d/d_o$ ,

Tabela I.

$\frac{M_o}{M} = \varphi =$	0	1/2	1	1,5	2	3	4	5
$z = \sqrt{1 + \frac{3}{4}\varphi^2} =$	1	1,09	1,32	1,64	2	2,78	3,6	4,45
$\frac{\tau}{\sigma} = \frac{\varphi}{2}$	0	1/4	1/2	3/4	1	1,5	2	2,5
$\sigma = \frac{s}{z}$	s	0,92 s	0,76 s	0,61 s	0,5 s	0,36 s	0,277 s	0,225 s
$\tau = \frac{\sigma}{2}\varphi$	0	0,23 s	0,38 s	0,45 s	0,5 s	0,54 s	0,552 s	0,563 s
$s = z \sigma$	$\sigma$	1,09 $\sigma$	1,32 $\sigma$	1,64 $\sigma$	2 $\sigma$	2,78 $\sigma$	3,6 $\sigma$	4,45 $\sigma$
$\frac{d}{d_o} = \sqrt[3]{z}$	1	1,03	1,11	1,18	1,26	1,4	1,54	1,64

przyczem górna i na oko prawie prosta linja przedstawia stosunki według wzoru 10, dolna zaś, skreskowana,  $d_i/d_o$  według starego wzoru na moment idealny. Różnice odsetkowe między temi dwoma szeregami wartości zawiera

**Naprężenia dopuszczalne a typy obciążeń.**

Wzory teoretyczne na momenty zastępcze nie uwzględniają różnych typów obciążeń na gięcie i skręcanie, które w praktyce często się zdarzają. Miewamy np. takie warunki, że dany przekrój wa-

Tabela II.

$\varphi =$	0	1	2	3	4	5
$z =$	1	1,3	2	2,78	3,6	4,45
średnice						
z wzoru (10) . . . $d =$	10	11	12,6	14	15,3	16,4
z wzoru (1) . . . $d_i =$	10	10,8	12,2	13,4	14,5	15,4
Różnice średnic						
$\frac{d - d_i}{d_i}$ w %	0	1,85	3,28	4,48	5,52	6,5 %

Odchyłki średnic  $d$  i  $d_i$  są, jak widać, niezbyt wielkie, bo przy wartości  $M_o/M = 3$  dochodzą do 5%, jeżeli dla obu wzorów zatrzymamy to samo naprężenie dopuszczalne. Ponieważ jednak wzór (22) jest zgodny tak z teorią, jak i doświadczeniem, a podane tu wykresy dają lepszy wgląd w stan naprężeń składowych i naprężenia zastępczego, będzie można w przyszłości używać o kilka procentów wyższych wartości naprężeń dopuszczalnych.

Spółczynnik Bacha (Maschinenelemente, wyd. 12, t. I, str. 37). W związku z wzorem typu (I) używano dotychczas także czynnika  $\alpha_o$ , zwanego przez Bacha stosunkiem naprężeń (Anstrengungsverhältnis), będącego w związku z liczbą  $m = 10/3 = 3,33$ . Z dawniejszej hipotezy wynikał związek

$$\frac{k_o}{k} = \frac{m}{m+1} = \frac{3,3}{3,3+1} = 0,77,$$

z nowszej zaś 0,58.

Bach oznaczył:  $\alpha_o = \frac{k}{\frac{m}{m+1} k_o} = \frac{k}{1,3 k_o} = 0,77 \frac{k}{k_o}$ ,

objaśniając to w sposób następujący:

„ $\alpha_o$ , stosunek naprężeń dopuszczalnych dla danego przypadku ma uwzględnić tę okoliczność, że stosunek  $k_o/k$  nie zawsze odpowiada stosunkowi  $\frac{m}{m+1}$ , np. w razie braku izotropji materiału, albo też wtedy, gdy ona istnieje, ale równocześnie występujące naprężenia normalne i ścinające nie są jednakowego rodzaju”.

Stosunek ten jest więc raz wyrażony przez naprężenia dopuszczalne, drugi raz przez rzeczywistość działające, co nie jest oczywiście w porządku. Mimo to używano go w praktyce do uwzględniania różnych rodzajów obciążeń, podawanych w znanej tabeli naprężeń dopuszczalnych Bacha, jako typy I, II lub III, to znaczy obciążenia stałych, jednostronnie zmiennych i przemiennych.

Dla typu obciążenia	I	II	III
Naprężenie dopuszcz.			
na zginanie $k =$	900	600	300 do 400
na skręcanie: $k_o =$	600	400	200 do 300

Jak widać, stosunek  $k_o/k$  jest tu inny, niż poprzednio podano, bo wynosi 2/3.

łu ulega zginaniu, wywołującemu naprężenia obustronnie zmiennie, czyli „przemienne”, podczas gdy obciążenie jego na skręcanie jest prawie stałe, powodując naprężenia typu I, albo też jednostronnie się zmieniające, t. j. typu II. Jeżeli wał ma być wykonany z żelaza zlewne („stali” o wytrzymałości granicznej 4000  $kg/cm^2$ ), to należałoby w danych warunkach przyjąć naprężenie dopuszczalne na gięcie  $k_g = 300$  do 400, na skręcanie zaś:

- w razie obciążenia typu I (stałego) . . .  $k_o = 600$
- „ „ „ „ „ II . . . . .  $k_o = 400$ .

Naprężenie wypadkowe albo zastępcze  $s$  składa się wtedy z dwu pozornie różnorodnych składników, a jego wartość nie dałaby się zgóry oznaczyć.

Pytanie więc, jak wielkie będzie w takich wypadkach naprężenie złożone  $s$ , jest dla konstruktora ważne i zajmujące.

Po wielu próbach podaję obecnie następujące rozwiązanie tego zagadnienia.

Naprężenie całkowite  $s$  zależy od wielkości stosunku  $M_o/M = \varphi$  i składa się według wzoru (22) i wykresu 3 z dwu części: z naprężenia na zwykłe gięcie

$$\sigma = \frac{s}{z} \text{ i z reszty } x = s - \sigma,$$

widocznej na odpowiednim promieniu wiodącym wykresu 3-go. Mamy więc

$$s = \sigma + x = \frac{s}{z} + x \dots \dots (32)$$

Naprzykład, dla wartości  $\varphi = 1$ , tabela I podaje:

$$\sigma = 0,76 s,$$

a reszta  $x = 0,24 s$ .

W miejsce naprężenia  $s$  wprowadzamy teraz naprężenia dopuszczalne  $k_1$  i  $k_2$  w tej proporcji, w jakiej one wchodzą w skład całkowitego naprężenia  $s$ , względnie  $k$ . W ten sposób będziemy mogli uwzględnić istniejące w danym przypadku różnice w typach naprężeń, wywołanych obciążeniem na zginanie i skręcanie. Dla jednej części obciążenia będziemy np. mieli  $k_1 = 400$ , ze względu na zginanie o typie III; dla drugiej zaś naprężenie  $k_2 = 600$ , ze względu na istniejące tam obciążenie typu II.

Dopuszczalność tego kroku pod względem matematycznym wymaga zbadania i uzasadnienia. We

wzorce (32) mamy właściwie tylko jedno naprężenie złożone, powstające z dwu różnych składników. Czy więc wprowadzenie w miejsce symbolu  $s$  dwu liczebnie się różniących naprężeń składowych  $k_1$  i  $k_2$ , z których jedno jest np. równe 400 kg, drugie zaś 600 lub nawet więcej kg, nie narusza istoty pożądanego związku?

Łdaniem autora krok tu podany jest dopuszczalny. Wartości naprężeń składowych  $k_1$  i  $k_2$  są wprowadzane na p o z ó r różnej wielkości; w rzeczywistości jednak naprężenie  $k_1 = 400$ , przy obciążeniu typu III, nie jest mniejszym naprężeniem rzeczywistym od  $k_2 = 600$ , przy obciążeniu typu II. Są one tylko liczebnie różnej wielkości, w swym działaniu na cząstki materiału w przekroju są jednak zupełnie równowazne. Działanie bowiem obciążeń obustronnie zmiennych jest szybko wahające się i powoduje chwilowe naprężenia rzeczywiste, równe w przybliżeniu od  $2 k_1$  do  $3 k_1$ , a zatem takie same, jak spokojnie działające naprężenie  $s = 900$  do  $1200 \text{ kg/cm}^2$ .

Za  $x$  wstawiamy:

$$x = s - \sigma = s - \frac{s}{z} = \left(1 - \frac{1}{z}\right)s;$$

$$s = \frac{1}{z} k_1 + \left(1 - \frac{1}{z}\right)k_2 \quad \dots \quad (33)$$

Co do naprężeń pomocniczych  $k_1$  i  $k_2$ , trzeba zauważyć, że za  $x$  wstawić należy  $k_1$  odpowiadające danemu rodzajowi obciążenia, np. typu III; za  $k_2$  zaś nie można w tym wzorze wstawić naprężenia na skręcanie  $k_0$ , gdyż wielkość  $x$  jest już zredukowana na równowazne zginanie; wobec tego wstawiamy i tu naprężenie dopuszczalne na zginanie, ale dostosowane do tego typu obciążenia, jaki w danym wale powoduje skręcanie, a więc dla typu I lub II. Ponieważ najczęściej zdarza się co do naprężeń  $\sigma$  obciążenie typu III, co do skręcania zaś obciążenie typu II, więc — przykładowo rzecz przedstawiając — weźmiemy dla średniego żelaza zlewne ( $R_t = 4000 \text{ kg/cm}^2$ ):

$k_1 = 300$  do  $400$ , a  $k_2 = 900$  (obciążenie I), względnie  $k_2 = 600$  (obciążenie II).

Metoda ta daje możliwość dobrania pewnej średniej wartości naprężenia złożonego  $s$ , przy której naprężenia składowe nie przekraczają wielkości ustalonych naprężeń dopuszczalnych. Po wstępnym obliczeniu naprężenia  $s$  badamy, czy nie przekracza ono odpowiedniej granicy naprężenia dopuszczalnego  $k$ , a w razie potrzeby możemy obliczoną wartość zredukować do normy  $k$ . Próby dokonać można zapomocą równania (22), które da nam ostateczne wartości na naprężenia składowe  $\sigma$  i  $\tau$ , przy tej samej co poprzednio wartości złożonej  $s$ , względnie  $k$ .

### Przykłady.

1. Dany jest stosunek momentów  $\frac{M_o}{M} = \varphi = 1$ .

Przyпускаmy, że obciążenie na zginanie będzie typu III (przemienne), wobec czego  $k_1 = 400$ . Na skręcanie zaś mamy obciążenie stałe (typu I), któremu odpowiada naprężenie zastępcze  $k_2 = 900$ .

Z tabeli I i wzorów w niej podanych odczytujemy:

$$z = 1,32, \quad 1/z = 0,76; \quad \sigma = \frac{s}{z} = 0,76 s$$

$$s = \sigma + x$$

$$x = \left(1 - \frac{1}{z}\right)s = 0,24 s$$

Podstawiamy, w wyrażeniu na  $\sigma$ ,  $s = k_1 = 400$ ,  $s = 0,76 k_1 + 0,24 k_2 = 0,76 \cdot 400 + 0,24 \cdot 900 = 520$ . Ponieważ wypadkowe  $k$  mogłoby w tych warunkach być 500 do 600, więc zostawiamy wartość 520 jako dopuszczalną.

Zestawienie równania (22) daje nam:

$$s^2 = \sigma^2 + 3\tau^2 = (s/z)^2 + 3\tau^2 = 395^2 + 3 \cdot 198^2;$$

$$\sigma = 0,76 \cdot 520 = 395,$$

$$\tau = \frac{\sigma}{2} \cdot \varphi = 198,$$

$$s = 523.$$

2. Dla  $\varphi = 2$  czytamy z tabeli I:

$$z = 2; \quad \sigma = \tau = \frac{s}{2};$$

$$s = \frac{k_1}{2} + \left(1 - \frac{1}{2}\right)k_2 = \frac{400}{2} + \frac{900}{2} = 650.$$

Próba:

$$s^2 = \sigma^2 + 3\tau^2 = \left(\frac{s}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{s}{2}\right)^2 = 4\left(\frac{s}{2}\right)^2 = s^2.$$

3. Dla  $\varphi = 3$ .  $z = 2,78$ ;  $1/z = 0,36$ ,  $\sigma = 0,36 s$ ,  $\tau = 0,54 s$ ;  $x = 0,64 k_2$ ;

$$s = \frac{k_1}{z} + \left(1 - \frac{1}{z}\right)k_2 = 0,36 \cdot 400 + 0,64 \cdot 900 = 720 = k.$$

Próba:

$$s^2 = (0,36 s)^2 + 3 (0,54 s)^2 = 260^2 + 3 (390)^2 = 723,2$$

Z powodu przewagi skręcania, istnieje też przewaga obciążenia typu I, wobec czego naprężenie złożone 720 można zatrzymać jako dopuszczalne i wstawić je do wzoru

$$M_z = \frac{\pi d^3}{32} k,$$

z którego się oznacza średnicę przekroju.

W skróceniu powiedzieć można, że wskazana tu metoda określenia naprężenia zastępczego opiera się na wartości średniej, z uwzględnieniem ważności obu składników.

## Nowe wydawnictwa\*)

**Astronomja sferyczna.** Dr. M. E r n s t, Profesor Uniwers. J. K. we Lwowie. Str. 599, rys. 83. Gebethner i Wolff. Warszawa, 1929.

**Vorschriften für die Ueberwachung und Prüfung der Brücken, Hallen und Dächer.** Wyd. Deutsche Reichsbahn Gesellschaft. Wyd. 2-gie. W. Ernst und Sohn. Berlin, 1929.

**Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen.** Prof. Dr. G. B e r n d t. Wyd. 2-gie, rozszerzone. Str. 374 z 581 rys. J. Springer. Berlin, 1929.

**Mechanische Technologie für Maschinentechniker** (Spanlose Formung). Dr. Ing. W i l l y P o c k r a n d t. Str. 284, rys. 263. J. Springer. Berlin, 1929.

**Carnet d'atelier à l'usage des Cours d'apprentissage, des Ecoles et des Cours professionnels.** A. M a r q u e t. Z serji wydawn. Exercices gradues d'ajustage. Str. 131 (4<sup>o</sup>) z rys. Dunod. Paryż, 1929.

**Maçonneries.** E. S i m o n e t. Wyd. 2-gie. Str. 433, rys. 108. Dunod. Paryż, 1929.

\*) Podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w księgarni „Przeglądu Technicznego”, ul. Czackiego 3 w Warszawie.



# Racjonalizacja gospodarki energetycznej w hutnictwie<sup>\*)</sup>.

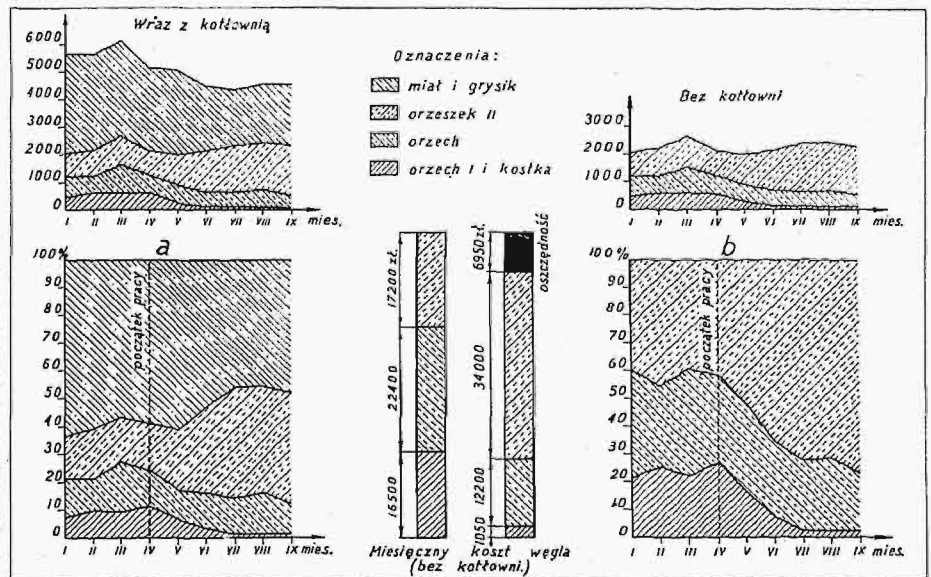
Napisał Inż. Z. Warszawski, Nowy Bytom, G. Śląsk.

Hutnictwo, a zwłaszcza najgłówniejszy jego dział — hutnictwo żelaza, jest tą gałęzią technologii, która — dzięki bogactwu procesów metalurgicznych i mechanicznych — może najbardziej pobudzać i pobudza inne działy techniki do dalszego rozwoju. Niesłychany wzrost światowej wytwórczości stali i żelaza, który osiągnął w roku 1928 rekordowe liczby 107,2 i 86,5 milj.  $t^1$ ) wobec 75,0 i 80,0 milj.  $t^2$ ) w roku 1913, stawiał ciągle nowe zadania do rozwiązania, żądając coraz większych i sprawniej działających maszyn parowych wraz z pędzonemi przez nie walcarkami, sprężarkami i dmuchawami. Nieustanny rozrost urządzeń transportowych wytworzył szereg interesujących konstrukcyj i osiągnął — dzięki pomocy elektrotechniki — nieznaną dotychczas zdolność przeładunkową. Owocna współpraca z elektrotechniką stworzyła dalej centrale elektryczne, pędzone maszynami gazowemi, i wprowadziła napęd elektryczny nie tylko w wykańczalniach, ale nawet i przy trudnych w pracy walcarkach zwrotnych.

Jest rzeczą interesującą, że również i w dziedzinie gospodarki energetycznej okazało się hutnictwo ważnym pionierem postępu i pobudziło w znacznej mierze inne gałęzie techniki do stworzenia tych środków, których dotychczas brakowało na tem polu. Koszta paliwa stanowią około 1/3 kosztów własnych żelaza walcowanego; nie też dziwnego, że jednym z pierwszych zadań racjonalizacji w hutnictwie było stworzenie celowej gospodarki energetycznej. Jeśli porównamy położenie hutnictwa polskiego z hutnictwem obcym, to jasną się staje konieczność tej pracy u nas. Nie mamy jeszcze w kraju tak potężnych odbiorców żelaza, jak koleje żelazne państw zachodnich z ich niesłychanie gęstą siecią (w Polsce 43 km, w Niemczech 123 km/1000 km<sup>2</sup>), lub amerykański przemysł samochodowy. Brak nam rud i żelastwa, koks krajowy nie pozwala dotychczas na znaczniejsze zwiększenie wydajności wielkich pieców. Znajdujemy się dopiero w początkach koncentracji przemysłowej, która pozwala na ściślejszą specjalizację hut według ich właściwości technicznych. Tem wydatniej trzeba tedy przestrzegać wskazań racjonalizacji, aby mimo piętrzących się trudności osiągnąć i zachować zdolność konkurencyjną z zagranicą. Zagadnienie to jest tem ważniejsze, iż konieczny dowóz surowców (rudy i starego żelastwa) z zagranicy stwarza po-

ważną pozycję ujemną w bilansie handlowym (przeszło 7 milj. złotych miesięcznie) i wymaga odpowiedniej przeciwwagi przy eksporcie fabrykatów hutniczych do obcych krajów.

Zagadnienie racjonalizacji gospodarki energetycznej w hutnictwie winno jeszcze i z tego względu wzbudzić większe zainteresowanie, iż spotykamy się tam bodaj że ze wszystkimi problemami tej dziedziny, występującymi i w innych działach techniki, lecz w szerszym i na mniejszą skalę zakrojonym zakresie. A więc poza poważną gospodarką parową, wymagającą wielkiej uwagi ze względu na zmienne zapotrzebowanie pary, mamy tu niezwykle ważną gospodarkę gazową gazem wielkopieczowym oraz — w korzystnych warunkach — gazem koksowym. Najróżniejsze typy palenisk i pieców, zaopatrzonych często w rekuperatory lub regeneratory, wymagają jasnego zdawania sobie sprawy z ich zadań oraz z ich pracy, aby wykorzystać ekonomicznie rozporządzalne zapasy paliwa. Spotykamy się tu wreszcie z takimi rodzajami źró-



Rys. 1. Wzrost rozchodu drobniejszych i tańszych sortymentów węgla, jako wynik racjonalizacji gospodarki energetycznej.

deł energii, jak prąd elektryczny, woda, powietrze sprężone, które zarówno przy wytwarzaniu jak i przy rozdziale wymagają bacznej uwagi.

Pierwszem zadaniem gospodarki energetycznej będzie tu ujęcie liczbowe istniejącego stanu w badanych hutach. Na podstawie planów sytuacyjnych, wbudować trzeba sieć aparatów mierniczych, którymi nowoczesna technika rozporządza w dostatecznej mierze, aby stale kontrolować wytwarzanie i rozdział poszczególnych rodzajów energii. Oczywiście jest rzeczą, że w pierwszym rzędzie węgiel, jako podstawowe paliwo, ulegać musi ściślejszej kontroli ilościowej i jakościowej. W tym celu najlepiej jest zcentralizować gospodarkę węglową w jednym ręku, dającą gwarancję racjonalnego i terminowego zamawiania koniecznych ilości węgla przy jak najmniejszych zapasach tego paliwa. Ce-

<sup>\*)</sup> Referat wygłoszony na 3-m Zjeździe Inż. Mechaników Polskich, w Warszawie, w marcu r. b.

<sup>1)</sup> St. u. E. 1 (1928), s. 25.

<sup>2)</sup> Gemeinschaftliche Darstellung des Eisenhüttenwesens, 12 Aufl. s. 274, 276.

lowo ułożone formularze dają odrazu dokładne zestawienia zużycia poszczególnych sortymentów w oddziałach huty i pozwalają obrazowo stwierdzić postępy gospodarki energetycznej w kierunku stosowania drobniejszych i tańszych sortymentów węgla (patrz rys. 1).

Podobnie należy postępować z siecią parową, powietrzną, gazową lub prądu elektrycznego, rozmieszczając w stosownych punktach aparaty miernicze samopiszzące tak, aby zarówno wytwórczość, jak i rozdział, mogły być codziennie zbilansowane. Tą drogą uzyskuje się dokładną codzienną kontrolę poszczególnych działów gospodarki energetycznej, której najbardziej charakterystyczne liczby winny się codziennie znaleźć w rękach dykcji technicznej. Miesięczne zamknięcia zestawień dziennych dają z kolei zasadnicze dane rozchodu energii dla biura kosztów własnych, przyczem należy przestrzegać ściśle ekonomicznej granicy dokładności tych danych, nie bawiąc się w zbyt daleko idący podział.

Należy tu wspomnieć choćby pobieżnie, iż utrzymanie sieci aparatów kontrolnych w porządku wymaga odpowiednio wyszkolonego personelu (stacje próbne, warsztaty, siły techniczne), gdyż tylko przy odpowiedniej konserwacji można korzystać z danych pomiarów.

Ustaliliśmy w ten sposób dane liczbowe wytwórczości i rozdziału energii, stwarzamy zarazem cenną kontrolę czynności biura energetycznego, którego prace praktyczne w poszczególnych oddziałach huty winny znaleźć dokładne odzwierciedlenie w liczbowych danych pomiarów.

Jeżeli w dalszych wywodach podjęta została próba uczynienia przeglądu najważniejszych zadań racjonalizacji i kontroli gospodarki energetycznej w hutnictwie, to jednak autor zdawał sobie sprawę z trudności tego zadania i, mimo iż zupełnie słusznie spotkać go może zarzut, iż pominął milczeniem ten lub inny ważny szczegół, rozwodząc się może niekiedy nad mniej ważnymi sprawami, przytoczyć może on na swoje usprawiedliwienie nowość i stały szybki rozwój rozpatrywanej dziedziny zagadnień.

### L. Koksownia.

Według zgodnej opinii kół fachowych, która była ostatnio raz jeszcze specjalnie podkreślona na konferencji energetycznej w Londynie, koksownia winna się znajdować w hucie, a nie na kopalni, o ile tylko posiadamy w paleniskach hutniczych zbyt na gaz koksowy. Pamiętając, że najważniejszym czynnikiem dobrej pracy w koksowni jest obok odpowiedniego węgla równomierna, z największą punktualnością związana obsługa pieców, trzeba zlekka choćby dotknąć kwestji samej produkcji. Nie można określać ilości otrzymanego koksu według wagi, gdyż pomijamy w ten sposób tak ważny i szkodliwy czynnik, jak zmienna wilgotność. Ustalili się dziś przeważnie zwyczaj sprowadzania tej wagi do wagi fikcyjnego koksu o określonej wilgotności (np. 5%), aby móc tą drogą uzyskać dane porównawcze o wynikach pracy. Koksowanie węgla wytwarza w czasie procesu odgazowania znaczne ilości gazu koksowego, którego skład na Śląsku waha się koło 5% CO<sub>2</sub>; 9,5% CO; 23% CH<sub>4</sub>; 2,8% C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>; 44,0% H<sub>2</sub>; 13,7% N<sub>2</sub>; 0,5% O<sub>2</sub>, przy wydajności 370 m<sup>3</sup>/t węgla i wartości opałowej  $W_g = 3870 \text{ Kal/m}^3$ . Ponieważ gaz koksowy,

już po wydobyciu produktów ubocznych i po normalnie stosowaniem u nas pokryciu zużycia własnego koksowni, jest cennym paliwem gazowym, którego znaczna część (40—55%) jest do dyspozycji kierownictwa huty, biuro energetyczne winno się starać, aby przedewszystkiem tylko istotnie potrzebne ilości tego gazu były spalane w komorach grzejnych koksowni. Jednocześnie należy, przez stosowną regulację ssania gazu i dozór nad piecami, zapobiec przedostawaniu się gazu surowego do komory grzejnej lub też spalin z nadmiarem powietrza do komory koksowej. Obliczając rozchód ciepła na skoksowanie 1 kg węgla, trzeba również pamiętać, iż ostatnie badania<sup>3)</sup> w tej dziedzinie wykazały bezpodstawność dotychczasowych metod bilansowania cieplnego koksowni, ponieważ zapałaniały one o tem, że ciepło potrzebne do skoksowania węgla jest w wysokim stopniu zależne od własności tego węgla. Dlatego dziś na zachodzie żąda się od dobrego pieca koksowego przedewszystkiem dużej przewodności cieplnej przez ściany komór, wysokiej sprawności tego przenikania ciepła i małych różnic temperatur w samym naboju koksu, aby uniknąć tą drogą szkodliwego marnotrawienia paliwa. Na Śląsku można mniej więcej przyjąć rozchód ciepła w wysokości 600 Kal/kg wilgotnego węgla.

Wypada tu jeszcze zaznaczyć, że w związku z wymaganiami racjonalnej gospodarki gazowej, o czem będzie mowa niżej, pojawiają się już i u nas koksownie hutnicze, opalane gazem wielkopieczowym. Potrzebna jest tu jeszcze jedna para komór regeneracyjnych oraz cokolwiek większy rozchód ciepła (ok. 650 Kal/kg węgla); natomiast uzyskuje się tą drogą większe ilości cennego gazu koksowego do celów hutniczych. Nic dziwnego, że na zachodzie starają się coraz usilniej przetwarzać w ten sposób ubogi gaz wielkopieczowy na gaz koksowy, nie szczędząc niekiedy wielkich inwestycji. Tak np. potężny koncern Vereinigte Stahlwerke A. G., przeprowadziwszy 21,9 km przewodów do gazu koksowego i 9,2 km przewodów do gazu wielkopieczowego, spala obecnie rocznie 3 miliardy m<sup>3</sup> gazu wielkopieczowego w swych koksowniach, oddając wzamian za to 800 milj. m<sup>3</sup> gazu koksowego.<sup>4)</sup>

Wspomnieć wreszcie wypada, że fabryka produktów ubocznych koksowni jest jednym z nielicznych oddziałów, stosujących parę do celów grzejnych, i że osiąga się tu bardzo ekonomiczne połączenie wytwarzania energii mechanicznej i ciepła zapomocą pary.

### II. Wielkie piece.

Wielki piec ma na celu oddzielenie czystej rudy żelaznej od złoza oraz związanie tlenu rud za pomocą węgla, zawartego w koksie. Rozpatrując poszczególne możliwości wiązania węgla z tlenem, łatwo stwierdzić, że sam proces chemiczny, jako taki, wymaga dla redukcji i dla nawęglania surowca 25—30% rzeczywiście doprowadzonych ilości koksu. Pozostałe 75—70% służy tedy przedewszystkiem do wywiązania potrzebnych ilości ciepła i, wytwarzając znaczne ilości gazów wielkopieczowych, wyraźnie wskazują na konieczność kontroli tego procesu. Przeciwny bieg materiałów i powietrza, względnie gazów w wielkim piecu pod-

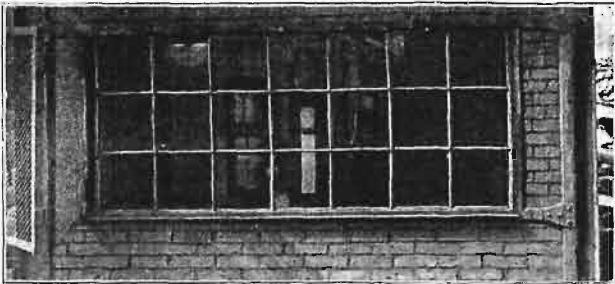
<sup>3)</sup> Archiv für Eisenhüttenwesen 1 (1927/28), s. 403—411.

<sup>4)</sup> St. u. E. 7 (1929), s. 236.



grzewa nabój i koks w miarę zsuwania się na dół, podwyższając w ten sposób teoretyczną i praktyczną temperaturę spalania koksu. Dalsze oszczędności cieplne uzyskujemy dzięki wiekopomnemu wynalazkowi Neilsona (1828) z podgrzewaniem powietrza spalania, dzięki czemu powstaje dalsze zmniejszenie rozchodu koksu.

Jak już wyżej zaznaczono, tylko część doprowadzonego węgla potrzebna jest do redukcji rud. Lwia część doprowadzonego w koksie ciepła, bo jakieś 55—65%, uchodzi z wielkiego pieca w postaci gazu wielkopieczowego, którego skład — zależnie od rodzaju surowca i od biegu pieca — waha się w granicach 8—6% CO<sub>2</sub>; 28—26% CO; 0,7—0,95% CH<sub>4</sub>; 2,5—4,0% H<sub>2</sub>; 57—59,5% N<sub>2</sub>, a temperatura wynosi 200—500° C.



Rys. 2. Przyrządy do kontroli pracy wielkiego pieca.

Jest to więc gaz zbliżony do gazu generatorowego, którego ciepło jednak ginie przy procesach czyszczenia bezpowrotnie, przechodząc do wody chłodzącej. Już powyższe uwagi wskazują na konieczność ciągłej kontroli wielkiego pieca, który pod względem czułości reagowania na wszelkie zmiany normalnego biegu stoi bodaj że na pierwszym miejscu pomiędzy wszelkimi piecami hutniczymi. Stałe badanie ilości włączanego powietrza oraz jego temperatury i ciśnienia (rys. 2), rejestrowanie temperatury gazów wielkopieczowych u szczytu pieca oraz badanie ich składu chemicznego, wreszcie kontrola pracy aparatów Cowper'a oraz głębokości naboju w piecu stanowią podstawy racjonalnej gospodarki energetycznej w tym oddziale. Dopiero na podstawie wskazań aparatów mierniczych można z a w c z a s u spostrzec wszelkie odchylenie się biegu pieca od stanu normalnego, zapobiegając w ten sposób wzrostowi zużycia koksu, pogorszeniu się jakości surowca lub też zawieszeniu naboju.

Stosując w aparatach Cowpera oczyszczony gaz wielkopieczowy, starać się należy o zwiększenie ich obciążenia. Wzrost straty kominowej nie stoi w żadnym stosunku do zmniejszającej się jednocześnie poważnie o wiele większej straty na promieniowanie ogrzewnic. Dlatego widzimy stałe dążenie do zmniejszenia kanałów regeneratora (ze 180 do 80 mm) i ścianek kamieni (z 85 na 40 mm), przy jednoczesnym znacznym zwiększeniu powierzchni grzejnej, oraz wprowadzanie systemu 2-aparatowego ze specjalnymi palnikami na gaz. Tą drogą zmniejszamy jednocześnie poważnie rozchód własnego gazu wielkopieczowego przez ogrzewnice, schodząc z 35% przy gazie surowym do 21% przy urządzeniach nowoczesnych.

### III. Gospodarka gazowa.

W ten sposób wkroczyliśmy w dziedzinę gospodarki gazowej huty i, ze względu na jej pierwszorzędną wagę dla całości ruchu, zajmujemy się nią bliżej. Zakładając, że aparaty Cowper'a zużywają 30% ogólnej ilości gazu, która w warunkach śląskich wynosi ok. 3980 m<sup>3</sup>/t koksu, możemy łatwo stwierdzić, że huta wytwarzająca np. 10 000 t surowki miesięcznie wytwarza średnio w tym okresie czasu około 44 milj. m<sup>3</sup> gazu wielkopieczowego, z których około 28,5 milj. m<sup>3</sup> może oddać innym oddziałom (włączając w to i maszyny gazowe). Jednocześnie koksownia winna wyprodukować 11 000 t koksu hutniczego, czemu odpowiada 17 500 t węgla, względnie 6,48 milj. m<sup>3</sup> gazu koksowego miesięcznie. Jeżeli zużycie własne koksowni stanowi 55%, to rozporządzalna ilość tego gazu wyniesie 2,9 milj. m<sup>3</sup>. Przeliczywszy obie te ilości rozporządzalnych gazów czysto kalorycznie na węgiel o 7 000 Kal/kg, otrzymujemy równowartość 5840 t węgla miesięcznie. Nasuwa się tedy pierwsze pytanie zasadnicze, co zrobić z temi wielkimi ilościami gazu, aby jak najekonomiczniej wyzyskać zawartą w nich energię cieplną.

W tym celu wypada pokrótce scharakteryzować oba te rodzaje gazów odpadkowych. Otóż, mimo że gaz koksowy ma 4 razy większą wartość opałową niż gaz wielkopieczowy, jest ilość spalin mokrych w pierwszym wypadku 2,8 razy większa, tak że teoretyczna temperatura spalania jest dla gazu koksowego tylko o jakie 30—35% większa niż dla gazu wielkopieczowego. Jednocześnie, dzięki specjalnemu składowi chemicznemu, odznacza się gaz koksowy wielką zawartością wilgoci w spalinach, dając jej 180 g/m<sup>3</sup> wobec 12 g/m<sup>3</sup> przy gazie wielkopieczowym. Jednakże wielkim plusem gazu koksowego jest, poza wyższą temperaturą spalania, znacznie silniejsze oddawanie ciepła, dzięki świecącemu płomieniowi stałych cząstek węgla rozkładanych węglowodorów; dlatego też jest on zawsze tam stosowany, gdzie chodzi o wyższe temperatury, względnie o silniejsze podgrzanie. Podawszy pokrótce właściwości obu gazów, łatwo zrozumieć, że przy zastosowaniu odpowiednich palenisk dają się one oba zastosować do najróżnorodniejszych celów, począwszy od zwykłych kotłów parowych, a skończywszy na skomplikowanych paleniskach hutniczych w rodzaju pieców martenowskich. W każdym z tych wypadków uzyskujemy zmniejszenie rozchodu innych rodzajów paliwa; czy to spalając, czy też przegazowując mniej węgla. Ponieważ gazy odpadkowe nie mają żadnej ceny rynkowej, musimy sami według wskazań nowoczesnej ekonomji stosowanej<sup>5)</sup> nadać im wartości kalkulacyjne, zależne od rodzaju zastosowania. Jest rzeczą jasną, że racjonalne rozwiązanie zagadnienia podziału gazów wymaga takich dyspozycji, aby każdy gaz był stosowany tam: 1) gdzie ma największą wartość kalkulacyjną lub, 2) gdzie jest niezastąpiony (np. gaz wielkopieczowy w ogrzewnicach). Stąd więc należy się starać np. o ogrzewanie koksowni gazem wielkopieczowym, aby w ten sposób przetworzyć go na cenniejszy gaz koksowy; podobnie stosujemy gaz wielkopieczowy zamiast gazu generatorowego w maszynach gazowych, w wal-

<sup>5)</sup> E. Schmalenbach: Grundlagen der Selbstkostenrechnung u. Preispolitik.



cowniach do ogrzewania pieców walcowniczych (zwłaszcza z regeneratorami), zaś gaz koksowy — w piecach martenowskich, w piecach walcowniczych cięższego typu oraz w piecykach oddziałów dalszej przeróbki, gdzie daje on wysoką i równomierną temperaturę. Wspomnieć tu jeszcze wypada o przesyłaniu gazu koksowego na wielkie odległości oraz o stosowaniu go do produkcji amoniaku syntetycznego (systemy Claude'a i Concordia - Linde - Bronn), o ile ilości tego gazu przekraczają znacznie zapotrzebowanie hut.

Mimo że paleniska gazowe posiadają szereg cennych zalet w porównaniu z paleniskiem węglowym, rozwiązać tu trzeba jeszcze drugie ważne zagadnienie, komplikujące mocno gospodarkę gazową, mianowicie trzeba stworzyć akumulator pokrywający zapotrzebowanie gazu w okresach obciążeń szczytowych wytwarzania. Chcąc bowiem wyzyskać wszelkie zalety palenisk gazowych, trzeba według możliwości pracować wszędzie ze stałym ciśnieniem gazu, mimo że wszelkie zmiany u wytwórców i odbiorców starają się ten stan równowagi stale zakłócać. Poza wbudowaniem szeregu regulatorów ciśnienia dla głównych odbiorców, należy stworzyć dla gazów wyrównanie szczytów w inny sposób. Otóż do tego celu nadają się najlepiej grupy kotłów o paleniskach typu mieszanego (np. gaz i węgiel, gaz i ropa); dlatego też i w kotłowni oddajemy zwykle część gazu, mimo że wartość kalkulacyjna jest tam

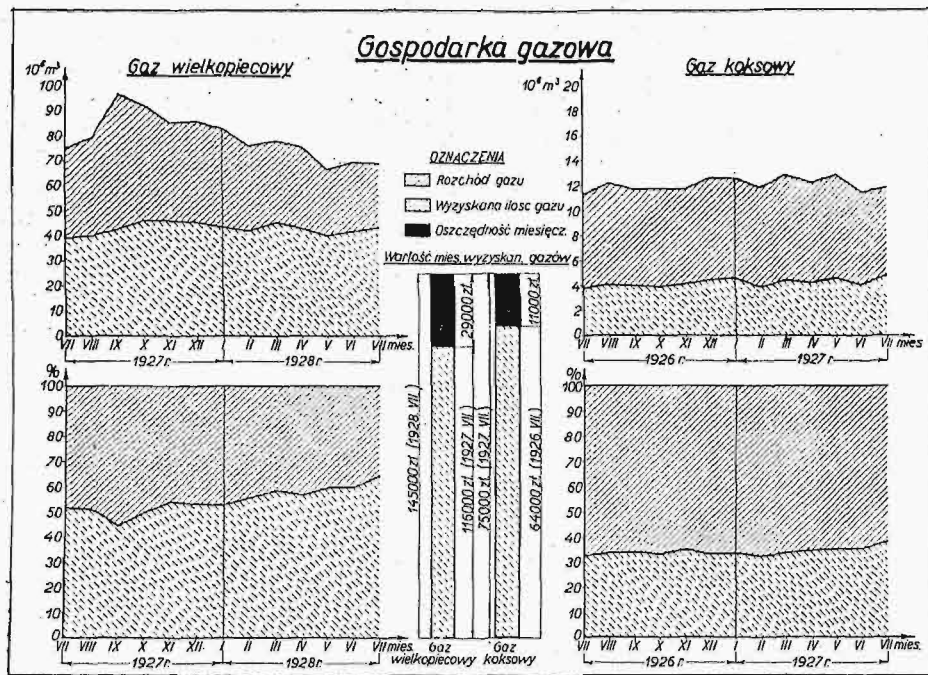
podażą i popytu jest gazometr o stosownych wymiarach. Wobec wysokich kosztów zakładowych ( $> 15 \text{ zł}/\text{m}^3$ ), jest jednak to wyjście wskazane tylko przy gazie koksowym.

Z podanych tutaj cech charakterystycznych gospodarki gazowej łatwo wysnuć jeszcze jeden bardzo ważny wniosek. Celowe wprowadzenie jej w życie wymaga stworzenia jednej centralnej instancji, która rządzi niepodzielnie rozdziałem gazu, mając do dyspozycji stosowną sieć kontrolną aparatów mierniczych i telefonów. Zadaniu temu najlepiej może sprostać biuro energetyczne i ono też winno wziąć tę sprawę w swoje ręce, kontrolując stale wyniki (rys. 3).

Wielkie huty zachodnio-europejskie wyrugowały w ten sposób całkowicie węgiel ze swej gospodarki opałowej, spalając nawet często jeszcze bezużytecznie nadmiar gazu wielkopieczowego. Przy naszych małych stosunkowo jednostkach, stan ten jest nieosiągalny. Gazy odpadkowe wchodzi tu przeważnie, jako czynnik dodatkowy, obok gazu generatorowego, który powinien również pomagać w elastycznym podejmowaniu szczytów ilości gazu.

#### IV. Martenownia.

Typowym przykładem takiej współpracy generatorów z gazem odpadkowym jest właśnie martenownia. Na zachodzie opalane są piece martenowskie przeważnie samymi gazami odpadkowymi, sto-



Rys. 3. Racionalizacja gospodarki gazowej.

najniższa. Należy tu jeszcze podkreślić, iż ostrze wahań ilości gazu wielkopieczowego jest często przytępione dzięki autoregulacji wielkich pieców, które przy zaburzeniach w ruchu potrzebują mniej gazu na użytek własny. W każdym razie używanie aparatów Cowper'a do przejmowania szczytów ilości gazu należy uważać za błędne, ponieważ wpływałoby ujemnie na bieg wielkiego pieca, wymagający właśnie możliwie daleko idącej równomierności. Ostatnim wreszcie sposobem uzgodnienia krzywej

sując albo czysty gaz koksowy lub też, zwłaszcza w Niemczech, mieszaninę gazu wielkopieczowego i koksowego o wartości opałowej  $2000 \text{ Kal}/\text{m}^3$ . W pierwszym wypadku można nawet uprościć konstrukcję pieca, usuwając całkowicie regeneratory gazowe; trzeba jednak zwykle dodawać do zimnego gazu koksowego jeszcze paliwa o świecącym płomieniu<sup>a)</sup>, np. oleju lub smoły, aby nie zmniejszać

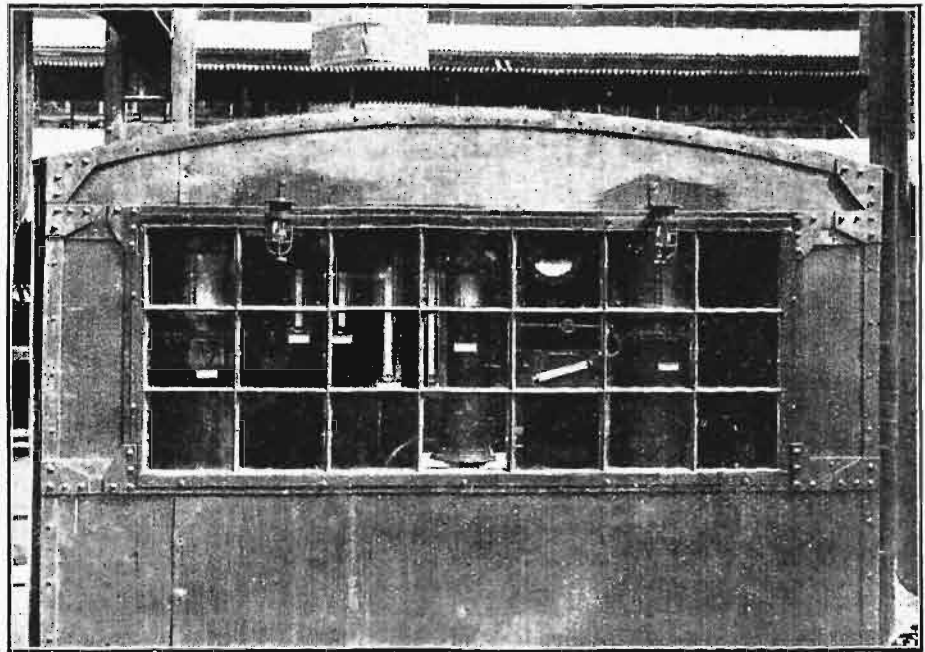
<sup>a)</sup> Archiv Eisenhüttenwesen 1 (1927/28), s. 755—779.

przechodzenia ciepła przez promieniowanie. Również mieszanina gazu wielkopieczowego i koksowego, zwykle w stosunku objętościowym 2 : 1, wymaga zmiany konstrukcji pieca. Trzeba tu mianowicie powiększyć wydatnie komory gazowe (o jakieś 50%) do wielkości komór powietrznych<sup>7)</sup>, aby zwiększyć ilość doprowadzonego w nich ciepła. Chodzi tu przytem nie tyle o podgrzanie mieszaniny zimnych gazów — jakkolwiek gaz generatorowy przychodzi w stanie ciepłym, — ile o rozkład metanu, który następuje dopiero przy ok. 1250° i jest konieczny ze względu na wytwarzanie świecącego płomienia. Jak widać stąd, opalenie pieców martenowskich tylko gazami odpadkowymi pociąga za sobą konieczność przebudowy dolnej części pieca. Ta okoliczność fłomaczy nam, dlaczego na Śląsku trzeba było obrać inną drogę, zachowując gaz generatorowy jako paliwo zasadnicze i stosując przeważnie gaz koksowy — jako paliwo dodatkowe. W ten sposób piec martenowski nie musiał ulec żadnej przebudowie i, dzięki istniejącej instalacji generatorów gazowych, pozwalają dostosować swe zużycie gazów odpadkowych do ogólnych wymagań gospodarki gazowej huty.

Tak więc generatory pozostały podstawą opałow martenowni i musiały jedynie ulec racjonalizacji. A więc od dawnych typów o ruszcie stałym trzeba było przejść do rusztu obrotowego, który w połączeniu z samoczynnym zasypywaniem węgla i obracającą się gracą do usuwania żużla powierzchniowego (systemu Mindoga — Chapman) pozwala uzyskać przy groszku obciążenie właśc. 170—180 kg/m<sup>2</sup>h i wytwarza tylko 1—1,5% pyłu. Kwestja centralizacji lub decentralizacji generatorów w martenowni pozostaje wciąż otwartą, gdyż, mimo oczywistych korzyści centralnej rury zbiorczej, ruch obrotowy przy indywidualnem traktowaniu poszczególnych pieców. Również gaz koksowy musi być doprowadzany do każdego pieca oddzielnie, aby móc regulować jego ilość zgodnie z wymaganiami biegu pieca. Nie od rzeczy będzie tu dodać, że okres gotowania się naboju wymaga całkowitego zakręcenia gazu koksowego, ze względu na wytwarzający się z kąpieli stalowej nadmiar tlenu węgla.

Na podstawie dotychczasowych rozważań dochodzimy do wniosku, że racjonalna gospodarka energetyczna musi się zająć w pierwszym rzędzie wytwarzaniem gazu generatorowego oraz doprowadzaniem ilościami gazu koksowego do poszczególnych pieców martenowskich. Szereg aparatów mierniczych (rys. 4) pozwala spełniać te funkcje dość łatwo, gdyż pod okiem wyszkolonego personelu obsługa generatorów i pieców przywykła po pewnym czasie do pracy racjonalnej. Nie należy się jednak łudzić, żeby kontrola ta mogła stać się kiedy zbędną.

Ze względu na większą swobodę w stosowaniu starego żelastwa oraz na większy program pracy, martenownie śląskie pracują z wyprawą zasadową. Piece są przeważnie niechłodzone, typu stałego, jakkolwiek pojawiają się i większe jednostki obrotowe o silnem chłodzeniu wymiennalnych głowic, pozwalające łatwiej operować żużlem i dające większą wydajność przy dłuższej wytrzymałości pieca. W każdym razie wszelkie typy pieców martenowskich wymagają stałej kontroli cieplnej, dającej szybko i dokładnie odpowiedź na różne bolączki ruchu. Tak więc stałe badanie ciągu i ciśnienia, analiza spalin i gazu świeżego, wreszcie kontrola temperatur mówi odrazu o nieuszczelnnościach w obmurzu lub w ściankach, oddzielających gaz od powietrza, czy też o zanieczyszczeniu żużlem komór regeneracyjnych. Naturalne zużycie obmurza i stopniowe niszczenie regeneratorów wskazują jasno na zalety pracy z wentylatorem; tylko w ten



Rys. 4. Przyrządy miernicze do kontroli opalania pieców hutniczych.

sposób można się uniezależnić od zmiennych oporów i od również zmiennego ciągu, zwiększając jednocześnie produkcję pieca. Nie należy przytem nigdy zapominać, że wszelkie porównania termiczne zakładają stosowanie tego samego gatunku starego żelastwa i w tej samej ilości procentowej, gdyż i tamte czynniki wpływają silnie na pracę pieca martenowskiego.

#### V. Walcownie, młotownie i oddziały dalszej przeróbki.

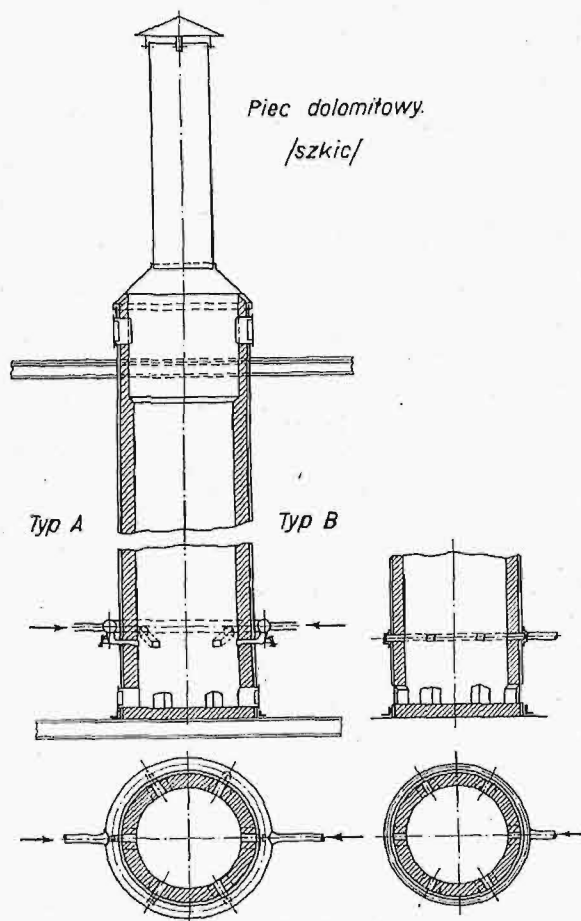
Dalsza przeróbka stali w walcowniach, młotowniach oraz innych drobniejszych oddziałach przetwórczych huty jest również stale związana z rozchodem energii.

Maszyny walcownicze o napędzie elektrycznym pozwalają łatwo kontrolować rozchód prądu zapomocą kilowatomierzy rejestrujących. Korzystając z ich wykresów, można w sposób prosty określić nietylko moc potrzebną na bieg luzem walcarki, lecz również przeprowadzić daleko idącą kalkulację poszczególnych wytworów walcowni-

<sup>7)</sup> St. u. E. 42 (1928), s. 1465—1472.



czych. Interesujący jest tu szczególnie wpływ biegu luzem na rozchód prądu na tonnę walcowanego żelaza; widać bowiem dokładnie, jak ważne jest całkowite wyzyskanie walcarki dla zmniejszenia kosztów własnych i jak wielkie korzyści mogą niekiedy przynieść tu łożyska kulkowe. Bardzo ciekawe wnioski wysnuć można również z wykresów rozchodowanej mocy o dobroci kalibrowania jakiegoś profilu lub też o stopniu nagrzania walcowanych bloków, rygli lub kęsów. Zwłaszcza ten ostatni punkt jest ważny nie tylko z punktu widzenia rozchodu energii, lecz również i ze względu na jakość walcowanych produktów, które wymagają określonych temperatur walcowania. Wzgląd ten jest tak



Rys. 5. Racjonalna zmiana ustroju pieca dolomitowego.

ważny, że np. wskazane jest nawet wprowadzenie stałej kontroli temperatur bloków, aby zmniejszyć ilość reklamacyj i zniżyć koszty własne. Te same rozważania dają się zastosować do maszyn walcowniczych o napędzie parowym, z tą tylko różnicą, że tam pomiary są daleko trudniejsze. Zwłaszcza większe jednostki mocy wytwarzają przy sterowaniu tak silne wahania ilości pary, że rzadko można je uchwycić zapomocą paromierzy rejestrujących (to samo dotyczy młotów i pras parowych). Pozostaje wówczas tylko indykowanie i pomiar skroplin, które jednak nie dają tak prostych wniosków liczbowych, jak przy maszynach elektrycznych. Szczególnie trudne są warunki pracy ciężkich maszyn zwrotnych z ich ciągiem przyspieszaniem wielkich mas; o ile przy napędzie elektrycznym część tej energii wraca przy zatrzymaniu maszyny z powrotem na sieć, o tyle przy napędzie parowym ginie ona zwykle całkowicie. Z drugiej strony, nie

trzeba jednak zapominać o tem, że koło Ilgnera oraz wszystkie przekładnie w systemie Ward — Leonarda o ogólnej sprawności  $\eta = 0,60$  wymagają większego rozchodu energii, niż przy bezpośrednim napędzie zapomocą maszyny parowej.

Jak już o tem wyżej wspomniano, proces walcowania, jak zresztą wszystkie procesy przeróbki ciepłej żelaza jest w dużej mierze zależny od ogrzania materiału. Rzadko która dziedzina techniki cieplnej wykazuje takie postępy i tyle ciekawych nowych spostrzeżeń natury teoretycznej i praktycznej, co budowa pieców. Jeżeli zadanie pieca upatrywać będziemy w przekazywaniu zimniejszemu materiałowi pewnej określonej ilości ciepła przez cieplejszy płomień, aż do chwili uzyskania przez materiał określonej temperatury, to już w tej definicji tkwi duża nieokreśloność. Dla przechodzenia ciepła potrzebny jest skok temperatur, który między temperaturą wewnątrz pieca a ogrzewanym materiałem wynosi normalnie  $100-300^{\circ}\text{C}$ . Jednocześnie jednak i wewnątrz materiału istnieje zwykle poważna różnica temperatur między powierzchnią a rdzeniem. Wobec tego od dobrego pieca winniśmy żądać nie tylko stosownego powierzchniowego ogrzania materiału, ale również i równomiernego ogrzania go w całej jego objętości. Mylne jest tedy porównanie pieców tylko według ich wydajności na  $\text{m}^2$  i  $h$ , gdyż pomijamy w ten sposób jakość nagrzania. Jakkolwiek sprawa teoretycznych podstaw budowy pieców jest jeszcze daleką od ostatecznego opracowania, to jednak wiele już na tem polu zdziałano. Przedewszystkiem cenne są tu prace A. Schacka, dotyczące promieniowania gazów<sup>8)</sup>, zwłaszcza  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ . Jeżeli teoretycznie każde paliwo, przy odpowiednim podgrzaniu go i powietrza, może dawać coraz wyższe temperatury spalania, to, jak się okazuje, nie wystarcza to np. do gruntownego nagrzania bloków stalowych. Powierzchnia bloków może nawet pływać, a mimo to blok przy walcowaniu okaże się za zimny. Wyżej dotknęliśmy już tej sprawy przy omawianiu pieców martenowskich.

Kwestja budowy samych pieców jest, oczywiście, zależna przedewszystkiem od wymiarów ogrzewanego materiału, od żądanej produkcji i od rozporządzalnego paliwa; wymaga też ona pilnej uwagi przy wyborze tej lub innej konstrukcji. W każdym razie nie należy nigdy zapominać niezmiernie ważnej kwestji upału (zgaru, niem. Abbrand) materiału. W piecach powinna przeważnie panować atmosfera redukująca oraz małe nadciśnienie, aby uniknąć zasysania zbędnego powietrza. Trzeba tedy umiejętnie posługiwać się zasuwami i nie oszczędzać nigdy na paliwie, jeśli w grę wchodzi strata materiału, który przecież jest przynajmniej 100 razy droższy niż grzejące go paliwo. Pamiętając, że i kształt materiału wpływa zasadniczo na zgar, musimy dobrze rozumieć, że wszelka oszczędność w paliwie jest całkowicie iluzoryczną, jeżeli towarzyszy jej wzrost zgaru.

Z tego też względu m. in. nie można odmawiać gospodarce energetycznej racji bytu w oddziałach dalszej przeróbki lub przy wytwarzaniu stali szlachetnych. Istotnie, koszt samego paliwa nie stoi tam w poważniejszym stosunku do wartości materiału;

<sup>8)</sup> Mittl. der Wärmestelle d. Ver. d. Eisenh. Nr. 55 (1923) i Nr. 75 (1925).

ale tylko dzięki dokładnemu śledzeniu procesów cieplnych można uniknąć drogiego zgaru lub nawet zepsucia materiału przy niezachowaniu koniecznych warunków termicznych.

Mały przykład (rys. 5) zmiany konstrukcji pieca dolomitowego oraz wprowadzenie tam racjonalizacji pracy pozwoli zorientować się w postępach, jakie tu biuro energetyczne może osiągnąć.

## VI. Cele biura energetycznego i charakter jego prac praktycznych.

Rozważania nasze z konieczności oparły się o kwestję kosztów produkcji. Nie zapominając o teoretycznych podstawach przemian energetycznych, widzimy, że stosowane tam jednostki, czy to  $Kal$ , czy  $kWh$ , czy  $m^3$ , ciągle narzucają sprawę ich odpowiednika pieniężnego. Nie zawsze należy stosować te metody pracy, które zużywają mniej kaloryj, gdyż nie zawsze związane jest to z ekonomicznym interesem przedsiębiorstwa. Jeżeli więc cenę należy wszelkie badania teoretyczne w dziedzinie energetyki, jeżeli każdy pracownik na tem polu winien się starać o przyłożenie cegiełki do gmachu wiedzy, to jednak praktyczne wyniki prac biura energetycznego wychodzić winny z innych założeń. Wszelkie konkretne propozycje, wszelkie

zmiany w ruchu muszą być dobrze uzasadnione ekonomicznie. Należy się otrząsnąć ze ściśle konstruktorskiego traktowania takich spraw przez niektóre wyższe uczelnie techniczne. Uganianie się za lepszą sprawnością lub stosowanie najnowszych zdobyczy techniki wymaga dokładnej kalkulacji. Nie wolno przytem dać się zaślepić korzystnymi kosztami ruchu; pamiętać trzeba zawsze o kosztach kapitału, które, niestety zwłaszcza u nas, są jeszcze bardzo wysokie. Niema w życiu przedsiębiorstwa dziedzin całkowicie izolowanych od reszty całości; każda zmiana na jakimkolwiek polu wpływa na cały szereg innych kółek w tym skomplikowanym mechanizmie. Technik, pracujący owocnie w przedsiębiorstwie, nie może o tych współzależnościach nigdy zapomnieć, jeśli chce racjonalnie gospodarzyć.

Jak powiada znany niemiecki ekonomista prof. Schmalenbach, gospodarzyć — znaczy wybierać, wybierać — znaczy porównywać; żeby zaś porównywać, trzeba mieć, dodajmy od siebie, zarówno dobre podstawy teoretyczne, jak i zrozumienie dla potrzeb praktycznych życia przemysłowego.

Obu tych rzeczy musimy wymagać od biura energetycznego, aby mogło ono z pożytkiem spełniać swą owocną pracę.

# Eksport węgla drogą wodną.

Napisał Inż. T. Tillinger.

## a) Kalkulacja kosztów przewozu.

**W**poruszonej przez p. Prof. Rybczyńskiego sprawie kosztów eksportu węgla drogą wodną do Gdańska\*) pozwolę sobie dodać kilka wyjaśnień, które, nie negując zasadniczo prawidłowości przedłożonej przez Autora szczegółowej kalkulacji kosztów przewozu projektowanym kanałem Węglowym, wprowadzają te, napozór drobne, korektywy, które jednak mogą mieć wielkie znaczenie, a nawet okazać się decydującymi w tej tak ważnej dla naszego górnictwa sprawie kosztów eksportu.

Chodzi zarówno o kalkulację kosztów, jak i o przyjętą w tej kalkulacji trasę projektowanego kanału.

Dla kalkulacji kosztów najbardziej miarodajnymi są faktyczne koszty przewozu węgla ze Śląska do Berlina i Szczecina Odrą (powyżej Wrocławia skanalizowaną) oraz kanałem Fürstenberg — Berlin.

Koszta te w jesieni r. 1927 wynosiły, po przeliczeniu 1 mk. = 2,12 zł.

Przebieg	Odległość	Za tonnę, zł.	Za tkm, gr.
Wrocław — Berlin . . .	415	8,48	2,04
„ Szczecin . . .	490	7,10	1,45
Opole — Berlin . . .	505	11,20	2,22
„ Szczecin . . .	580	10,10	1,74

Odległość z Opola do Szczecina 580 km wynosi tyleż, co odległość od projektowanego portu koło Wymysłowa nad Brynicą na Śląsku do Gdańska (571 km, p. niżej o trasie kanału).

Biorąc pod uwagę, że przewóz węgla na Odrze

odbywa się jeszcze dotąd przeważnie statkami t. zw. miary Wrocławskiej (Breslauer Mass) o pojemności 530 tonn, projektowany zaś u nas kanał Węglowy ze Śląska do Brdyujścia i Wisła od Brdyujścia do Gdańska pozwalałyby na używanie statków 1 000 tonnowych, przewóz wypadnie przy tej odległości znacznie taniej. Według wzoru Symphera dla kanałów koszt  $t km$  wyniesie (na kanałach), przy odległości 780 km, dla statków 1000-tonnowych:

$$t = \frac{90}{780} + 0,23 = 0,345 \text{ fen.} = 0,69 \text{ gr.};$$

dla statków 600-tonnowych:

$$t = \frac{90}{780} + 0,30 = 0,415 \text{ fen.} = 0,86 \text{ gr.}$$

Jak widzimy, koszt ten, obliczony przed 20 laty, jest niższy, niż faktycznie płacony na Odrze w r. 1927 na statkach 530 t, gdyż, pomimo wzrostu cen od tego czasu, należy wziąć pod uwagę, że jest obliczony dla kanałów, na których jest lepsze pod względem załadowania wyzyskanie taboru.

W każdym razie widzimy, że użycie statku 1000-tonnowego zmniejsza koszt o 20% w porównaniu ze statkiem 600 t.

Przyjąwszy tę poprawkę, otrzymalibyśmy, na podstawie cen istniejących w r. 1927 na Odrze, koszt przewozu węgla ze Śląska do Gdańska około 8 zł., czyli tyleż, co oblicza p. Profesor Rybczyński. Musimy jednak wprowadzić tu koniecznie jeszcze jedną poprawkę.

Koszt przewozu drogą wodną jest w znacznej mierze zależny od kosztów robocizny, — a ta w Niemczech jest 2 razy wyższa, niż u nas.

Jeżeli więc koszt przewozu węgla do Gdańska

\*) Przegląd Techniczny z d. 29 marca 1929 r.

według niemieckich cen z r. 1927 mógłby wynosić 8 zł. za tonnę, to według naszych cen mógłby wynieść znacznie taniej. Śmiało można twierdzić, że przewóz ten mógłby się kalkulować wtedy po 6—6,5 zł. za tonnę.

Zbyt wysokie oszacowanie kosztów przewozu w kalkulacji p. Prof. Rybczyńskiego wynikało: a) z przyjęcia trasy kanału przez Łódź, — o czym p. niżej, i b) z kilku drobnych szczegółów, które jednak miały znaczenie. Tak np., przyjmując, że parostatek o sile pociągowej 450 tonn może prowadzić w dół 2 barki po 1000 tonn i zakładając że moc tego parostatku jest 350 KM oraz koszt 450 000 zł., jest Szan. Autor nieco szczodry, gdyż i słabszy i tańszy parostatek, o mocy 250—275 KM, może taką parę barek w dół rzeki poprowadzić.

Przy wysokiej zaś wodzie, mogą płynąć razem za jednym holownikiem nawet 4 duże barki. Wychodząc o świcie z Brdyjścia, pociąg taki może już być na wieczór w Einlage, a holownik może śmiało prowadzić puste barki w górę rzeki nocą, jak to zresztą dzieje się na Środkowej Wiśle, gdzie nocne holowanie jest praktykowane. Również i holowanie na jeziorach wypadnie taniej, gdyż może być wykonywane stosunkowo niewielkimi holownikami. To samo da się powiedzieć o Warcie skanalizowanej, której zresztą p. Profesor pod uwagę nie brał, licząc się jedynie z przyjętą trasą kanału przez Łódź.

#### b) Nowy kierunek kanału Węglowego.

Opracowany przez Min. Rob. Publ. projekt kanału Węglowego przewiduje trasę, idącą z doliny rzeczki Brynicy na pograniczu Śląska i powiatu Będzińskiego, przez Herby, Częstochowę, Łódź, Łęczycę, Koło, jezioro Pałnowskie, jez. Gopło, kanał Górnonotecki do Brdyjścia, ze sprostowaniem kanału Górnonoteckiego przez jez. Jezuickie. (Istnieje też inny warjant ostatniego odcinka: z Gopła do Wisły pod Toruniem).

Kierunek tej trasy był wytknięty w roku 1919—20. W tym czasie eksport węgla na Bałtyk jeszcze prawie nie istniał, i obliczony w kalkulacji kanału wywóz węgla polskiego do Gdańska w ilości 3 000 000 tonn rocznie wydawał się przyjętym zbyt optymistycznie.

Głównym celem kanału Węglowego w jego ówczesnym ujęciu był nie wywóz węgla, lecz jego dowóz do głównych ośrodków konsumpcji krajowej: okręgu Łódzkiego, Warszawy i Poznania. Z przyjętych w kalkulacji 7 000 000 tonn wywozu węgla kanałem, — 4 000 000 tonn miało iść do tych ośrodków.

Odpowiednio do tego zadania była przeprowadzona trasa.

Przy studjowaniu trzech możliwych warjantów trasy: 1) przez Wartę, 2) przez Łódź i 3) przez Pilicę, — pierwszeństwo było dane odmianie drugiej, przez Łódź, gdyż jedynie ten kierunek uwzględniał potrzeby okręgu Łódzkiego, dla Warszawy był nie gorszy od kierunku przez Pilicę, a dla Gdańska, choć nieco dłuższy, niż przez Wartę, jednakże przy przyjętym stosunkowo nie tak wielkim eksporcie morskim, — wydawał się dostatecznie dogodnym.

Od tego czasu stosunki się wyjaśniły i cel kanału Węglowego zasadniczo się zmienił. Odpowiednio do tego powinna być zmieniona trasa.

Eksport węgla przez Bałtyk w ostatnich latach przewyższył 7 000 000 tonn rocznie. Nie jest bynajmniej niemożliwe, że, zwłaszcza po wybudowaniu kanału Węglowego, — wywóz ten jeszcze się znacznie zwiększy, a może nawet i podwoi.

Jednocześnie wyjaśniło się, że, aczkolwiek dla okręgu Łódzkiego przecięcie go kanałem żeglugi byłoby bardzo korzystne, to jednak sprawa dowozu tym kanałem węgla traci nieco na znaczeniu wobec tego, że główny konsument — fabryki, będą mogły w przyszłości otrzymywać energję przewodem elektrycznym z Zagłębia, co wypadnie taniej, niż nawet przy dowozie węgla drogą wodną. Z drugiej strony Warszawa, po ukończeniu budowy kanału Zagłębie—Kraków i po uregulowaniu Wisły, będzie mogła otrzymywać węgiel drogą wodną przez Wisłę, i — choć dowóz przez odpowiednio zbudowany kanał Węglowy zapewne byłby tańszy, — to jednak sprawa potaniaenia przewozu węgla w stronę Gdańska staje się ważniejszą, wobec kilkakrotnie większej ilości tego transportu w tamtą stronę.

Jeżeli więc zmiana warjantu II-go (przez Łódź) na warjant I (przez Wartę) skróci drogę do Gdańska o 50 km i o tyleż przedłuży drogę do Warszawy, — co odpowiada, przypuścmy, kosztowi 75 groszy na tonnę, — to ważniejsze jest daleko zmniejszenie tych kosztów dla węgla eksportowego do Gdańska, niż dla węgla przeznaczonego dla Warszawy, gdyż w pierwszym wypadku tyczy się to 7 milionów tonn, w drugim — półtora miliona tonn. Okoliczność ta przemawia za wyborem trasy I — przez Wartę.

Warjant przez Wartę prowadzi z Herbów na północ doliną Pankówki, przecina dolinę Liswarty powyżej Krzepic w niewysokim nasypie i spada do Warty w miejscu jej charakterystycznego zakrętu o 15 km poniżej Działoszyzna. Długość tego kanału od Herbów do Warty wyniesie 49 km. Ilość śluz dla przewyciężenia spadku ogólnego 108 m musiałyby wynieść około 14-tu.

Stąd, na długości 152 km aż do Pogorzałek, droga wodna szłaby skanalizowaną Wartą, której koryto musiałyby, zwłaszcza w górnej części, być znacznie rozkopane. Dla uniknięcia zbyt małych spadków, śluzy musiałyby być umieszczane w dość długich kanałach lateralnych. W ten sposób można by ilość stopni, przy ogólnym spadku na tej przestrzeni 85 m ograniczyć do 25. Ogółem więc ilość śluz na przestrzeni Herby—Pogorzałki wyniesie 36—40, czyli o 6—10 więcej, niż na warjancie przez Łódź. Cała długość warjantu wyniesie  $49 + 152 = 201$  km.

Warjant przez Częstochowę, Łódź i Łęczycę od Herbów do Pogorzałek ma długość 151 km i dla przewyciężenia ogólnego spadku 195 m musi mieć 30 śluz.

Oznaczając przez:

Odc. I — wspólny odcinek kanału 41 km długości od Wymysłowa do Herbów,

Warj. I — warjant od Herbów przez Częstochowę i Łódź do Pogorzałek nad Wartą,

Warj. II — warjant od Herbów przez Wartę do Pogorzałek,

Odc. II — wspólny odcinek od Pogorzałek nad Wartą do Brdyjścia nad Wisłą, — otrzymamy następujące porównanie:



	Odc. I do Herbów	Warj. I przez Łódź	Warj. II przez Wartę	Odc. II Warta- Wisła
1. Kanałów nowych	41 km	251 km	49 km	53 km
2. Przebudowy kanałów starych	—	—	—	23 "
3. Jezior	—	—	—	52 "
4. Kanalizacji rzek	—	—	—	20 "
Suma	41 km	251 km	201 km	148 km
5. Ilość śluz	—	36—40	30	10 "

Długość całej drogi wyniesie od Wymysłowa do Brdyjścia:

Przez Łódź . . . 189 + 251 = 440 km  
Przez Wartę . . . 189 + 201 = 390 "

Różnica 50 km.

Koszt budowy kanału od Warty do jez. Pątnowskiego i stąd do j. Gopła, według opracowanego już projektu szczegółowego, wyniesie 12 000 000 zł. Koszt przebudowy kanału Górnoteckiego wraz ze sprostowaniem go w kierunku Brdyjścia wyniesie ok. 35—40 000 000 zł. Ogółem więc koszt budowy odcinka Pogorzałki — Brdyjście, wspólnego dla obydwu warjantów, wyniesie ok. 50 miljn. zł.

Koszt wspólnego odcinka 41 km od Wymysłowa do Herbów, aczkolwiek pozbawionego śluz, lecz przechodzącego w trudnych warunkach terenowych, wyniesie ok. 1 200 000 zł. na km, czyli okrągło 50 miljn. zł. Ogółem więc koszty wspólnych odcinków dla obydwu warjantów wyniosą 102 miljn. zł.

Koszt budowy warjantu I należy obliczyć od Pogorzałek do Łęczycy 65 km po 600 000 zł. = 39 miljn. zł. i od Łęczycy do Herbów 192 km po 1 250 000 zł. = 240 miljn. zł., ogółem 280 000 000 zł.

Na warjancie II-im odcinek 49 km kanału od Herbów do Warty należy liczyć ok. 1 500 000 zł. za km czyli okrągło 60 miljn. zł.

Kanalizacja Warty, przy ogólnym spadku rzeki 85 m, będzie wymagała ok. 25 stopni, ze śluzami w kanałach lateralnych. Koszt każdego stopnia, opierając się na kosztorysach szczegółowych projektu kanalizacji Buga i Muchawca, — można określić na 3,0 milj. zł.

Do tego dochodzi koszt przekształcenia koryta rzeki w wysokości ok. 150 000 zł. na km. Ogółem więc koszt kanalizacji 152 km Warty wypadnie ok. 100 miljn. zł. Całkowity więc koszt warjantu II-go wypada 60 + 100 = 160 miljn. zł., wobec 280 miljn. zł. kosztów budowy warjantu I-go.

Różnica wynosi więc 120 miljn. zł. na korzyść warjantu przez Wartę, który jest przytem o 50 km krótszy.

Całkowity koszt budowy kanału Węglowego aż do Wisły według warj. I wyniesie więc 280 + 100 = 380 miljn. zł., a według warjantu II-go 160 + 100 = 260 miljn. zł.

Zmniejszenie długości kanału wpłynie na obniżenie kosztów własnych przewozu węgla do Gdańska. Ponieważ odległość z Brdyjścia do Tczewa wynosi 136 km, a do Gdańska 181 km — więc

ogólna odległość z portu w Wymysłowie do Gdańska według warj. I przez Łódź wyniesie 440 + 181 = 621 km, a według warj. II przez Wartę — 571 km.

Zmniejszenie kosztów budowy kanału o 120 miljn. zł. zmniejszy wysokość jego oprocentowania, co odbić się będzie musiało na zmniejszeniu myta i połączonych z tem kosztach przewozu.

Przyjmując oprocentowanie z amorytazacją na 8%, czyli 9 600 000 zł., i przewóz średnio 6 300 000 tonn, — mamy zmniejszenie ciężaru oprocentowania na tonnę ładunku o 1,50 zł. za cały przebieg.

Licząc zaś koszty własne przewozu drogą wodną na 1 gr. za tkm, otrzymamy, że zmniejszenie odległości o 50 km zmniejszy te koszty o 50 gr. Jednakże zwiększenie liczby śluz o 6 — 10 przy warjancie II-im zmniejszy tę korzyść do ekwiwalentu nie więcej niż 20 km, czyli o 20 groszy za cały przebieg. W każdym jednak razie zmniejszenie kosztów przewozu przy kierunku II-im będzie znaczne, i wyniesie ok. 1,70 zł. na tonnę.

Okolicznością najbardziej przemawiającą za budową kanału Węglowego według trasy II-ej, t. j. przez Wartę, jest to, że koszty ogólne są stosunkowo nie wysokie (260 miljn. zł. = 29 miljn. dolarów) i to, że kanał może być budowany stopniowo od dołu, — czego nie da się zrobić z warjantem I-ym, ze względu na to, że wymaga on zasilania w wodę z Warty koło Częstochowy.

Budowa mogłaby być podjęta w nast. kolejności:

1) Okres I-y może objąć budowę kanału Warty — Gopło, kosztem 12 000 000 zł.

2) W okresie II-im może być wykonana przebudowa i sprostowanie kanału Górnoteckiego kosztem 38 000 000 zł.

3) W okresie III-im może być wykonana stopniowa kanalizacja Warty, kosztem 100 000 000 zł.

Po wykonaniu tych robót może już być otwarty wywóz węgla z portu, któryby mógł być zbudowany w okolicy poniżej Działoszyna.

Dowóz koleją do tego portu wymagałby transportu kolejowego tylko 80 — 90 km, — a resztę drogi do Gdańska mógłby węgiel iść statkami. Powstałyby tu takie warunki, jakie są na niemieckim G. Śląsku, gdzie węgiel dowożony jest koleją do portów w Koźlu i Opolu.

Dopiero później mógłby być wykonany kanał z Warty do Brynicy, — kosztem 100 000 000 zł.

Widzimy więc, że zrealizowanie transportu węglowego drogą wodną przez Wartę, Gopło i Wisłę może być dokonane już stosunkowo niewielkim wydatkiem 150 000 000 zł. (nie licząc kosztów dodatkowej regulacji i pogłębienia Dolnej Wisły).

W stosunku do zadania — jest to wydatek nie przenoszący naszych możliwości, więc do stopniowego realizowania jego powinniśmy przystąpić jak najrychlej, rozpoczynając budowę kanału Gopło — Warta, którego szczegółowy projekt jest już opracowany.

# PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

## LOTNICTWO I AUTOMOBILIZM.

### Metale w budowie samochodów i płatowców.

Z okazji urządzonego w Berlinie w końcu r. ub. Salonu Samochodowego zorganizowała Deutsche Gesellschaft für Metallkunde konferencję, poświęconą metalom, stosowanym w budowie samochodów i płatowców. Pierwszy zabrał głos dr. Bergmann, który zaznaczył, że konstruktor, stosujący metale lekkie w budowie różnych części maszynowych, odbiegać musi, nieraz daleko, od utartych — dla żelaza i stali — rozwiązań konstrukcyjnych. Celowe stosowanie metali lekkich nie polega jedynie na mechanicznym zwiększeniu przekrojów, należy natomiast wziąć pod uwagę i szereg innych własności, jak wpływ temperatury i t. p. W budowie samochodu stopy lekkie doznały wielkiego rozpowszechnienia, na dużą skalę jednak stosowane są głównie w samochodach luksusowych, a to dzięki znacznej stosunkowo cenie tych metali. Jeżeli jednak, prócz ceny, zwrócić uwagę na dobrą obrabialność stopów lekkich, to okazać się może, że wykonywane z nich części nie przekroczą pod względem kosztów części żelaznych lub stalowych.

W dalszym ciągu inż. Güttner poruszył sprawę metali w budowie karoseryj samochodowych. W tym dziale najczęściej stosowana jest blacha stalowa, podczas gdy liczba metali nieżelaznych jest dotychczas dość szczupła. Metale lekkie, w postaci odlewów pod ciśnieniem, z cynku, miedzi lub stopów glinowych używane są jedynie do wyrobu mało skomplikowanych części, jak okucia, klamki i t. d.; elektron i silumin służy do wykonywania ram do szyb chroniących przed wiatrem. Odnośnie dalszego rozpowszechnienia metali lekkich w budowie karoseryj, referent stwierdza w tym kierunku pewne możliwości, przypuszczając jednak, że przeszkodę stanowić będzie, prócz wysokiej ceny, niezupełnie korzystne, pod względem wytrzymałościowym, zachowanie się spawanych części glinowych.

Następny referent omówił budowę chłodnic z punktu widzenia materiałoznawczego. Pierwsze chłodnice wykonywane były (przed 30 laty) z przewodów miedzianych, lutowanych wysokowartościową cyną. W budowanych później chłodnicach ulowych miedź zastąpiona została przez mosiądz. Chłodnice ulowe przekształciły się wreszcie w warstwicowe różnych odmian i kształtów, w których głównym tworzywem był również mosiądz. Poszczególne wytwórnie rozpoczęły później wyrób chłodnic rurowych, sporządzanych z miedzi lub mosiądzu oraz białej blachy. Żelazo, używane do tego celu pod koniec wojny, dało niezbyt dobre wyniki, gdyż chłodnice ulegały szybkiemu zniszczeniu. Badania przeprowadzone w ciągu lat ostatnich wykazały jednak, że nawet mosiądz nie nadaje się w tym stopniu do budowy chłodnic, co miedź, ulega bowiem często korozji. Nowością ostatnich dwóch lat jest budowanie chłodnic z blachy stalowej, powleczonej cienką warstwą miedzi i poniklowanej. Chłodnice aluminiowe nie dały dotychczas zadowalających wyników, aczkolwiek mała ich waga wyróżniałaby je korzystnie, szczególnie w zastosowaniu do lotnictwa.

Inż. Steudel zajął się rozpatrzeniem budowy płatowca, pod względem metaloznawczym. Większość części płatowca obciążona jest w złożony sposób, przenosząc zarówno siły rozciągające, jak i ściskające oraz wybachające, z których jednakże bardziej niebezpieczne są te ostatnie i one winny być brane pod uwagę przy obliczeniach. Przy budowie płatowców metalowych najbardziej poszukiwane są stopy lekkie, aczkolwiek i stal, mimo większego ciężaru właściwego, znajduje zastosowanie w częściach bardziej obciążonych. Dotychczas używano najczęściej lekkich stopów glinowych, z którymi ostatnio współzawodniczyć za-

czyna elektron. Bardziej odporne przeciw wyboczeniu są, w porównaniu ze stalą, stopy lekkie, stal jednak osiąga pierwszeństwo w tych wypadkach, gdzie zależy na utrzymaniu bardzo małych przekrojów. Co się tyczy obróbki materiałów, używanych w lotnictwie, to, w przeciwieństwie do klasycznej obróbki maszynowej, kucie i prasowanie ustępują tu metodom, używanym przy obróbce blachy, a więc kępowaniu, wyoblaniu i wyklepywaniu. Poza stalą i metalami lekkimi, inne metale używane są w budowie płatowców tylko wyjątkowo; należą tu więc przewody miedziane i mosiężne — w chłodnicach oraz paliwowe lub do smarowania, jak również bronz na panewki do łożysk, które jednak coraz częściej wykonywane są jako łożyska kulkowe, względnie walczkowe.

W dalszym ciągu zagadnienie śmigieł metalowych omawiał dr. inż. Seewald. Coraz większa liczba inżynierów wysuwa konieczność sporządzania śmigieł metalowych, do czego przyczynia się wzrastająca ustawicznie moc silnika lotniczego i prędkość końca śmigła. Przy prędkości obwodowej większej od prędkości rozchodzenia się głosu, krawędzie śmigła wypadają ostre, a ścianki wąskie, tak, że sporządzenie śmigła drewnianego nastęrcza wielkie trudności. Przyczyną utrudniającą budowę śmigła metalowego jest możliwość częściowego tylko obliczenia sił, działających w czasie pracy śmigła. Utrzymuje się jednak punkt widzenia, że metal, z którego wykonane ma być śmigło, winien posiadać mały ciężar właściwy i wielką odporność przeciw drganiom. (V.D.I., t. 73 (1929) zes. 4, str. 137—138).

### RADJOTECHNIKA.

#### Fultograf.

Przyrząd, noszący nazwę powyższą, został zastosowany w Anglii do przenoszenia drogą radiotelegraficzną rysunków, wykonanych na papierze (filmie), przezroczystym. Przed rysunkiem takim przesuwana jest wąska wiązka promieni światła, poza filmem zaś mieści się komórka selenowa, mająca znane własności fotoelektryczne. Im więcej zaczerpnięte miejsca rysunku natrafia wiązka promieni, tem słabszy prąd powstaje w komórce selenowej. Prąd ten, odpowiednio amplifikowany, jest przenoszony drogą radiotelegraficzną do stacji odbiorczej, gdzie ulega modulacji. Emisja jest wykonywana z częstością słyszalną, pomiędzy 800 a 1000 okr./sek. Odbiornik zawiera walec, na który napęd od mechanizmu zegarowego i igła. Walec otrzymuje napęd od mechanizmu zegarowego i igła opisuje na nim linię śrubową o bardzo małym skoku. Papier jest nasycony roztworem jodku potasu, rozkładającym się przy przepływie prądu słabego (ok. 1 mA), skutkiem czego pozostaje na papierze punkt (wzgl. kreska) niebieska.

Synchronizm nadajnika i odbiornika osiąga się w sposób b. prosty, zapomocą mechanizmu podobnego do używanego w sierografie. Synchronizm jest regulowany za każdym obrotem walca, co dla praktyki zupełnie wystarcza. Przyrząd może być włączony do każdego odbiornika radjofonicznego na miejsce głośnika. (La Technique Moderne, (1929), t. 21, str. 188).

### SPROSTOWANIE.

W streszczeniu p. t. „Teoria pęcznienia żeliwa”, wydrukowanym w zes. 15 z r. b., str. 416, zakradła się pomyłka: cyfry obu kolumn, gęstości i objętości właściwej, w podanym tam zestawieniu umieszczono w odwrotnej kolejności. Powinno więc być

	gęstość	objętość właściwa
Fe <sub>3</sub> C	7,673	0,1304
3Fe	7,87	0,1270
Grafit	2,25	0,4440