

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Zastosowanie różnic skończonych do obliczenia dźwigarów załamanych w planie, nap. Inż. Dr. Witold Wierzbicki, Profesor Szkoły Głównej Gosp. Wiejsk.
 Próby na silniku o zmiennym stopniu sprężania, nap. Inż. St. Olszewski.
 IV-ty Zjazd Inżynierów-Mechaników Polskich.
 Przegląd pism technicznych.
 Bibliografia.

SOMMAIRE:

L'application des différences finies au calcul des poutres à axe brisé, par M. W. Wierzbicki, Professeur à l'Ecole Nationale de l'Agriculture.
 Essais au moteur à combustion interne au taux de compression variable, par M. St. Olszewski, Ingénieur.
 Le IV-me Congrès National des Ingénieurs-Mécaniciens à Varsovie, 1930.
 Revue documentaire.
 Bibliographie.

Zastosowanie różnic skończonych do obliczenia dźwigarów załamanych w planie.

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

Wszystkich działach matematyki stosowanej panuje dążność do przedstawiania różnego rodzaju zależności funkcjonalnych zapomocą t. zw. wzorów zamkniętych, t. j. wzorów, z których poszczególne wartości poszukiwanych wielkości mogą być wyznaczone bezpośrednio, drogą podstawiania cyfr zamiast liter.

Przeciwstawieniem do wzorów zamkniętych są wzory niezamknięte, t. j. takie, z których wyznaczenie poszukiwanych wielkości może nastąpić dopiero po wykonaniu mniej lub więcej złożonych czynności algebraicznych, jak sumowanie szeregów, rozwiązywanie równań i t. p.

W dziedzinie mechaniki budowli typowym przykładem wzorów zamkniętych są wzory na ugięcia belek prostych, zaś typowym przykładem wzorów niezamkniętych jest równanie trzech momentów dla belek ciągłych.

Ogólnie można powiedzieć, iż wzory zamknięte nadają się lepiej przy badaniu środowisk sprężystych ciągłych, podczas gdy wzory niezamknięte odpowiadają układom, złożonym z punktów materialnych, niezwiązanych ze sobą w sposób ciągły.

Dążenie do przedstawienia w formie zamkniętej rozwiązań zagadnień nieciągłych mechaniki budowli skierowało już dawno myśl badaczy naukowych na wprowadzenie do tej dziedziny matematyki stosowanej teorii różnic skończonych, większość jednak prac, zawierających zastosowanie tej teorii, ogłoszono dopiero w stuleciu bieżącym¹⁾.

¹⁾ Wykaz prac tego rodzaju, ogłoszonych w języku niemieckim, znaleźć można w książce: Bleich-Melan, Die gewöhnlichen und partiellen Differenzen-Gleichungen der Baustatik, Berlin 1927, str. 347.

Treścią pracy niniejszej jest również jedno z tego rodzaju zastosowań.

Bierzemy pewną funkcję nie koniecznie ciągłą:

$$y_x = F(x) \dots \dots \dots (1)$$

i nadajemy zmiennej niezależnej pewien przyrost skończony δ .

Różnicę

$$\Delta y_x = y_{x+\delta} - y_x = F(x+\delta) - F(x) = F_1(x), \dots (2)$$

którą uważamy również za pewną funkcję x , nazywamy różnicą skończoną pierwszego rzędu.

Różnicę

$$\Delta^2 y_x = \Delta y_{x+\delta} - \Delta y_x = F_1(x+\delta) - F_1(x) = F_2(x) \dots (3)$$

nazywamy różnicą skończoną drugiego rzędu, różnicę

$$\begin{aligned} \Delta^3 y_x &= \Delta^2 y_{x+\delta} - \Delta^2 y_x = \\ &= F_2(x+\delta) - F_2(x) = F_3(x) \dots \dots (4) \end{aligned}$$

różnicą trzeciego rzędu i t. d.

W naszych rozważaniach przyjmujemy, iż zmienna x przybiera kolejne wartości $x = 0, 1, 2, 3, \dots$ i że przyrost $\delta = 1$.

Różnicę $\Delta^2 y_x$ możemy przedstawić w postaci:

$$\begin{aligned} \Delta^2 y_x &= \Delta y_{x+1} - \Delta y_x = (y_{x+1} - y_x) - (y_x - y_{x-1}) = \\ &= y_{x+1} - 2y_x + y_{x-1} \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

Podobnie i różnice skończone dalszych rzędów mogą być przedstawione zapomocą rozwinięcia o współczynnikach dwumianu Newton'a.

Posiadając rozwinięcie podobne do przedstawionego we wzorze (5), możemy określić, jakiego rzędu różnice ono przedstawia, znajdując największą różnicę między wskaźnikami przy y , czyli w danym wypadku różnicę $2 = (x + 1) - (x - 1)$.

Równaniem różnicowym nazywamy równanie typu:

$$\Phi [x, F(x), \Delta F(x), \Delta^2 F(x), \dots, \Delta^n F(x)] = 0. \quad (6)$$

Równania, zawierające tylko różnice w pierwszej potędze, nazywamy linjowymi równaniami różnicowymi.

Wobec rozwinięcia (5) i analogicznych rozwinięć, odpowiadających różnicom wyższych rzędów, równania tego rodzaju mogą być przedstawione w postaci:

$$\Phi(x, y_x, y_{x+1}, y_{x+2}, \dots, y_{x+n}) = 0. \quad (7)$$

Rząd równania różnicowego określa się tu, jak wyżej, czyli

$$n = (x + n) - x \quad (8)$$

Równaniu (7) można nadać formę następującą:

$$Ay_x + By_{x+1} + Cy_{x+2} + \dots + Ny_{x+n} = Q_x. \quad (9)$$

Naogół wszystkie współczynniki A, B, \dots, Q_x mogą być pewnymi funkcjami x , w danej pracy będziemy jednak mieli do czynienia jedynie z równaniami, w których tylko Q_x jest funkcją x , inne zaś współczynniki są wielkościami od x niezależnymi.

Równanie (9) możemy łatwo przekształcić w równanie:

$$Ay_{z+k} + By_{z+1+k} + \dots + Ny_{z+n+k} = Q_{z+k}, \quad (10)$$

jeżeli założymy $x = z + k$ i wstawimy w wyrażenie dla Q , zamiast x , sumę $z + k$, gdzie k jest dowolną liczbą całkowitą.

Rozwiązanie równania różnicowego polega na znalezieniu takiej funkcji

$$y_x = f(x), \quad (11)$$

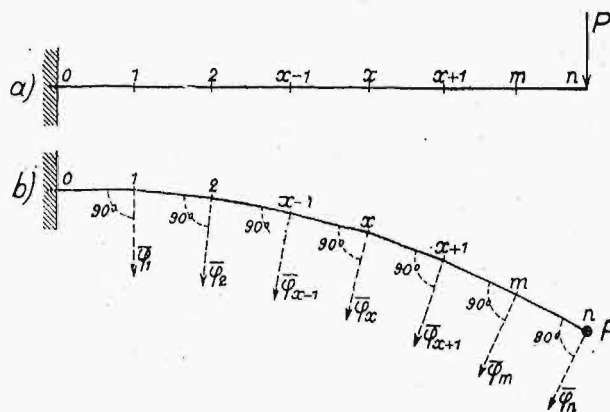
którą wstawiając dla odpowiednich wartości x w równanie (9) doszlibyśmy do tożsamości. Jest to tak zwane rozwiązanie szczególne. Rozwiązanie ogólne obejmuje natomiast całą grupę funkcji, odpowiadających danemu równaniu różnicowemu.

Równań typu (9) nie należy uważać za symboliczne przedstawienie układu równań linjowych, gdyż istnieje zasadnicza rozbieżność między formą rozwiązań układu równań linjowych a formą ogólnego rozwiązania równania różnicowego. Rozbieżność pochodzi stąd, iż ogólne rozwiązanie równań różnicowych, z których w dalszym ciągu będziemy korzystali, ważne są nie tylko dla całkowitych wartości x , lecz i dla wszystkich innych jego wartości. Z tego powodu równania różnicowe mogą otrzymać rozwiązania w takiej formie, w jakiej równania linjowe nigdy ich mieć nie mogą, np. rozwiązania w formie funkcji przestępnych. Oczywiście, rozwiązania liczbowe dla tych samych cał-

kowitych wartości x muszą być w obydwóch wypadkach te same¹⁾.

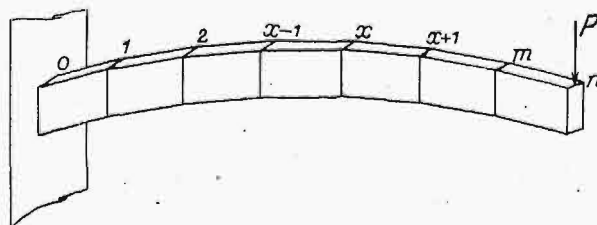
Równania różnicowe odgrywają dla dźwigarów załamanych w planie podobną rolę, jak równania różniczkowe dla belek prostych i kolistych.

Z pośród dźwigarów załamanych w planie będziemy tu rozważali przede wszystkim przypadek dźwigara utwierdzonego w jednym końcu i obciążonego siłą skupioną na drugim. Przypadek, o którym mowa, ma podstawowe znaczenie w teorii dźwigarów załamanych w planie, gdyż wszystkie inne typy tych dźwigarów mogą być, pod względem schematu statycznego, do niego sprowadzone. Dźwigar ten przedstawiony jest w widoku i planie na rys. 1, zaś w perspektywie na rys. 2. W dal-



Rys. 1.

szym ciągu będziemy nazywali płaszczyznę, zawierającą łamaną oś dźwigara, poziomą, zaś kierunki do niej prostopadłe — pionowymi. Punkty 1, 2, 3... nazywamy węzłami dźwigara.



Rys. 2.

Równania różnicowe będą tu zastosowane do obliczenia odkształceń omówionego dźwigara załamane w planie. Odkształcenia te charakteryzują się wielkościami następującymi:

φ_x — kąt nachylenia płaszczyzny przekroju poprzecznego w węźle x , prostopadłego do osi przedziału $x - 1, x$ dźwigara, względem płaszczyzny pionowej, przechodzącej przez ten sam punkt,

θ_x — kąt obrotu tegoż przekroju, co wyżej, względem osi $x - 1, x$.

v_x — pionowe przesunięcie węzła x .

Przesunięcia węzła x w dwóch kierunkach do v_x prostopadłych są wielkościami małymi porządku

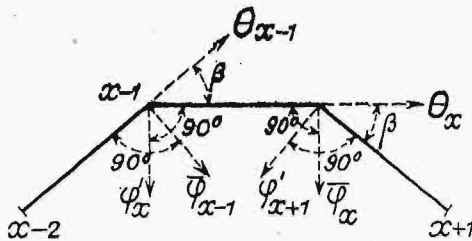
¹⁾ Por. N. E. Nörlund, Vorlesungen über Differenzenrechnung. Berlin 1924, str. 272 i następane.

wyższego niż v_x , czyli że nie potrzebują tu być brane pod uwagę.

Poza wymienionymi wielkościami, wprowadzamy do obliczeń jeszcze oznaczenia następujące:

- φ_x — kąt nachylenia końcowego przekroju poprzecznego x przedziału $x-1, x$ względem przedziału początkowego $x-1,$
- θ_x — kąt skręcania przedziału $x-1, x,$
- y_x^0 — ugięcie przedziału $x-1, x,$ czyli pionowe przesunięcie punktu x względem punktu $x-1,$
- φ_x' — kąt nachylenia przekroju poprzecznego w punkcie $x-1,$ prostopadłego do osi przedziału $x-1, x$ dźwigara, względem płaszczyzny pionowej, przechodzącej przez ten sam punkt ($x-1$).

Na rys. 3, na skazonym fragmencie dźwigara, przedstawione są wektory, odpowiadające nachyleniu φ_x i φ_x' oraz obrotem θ_x .



Rys. 3.

Zależności między kolejnymi kątami odkształceń $\varphi_x, \varphi_x', \varphi_x, \theta_x$ i θ_x wyrażają się zapomocą równań następujących¹⁾, w których przez β oznaczone są kąty poziome między osiami sąsiednich przedziałów dźwigara (rys. 3):

$$\bar{\varphi}_x = \bar{\varphi}_{x-1} \cos \beta_{x-1} - \bar{\theta}_{x-1} \sin \beta_{x-1} + \varphi_x \quad (12)$$

$$\bar{\theta}_x = \bar{\varphi}_{x-1} \sin \beta_{x-1} + \bar{\theta}_{x-1} \cos \beta_{x-1} + \theta_x \quad (13)$$

$$\varphi_x' = \bar{\varphi}_{x-1} \cos \beta_{x-1} - \bar{\theta}_{x-1} \sin \beta_{x-1} \quad (14)$$

W związku z tem pionowe przesunięcia poszczególnych węzłów m dźwigara załamane go wyrażają się wzorem:

$$v_x = v_m = \sum_1^m y_x^0 + \sum_1^m l_x \cdot \varphi_x' \quad (15)$$

który dla końca n dźwigara przybiera postać:

$$v_n = \sum_1^n y_x^0 + \sum_1^n l_x \cdot \varphi_x' \quad (16)$$

W powyższych wzorach uważamy kąty $\bar{\varphi}_x, \varphi_x'$ oraz φ_x za dodatnie, o ile obserwator, patrzący na dźwigar z jego strony wklęsłej, widzi, że odpowiednie przekroje poprzeczne dźwigara obracają się względem swych osi obojętnych w kierunku wskazówki normalnego zegara, t. j. na prawo. Kąty $\bar{\theta}_x$ i θ_x uważamy tu za dodatnie wówczas,

kiedy obserwator, posuwając się tyłem wzdłuż dźwigara od jego końca utwierdzonego w kierunku końca obciążonego siłą $P,$ widzi, że odpowiednie przekroje poprzeczne dźwigara obracają się na prawo względem osi odpowiednich przedziałów dźwigara.

Podstawą obliczenia dźwigarów załamanych w planie są równania (12) i (13), które dotyczą tego rodzaju dźwigarów wogóle, nie zaś tylko rozpatrywanego tu przypadku podstawowego. Z punktu widzenia teorii różnic skończonych są równania (12) i (13) układem równań różnicowych z dwiema niewiadomymi $\bar{\varphi}_x$ i $\bar{\theta}_x$ porządku pierwszego względem każdej z tych funkcji.

Dalej przyjmujemy, iż kąt β_x oraz długość przedziału l_x są wielkościami stałymi.

Przystępując do rozwiązywania układu równań różnicowych (12) i (13), zmierzamy przedewszystkiem do zastąpienia go przez jedno równanie różnicowe, którego porządek byłby w danym razie równy lub niższy od 2, t. j. od sumy cyfr, charakteryzujących porządek równań (12) i (13).

Z równania (12) wyznaczamy φ_{x+1} :

$$\bar{\varphi}_{x+1} = \bar{\varphi}_x \cos \beta - \bar{\theta}_x \sin \beta + \varphi_{x+1} \quad (17)$$

Wstawiamy tu w dalszym ciągu, zamiast $\bar{\theta}_x,$ wyrażenie (13):

$$\bar{\varphi}_{x+1} = \bar{\varphi}_x \cos \beta - \bar{\varphi}_{x-1} \sin^2 \beta - \bar{\theta}_{x-1} \cos \beta \sin \beta - \bar{\theta}_x \sin \beta + \varphi_{x+1} \quad (18)$$

Rozwiązujemy równanie (13) względem $\bar{\theta}_{x-1}$:

$$\bar{\theta}_{x-1} \sin \beta = -\bar{\varphi}_x + \bar{\varphi}_{x-1} \cos \beta + \varphi_x \quad (19)$$

i wstawiamy otrzymane wyrażenie w równanie (18):

$$\bar{\varphi}_{x+1} = \bar{\varphi}_x \cos \beta - \bar{\varphi}_{x-1} \sin^2 \beta + \bar{\varphi}_x \cos \beta - \bar{\varphi}_{x-1} \cos^2 \beta - \varphi_x \cos \beta - \theta_x \sin \beta + \varphi_{x+1} \quad (20)$$

Ostatecznie, dochodzimy do następującego równania różnicowego porządku 2 z jedną niewiadomą funkcją $\bar{\varphi}_x$:

$$\bar{\varphi}_{x+1} - 2 \bar{\varphi}_x \cos \beta + \bar{\varphi}_{x-1} = Q_x \quad (21)$$

gdzie

$$Q_x = \varphi_{x+1} - \varphi_x \cos \beta - \theta_x \sin \beta \quad (22)$$

Równanie (21) jest równaniem różnicowym o współczynnikach stałych. Wielkość l_x nie wpływa, jak widać, w sposób wyraźny na wyznaczenie kątów $\bar{\varphi}_x.$

Po wyznaczeniu funkcji $\bar{\varphi}_x$ z równania (21) możemy obliczyć $\bar{\theta}_x$ z równania (13).

Obliczenie wyrazu Q_x sprowadza się do przedstawienia kątów φ_x oraz $\theta_x,$ jako funkcji $x.$ Dla kątów tych korzystamy ze znanych wzorów:

$$\varphi_x = \frac{P l^2}{2EI} + \frac{M_x l}{EI} \quad (23)$$

$$\theta_x = \frac{M_x l}{G I_0} \quad (24)$$

¹⁾ Równania te zostały wyprowadzone w pracy: W. Wierzbicki, Teoria dźwigarów załamanych w planie, 1926 r. str. 10 i następn.

gdzie E i I oznaczają odpowiednio współczynnik sprężystości przy zginaniu i moment bezwładności przekroju poprzecznego dźwigara względem osi obojętnej, zaś G i I_0 współczynnik sprężystości przy skręcaniu i biegunowy moment bezwładności przekroju.

Momenty zginające M_x , zaczepione do końców poszczególnych przedziałów dźwigara załamanego oraz odpowiednie momenty skręcające \mathfrak{M}_x wyznaczamy ze wzorów:

$$M_x = P h_x \dots \dots \dots (25)$$

$$\mathfrak{M}_x = P k_x, \dots \dots \dots (26)$$

gdzie h_x (rys. 4) oznacza ramię momentu M_x , a k_x ramię momentu \mathfrak{M}_x .

Wprowadzając oznaczenia:

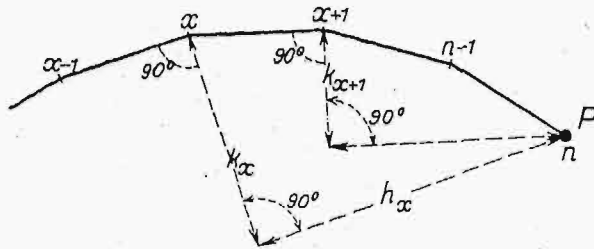
$$\frac{Pl}{GI_0} = 2e, \quad \frac{Pl}{EI} = 2f,$$

dochodzimy do następujących wzorów dla φ_x oraz θ_x :

$$\varphi_x = fl + 2fh_x \dots \dots \dots (27)$$

$$\theta_x = -2e \cdot k_x, \dots \dots \dots (28)$$

Znak mniej we wzorze (28) tłumaczy się tu przyjętym wyżej sposobem znakowania kątów θ_x .



Rys. 4.

Na podstawie rys. 4 i na podstawie wzorów na dodawanie szeregu sinus'ów i cosinus'ów otrzymujemy:

$$h_x = l [\cos \beta + \cos 2\beta + \dots + \cos (n-x)\beta] = \frac{l \cos \frac{n-x}{2} \beta \cdot \sin \frac{n-x+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} - l \dots (29)$$

$$k_x = l [\sin \beta + \sin 2\beta + \dots + \sin (n-x)\beta] = \frac{l \sin \frac{n-x}{2} \beta \sin \frac{n-x+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} \dots (30)$$

Wstawiając wzory (27) – (30) w wyrażenie (22) dla Q_x , otrzymujemy, iż

$$Q_x = a \cos x \beta + b \sin x \beta + c, \dots (31)$$

gdzie współczynniki a, b, c mają wartości następujące:

$$a = \frac{1}{\sin \frac{\beta}{2}} \cdot \left(fl \sin \frac{2n-1}{2} \beta - \dots \right)$$

$$- fl \cos \beta \cdot \sin \frac{2n+1}{2} \beta - \dots - el \sin \beta \cdot \cos \frac{2n+1}{2} \beta \dots (32)$$

$$b = \frac{1}{\sin \frac{\beta}{2}} \left(- fl \cos \frac{2n-1}{2} \beta + \dots + fl \cos \beta \cdot \cos \frac{2n+1}{2} \beta - \dots - el \sin \beta \cdot \sin \frac{2n+1}{2} \beta \right) \dots (33)$$

$$c = 2el \cos^2 \frac{\beta}{2} \dots \dots \dots (34)$$

Przykłady przytoczone w tej pracy, będziemy rozwiązywali, dla uproszczenia sobie przeróbek algebraicznych, dla szczególnego wypadku, gdy $e=f$, co odpowiada przekrojom poprzecznym dźwigarów o kształcie owalu wydłużonego w kierunku osi pionowej. W tym wypadku współczynniki a, b, c przybierają, odpowiednio, postać następującą:

$$a = \frac{2fl \sin \beta \cos \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} \dots \dots \dots (35)$$

$$b = \frac{2fl \sin \beta \cdot \sin \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} \dots \dots \dots (36)$$

$$c = 2fl \cos^2 \frac{\beta}{2} \dots \dots \dots (37)$$

Rozwiązanie ogólne równania:

$$\bar{\varphi}_{x+1} - 2\bar{\varphi}_x \cos \beta + \bar{\varphi}_{x-1} = a \cos x \beta + b \sin x \beta + c \quad (38)$$

może być przedstawione, jako suma¹⁾

$$\bar{\varphi}_x = z_x^0 + z_x \dots \dots \dots (39)$$

gdzie z_x^0 oznacza pewne dowolne rozwiązanie szczególne tego równania, zaś z_x rozwiązanie odpowiedniego równania bez ostatniego wyrazu Q_x , czyli równania:

$$\bar{\varphi}_{x+1} - 2\bar{\varphi}_x \cos \beta + \bar{\varphi}_{x-1} = 0 \dots (40)$$

Wobec formy wyrażenia dla Q_x na rozwiązanie szczególne równania (38) mógłby się nadawać trójmian:

$$z_x^0 = A \sin x \beta + B \cos x \beta + C, \dots (41)$$

gdyby nie okoliczność, że równanie (38), ze względu na kształt jego lewej części, jest tak zwanym równaniem symetrycznym i że współczynniki przy A i B przechodzą w zera.

¹⁾ Por. A. Markow, Isczisljenje koniecznych raznostiej, 1891, str. 61.

Stosujemy więc inną, następującą formę rozwiązania:

$$z^0_x = A x \sin x\beta + B x \cos x\beta + C, \dots (42)$$

Wstawiając to rozwiązanie w równanie (38), otrzymujemy:

$$\begin{aligned} z^0_{x+1} &= A(x+1) \sin(x+1)\beta + B(x+1) \cos(x+1)\beta + C, \\ 2gz^0_x &= 2Ax \cos \beta \sin x\beta + 2Bx \cos \beta \cos x\beta + 2C \cos \beta, \\ z^0_{x-1} &= A(x-1) \sin(x-1)\beta + B(x-1) \cos(x-1)\beta + C, \\ 2A \sin \beta \cos x\beta - 2B \sin \beta \sin x\beta + 4C \sin^2 \frac{\beta}{2} &= \\ &= b \sin x\beta + a \cos x\beta + c \dots (43) \end{aligned}$$

Na podstawie porównania ze sobą wyrazów lewej i prawej części równania (43) znajdujemy:

$$\begin{aligned} A &= \frac{a}{2 \sin \beta}, \quad B = -\frac{b}{2 \sin \beta}, \\ C &= \frac{c}{4 \sin^2 \frac{\beta}{2}} \dots (44) \end{aligned}$$

Dla wypadku, przedstawionego we wzorach (35) — (37), spódczynniki A, B, C przybierają odpowiednio następujące wartości:

$$\begin{aligned} A &= -\frac{fl \cos \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}}, \\ B &= +\frac{fl \sin \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}}, \dots (45) \\ C &= +\frac{fl}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}. \end{aligned}$$

Dla otrzymania rozwiązania równania (40) ustawiamy i rozwiązujemy przedewszystkiem równanie charakterystyczne:

$$\xi^2 - 2\xi \cos \beta + 1 = 0 \dots (46)$$

Mając na widoku, że równanie to odpowiada równaniu typu:

$$x^2 - px + q = 0,$$

pierwiastki jego wyrażamy zapomocą wzorów:

$$x = \sqrt{q} (\cos \psi \pm i \sin \psi).$$

Ogólne rozwiązanie równania (40) przyjmujemy w postaci

$$\begin{aligned} z_x &= A\xi_1^x + B\xi_2^x = A(\sqrt{q})^x (\cos \psi + i \sin \psi)^x + \\ &+ B(\sqrt{q})^x (\cos \psi - i \sin \psi)^x \dots (47) \end{aligned}$$

Wobec tego, iż w danym wypadku

$$q = 1, \quad \cos \psi = -\frac{p}{2\sqrt{q}} = -\frac{2 \cos \beta}{2 \cdot 1} = \cos \beta,$$

mamy ostatecznie:

$$z_x = D_1 \sin x\beta + D_2 \cos x\beta. \dots (48)$$

Wstawiając wyrażenia (41) i (48) we wzór (39), otrzymujemy poszukiwane rozwiązanie równania (38). W postaci ostatecznej wypisujemy je tu tylko dla przypadku, gdy $e = f$:

$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_x &= D_1 \sin x\beta + D_2 \cos x\beta - \\ &-\frac{fl \cos \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} x \sin x\beta + \\ &+\frac{fl \sin \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} x \cos x\beta + \frac{fl}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}. (49) \end{aligned}$$

Stałe całkowania D_1 i D_2 wyznaczmy, obliczając dwie wartości $\bar{\varphi}_x$, niezależnie od równania (49). Najdogodniej jest tu skorzystać z kąta $\bar{\varphi}_0 = 0$ oraz z kąta φ_1 , równego na podstawie wzorów (23) i (29):

$$\bar{\varphi}_1 = -fl + \frac{2 \cos \frac{n-1}{2} \beta \sin \frac{n}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}}. (50)$$

Zakładając kolejno w równaniu (49) $\bar{\varphi}_x = \bar{\varphi}_0$ oraz $\bar{\varphi}_x = \bar{\varphi}_1$, znajdujemy:

$$D_2 = -\frac{fl}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}}, \quad D_1 = -\frac{fl}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}. (51)$$

W związku z tem wzór (49) dla kąta $\bar{\varphi}_x$ przybiera następującą postać zamkniętą:

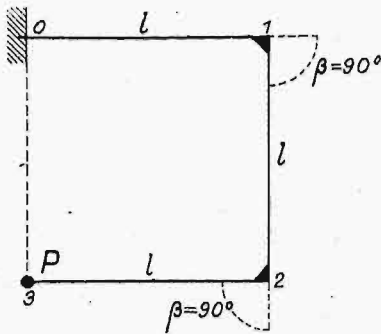
$$\begin{aligned} \bar{\varphi}_x &= -\frac{fl}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \sin x\beta - \frac{fl}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \cos x\beta - \\ &-\frac{fl \cos \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} x \sin x\beta + \\ &+\frac{fl \sin \frac{2n+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} x \cos x\beta + \\ &+\frac{fl}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \dots (52) \end{aligned}$$

Po znalezieniu funkcji $\bar{\varphi}_x$, funkcję $\bar{\theta}_x$ obliczyć możemy z równania (19) lub (13).

Dla przykładu zastosujemy równanie (49) do obliczenia ramy prostokątnej, obciążonej prostopadłe do jej płaszczyzny, do obliczenia dźwigiara wpisanego w ćwiartkę koła i wreszcie do obliczenia belki prostej.

Bierzemy więc dźwigar, przedstawiony na rys. 5 i 6. W tym wypadku $n=3$, $\beta=90^\circ$. Współczynniki A, B, C , obliczone ze wzorów (45), będą odpowiednio równe:

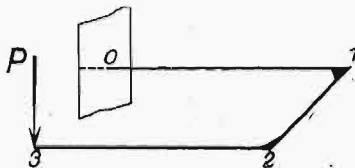
$$A = -fl, \quad B = -fl, \quad C = +\frac{1}{2}fl,$$



Rys. 5.

Stąd otrzymujemy równanie, odpowiadające równaniu (52):

$$\bar{\varphi}_x = -\frac{fl}{2} \sin x\beta - \frac{fl}{2} \cos x\beta - flx \sin x\beta - flx \cos x\beta + \frac{fl}{2} \dots (53)$$



Rys. 6.

Z równania tego obliczamy $\bar{\varphi}_3 = 4fl$ oraz $\bar{\varphi}_2 = 3fl$, co łatwo jest również otrzymać bezpośrednio, dodając do siebie odkształcenia poszczególnych przedziałów ramy.

Weźmy w dalszym ciągu dźwigar, wpisany w ćwiartkę koła i porównajmy ze sobą nachylenia przekrojów poprzecznych tego dźwigara i odpowiedniego dźwigara kolistego w punkcie zaczepienia siły P .

W danym wypadku $n=10$ i $\beta=90^\circ$, a więc ze wzorów (45) i (51) mamy:

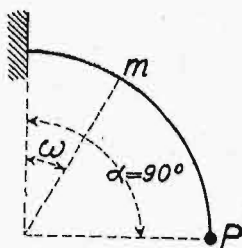
$$A = +fl, \quad B = +12,70fl, \quad C = +80,84fl, \\ D_1 = -6,44fl, \quad D_2 = -80,84fl \dots (54)$$

Wobec tego równanie (49) przybiera postać:

$$\bar{\varphi}_x = -6,44fl \sin x\beta - 80,84fl \cos x\beta + flx \sin x\beta + 12,70flx \cos x\beta + 80,84fl, \dots (55)$$

skąd $\bar{\varphi}_{10} = 84,40fl \dots (56)$

Nachylenia względem płaszczyzny pionowej odpowiedniego przekroju poprzecznego dźwigara ko-



Rys. 7.

listego (rys. 7) wyrażają się dla $e=f$ równaniem¹⁾:

$$\bar{\varphi}_\omega = \frac{Pr^2}{EI} (1 - \cos \omega + \omega \cos \omega) \dots (57)$$

Wobec tego, że promień osi dźwigara równa się

$$r = \frac{l}{2 \sin \frac{\beta}{2}},$$

otrzymujemy dla $\omega=90^\circ$ (t. j. dla punktu zaczepienia siły P):

$$\bar{\varphi}_P = 81,84fl \dots (58)$$

Porównyując ze sobą wartości (56) i (58) tego samego kąta, dostrzegamy między nimi różnicę 3,5%. Przy $n=20$ różnica zmniejsza się już do 3%. Przy $n=\infty$ różnica ta staje się równa zeru dla wszystkich wartości kąta ω .

Przekonamy się o tem łatwo, wstawiając w równanie (52):

$$n\beta = \frac{\pi}{2}, \quad l = r\beta, \quad x = \frac{\omega}{\beta}$$

i znajdując granicę kąta $\bar{\varphi}_x$ przy β , dążącym do zera, jako sumę odpowiednich granic poszczególnych wyrazów równania (52). Mamy więc np.

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{fl}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \right| = \lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{Pr^2}{2EI \cdot 2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \right| = \lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{Pr^2 \beta^2}{2EI \cdot 2 \frac{\beta^2}{4}} \right| = \frac{Pr^2}{EI}$$

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{fl \sin x\beta}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right| = \lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{Pr^2 \beta^2 \sin \omega}{2EI \beta} \right| = 0$$

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{fl \cos x\beta}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \right| = \frac{Pr^2}{EI} \cos \omega$$

Ponieważ przy $\omega=90^\circ$

$$\frac{flx \sin \frac{2n+1}{2} \beta \cdot \cos x\beta}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{fl \cos \frac{2n+1}{2} \beta \sin x\beta}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{flx \left(\omega - \frac{1}{2} \beta \right)}{\sin \frac{\beta}{2}}$$

więc granica tego wyrażenia równa się:

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{flx \cos \left(\omega - \frac{1}{2} \beta \right)}{\sin \frac{\beta}{2}} \right| = \lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{Pr^2 \beta^2}{2EI \left(\frac{\beta}{2} \right)} \cdot \frac{\omega}{\beta} \cos \left(\omega - \frac{1}{2} \beta \right) \right| = \frac{Pr^2}{EI} \omega \cos \omega$$

¹⁾ Wzór otrzymamy ze wzoru (70) drogą różniczkowania względem ω .

W rezultacie znajdujemy, że:

$$\bar{\varphi}_n = \frac{Pr^2}{EI} (1 - \cos \omega + \omega \cos \omega) \quad (59)$$

co odpowiada równaniu (57).

Aby zastosować równanie (49) do obliczenia kąta nachylenia końcowego przekroju obciążonej w końcu siłą P belki prostej, nie możemy założyć tu, że $n = 1$, gdyż wówczas równanie (49) straciłoby swój sens, musimy więc przyjąć, że n równa się jakiejś innej liczbie skończonej, np. $n = 2$, i znaleźć, w sposób podobny do powyższego, granicę kąta φ_x przy β , dążącym do zera (rys. 8). Przyjmując tu, że $l_1 = l_2 = l$ i że dla małego β $M_1 = Pl_2 \cos \beta = Pl$, znajdujemy przy $x = 2$:

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{1}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} (1 - \cos 2\beta) \right| = 4, \quad \lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{\sin 2\beta}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \right| = 2,$$

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{2 \cos \frac{4+1}{2} \beta \sin 2\beta}{\sin \frac{\beta}{2}} \right| = 8, \quad \lim_{\beta \rightarrow 0} \left| \frac{2 \sin \frac{4+1}{2} \cos 2\beta}{\sin \frac{\beta}{2}} \right| = 10;$$

$$\bar{\varphi}_x = (-2 - 8 + 10 + 4) fl = 4 \frac{Pl^2}{2EI} = \frac{PL^2}{2EI} \quad (60)$$

W dalszym ciągu wyznaczmy dla dźwigarów załamanych w płanie pionowe przesunięcia ich węzłów. Korzystamy tu ze wzoru (15), który dla l stałego przybiera następującą postać:

$$v_m = \sum_1^m y^0_x + l \sum_1^m \varphi'_x \quad (61)$$

Dla wielkości y^0_x mamy tu znany wzór:

$$y^0_x = \frac{P\beta^3}{3EI} + \frac{M_x l^2}{2EI}, \dots \quad (62)$$

wobec czego suma $\sum y^0_x$ w danym razie równać się będzie:

$$\sum_1^n y^0_x = \frac{P n l^2}{3EI} + \frac{P\beta^3}{2EI} \sum_1^{n-1} \left(\frac{\cos \frac{n-x}{2} \beta \cdot \sin \frac{n-x+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} - 1 \right) \quad (63)$$

Kąty φ'_x zawarte w drugim wyrazie prawej części wzoru (61) obliczamy z równania (14), wstawiając tu $\bar{\theta}_{x-1} \sin \beta$ z równania (19):

$$\varphi'_x = \bar{\varphi}_{x-1} \cos \beta + \bar{\varphi}_x - \bar{\varphi}_{x-1} \cos \beta - \varphi_x,$$

skąd:

$$\varphi'_x = \bar{\varphi}_x - \varphi_x \quad (64)$$

Wstawiając wyrażenie (64) we wzór (61), otrzymujemy:

$$v_m = \sum_1^m y^0_x + l \sum_1^m \bar{\varphi}_x - l \sum_1^m \varphi_x \quad (65)$$

Obliczenie sumy $l \sum \bar{\varphi}_x$ odbywa się tu kolejno podług wyrazów równania (52):

$$l \sum_1^m \bar{\varphi}_x = - \frac{fl^2}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \sum_1^m \sin x\beta - \frac{fl^2}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \sum_1^m \cos x\beta + \frac{fl^2}{\sin \frac{\beta}{2}} \sum_1^m x \sin \left(n\beta + \frac{1}{2} \beta - x\beta \right) + \frac{m fl^2}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \quad (66)$$

Należy tu mieć na uwadze, iż

$$x \sin \left(m\beta + \frac{1}{2} \beta - x\beta \right) = x \cos \left[\left(\frac{\pi}{2} - m\beta - \frac{1}{2} \beta + \beta \right) + (x-1)\beta \right] = x \cos [\alpha + (x-1)\beta] =$$

$$= \frac{m+1}{2} \cdot \frac{\cos [\alpha + (m-1)\beta]}{1 - \cos \beta} - \frac{1}{2} \frac{\cos (\alpha - \beta)}{1 - \cos \beta} - \frac{m \cos (\alpha + m\beta)}{2 (1 - \cos \beta)},$$

gdzie przez α oznaczono sumę $\frac{\pi}{2} - m\beta - \frac{1}{2} \beta + \beta$.

Sumę $\sum \varphi_x$ obliczamy na podstawie wzorów (27) i (29):

$$l \sum_1^m \varphi_x = m fl^2 + \sum_1^{n-1} \left(\frac{2 fl^2 \cos \frac{n-x}{2} \beta \cdot \sin \frac{n-x+1}{2} \beta}{\sin \frac{\beta}{2}} - 2 fl^2 \right) \quad (67)$$

Przy małej liczbie przedziałów dźwigara załamane (np. 3-4) najprościej jest ze wzorów (63), (66) i (67) korzystać bezpośrednio, przy większej zaś ich liczbie należy wstawić w nie wyrażenia na sumy, otrzymując w ten sposób wzory zamknięte,

Stosując równania (66) i (67) do dźwigara przedstawionego na rys. 5 i 6 (dla $m=n=3$), otrzymujemy:

$$l \sum_1^m \bar{\varphi}_x - l \sum_1^m \varphi_x = fl^2 \left(0 + \frac{1}{2} + 4 + \frac{3}{2} - 3 + 2 \right) = 5 fl^2,$$

co łatwo jest w tym wypadku sprawdzić, dodając do siebie odpowiednie kąty odkształcenia bezpośrednio.

Obliczenia trzeciej sumy równania (65) tu nie przytaczamy.

W dalszym ciągu stosujemy równanie (65) do obliczenia pionowych przesunięć dźwigara o $n = \infty$, β dążącym do zera i $n\beta = \frac{\pi}{2}$, czyli dźwigara o kształcie ćwierci koła (rys. 7).

Ponieważ w tym wypadku $l = r \beta$, iloczyn fl^2 jest wielkością nieskończenie małą trzeciego rzędu. Mając to na widoku, łatwo przekonać się, iż trzy ostatnie wyrazy wzoru (52) będą w tym wypadku wielkościami nieskończenie małymi pierwszego

rzędu, zaś sumy ich, wchodzące we wzór (66), wielkościami skończonymi; wreszcie sumy zawarte we wzorach (63) i (67) powinny być w związku z tem uważane za wielkości nieskończenie małe. Wobec tego wzór (65) przybiera tu postać:

$$v_m = \lim \left| l \sum_1^m \varphi_x \right|_{\beta=0}, \dots \quad (68)$$

gdzie suma dotyczy tylko trzech ostatnich wyrazów wzoru (66). Granice tych wyrazów równe są odpowiednio:

$$\begin{aligned} & \lim \left| fl^{\beta} \sum \frac{\cos x\beta}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \right|_{\beta=0} = \\ & = \lim \left| - fl^{\beta} \frac{\cos \frac{m-1}{2} \beta \cdot \sin \frac{m\beta}{2}}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2} \cdot \sin \frac{\beta}{2}} - \frac{1}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \right|_{\beta=0} = \\ & = - \frac{Pr^{\beta}}{EI} \sin \omega; \\ & \lim \left| \frac{x \cos \left(x\beta - \frac{1}{2} \beta \right)}{\sin \frac{\beta}{2}} \right|_{\beta=0} = \\ & = \lim \left| \frac{m+1}{2} \cdot \frac{\cos \left[-\frac{1}{2} \beta + (m-1) \beta \right]}{(1 - \cos \beta) \sin \frac{\beta}{2}} \right. \\ & \quad \left. - \frac{1}{2} \frac{\cos \left(-\frac{1}{2} \beta - \beta \right)}{(1 - \cos \beta) \sin \frac{\beta}{2}} \right. \\ & \quad \left. - \frac{m}{2} \cdot \frac{\cos \left(-\frac{1}{2} \beta + m\beta \right)}{(1 - \cos \beta) \sin \frac{\beta}{2}} \right|_{\beta=0} = \frac{Pr^{\beta}}{EI} (\cos \omega + \\ & \quad + \omega \sin \omega - 1); \\ & \lim \left| \frac{fl^{\beta}}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \right|_{\beta=0} = \frac{Pr^{\beta}}{EI} \omega. \dots \quad (69) \end{aligned}$$

Dla otrzymania granicy, należy w tym wypadku rozwinąć wchodzące we wzór cos'y i dokonać redukcji, zakładając wreszcie $\beta = 0$.

W przedostatnim ze wzorów (69) przyjęto dla uproszczenia w nawiasie x zamiast $x - 1$, co wobec β , dążącego do zera, pozostaje tu bez znaczenia.

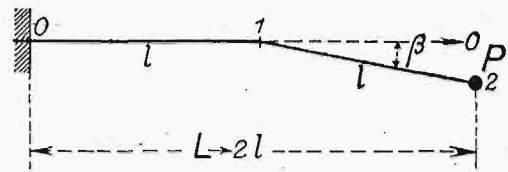
Pionowe przesunięcia dźwigara o kształcie ćwierci koła, obliczone na podstawie równań różniczkowych odkształcenia takiego dźwigara, podanych przez S. Vénant'a¹⁾, wyrażają się dla dźwi-

gara przedstawionego na rys. 7 i dla $e = f$ wzorem:

$$v_m = \frac{Pr^{\beta}}{EI} (\omega - \sin \omega - 1 + \cos \omega + \omega \sin \omega), \quad (70)$$

co ściśle zgadza się z wynikiem otrzymanym na podstawie równań (66), (68) i (69), to znaczy na podstawie teorii dźwigarów załamanych w planie.

Obliczenie ugięcia belki prostej na podstawie wzorów przeznaczonych dla dźwigarów załamanych odbywa się w sposób analogiczny do przedstawionego wyżej dla obliczenia kątów φ_x według schematu rys. 8. Zadanie sprowadza się w danym przypadku do obliczenia sum wzoru (65) przy $m = n = 2$ i przy β , dążącym do zera.



Rys. 8.

W razie zaczepienia siły P nie w końcu dźwigara załamane w planie, lecz w jednym z jego węzłów pośrednich m , obliczenie odkształceń na odcinku $0 - m$ odbywa się w ten sam sposób, jak poprzednio, dla dźwigara o liczbie węzłów m , zaś przesunięcia części dźwigara mn obliczone być muszą na podstawie przesunięcia i obrotów przekroju poprzecznego dźwigara w węzle m .

W razie większej liczby sił na dźwigarze, wpływ ich na odkształcenia dźwigara może być wyznaczony na podstawie zasady superpozycji.

Obciążenie dźwigara załamane w planie za pomocą momentów, zaczepionych do jego poszczególnych węzłów i działających w płaszczyznach pionowych, bądź przechodzących przez osie poszczególnych przedziałów dźwigara, bądź też do nich prostopadłych, doprowadza naogół do równań różniczkowych tego samego typu, co omówione wyżej.

Na zakończenie muszę podkreślić, iż wykazana w niniejszej pracy możliwość otrzymania wzorów na odkształcenia dźwigarów kolistych, jako granic wzorów, przeznaczonych do obliczenia dźwigarów załamanych, potwierdza pośrednio wypowiedzianą przezemnie dawniej myśl, że dźwigary zakrzywione w planie o kształcie niekolistym, dla których ustawienie potrzebnych wzorów drogą bezpośrednią natrafia na trudności bardzo poważne, można obliczać, jako dźwigary załamane w planie o wielkiej liczbie przedziałów¹⁾. Wykonanie takich obliczeń na podstawie równań różniczkowych wymaga jednak jeszcze uprzedniego ustalenia pewnych zależności o charakterze geometrycznym.

¹⁾ Por. np. A. E. H. Love; Lehrbuch der Elastizität 1907, tłum. z angielskiego, str. 516.

¹⁾ W. Wierzbicki, Sur le calcul des poutres à axe brisé, Mémoires et compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs Civils de France, 1927, str. 1017.

Próby na silniku o zmiennym stopniu sprężania *)

Napisał Inż. St. Olszewski.

WLaboratorium Instytutu B. T. L. w Warszawie wprowadzone zostały badania paliwa do silników spalinowych i w tym celu zastosowano do prób silnik Ricardo o zmiennym (nastawialnym) stopniu sprężania. Poza tem zastosowano do badań nowy typ indykatora, mian. indykator elektryczny „Farnboro”, odznaczający się licznymi zaletami w stosunku do indykatorów zwykłych.

Chcąc scharakteryzować w referacie niniejszym wspomniane wyżej badania, przytoczymy najpierw opis zastosowanego silnika i indykatora, a następnie podamy niektóre wyniki wykonanych prób.

Silnik Ricardo.

Silnik jest jednocylindrowy, o stopniu sprężania zmiennym w szerokich granicach, bo od $\epsilon = 3,7$ do $\epsilon = 7,8$, sprzęgnięty z dynamometrem elektrycznym.

Charakterystyka silnika:

- Stopień sprężania: $\epsilon = 3,7 \div 7,8$
- Średnica cylindra: $D = 114,3 \text{ mm}$
- Skok tłoka: $S = 203,2 \text{ mm}$
- Stosunek skoku do średnicy: $S/D = 1,78 \text{ mm}$
- Objętość skokowa: $V_s = 2083,816 \text{ cm}^3$
- Liczba obrotów normalna: $n = 1500 \text{ obr./min}$
- „ „ maksymalna: $n_{\max} = 2000 \text{ obr./min.}$

Smarowanie jest dokonywane pod ciśnieniem: w czopie korbowym $2,1 \div 5,6 \text{ kg/cm}^2$, w wałku kułakowym $0,35 \div 1,2 \text{ kg/cm}^2$. Chłodzenie wodne; temperatura wody na wylocie wynosi od 50 do 60°C . Zapalanie: syst. „Delco” z akumulatorem.

Karburator „Zenith” 36 J.

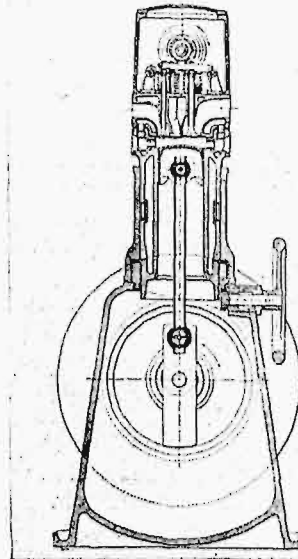
Nastawianie zaworów.

1. Wlot	Otwarcie	zawór lewy $100^\circ 30'$ przed G. P. Z. zawór prawy $12^\circ 35'$ „ „
	Zamknięcie	zawór lewy $39^\circ 30'$ po D. P. Z. zawór prawy $39^\circ 30'$ „ „
2. Wylot	Otwarcie	zawór lewy $32^\circ 35'$ przed D. P. Z. zawór środk. $29^\circ 40'$ „ „ zawór prawy $38^\circ 10'$ „ „
	Zamknięcie	zawór lewy 3° po G. P. Z. zawór środk. 6° „ „ zawór prawy 10° „ „

Konstrukcja silnika.

Dolna część powierzchni zewnętrznej cylindra silnika wyposażona jest w gwint; na gwincie tym jest osadzony pierścień, zakończony od dołu stożkowym uzębieniem. Z tem kołem zazębia się

drugie stożkowe koło zębate, połączone z kółkiem ręcznym, służącym do nastawiania stopnia sprężania.



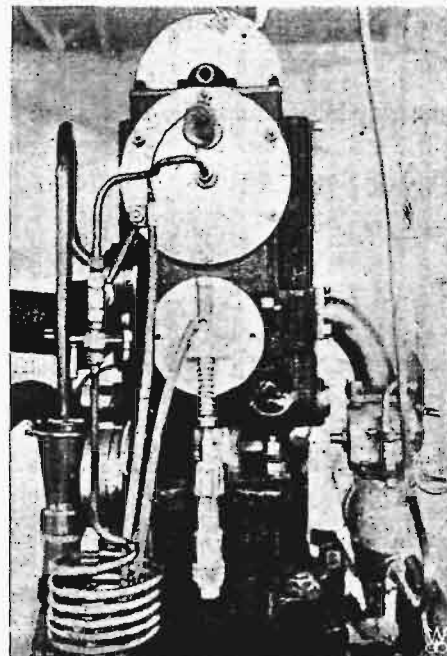
Rys. 1. Silnik Ricardo. Przekrój poprzeczny.

Obracając bowiem kółkiem ręcznym (rys. 1), możemy opuścić lub podnieść do góry cylinder, przez co zmniejszyć lub powiększyć objętość przestrzeni dawkowej V_c , a tem samem zwiększyć lub zmniejszyć stopień sprężania, gdyż — jak wiadomo — wyraża się on wzorem:

$$\epsilon = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

Długość korbowodu i skok tłoka w tym silniku zostają nie zmienne.

Wymagany stopień sprężania ustawiamy za pomocą śruby mikrometrycznej, umieszczonej z tyłu silnika. Chwilę styku końcówek śruby mikro-

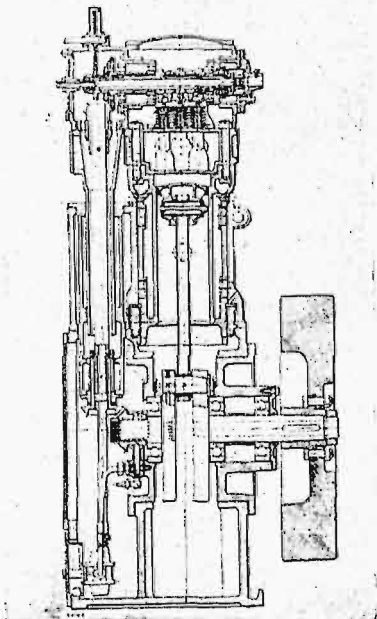


Rys. 2. Silnik Ricardo. Widok z tyłu.

*) Referat wygłoszony na IV-m Zjeździe Inż. Mechaników Polskich w maju r. b.

metrycznej pokazuje nam światło zapalającej się żarówki przy styku końcówek (rys. 2).

Gdy silnik ustawiony jest na wymagany stopień sprężania, to zakleszczamy cylinder w tulei zewnętrznej zapomocą śruby (rys. 3).



Rys. 3.
Silnik Ricardo Przekrój podłużny.

Cylinder podnosi się lub opuszcza razem z głowicą, wałkiem kułakowym, dźwigienkami, karburatorem i t. p. Wałek pośredni posiada połączenie teleskopowe. Kształt przestrzeni dawkowej mało zmienia się ze zmianą stopnia sprężania, gdyż głowica posiada dno płaskie. Cylinder posiada dwa zawory wlotowe i trzy wylotowe oraz 4 otwory na świece. Na wale korbowym silnika osadzone jest koło rozpedowe, które jest połączone zapomocą sprzęgła sprężystego z twornikiem dynamometru elektrycznego (rys. 4). Na osi twornika osadzona jest na łożyskach kulkowych magnesnica, której moment równoważy się z momentem ciężaru P na dźwigni D : Zmniejszając opór obwodu elektromagnesów (wzbudnicy), zmieniamy moment hamujący dynamometru; oczywiście, można to wykonać podczas ruchu silnika.

Przy obracaniu się twornika, powstaje w jego uzwojeniu prąd elektryczny, który zostaje zamieniony na ciepło w odpowiedniej opornicy. Moc efektywną silnika oblicza się ze wzoru:

$$N_e = \frac{M v}{75} = \frac{2 \pi n P L}{60 \cdot 75} \text{ KM,}$$

gdzie P — w kg, L — w metrach.

$$\text{Przy } L = 1 \text{ m, } N_e = \frac{P n}{716,2} \text{ KM.}$$

Moc zredukowaną do normalnego stanu atmosfery ($t = +15^\circ\text{C}$, $H = 760 \text{ mm Hg}$) obliczamy ze wzoru:

$$N_r = N_e \frac{760}{H} \cdot \frac{500 + t_p}{515},$$

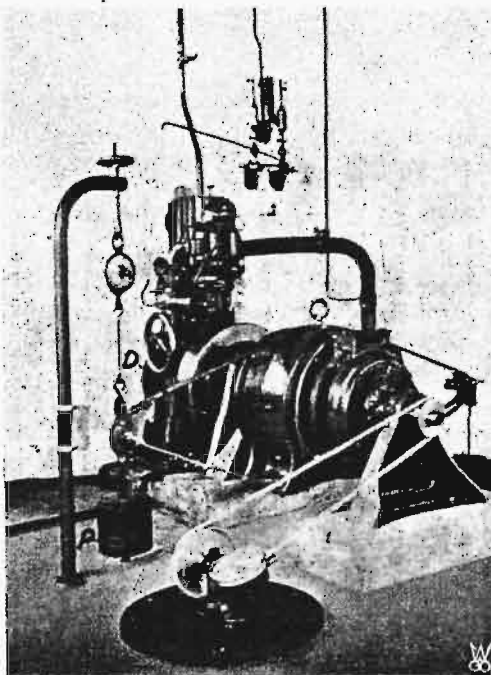
gdzie H — ciśnienie powietrza w mm słupka rtęci,
 t_p — temperatura powietrza w stopniach C.

Pomiar rozchodu paliwa uskutecznia się zapomocą butli pomiarowej (rys. 4) o objętości 500 cm^3 , mierząc czas jej wyczerpania sekundomierzem.

Rozchód paliwa na jednostkę mocy oblicza się według następującego wzoru:

$$B = \frac{V \gamma_{\text{pc}} 3600}{t_{\text{sek}} \cdot N_e} \text{ g/KM}_e \text{ godz.,}$$

gdzie: B — rozchód paliwa w $\text{g/KM}_e \text{ godz.}$, V — objętość w cm^3 butli pomiarowej, γ_{pc} — ciężar



Rys. 4. Silnik Ricardo z dynamometrem elektrycznym.
Widok ogólny.

właściwy paliwa w g/cm^3 przy temperat. pomiaru,
 t_{sek} — czas zużycia $V \text{ cm}^3$ paliwa w sekundach,
 N_e — moc rzeczywista silnika w KM.

Indykator elektryczny „Farnboro“.

1. Zasada działania.

Zasada działania tego indykatora jest zupełnie nowa i odmienna od stosowanych dotychczas. Polega ona na notowaniu chwili, w której ciśnienie w cylindrze zrównoważy pewne określone ciśnienie powietrza w butli.

Naogół biorąc, w każdym obiegu są dwa punkty, w których mamy te same ciśnienia, jeden na krzywej rozprężania, a drugi na krzywej sprężania. Przez stopniowe zwiększanie ciśnienia powietrza z butli, otrzymuje się szereg punktów, zawartych w granicach ciśnień panujących w cylindrze, ale każda para punktów należy do innego obiegu. W rezultacie otrzymujemy wykres, którego punkty należą do całego szeregu obiegów.

Przeciąg czasu, a zatem i odległość między temi punktami równowagi ciśnień będzie się zmniejszać, przy zbliżaniu się do wierzchołka wykresu.

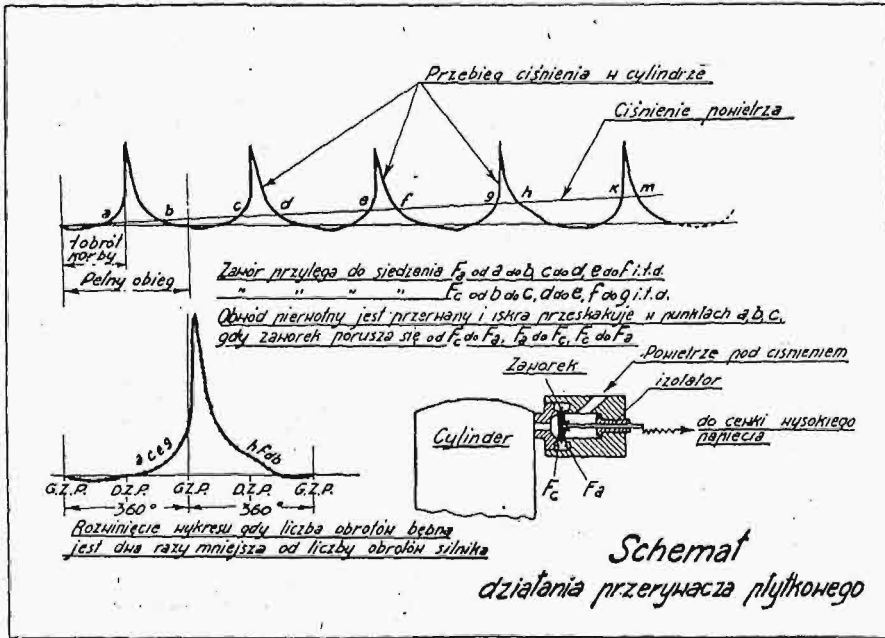
Chwila zrównoważenia się ciśnienia w cylindrze i ciśnienia powietrza w butli wyznaczana jest przy pomocy lekkiego zaworu płytkowego, na który z jednej strony działa ciśnienie w cylindrze, z drugiej stopniowo wzrastające ciśnienie powietrza z butli (rys. 5).

Zawór włączony jest w obwód pierwotny prądu elektrycznego i przerywa go przy swoim ruchu. Do obwodu pierwotnego jest także włączony transformator wysokiego napięcia, w którym w

chwili przerwania obwodu pierwotnego powstaje prąd wysokiego napięcia, dający iskrę, przeskakującą przez końcówki, w drodze swej do masy.

Jeżeli teraz wprawić bęben wraz z nawiniętym nań papierem w szybki ruch obrotowy i stopniowo powiększać ciśnienie powietrza z butli to powstanie pomiędzy końcówką a bębnem szereg iskiei, które przebiją papier.

Ponieważ na tłoczek działa zawsze to samo ciśnienie, co na zawór płytkowy, przeto odległość końcówki ruchomej od pewnej linii na bębnie przedstawia ciśnienie w cylindrze silnika w danej chwili. Jednocześnie bęben będzie zajmował ściśle określone położenie w stosunku do drogi przebytej przez korbę i wobec tego przebieg przez iskrę punkt będzie wskazywał ciśnienie w cylindrze przy danym położeniu korby. W rezultacie szereg przebieg otrzymanych na papierze przez podnoszenie ciśnienia z butli od atmosferycznego



Rys. 5. Schemat działania przerywacza płytkowego.

Iskra ta służy do zanotowania chwili przerwania obwodu pierwotnego, a tem samym i chwili zrównania się ciśnień w cylindrze i powietrza w butli. Obracając kartkę papieru, nawiniętą na bęben, z liczbą obrotów równą liczbie obrotów silnika, względnie jej połowie, w pewnej odległości od końcówki, z której musi przeskoczyć iskra w drodze do masy bębna, otrzymujemy na papierze szereg wypalonych punktów, które tworzą wykres.

aż do najwyższego panującego w cylindrze silnika da nam wykres ciśnień w cylindrze w zależności od położenia korby.

Jeżeli ciśnienie powietrza w butli zmienia się według prostej $a-m$ (rys. 5), to podczas suwu zasysania od 0 do punktu a zaworek będzie przylegał do siedzenia F_c , gdyż ciśnienie powietrza w butli będzie większe niż w cylindrze; od punktu do punktu b zaworek będzie przylegał do siedzenia F_a , gdyż ciśnienie w cylindrze będzie większe

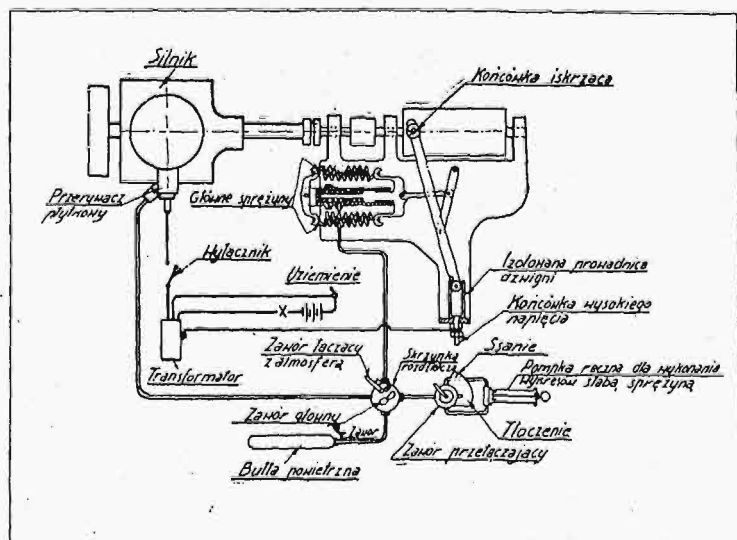
Mechanizm indykujący składa się z lekkiego (1,5 grama) zaworku płytkowego, prowadzonego osiowo zapomocą sworznia izolowanego od masy samego zaworku.

Płytkę może poruszać się między dwoma siedzeniami F_a i F_c (rys. 5), stanowiącemi uziemienie obwodu elektrycznego.

Jedna strona zaworku połączona jest z cylindrem, druga — za pośrednictwem odpowiedniego rurociągu — z butlą powietrza o wysokiem ciśnieniu (do 100 at).

Mechanizm notujący (rys. 6) składa się z małego cylindra z tłokiem, na który działa to samo ciśnienie powietrza, co na zawór płytkowy.

Ruch tłoczka jest z drugiej strony ograniczony przez sprężyny. Tłoczek jest połączony z prostowodem, powiększającym skok. Koniec prostowodu zaopatrzony jest w końcówkę iskrzącą, do której doprowadzony jest prąd z obwodu wtórnego. Końcówka ta porusza się wzdłuż osi bębna w nieznacznej od niego odległości, równoległe do tworzącej bębna, biegnącego z liczbą obrotów silnika



Rys. 6. Schemat indykatora elektr. „Farnboro”.

niż ciśnienie powietrza w butli; od punktu b do punktu c zaworek będzie przylegał do siedzenia F_c i t. d.

Przerwa prądu pierwotnego i powstanie iskrzy nastąpi w punkcie a , gdy zaworek oderwie się od

siedzenia F_c i przesunie się do siedzenia F_a ; w punkcie b , gdy zaworek oderwie się od siedzenia F_a i przesunie się do siedzenia F_c i t. d.

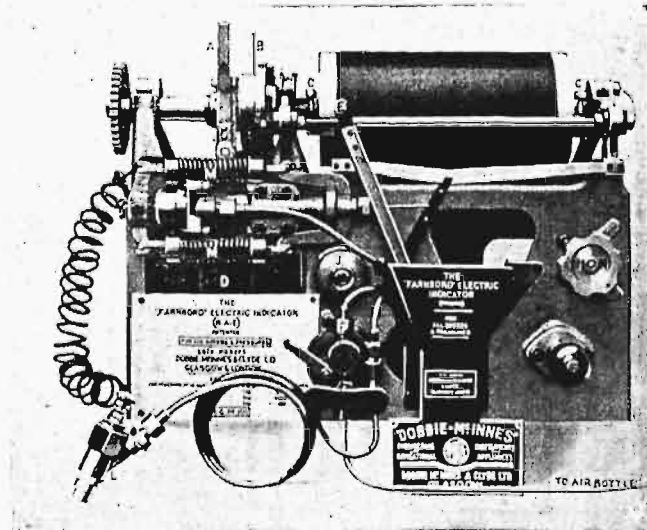
Iskrzenie się skończy, gdy ciśnienie powietrza w butli przekroczy ciśnienie w cylindrze. W rezultacie otrzymamy wypadkowy wykres, którego punkty będą należały do całego szeregu obiegów (rys. 5).

Zalety i wady w porównaniu z indykatorami innych systemów.

Rodzaj wykresu. Wiadomem jest, że poszczególne po sobie następujące obiegi w silnikach spalinowych różnią się dość znacznie. Odnosi się to szczególnie do silników wysokoprężnych pędzonych ciężkimi paliwami. Przy zastosowaniu indykatora „Farnboro” można otrzymać wykres, którego punkty należą do 100, a nawet 1000 obiegów, i w ten sposób można mieć zanotowane wszystkie zmiany, zaszłe w ciągu danego okresu czasu, oraz największy, najmniejszy i przeciętny wykres w tym czasie. Poza tym dużą zaletą indykatora „Farnboro” są duże wykresy (wysokość do 190 mm i długość do 350 mm), otrzymywane bezpośrednio.

Mechanizm indykatora. Zawór płytkowy waży tylko 1,50 grama i odnotowanie punktu odbywa się momentalnie w chwili przerwania kontaktu, a bezwładność mechanizmu jest tak mała, że praktycznie biorąc nie powoduje błędów pomiaru.

Ponieważ mechanizm notujący (tłoczek, mechanizm prostowodu, końcówka iskrząca) posiada powolny ruch postępowy, więc zagadnienie zmniejszania mas ruchomych odpada i części te mogą być zbudowane odpowiednio mocno. Wobec tego unika się niedokładności, powstałych skut-



Rys. 7. Indykator elektryczny „Farnboro”.

kiem zużycia delikatnych części mechanizmu. Tłoczek jest całkowicie usunięty od działania temperatur panujących w cylindrze, co jest ważną zaletą w porównaniu z indykatorami, w których tłoczki są pod bezpośrednim działaniem temperatur cylindra. Szybkość tłoczka przy indykowaniu sil-

nika o 2000 obr./min wynosi około 127 mm/min i pozwala na objęcie na jednym wykresie około 160 obiegów.

DATA 17. 7. 29		STACJA SILNIKOWA I. B. T. L.		Próba Nr 8. Strona 24										
Rodzaj próby: <i>Badanie paliwa pod względem detonacji</i>														
Problema: <i>silnik Ricardo</i> L = 70 mm. P = — kg. N _p = $\frac{202}{202}$ KM.														
Silnik <i>Ricardo</i> Typ <i>E 35</i> Nr —														
Gazniki <i>Zenith 367</i>		Iakrowniki <i>Delco</i>		Świecoo <i>K.L.G.</i>										
Paliwo: <i>sensyna Polmin</i>		Ciepota właściwa d _{15°C} 0,7245 g/cm ³												
Temperatura paliwa t _{15°C} — 19 °C		Ciepota właściwa d _{15°C} 0,722 g/cm ³												
Temperatura powietrza t _{15°C} 29 °C		Ciśn. barom. H = 755 mm Hg. Współcz. red. k _m 1,037												
<i>Główna granica przemie paliwa 155°C</i>														
n obr./min	p kg	N _p KM	N _z KM	ZUŻYCIE 300 cm ³				D KM	Temper. wody °C	Temper. oleju °C	Ciężar gazów kg	Pomiary dodatkowa		
				I	II	III	IV					ε	λ _{min}	
1500	13,95	29,20	30,30	158,0				200,0	48,5	50	5,6	4,80	34	B.D.
"	14,00	29,30	30,40	158,0				222,5	49,9	51	5,6	4,85	"	"
"	14,12	29,60	30,70	158,4				272,2	49,4	52	5,5	5,00	"	"
"	14,50	30,00	31,50	158,2				270,2	49,0	52	5,5	5,20	"	P.L.D.

UWAGI: B.D. - oznacza brak detonacji
P.L.D. " początek lekkiej detonacji
Silnik zapuszczano o godz. 10, 20
" zatrzymano " " 11, 35

Rys. 8. Protokół badania paliwa pod wzgl. detonacji.

Niedokładności, powstające skutkiem histerezy sprężyn, są całkowicie usunięte, ponieważ ruch jest jednokierunkowy. Poza tym sprężyny są usunięte od działania wysokich temperatur i pracują w warunkach odpowiadających warunkom ich cechowania.

Niema żadnego opóźnienia w czasie, spowodowanego przepływem gazów przez połączenia.

Czas potrzebny do wykonania wykresu wynosi przeciętnie około 15 sek. Na przeniesienie wykresu do układu p, v trzeba około 3 minut.

Wadą indykatora jest konieczność częstej wymiany zaworku płytkowego i każdorazowe jego docieranie przed użyciem. Poza tym instalacja indykatora jest bardziej skomplikowana w porównaniu z innymi typami.

Próby na silniku o zmiennym stopniu sprężania.

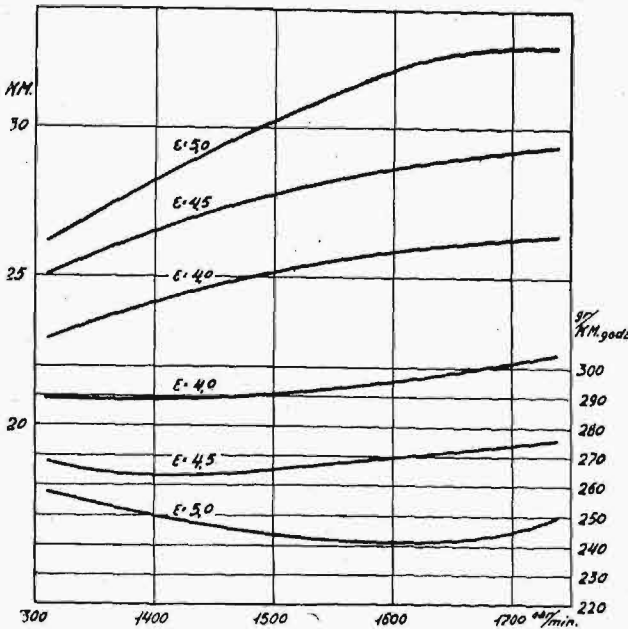
1. Badanie paliwa pod względem detonacji.

Ponieważ referat niniejszy ma za zadanie zadanie zaznajomienie z rodzajami prób i ich metodami, nie będę poruszał teorii zjawiska detonacji i przystąpię bezpośrednio do opisu przebiegu próby.

Dla utrzymania stałych warunków pracy silnika w czasie prób, przeprowadzamy je na pełnym gazie, t. j. przy całkowicie otwartej przepustnicy, z najodpowiedniejszą praktycznie mieszanką i przy normalnej (1500 obr./min) liczbie obrotów, która musi pozostać niezmienna przez cały czas próby.

Za najodpowiedniejszą praktycznie mieszankę przyjmujemy taką, przy której uzyskujemy największą moc silnika, przy najmniejszym rozchodzie paliwa na jednostkę mocy.

Zmianę składu mieszanki uzyskujemy zapomocą urządzenia, pozwalającego na zmianę przekroju dyszy głównej karburatora, przez mniejsze lub



Rys. 9. Wykresy mocy i rozchodu paliwa przy różnych obrotach silnika.

większe wkręcanie śrubki mikrometrycznej, zakończonej iglicą, wchodzącą w dyszę. Pokręcając śrubę mikrometryczną, obserwujemy chwilę, gdy moc silnika osiągnie maximum przy najmniejszym rozchodzie paliwa.

Odpowiadać to będzie najwłaściwszej praktycznie mieszance. Podczas próby utrzymujemy jednocześnie stałą prędkość zapłonu, stałą temperaturę wody chłodzącej i smaru oraz stałą temperaturę mieszanki wchodzącej do cylindra.

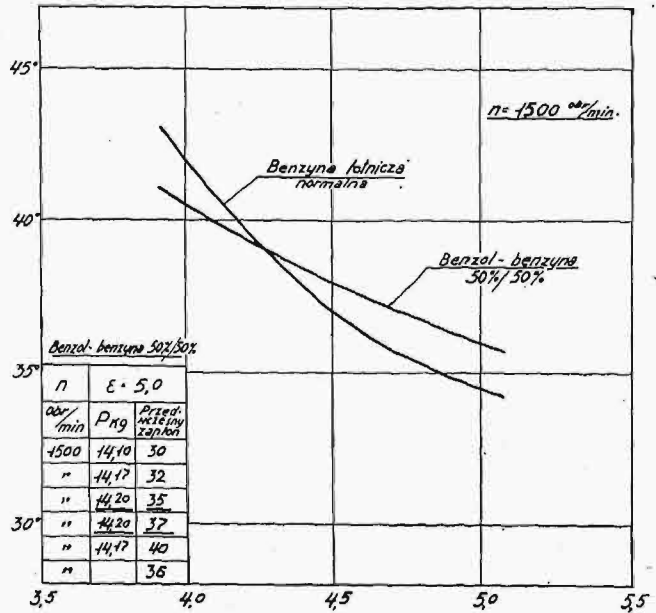
Ustawiamy silnik na pewien stopień sprężania, przy którym paliwo nie detonuje, i — regulując opornikiem — ustawiamy silnik dokładnie na 1500 obr./min. Po ustaleniu się temperatury wody i smaru, odczytujemy jednocześnie dla sprawdzenia stanu silnika ciężar P , wiszący na dźwigni D , oraz czas zużycia 500 cm³ paliwa (rys. 8). Następnie stopniowo zwiększamy stopień sprężania silnika, robimy odczyty jak wyżej i przysłuchujemy się, czy silnik nie detonuje.

Gdy usłyszymy po raz pierwszy dźwięk podobny do tego, jaki wydaje lekki młoteczek przy uderzeniu o płytę metalową, będzie to znakiem, że w silniku powstały detonacje. Będzie to początkiem lekkiej detonacji (P.L.D.). Przy dalszym zwiększaniu stopnia sprężania, dźwięki te wystąpiłyby znacznie częściej i silniej. P. L. D. może być łatwo ustalony przez mało wprawnego obserwatora z dokładnością do 0,1 ϵ . Punkt ten odczytuje się łatwo z dokładnością do 0,05 ϵ .

Na rys. 8 pokazany jest protokół badania paliw pod względem detonacji na Stacji Silnikowej

I. B. T. L., z którego widzimy, że przy użyciu benzyny „Polmin” powstał P. L. D. przy stopniu sprężania $\epsilon = 5,20$.

Stopień sprężania, przy którym powstaje początek lekkiej detonacji, zależny jest również i od ciśnienia barometrycznego. Ze zwiększeniem ciśnienia barometrycznego obniża się stopień sprężania, przy którym powstaje P. L. D.



Rys. 10. Wykresy zależności najodpowiedniejszej prędkości zapłonu od stopnia sprężania.

Stacja Silnikowa I. B. T. L. podjęła pracę nad dokładnym ustaleniem tej zależności.

2. Wyznaczanie zależności mocy i rozchodu paliwa od stopnia sprężania dla różnych liczb obrotów.

Pomiar mocy i rozchodu paliwa dla różnych stopni sprężania wykonywamy na pełnym gazie i przy najodpowiedniejszej praktycznie mieszance, zmieniając obroty silnika jedynie przez zmianę obciążenia. Podczas prób zachowujemy stałą prędkość zapłonu, stałą temperaturę wody i smaru oraz stałą temperaturę mieszanki, wchodzącej do cylindra.

Na rys. 9 pokazane są wykresy mocy zredukowanej i rozchodu paliwa dla stopnia sprężania $\epsilon = 4,0; 4,5; 5,0$. Jako paliwo, użyta była zwykła benzyna lotnicza.

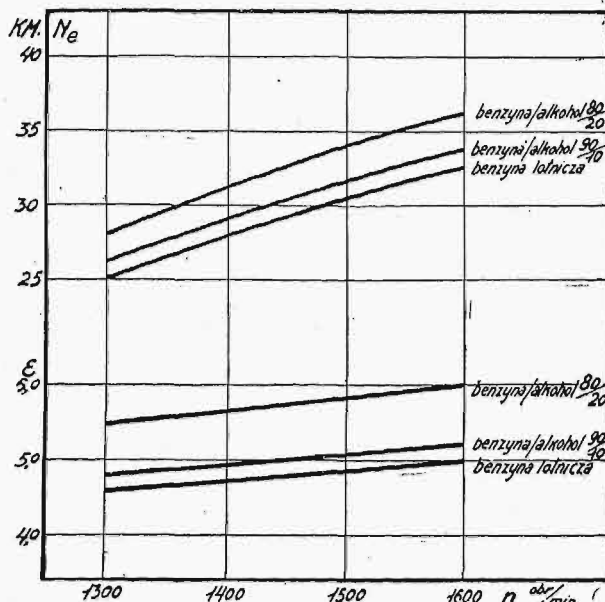
Jak widzimy z wykresów, moc silnika wzrasta ze zwiększeniem stopnia sprężania, a rozchód paliwa na jednostkę mocy zmniejsza się ze zwiększeniem stopnia sprężania.

3. Wyznaczenie najodpowiedniejszej prędkości zapłonu dla danego stopnia sprężania dla różnych paliw.

Dla pewnego stopnia sprężania i dla danego paliwa wykonywamy pomiar mocy silnika, przy pewnej prędkości zapłonu i stałej liczbie obrotów. Zmieniając stopniowo prędkość zapłonu, mierzymy moc silnika, która będzie się

zmieniała ze zmianą przedzwrotności. Najodpowiedniejszy zapłon odpowiada największej używanej mocy silnika.

Na rys. 10 pokazane są wykresy zależności najodpowiedniejszej przezwrotności zapłonu od stopnia sprężania dla zwykłej benzyny lotniczej i dla mieszanki 50% benzolu i 50% benzyny przy 1500 obr./min silnika.



Rys. 11. Wykresy mocy dla najkorzystniejszego stopnia sprężania przy różnych liczbach obrotów.

Na tabliczce z lewej strony wskazano, jak był znaleziony najlepszy zapłon dla mieszanki benzol-benzyna, przy stopniu sprężania $\epsilon = 5$.

Maksymalną moc uzyskaliśmy przy zapłonie 36° przed G. P. Z.

Podczas pomiarów była utrzymywana stała liczba obrotów (1500 obr./min), stała temperatura wody chłodzącej i smaru oraz stała temperatura mieszanki, wchodzącej do cylindra.

Moc silnika była mierzona przy całkowicie otwartej przepustnicy i najodpowiedniejszej praktycznie mieszance.

4. Wyznaczenie najkorzystniejszego stopnia sprężania dla danego paliwa.

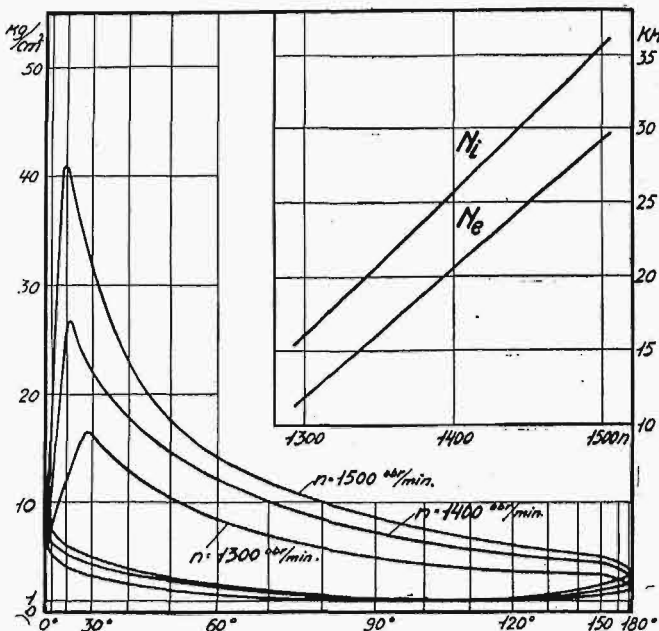
Dla danego paliwa znajdujemy, przy pewnej liczbie obrotów, stopień sprężania, przy którym powstaje początek lekkiej detonacji i mierzymy jednocześnie moc silnika.

Moc ta będzie największą, jaką możemy uzyskać przy tym paliwie i przy danych obrotach, bez szkody dla silnika.

Powiększając dalej stopień sprężania, uzyskaliśmy wprawdzie jeszcze trochę większą moc, lecz silnik w tych warunkach prędko się zużył.

Na rys. 11 widzimy krzywe mocy, dla najkorzystniejszego stopnia sprężania przy różnych liczbach obrotów dla trzech paliw. Z tych wykresów

widzimy, że przy stosowaniu zwykłej benzyny lotniczej musimy stosować mniejszy stopień sprężania, niż przy mieszance 50% benzyny i 20% alkoholu, i uzyskujemy mniejszą moc silnika, niż można byłoby uzyskać przy większym stopniu sprężania, stosując mieszankę benzyna-alkohol w silniku o tej samej objętości skokowej.



Rys. 12. Wykresy indykatorowe. Wykresy mocy indykowanej i użytecznej dla różnych liczb obrotów silnika.

5. Indykowanie. Wykresy mocy użytecznej i indykowanej.

Na rys. 12 pokazane są wykresy indykatorowe przy pełnym gazie (1500 obr./min) i przy gazie dławionym, to jest przy przymkniętej przepustnicy (1400 i 1300 obr./min).

Jednocześnie z wykonaniem wykresów była mierzona moc rzeczywista silnika przy tych liczbach obrotów. Stopień sprężania $\epsilon = 4,5$.

Podczas pomiarów temperatura mieszanki wchodzącej do cylindra była przy wszystkich liczbach obrotów utrzymywana ta sama, jak również i temperatura wody i smaru oraz stała przedzwrotność zapłonu.

Po splanimetrowaniu wykresów indykatorowych, obliczamy moc indykowaną silnika przy tych obrotach i nakładamy wykresy jeden na drugi, dla porównania przebiegu linii wybuchu, położenia punktu największego ciśnienia oraz chwili otwarcia zaworu wylotowego.

Z prawej strony rys. 12 widzimy wykresy mocy indykowanej i użytecznej dla różnych liczb obrotów silnika.

Liczba obrotów silnika była zmieniana zapomocą przemykania przepustnicy.

Sprawność mechaniczna wynosiła $\eta_m = 0,80 \div 0,81$.

Do prób użyta była zwykła benzyna lotnicza.

IV-ty Zjazd Inżynierów-Mechaników Polskich.

Sprawozdanie z posiedzeń Sekcji Metaloznawczej.

Jak wiadomo naszym czytelnikom z licznych notatek w „Nowinach Technicznych”, w maju r. b. odbył się 4-ty z kolei Zjazd Inż. Mechaników Polskich w Warszawie, zorganizowany przez SIMP. Spora ilość prac tego Zjazdu ukazała się już w naszym piśmie w postaci artykułów, inne — w miesięczniku „Mechanik”, wydawanym przez SIMP, reszta zaś ukaze się prawdopodobnie w obu tych pismach w przyszłości niedalekiej.

Obok jednak ogłoszenia referatów, pragniemy poinformować ogół inżynierów również i o przebiegu dyskusji zjazdowej, a zarazem utrwalić w druku wyrażone w niej myśli.

W tym celu zamieszczamy poniżej sprawozdanie z posiedzeń Sekcji Metaloznawczej Zjazdu, zebrań zaś innych Sekcji omówimy później.

Posiedzenie zajął zastępca kierownika Sekcji Prof. Dr. inż. Wł. Łoskiewicz, proponując wybór na przewodniczącego p. Prof. D-ra J. Czochrańskiego, zaś na sekretarza p. Inż. S. Orzechowskiego. Wniosek powyższy przyjęto przez akklamację.

Stosownie do programu, zabiera głos Prof. Wł. Łoskiewicz, wygłaszając referat p. t. „Urządzenie do automatycznego rejestrowania szybkości stygnięcia”.

W dyskusji zabiera głos Prof. J. Czochrański, informując się o szczegółach technicznych urządzenia i o jego zaleceniach w porównaniu ze znanymi dotychczas podobnymi aparatami. Prelegent wyjaśnia, że urządzenie to cechuje mały koszt i bardzo łatwa obsługa. Do zdejmowania tego typu krzywych, do jakich służy opisane przez prelegenta urządzenie, niema dotąd żadnych przyrządów.

Następny przewidziany w programie referat: „Ulepszenie stopów glinowych metodą zmieniania” nie został wygłoszony, z powodu nieprzybycia referenta, p. E. Perchorowicza. Opierając się jednak na streszczeniu danego referatu, zamieszczonym w programie Zjazdu, zabiera głos Prof. J. Czochrański, wyjaśniając, że ulepszącej roli sodu w stopach glinu z krzemem nie można już uważać za niewyjaśnioną. W myśl najnowszej literatury, działanie sodu polega na rozdrabnianiu kryształów. Sód wpływa na ośrodki krystalizacji i na jej szybkość. Dla osiągnięcia pożądanego wyniku (wzrostu R i A), należy przytem ściśle przestrzegać warunku, aby dodatek sodu nie był ani za duży, ani za mały. Zbyt małe ilości Na nie zdołają całkowicie rozbić kryształów, skutkiem czego materiał nie ulega ulepszeniu. Najlepiej działają dodatki sodu w ilości setnych części procentu. Przekroczenie pewnej granicy (ok. 0,1% Na) jest już szkodliwe, bowiem własności mechaniczne (R i A) ulegają wówczas znowu obniżeniu.

Prof. W. Łoskiewicz wyjaśnia, że p. Perchorowicz nie pracuje nad stopami alpac (silumin), lecz bada możliwości ulepszenia innych stopów glinu zapomocą kadmu i ołowiu, przypuszczając, że metale te, wobec podobieństwa budowy układów podwójnych ich stopów z glinem do systemu Al—Na, działać będą również uszlachetniająco.

Zkolei wygłasza p. inż. M. Dubowicki referat p. t. „Stale wanadowe i tytanowe”, zamiast przewi-

dzanego w programie o „Cementacji żelaza, niklu i kobaltu wanadem i tytanem”, zmieniając za zgodą przewodniczącego kolejność referatów.

W dyskusji zabiera głos p. inż. Wł. Wrażej, podnosząc, że wanad występuje głównie w roli odtleniacza stali. Dezoksydacja wanadem zapobiega szkodliwym zjawiskom, występującym podczas hartowania, a wywołwanym, jak to p. Wrażej wykazywał na poprzednim Zjeździe, nadmierną zawartością tlenu. Wanad zapobiega również powstawaniu struktury pasemkowej, wywoływanej obecnością tlenu. Odnośnie do wysokiej zdolności do skrawania stali wanadowych, nad którą to zaletą wywiązała się ożywiona dyskusja, p. Wrażej skłonny jest uważać, że działanie wanadu polega na nadawaniu ostrzu narzędzia równomiernej twardości.

Prof. J. Czochrański podnosi, że rola wanadu w żeliwie jest dotąd niezbadaną dokładnie, jakkolwiek jest to kwestją pierwszorzędnej wagi, i że poglądy na tę sprawę są bardzo różne.

Inż. Fr. Przeździecki prosi, aby prelegent omówił w następnym referacie zastosowanie wanadu do odlewów pod ciśnieniem.

Inż. M. Dubowicki wyjaśnia, że matryce, odlewane pod ciśnieniem, wyrabia się ze stali chromowo-wolframowej.

Dr. inż. Wł. Wrażej stwierdza, iż, jak nieraz zauważył, firmy zagraniczne, wytwarzające odlewy wtryskowe, nie opanowały dotąd odlewania matryc i żadna z nich nie dałaby gwarancji za swój towar. Za główną domieszkę w tych odlewach uważa wolfram; rola wanadu może być tylko epizodyczną.

Zkolei p. inż. B. Kamiński wygłosił referat p. t. „Kilka słów o pociskach armatnich z żeliwa stalistego”.

W dyskusji zabiera głos p. inż. Kunicki. Mówca zaznacza, że początkowo otrzymanie żeliwa o wytrzymałości 30 kg/mm² było zadaniem bardzo trudnym. Obecnie jednak wyrób żeliwa stalistego o wytrzymałości około 40 kg/mm² nie wywołuje większych trudności. Technika wojskowa wymaga pocisków o cienkich ściankach i o znacznej pojemności, na co pozwala tylko materiał o wysokiej wytrzymałości. Metody otrzymywania żeliwa stalistego podawane przez prelegenta są przestarzałe. Procent grafitu nie decyduje o wytrzymałości. Wyrób tego tworzywa w żeliwiaku jest bardzo niepewny. Ostatnie badania Hannemanna i Piwowarsky'ego wykazały, że ilość grafitu w żeliwie zmniejsza się ze wzrostem temperatury przetapiania i z czasem przebywania w niej. Grafit może nawet całkowicie zniknąć. Krytyczną jest temperatura 1500° C. Wysoka temperatura i przegrzanie w krytycznej temperaturze rozbiła grafit na bardzo drobne ziarna, co ogromnie podnosi wytrzymałość. Jest to t. zw. „metoda wysokiej temperatury”. Obecnie nie zwraca się więc już tyle uwagi na skład chemiczny, ile na temperaturę rafinowania.

Metoda podawana przez prelegenta jest b. droga, natomiast metoda „Duplex Verfahren”, polegająca na połączeniu pracy żeliwiaka z piecem elektrycznym, jest znacznie tańsza.

Dr. W. Wrażej nie odmawia racji ani p. Kamińskiemu, ani p. Kunickiemu. Piwowarsky nie wyklucza zupełnie

stosowania żeliwiaka. Sprawa nie jest więc jeszcze ostatecznie rozstrzygnięta. Ze względu na wysoki koszt energii elektrycznej w naszych obecnych warunkach, należałoby pracować nad udoskonaleniem metody żeliwiakowej. Zagadnienia jednak składu chemicznego nie należy zbyt pochopnie pomijać.

Dyr. St. Płużański nadmienia, że stwierdził podczas wycieczek, iż zagraniczne wytwórnie nie chcą służyć o stosowaniu żeliwa stalistego na pociski. Jeżeli je używają, to tylko na pociski ćwiczebne, a nigdy na wojenne. Ćwiczebne pociski wyrabia się nawet ze zwykłego, nieuszlachetnionego żeliwa, nie stawiając im oczywiście wysokich wymagań. Pociski żeliwne są ciężkie, mało pojemne i nie nadają się do nowoczesnych dział, skutkiem niepewności w pracy. Mogą one być używane przy starym typie dział, albo też tylko jako ćwiczebne.

Prof. J. Czochrański: metody uszlachetniania żeliwa, polegające na przetapianiu tylko ze staliwem, z połączeniem hematytu, są dla nas z jednej strony za drogie, z drugiej — niewskazane, bo w razie wojny zabraknie nam staliwa, którego brak i teraz odczuwamy. Wraz z p. Kunickim przychyliła się mówca ku metodzie „Duplex Verfahren”. Używanie żeliwiaka, jeżeli nawet pozwoli osiągnąć równie dobre wyniki, będzie z pewnością droższe od sposobu elektrycznego. Wysiłki nasze powinny raczej zmierzać ku obniżeniu kosztów energii elektrycznej.

Inż. K. Kornfeld oznajmia, że stwierdził w praktyce, iż zawartość fosforu w żeliwie powyżej 0,2% zdaje się wpływać na próbę kafarową. Wyraża obawę, czy pociski żeliwne dadzą wymaganą fragmentację. Zapytuje, czy nie obserwuje się powstawania wilczków, t. j. miejsc uboższych w węgiel, które zwiększają kruchość.

Prelegent inż. Kamiński, w odpowiedzi p. inż. Kunickiemu zaznacza, że w czasie wojny konieczne będzie uruchomienie każdego, najmniejszego nawet żeliwiaka do wyrobu pocisków, dlatego należy poświęcić uwagę procesowi żeliwiakowemu. Największą zaletą żeliwa szlachetnego, sporządzanego w żeliwiaku, jest właśnie możliwość otrzymywania pocisków przy minimalnych inwestycjach. Cena surowca syntetycznego nie jest zbyt wysoka. W Niemczech ma kosztować o 5 mk. mniej, niż hematyt wielkopieczowy. Co do wytrzymałości żeliwa, to prelegent sam otrzymywał na hucie Katarzyna żeliwo ze zwykłego żeliwiaka o $R = 35 \text{ kg/mm}^2$. Stosowanie pocisków żeliwnych nie jest nowe, bo już przed wojną używano ich w Niemczech. Wpływu zawartości P do 0,3% na próbę kafarową nie stwierdzono. Wilczki nie występują przy poprawnym wytopie. Prelegent spotkał się z nimi tylko dwa razy w czasie całej swej praktyki, — nie są to więc zjawiska częste.

W drugim dniu Zjazdu zebraniu Sekcji metalurgicznej przewodniczył prof. Dr. Wł. Łoskiewicz.

Według programu, wygłasza referat p. inż. Kosieradzki p. t. „Wanny solne używane przy obróbce termicznej stali”.

Na wyłonioną w dyskusji kwestję, jakie sole należy i czy należy stosować do hartowania stali szybko tnących, odpowiada prelegent, że sprawa ta nie została dotąd rozwiązana z powodu braku soli, któreby się dały stosować w tak wysokich temperaturach, a nie wywoływały odwęglenia. Ogólnie używa się BaCl_2 , przy którego stosowaniu zalecane są pewne domieszki, dla uniknięcia odwęglenia. Jednakowoż prelegent nie stwierdził w swej praktyce dodatniego wpływu tych domieszek.

Prof. Dr. I. Feszczenko-Czopiowski nadmienia, że w swych badaniach nad cementacją solami cjanowemi osiągnął nawęglenie do głębokości 2 mm w temperaturze 1000°C . Praktycznie uważa za ważne zagadnienie, jak długo da się stosować jedna i ta sama sól, używana do nawęglania, bez osłabienia jej zdolności cementujących. Trujące działanie soli cjanowych jest okrzykane, bo w temperaturach cementacji spalają się one, dając spaliny nietrujące. Mówca zapytuje, jakie sole najmniej oddziałują na powierzchnię stali?

Prelegent odpowiada, że działanie nawęglające soli nie zmniejsza się, — dodaje się tylko soli w miarę, jak ubywa jej w tyglu. Pary, wydobywające się podczas cementacji cjanami, są jednak szkodliwe, konieczna więc jest dobra wentylacja. Wszystkie chlorki działają jednakowo gryząco na powierzchnię metalu. Czystą, metaliczną powierzchnię dają tylko cjanki.

Na zapytanie, jakich sposobów należy używać, aby cementując cjankami uchronić pewne części od nawęglania, odpowiada prelegent, że stosowanie gliny zawodzi, ponieważ glina odpada. Pomaga natomiast miedziowanie. Można sobie również radzić, zanurzając przedmiot częściowo w soli.

Następny referat: Inż. B. Kołomyjski „O wpływie szybkości chłodzenia półtwardej stali węglistej na jej własności wytrzymałościowe”.

W dyskusji Prof. Dr. Feszczenko-Czopiowski zaznacza, że wnioski prelegenta są słuszne tylko dla małych mas i przekrojów.

Inż. Hackiewicz zapytuje, jak mierzono tak znaczną szybkość stygnięcia i jak oznaczano temperatury, w których zmieniono sposób studzenia.

Prelegent odpowiada, że do pomiarów użył galvanometru z termoparą, której spójka umieszczona była w odpowiednim otworze, wywierconym w badanej próbce.

Otrzymane wartości nie są więc bezwzględnie pewne, lecz tylko przybliżone.

Prof. Dr. Czopiowski podnosi, że wpływ sposobu chłodzenia na udarność jest kwestją niezmiernie ważną. Blok odlany nie stygnie ani wedł. prostej pochylonej pod pewnym kątem do osi rzędnych, ani wedł. krzywej wklęsłej, lecz krzywa stygnięcia przebiega gdzieś pośrodku. Obie krzywe dają bardzo niską udarność.

Zakres temperatur od 900° do temperatur otoczenia da się podzielić na trzy obszary: 1) obszar temperatur krytycznych; 2) obszar temperatur rekrytalizacji; 3) obszar zmian objętościowych.

Najwyższą udarność zapewni materiałowi odpowiednia szybkość chłodzenia dla każdego z tych trzech obszarów.

Następny referat: Dr. Inż. Wrażej „Surowiec kuty i ulepszone termicznie”.

W dyskusji zabiera głos Prof. Dr. Czopiowski, podnosząc konieczność ustalenia nomenklatury metalograficznej — odnośnie do ledeburytu. Nad tą sprawą rozwinęła się szeroka dyskusja.

Po zarządzanej przez przewodniczącego przerwie wygłosił Prof. J. Czochrański referat poza programem, w którym omówił wytwarzanie i własności pojedynczych kryształów metali, ilustrując wykład szeregiem przezroczystych.

Na posiedzeniu popołudniowym referował Inż. S. Piłarski: „O zjawiskach chorobliwych w stalach chromoniklowych”.

W dyskusji zabrał głos Prof. Dr. Inż. Czopiowski. Mówca stwierdza, że chrom podnosi hartowność, ale trudno dyfunduje. Nikiel obniża punkty przełomowe, dzięki czemu

łatwo się spotkać w stali nikłowej z austenitem. Z zawartością Ni wzrasta ilość płatków śnieżnych. Stąd wniosek: ominąć zupełnie Ni, a zostawić Cr, względnie używać stali węglowych. Te jednak nie nadają się o tyle, że w warunkach pracy działa uległyby odpuszczeniu. Należałoby zwrócić uwagę na możliwość stosowania molibdenu.

Prelegent zwraca jeszcze uwagę, że i w zagranicznej literaturze fachowej zdania co do wartości stali chromo-nikłowej są biegunowo sprzeczne.

W odpowiedzi na zapytanie inż. K. Kornfelda zaznacza prelegent, że często przy stalach chromo-nikłowych, próby wytrzymałościowe zawodzą; dają naprz. zupełnie dobre wyniki, mimo że materiał nasuwa poważne wątpliwości (ryski i skazy na próbkach wytrzymałościowych). Powoduje to często nieporozumienia przy odbiorze materiału. Z ilości płatków śnieżnych, podobnie jak z ilości wtrąceń żuźlowych, oglądanych na szlifie nietrawionym, nie można sądzić o własnościach. Wtrącenia żuźlowe, mimo swej małej ilości, wywierają jednak poważny wpływ.

Dr. W. Wrażej wykazuje na przezroczach, jak przebiegają rysy w materiale kutym. Decydującą dla powstania ich jest temperatura kucia: im niższa jest temperatura, tem gorzej. Rysy powstają zawsze tam, gdzie kuty materiał uległ miejscowemu silnemu ochłodzeniu. Wskazuje na to ta okoliczność, że rysy te tworzą się zawsze na powierzchni; już pierwsze uderzenia powodują rozluźnienia między dendrytami, stąd są właśnie te rysy. W materiale walcowanym nie powstają one.

Inż. Brzeziński zaobserwował w pękających czopach gniazda „rybich łusek”, które są może tem samem, co śnieżne płatki (występują tylko wewnątrz czopa). Olbrzymie rysy wewnętrzne nie powodowały pęknięcia czopa.

Inż. Rottengrotter stwierdza, że „rybie łuski”, „śnieżne płatki” i t. zw. na Śląsku „Flocken” powstają wtedy, gdy najpierw się blok rozkuje na cienko, a potem stłacza. Inż. Kornfeld nadmienia, że pęknięcia przy kuciu powstają zwykle po drugim lub trzecim uderzeniu, gdy pierwsze było bardzo mocne. Pęknięciom na granicach dendrytów mogą sprzyjać zjawiska dilatometryczne.

Prelegent w odpowiedzi przedmówcom zaznacza, że istota i wygląd śnieżnych płatków nie są dotąd zupełnie ustalone. W samej Ameryce istnieje 7 różnych poglądów na samą sprawę wyglądu płatków. Mikrografia płatków wykazuje martenzyt obok tła perlitycznego. Może więc likwacja niklu wywołuje miejscowe stygnięcia martenzytyczne. Obecność różnych składników strukturalnych może wywołać naprężenia wewnętrzne, które prowadzą do pęknięcia.

Następuje referat Inż. K. Kornfelda: „Wpływ ulepszenia i starzenia się na stale chromo-nikłowe”.

Dyskusja: Prof. Dr. J. Czochrański: Wykres Hanemanna nie budzi zaufania. Zresztą nie jest on potrzebny, bo wszystko da się tłumaczyć teorią dyspersji, potwierdzoną badaniami rentgenograficznymi. Działanie odczynnika przy trawieniu jest funkcją dyspersji.

Referat A. Wójcika „O zjawiskach starzenia się pewnych stali naazotowanych”.

Dyskusja: Prof. Dr. Inż. Czopiński wyjaśnia słabsze i szybsze starzenie się stali czysto-węglowych zmianą kształtu krzywej rozpuszczalności azotu przez obecność domieszek (Al).

Jeżeli domieszki wywołają przesunięcie krzywej, to stale czysto-węgliste będą oczywiście starzeć się szybciej, krytyczna dyspersja w tym procesie zostanie szybciej przekroczona, dzięki czemu przyrost twardości będzie niznaczny.

Następnie wysłuchano referatu inż. M. Dubowickiego „Cementacja żelaza, niklu i kobaltu w nadem i tytanem”.

W dyskusji zabrał głos Prof. J. Czochrański. Mówca kwestjonuje czystość roboty, ze względu na to, że mieszanina cementująca zawierała znaczne ilości Al. Pracując z regulatorem temperatury syst. Hereusa stwierdził prof. Czochrański, wbrew zdaniu prelegenta, jego doskonałą sprawność. Temperaturę 1000° udawało mu się utrzymywać z dokładnością $\pm 3^\circ \text{C}$.

Dr. Inż. W. Wrażej zaznacza, że pewne składniki mają zdolność rozdrabiania struktury. Na to trzeba zwrócić uwagę przy wyrobie stali. Dodając bowiem odpowiednie domieszki, możnaby otrzymać drobne ziarno, nie uciekając się do następnego ulepszenia. Dalej wygłosił referat St. Orzechowski p. t. „Tlen w stalach”.

W trzecim dniu Zjazdu rozpoczyna obrady referat Prof. Dr. F. Feszczenko-Czopińskiego p. t. „O niektórych anomaljach, zachodzących w czasie głębokiego tłoczenia cienkich blach”.

Dyskusja: Dr. Inż. Krupkowski oznajmia, że spotykał się w literaturze zagranicznej ze zdaniem, iż sposób rozmieszczenia zanieczyszczeń, wywołanych sposobem odłania bloku, ma wpływ na wytfaczenie. Zapytuje, czy w badaniach omawianych nie zauważono różnic w zachowaniu się blachy, wywołanych segregacją domieszek.

Inż. Graff zapytuje, czy sposób garnkowy jest wywzorcowany, zaś Inż. Dr. Wrażej — czy i jaka jest rola krzemu?

Prelegent odpowiada, że blacha nie była najczystsza, zanieczyszczenia nie były jednak nadmierne. Domieszki, zawarte w roztworze, nigdy nie szkodzą. Wysoce szkodliwe są natomiast likwacje. Krzem jest szkodliwy, bo wywołuje sklejanie się blach.

Nad wywzorcowaniem sposobu garnkowego pracuje się obecnie. Oznaczenie ciągliwości, podobnie jak próba Erichsen, nie mówią nic o tłoczności. Decydujące są wyniki próby garnkowej i badania mikrograficzne.

Z kolei wysłuchano referatu Inż. B. Hackiewicza: „Wpływ podgrzewania panwi i temperatury odlewu na późniejszą pracę łożysk wagonowych”.

W dyskusji Inż. B. Kołomyjski podnosi rolę materiału panwi. Prelegent wyjaśnia, że tej kwestji nie badał, a używane panwie były żeliwne.

Referat Inż. M. Strzałko „O wpływie gazu generatorowego na części żeliwne generatorów”.

Dyskusja: Inż. Krause nadmienia, że badanie udarności żeliwa nie daje tak jasnego obrazu, jak próby ściskania.

Referat Inż. M. Tyszk: „O jednorodności hartowania kielichów pociskowych”.

Dyskusja: Inż. Ulatowski podnosi, iż wewnątrz wykazuje siatkę ferrytową. Może więc ta środkowa część nie osiągnęła potrzebnej temperatury.

Inż. Krauze oznajmia, że obserwował podobną siatkę nie tylko w denku, ale i w ściankach kielicha.

Inż. Kołomyjski stwierdza, że o występowaniu siatki ferrytu decyduje nie tyle temperatura, ile szybkość hartowania.

Inż. B. Hackiewicz zaznacza, że występowanie siatki ferrytycznej w ściankach spowodowane jest brakiem dokładnego centrowania w przyrządzie hartowniczym. Występowanie ferrytu nie jest jedyną wadą. Nieodpowiednie dobranie mas denka i ścianek wywołuje gorsze jeszcze zjawisko: odrywanie się denka, skutkiem nadmiernych naprężeń wewnętrznych.

W odpowiedzi przedmówcom zabrał głos prelegent. Stwierdził, że temperaturę hartowania ustala się każdorazowo, drogą wstępnych prób, wykonywanych na serji kielichów. Temperatura ta powinna być możliwie niska, bo przy wysokiej temperaturze hartowania kielichy pękają. Główną przyczyną nierównomiernego hartowania się jest nakiełek na denku, który dla obróbki mechanicznej powinien być największy, a dla termicznej — najmniejszy. Jednorodne hartowanie spotyka się w cienkich denkach. Denka o grubości 16 mm hartują się już jednorodnie.

Następuje referat Inż. M. Strzałko: „O ciekawym wypadku zniszczenia blachy kotła de-

stylacyjnego przez nacementowanie się”, po którym dyskusji nie było.

Wnioski i uchwały.

Inż. Krauze podnosi konieczność normalizacji pojęć metalograficznych, zwłaszcza w zakresie żelaza (troostyt, osmondyt, grubo i drobnoziarnistość i t. p.)

Prof. Dr. Czopiwski projektuje wyłonienie specjalnej komisji, któraby te kwestje opracowała i zreferowała na następnym Zjeździe.

Inż. Tyszeko podnosi konieczność znormalizowania układu Fe-C, podobnie jak to jest w Niemczech.

Prof. Czopiwski proponuje zwrócenie uwagi władz państwowych na konieczność rozszerzenia naszego przemysłu metalowo-stopowego. Byłaby to gałąź przemysłu, która dałaby zajęcie wielu pracownikom, a również mogłaby odegrać rolę w eksporcie.

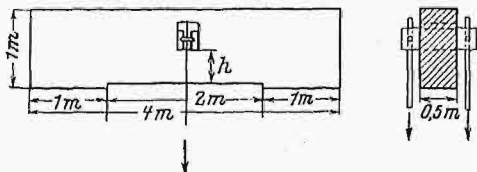
W głosowaniu postanowiono jednogłośnie złożyć te wnioski władzom Stowarzyszenia Inż. Mech. Polskich.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BUDOWNICTWO.

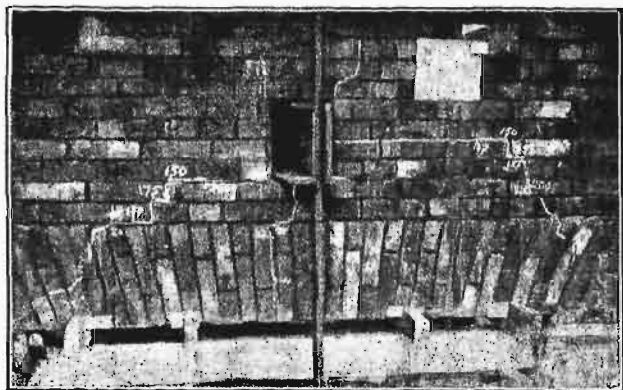
Próby sklepień ceglanych.

Moskiewski Instytut Badawczy Budownictwa wykonał szereg prób ze sklepieniami ceglanymi. Bloki próbne miały rozpiętości w świetle otworu 2 m, przy grubości ściany 2 cegły. Całkowita długość bloku wynosiła 4 m, wysokość 2 m; murowanie wykonano na zaprawach: cementowej 1:4 i wapienno-cementowej 1:1:9. Bloki po wykonaniu i stward-



Rys. 1. Wymiary i schemat obciążenia próbnego bloku.

nieniu przeniesiono zapomocą dźwигów na miejsca prób, gdzie je ustawiono na stałych fundamentach. Pomiedzy blokiem próbnym i fundamentem położono warstwę czy-



Rys. 2. Sklepienie z kłińców.

stej zaprawy, dla związania wszystkiego w jedną całość (rys. 1).

Po upływie tygodnia od postawienia bloku na funda-

encie rozpoczęto obciążenia zapomocą pras hydraulicznych, działając siłami skupionymi w środku rozpiętości; do za-czepienia obciążeń pozostawiono w bloku specjalny otwór.

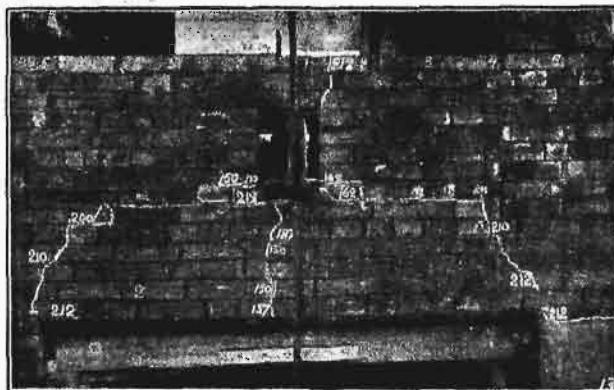
Wszystkie bloki próbne miały tę samą wysokość, ale różniły się pod względem konstrukcji; były to:

- 1) sklepienia z kłińców (rys. 2);
- 2) mur z cegieł na płask bez wkładek (rys. 3);
- 3) sklepienie z cegieł na płask z wkładkami żelaznymi (rys. 4).

W tym ostatnim wypadku wkładki o przekroju łącznym 5 cm² umieszczono w szwie poziomym nad dolną warstwą lub też w szwach pionowych pomiędzy poszczególnymi cegłami. Wkładki z płaskowników miały 2,5 m długości, wystawały więc o 25 cm poza podpory i były przytem na końcach zaopatrzone w proste haki.

Z wykonanych prób poczyniono następujące spostrzeżenia:

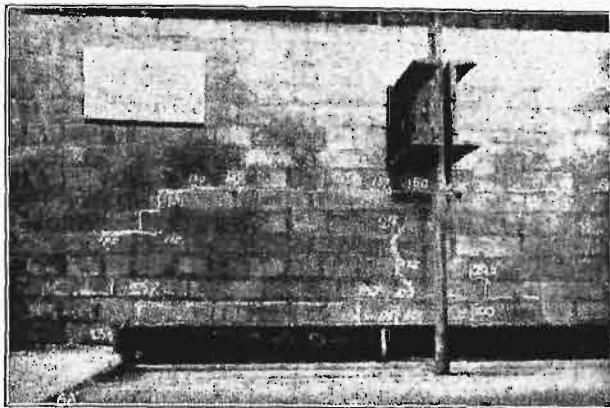
a) pierwsze rysy w sklepieniu z kłińców pojawiły się przy obciążeniu znacznie mniejszem, niż w pozostałych 2 wypadkach.



Rys. 3. Mur z cegieł na płask bez wkładek.

b) siły łamiące we wszystkich 3 wypadkach wahały się w tych samych granicach, co oznaczało, że wykonanie sklepień w postaci kłińców lub też uzbrojenie płaskiego skle-

pienia pozostaje bez wpływu na wytrzymałość. Wyniki te dadzą się łatwo wyjaśnić na przytoczonych fotografiach (rys. 2, 3 i 4), gdzie przy każdej rysie podana jest siła, która tę rysę spowodowała.



Rys. 4. Sklepienie z cegieł na płask z wkładkami z płaskowników.

Jak łatwo zauważyć, zniszczenie rozpoczyna się od rysy pionowej w dolnej części bloku, w środku rozpiętości, spowodowanej naprężeniami rozciągającymi w murze.

Najsłabszymi miejscami muru okazują się nie cegła, ani też zaprawa, lecz powierzchnie przylegania cegły do zaprawy. Przy sklepieniu kłincowym, powstanie pierwszej rysy jest ułatwione przez duże pionowe nieprzerwane szwy, czem właśnie się objaśnia, że pierwsza rysa w tym sklepieniu prędzej powstaje niż w innych i przechodzi z łatwością ku górze.

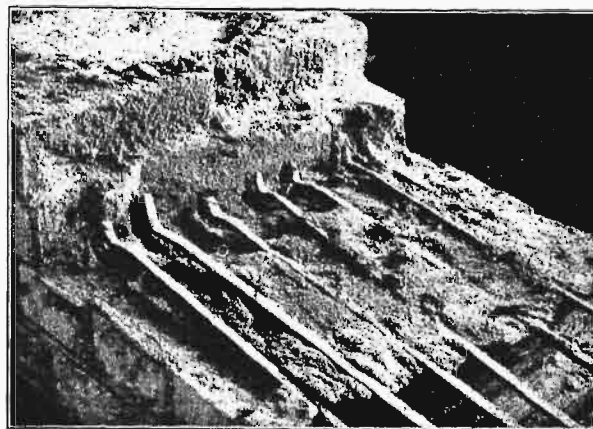
Po wytworzeniu się rysy pionowej, po obu stronach środkowego otworu zjawiają się rysy poziome, a następnie rysy ukośne przy podporach. W tym stadium sklepienie pracuje jak łuk, w którym linja ciśnień podnosi się od podpór ku środkowi, a rozpór poziomy naciska na podpory. Przy wszystkich próbach ostateczne zniszczenie nastąpiło przez poziome ścięcie muru na podporze (rys. 3 — rysa z prawej strony i rys. 4 — rysa z lewej strony), co dowodzi, że wartość siły łamiącej zależy przede wszystkim od wytrzymałości podpór. Wyliczenia rachunkowe, odpowiadające linii ciśnień odtworzonej z rys, wykazały, że w chwili załamania się powstaje rozpór 20 tonn; specjalne przyrządy pomiarowe Zeissa wykazały, że przesunięcia podpór w czasie próby są b. nieznaczne. Stąd wynika, że naprężenia we wkładkach żelaznych aż do załamania się sklepień są b. małe, a natomiast w chwili ścięcia szwu poziomego między blokiem i fundamentem — podejmują wkładki całkowity rozpór, pracując jako ściągi. Ponieważ jednak 5 cm^2 nie może wytrzymać siły 20 tonn, przeto następują załamania się bez istotnego sprzeciwu żelaza. Niewielkie uzbrojenie sklepienia nie może zatem powiększyć jego wytrzymałości.

Ostateczne wnioski z tych prób są zatem następujące.

Sklepienie z kłinców ceglanych, mając dużą rację bytu przy użyciu zaprawy wapiennej, jest przy zaprawie cementowej i cementowo-wapiennej niewłaściwe; uzbrojenie żelazem sklepień ceglanych daje dobre wyniki tylko wtedy, gdy przekrój jego jest dostatecznie duży, a zakotwienie odpowiednio mocne.

Oprócz tych prób, wykonano próby z większą ilością wkładek żelaznych, zagiętych pod kątem prostym, jak w poprzednich próbach. Okazało się, że takie zagięcie jest zupełnie niedostatecznym zakotwieniem: przy załamaniu się sklepienia, naprężenia we wkładkach nie dochodziły do gra-

nicy plastyczności wskutek złego zakotwienia końców. Rys. 5 pokazuje wygląd takich wkładek po zniszczeniu sklepienia; widoczne jest, że haki, rozprostowując się, nie dawały sprze-



Rys. 5. Wygląd haków wkładek żelaznych po załamaniu się sklepienia.

ciwu siłom rozciągającym. (Beton u. Eisen, 1930 r., zes. 13).

W. Ż.

BADANIA TECHNICZNE.

Oscylografiy.

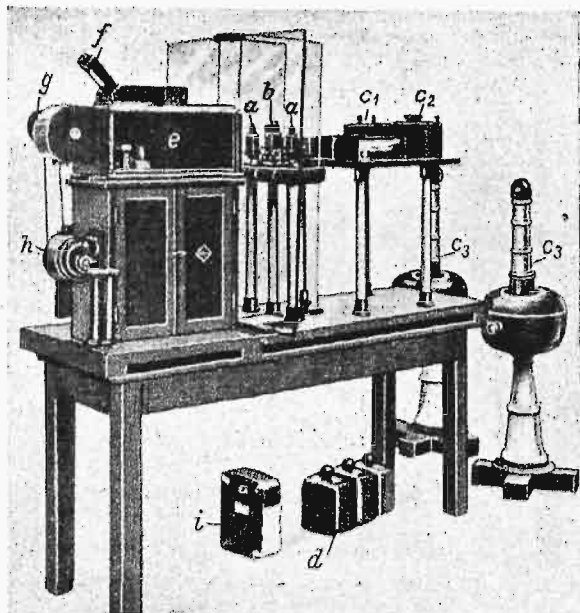
Zastosowanie pomiarów elektrycznych do badania drgań, a w szczególności drgań mechanicznych, jest coraz szersze w ostatnich czasach; badania takie wymagają użycia oscylografów. To też szerszy ogół techników zainteresuje zapewne opis zasad działania i niektórych szczegółów budowy tych przyrządów.

Użycie oscylografów jest możliwe obecnie nawet przy częstotliwościach 10^7 okr./sek.

Do zdejmowania krzywych przy częstotliwościach do 6000 okr./sek nadają się w zupełności oscylografiy lusterkowe, oparte na działaniu bądź elektromagnetycznym, bądź elektrostatycznym. O ile chodzi o wyższe częstotliwości, stosuje się w czasach ostatnich oscylografiy oparte na emisji elektronów z katody, są to bowiem przyrządy, które — praktycznie biorąc — można uważać za pozbawione bezwładności. Użycie tych przyrządów narazie jeszcze wymaga fachowej ręki, zdaje się jednak nie ulegać wątpliwości, iż w niedalekiej przyszłości będzie to przyrząd zupełnie przystosowany do użytku w praktyce technicznej.

Na działaniu elektromagnetycznym oparte są t. zw. oscylografiy pętlicowe. Pętliczka pomiarowa, zrobiona z cienkiego drutu lub taśmy metalowej, umieszczona jest między biegunami elektromagnesu; prąd badany przechodzi przez pętliczkę, tak że oba druty są wyginane w polu magnetycznym, każdy w przeciwnym kierunku. Odchylenie daje się obserwować dzięki lusterku, przymocowanemu do obu drutów pętliczki, wykonywającemu obrót dookoła swej osi podłużnej. Pętliczkę wraz z biegunami umieszcza się w naczyniu napełnionem olejem parafinowym lub bezbarwnym olejem rycynowym — w celu tłumienia drgań pętliczki. Czułość przyrządu i okres drgań własnych pętliczki zależy od grubości drutu (czy taśmy) użytego, od jego naprężenia mechanicznego i od lepkości cieczy w naczyniu. Oscylografiy takie mogą być używane do dokładnych pomia-

rów tylko do 6000 okr./sek. Buduje się je z liczbą pętliczek, dochodzącą do sześciu. Poza pętliczkami i elektromagnesami, przyrząd musi posiadać źródło światła do oświetlenia lusterka i urządzenie do wykreślenia drgań na światłoczułym papierze. Do elektromagnesów doprowadza się prąd



Rys. 1.

Oscylograf o dwóch pętlicach pomiarowych elektrodynamicznych i jednej elektrostacyjnej, do pomiarów przy napięciu 75 000 V.

- a — pętliczki pomiarowe elektrodynamiczne,
- b — pętliczka elektrostacyjna,
- c — kondensatory,
- d — bateria pomocnicza,
- e — źródło światła,
- f — otwór do obserwacji,
- g — kamera zdjęciowa,
- h — silnik napędzający bęben z papierem,
- i — kasetka filmowa do zdjęć na filmie ruchomym.

o napięciu 20, 110 albo 220 V; w niektórych przyrządach stosuje się magnesy stałe. Istnieją oscylografy tak zbudowane, że magnesy i pętliczki pomiarowe są oddzielone od źródła światła i urządzenia do zdjęć, tak że można je ustawić na podstawach izolowanych i dokonywać z ich pomocą pomiarów przy wysokich napięciach (do 100 000 V). Takie oscylografy mają bądź magnesy stałe, bądź osobne baterje do wzbudzenia elektromagnesów. Budowane są również oscylografy „watomierzowe” do zdejmowania krzywych mocy, lecz są to przyrządy, które jeszcze nie są dość udoskonalone. Cewka prądowa nawinięta jest na rdzeń ze stopu żelazoniklowego, pętliczka napięciowa składa się z cienkiej wstążeczki metalowej; do niej przymocowane jest lusterko. Cały przyrząd umieszczony jest w oleju lub w glicerynie.

Istnieją również oscylografy, nie posiadające pętliczki, lecz naprężoną membranę miedzianą, do której przytwierdzony jest listek żelazny; jest on umieszczony przed biegunami elektromagnesu i jest przyciągany lub odpychany, gdy przez uzwojenie magnesu badany prąd. Z membraną połączona jest oświetlone lusterko.

Gdy chodzi o przyrząd szczególnie czuły, do małych częstotliwości (ok. 100 okr./sek.) stosuje się galwanometry strunowe. Przez naprężony drucik złoty, platynowy lub kwarcowy o średnicy 2 do 5 μ , umieszczony między biegunami silnego elektromagnesu, płynie prąd; następuje wychylenie drucika, zresztą tak małe, że trzeba je zwiększać wielokrotnie (do 1000 razy), by można było je obserwować.

Pomiary mogą być dokonywane z dokładnością do 10^{-12} A dla wychylenia o 0,1 mm.

Osobną grupę stanowią oscylografy o działaniu elektrostatycznym. Budowa ich jest naogół taka: dwie płytki równoległe, zaopatrzone w okienka do przepuszczania światła, wytwarzają pole elektrostatyczne, w którym umieszczone są dwa druciki (lub taśmy) metalowe, odizolowane od siebie i przerzucone przez krążek. Do drucików przymocowane jest lusterko. Druciki otrzymują z baterji przeciwne potencjały. Płytki załączone są do badanego napięcia za pośrednictwem kondensatora — dzielnika napięcia — albo bezpośrednio. Oscylograf elektrostatyczny może być stosowany, gdy ma się do rozporządzenia odpowiednio wysokie napięcie do wytworzenia dość silnego pola elektrostatycznego i gdzie chodzi o to, aby przyrząd sam nie zużywał prądu. Przy napięciu baterji pomocniczej 400 V, napięciu prądu zmiennego 2000 V, można otrzymać w odległości 1 m od lusterka krzywą o wysokości 3 cm.

Cambridge Instr. Co [wytwarza oscylografy, w których mogą być użyte jednocześnie pętliczki elektrodynamiczne i elektrostatyczne. Na rys. 1 widzimy taki oscylograf na 75 000 V.

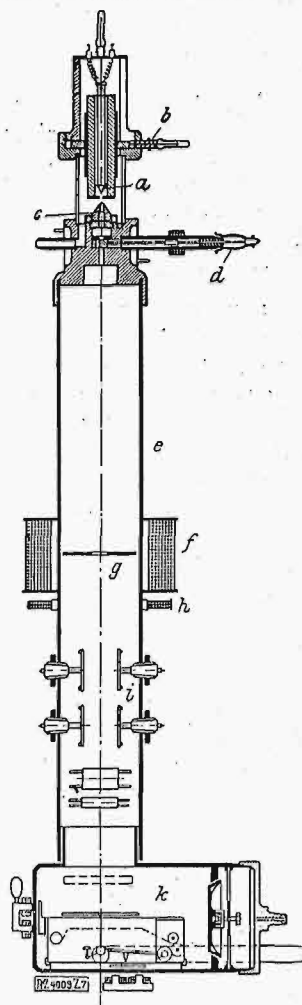
Ostatniem słowem techniki w dziedzinie oscylografji są oscylografy katodowe, nad którymi zatrzymamy się tu nieco dłużej.

Przyrządy te rozpadają się na dwie zasadnicze grupy: przyrządy z katodą rozżarzoną i z katodą zimną. Zasada działania wszystkich oscylografów tego rodzaju jest jednakowa: strumień elektronów wysyłanych przez katodę odchylany jest elektrostatycznie lub elektromagnetycznie w dwóch kierunkach do siebie wzajemnie prostopadłych i otrzymywana tą drogą krzywa jest utrwalana na płycie światłoczułej.

Oscylografy takie posiadają nast. części składowe: rurkę, w której odbywa się wyładowanie; przyrząd do koncentrowania strumienia katodowego; dwie płytki do odchylenia strumienia katodowego, jeżeli odchylenie jest elektrostatyczne, lub dwie cewki, jeżeli elektromagnetyczne; wreszcie właściwy przyrząd do zdejmowania krzywych, zazwyczaj połączony w jedną całość z pozostałymi częściami oscylografu.

Pozatem do oscylografu należy pompa próżniowa oraz źródło prądu stałego.

Napięcie prądu do żarzenia katody wynosi 0,6 do 10 V



Rys. 2.

Oscylograf z rozżarzoną katodą o bezpośrednim działaniu strumienia elektronów na płytę światłoczułą, wprowadzoną do przestrzeni próżniowej.

- a — katoda rozżarzona,
- b — katoda pomocnicza,
- c — anoda,
- d — zaciski do napięcia anodowego,
- e — rurka,
- f — cewka koncentracyjna,
- g — przesłona,
- h — cewka do nastawiania początkowego położenia strumienia,
- i — płytki odchyłające,
- k — kamera zdjęciowa dla płyt.

napięcie pomiędzy katodą i anodą bywa od 100 do 25 000 V, w zależności od typu oscylografu.

Rozżarzona katoda (w przeciwieństwie do zimnej) wysyła już przy niewielkim napięciu dość silny strumień elektronów, ale wymaga specjalnych środków w celu jego ujęcia tak, by otrzymać dostateczny strumień elektronowy dla płyty światłoczułej. Rozżarzona katoda działa bez zarzutu tylko przy bardzo wysokiej próżni (od 10^{-6} do 10^{-7} mm sł. rtęci).

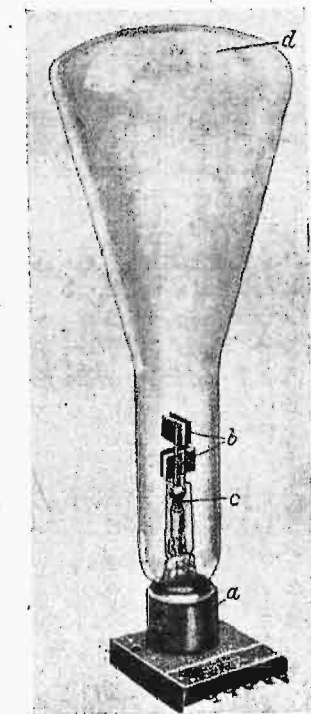
Oscylografy z rozżarzoną katodą mogą być zbudowane w dwojaki sposób; albo płyta światłoczuła jest wprowadzana do próżni i znajduje się pod bezpośrednim działaniem strumienia elektronów, wysyłanych przez katodę, albo też — co częściej ma miejsce — działanie to jest pośrednie. W pierwszym bowiem wypadku, można łatwo zepsuć próżnię przez wprowadzanie płyt do wewnątrz. Na rys. 2 widzimy oscylograf pierwszego rodzaju, na rys. 3 — drugiego rodzaju.

Naogół w oscylografach drugiego typu może wystarczyć mniejsze napięcie między katodą i anodą (od 150 do 2000 V), gdyż mniejsza szybkość elektronów, jakkolwiek nie wystarcza do zaczernienia płyty, lecz działa bardzo silnie na ekran fluorujący, z którego

robi się zdjęcia fotograficzne. Oscylografy pierwszego typu wymagają napięcia od 10 000 do 25 000 V, o ile przy bezpośrednim działaniu na światłoczułą płytę chce się otrzymać żądane zaczernienie płyty.

Czułość oscylografów z rozżarzoną katodą wyraża się liczbą 0,025 do 0,1 cm/V, t. zn., że napięcie 1 V na płytkach odchylających daje w miejscu zdejmowania krzywych wychylenie od 0,025 do 0,1 cm, w zależności od konstrukcji. Szybkość zapisywania wyraża się liczbą od 500 do 60 000 m/sek.

Oscylografy z zimną katodą wymagają napięcia 40 000 do 70 000 V prądu stałego do wywołania wyładowań w rurce; mimo to, z wielu względów, są prostsze w użyciu i nie tak wrażliwe na dokładność próżni. Największą trudność i w tych oscylografach stanowi wprowadzanie płyt i wyjmowanie ich z przestrzeni, gdzie jest próżnia.



Rys. 3.

Oscylograf z rozżarzoną katodą o pośrednim działaniu na płytę światłoczułą.

a — podstawa z zaciskami,
b — płytki odchylające,
c — rozżarzona katoda,
d — ekran.

Do zdjęć służą w niektórych typach płyty o powierzchni 4 cm × 9 cm, w innych normalne filmy ruchome.

Dążeniem obecnym jest, aby powierzchnia, na której wykreslane są krzywe, była jaknajwiększa.

Niektóre z oscylografów z zimną katodą mają rurkę do wyładowań pionową, inne poziomą.

Szybkość zapisywania wynosi średnio 10^{-7} , najwyżej 10^{-8} do 10^{-9} cm/sek.

Zdejmowanie powtarzających się okresowo przebiegów nie nastęcza żadnych szczególnych trudności przy użyciu oscylografów katodowych. Do wykreslania natomiast przebiegu takich zjawisk, jak fale wędrowne w przewodach, których początek nie daje się określić, potrzebne są jeszcze inne przyrządy dodatkowe, uruchamiające samoczynnie oscylograf w odpowiedniej chwili. Oscylograf bowiem zaczyna działać w chwili początku zjawiska; o ile chodzi o wspomniane fale wędrowne, potrzebny jest przyrząd, wprawiający w ruch oscylograf, a reagujący w chwili uderzenia stromego czoła fali; przyrządów takich istnieje kilka, że wymienimy przekaźnik wahliwy (Kipprelais) pomysłu Gabora. (V D I-Z ft., zes. 8, 1930).

METALOZNAWSTWO.

Stop glinowy „Y”.

Stop powyższy został wynaleziony w National Physical Laboratory podczas wojny światowej, gdy dzięki ogromnemu rozwojowi lotnictwa znane przedtem lekkie stopy nie odpowiadały stawianym wymaganiom. Skład chemiczny stopu „Y” jest następujący: Cu=4%, Ni=2%, Mg=1,5%, Al — reszta. Otrzymuje się go, dodając do roztopionego i nieco przegrzanego glinu zaprawę miedziano-niklową o zawartości Cu—50% i Ni—20%, reszta — glin. Magnez doprowadza się w ostatniej chwili przed odlaniem, w postaci metalicznej pod powierzchnię roztopionego metalu. Temperatura przy topieniu „Y” nie powinna przekraczać 700—750° C. Przy przygotowywaniu zaprawy, aby uniknąć zbyt wysokiego przegrzania glinu, lepiej nie rozpuszczać bezpośrednio Cu i Ni w roztopionym glinie, lecz zrobić stop miedzi z niklem i ten dopiero stapiać z glinem. Własności fizyczne stopu są następujące: ciężar właściwy = 2,8 max., zakres topliwości 630 — 493°¹⁾, przewodność cieplna 0,40 Kal/g cm sek, przewodność elektryczna przy +20° wynosi w stosunku do miedzi dla stopu odlanego 35,4, zaś dla odlanego i ulepszonego termicznie 38,4, spólc. rozszerzalności cieplnej 0,000022, skurcz = 1,29%. Należy podkreślić niski ciężar właściwy i wysoką przewodność cieplną stopu. Poza to stop „Y” jest b. odporny na działanie wody morskiej i powietrza.

Stop daje się dobrze odlewać w formach piaskowych i kokilowych, daje się obrabiać na gorąco i na zimno, jak również poddaje się obróbce termicznej.

Jak i wszystkie odlewnicze stopy aluminium, ma „Y” tę wadę, że chciwie pochłania gazy, co jest powodem tworzenia się t. zw. centek (nakłuc), bardzo ujemnie wpływających na odporność względem korozji oraz na wyniki obróbki termicznej. Przy użyciu odpowiednio czystego glinu i umiejętnym postępowaniu przy topieniu i odlewaniu, można uniknąć tych wad. Bardzo dobre wyniki przy walce z centkami daje metoda zamrażania, jak również i przepuszczania przez roztopiony stop strumienia obojętnego gazu (naprz. azotu). Szkodliwie zaś wpływa na stop styczność z parą wodną.

Zestawienie porównawcze własności mechanicznych sto-

¹⁾ Uwaga: prawdopodobnie omyłka drukarska, gdyż temperatura obróbki termicznej wynosi 500—520° C.

pów odlewniczych przemawia na korzyść „Y”, jak to widać z tabeli 1.

TABELA I.

Stop	S kg/mm ²	Q kg/mm ²	R kg/mm ²	A ₀ (2 cale)	B kg/mm ²
Odlewy kokilowe					
12% Si mod.	3,15	11,22	21,26	11,0	65
Y	8,82	17,32	22,05	1,5	85
Y uleps. term.	10,75	25,20	31,50	3,0	105
2L5.	4,41	7,09	20,49	5,0	70
2L8.	3,46	10,75	17,32	1,0	80
3L11	4,72	12,60	15,75	3,0	60
Odlewy w formach piaskowych					
12% Si mod.	3,15	10,75	17,32	8,0	52
Y	—	14,17	17,32	0,5	80
Y uleps. term.	—	—	25,20	1,5	100
2L5.	2,83	7,09	16,54	4,0	65
2L8.	2,63	—	14,18	1,0	75
3L11	—	—	10,75	2,0	50

W wyższych temperaturach zachowuje stop „Y” swe dobre własności mechaniczne (tab. 2).

TABELA II.

	150°	150°	250°	350°
Odlewy kokilowe				
Gran. proporcj. P kg/mm ²	8,34	11,60	12,60	2,83
R kg/mm ²	20,00(?)	20,00	20,95	9,13
A ₀ (2 cale)	1	1	0,5	6,0
Moduł Younga. kg/mm ²	7 660	7 850	7 610	5 550
Odlewy w formach piaskowych				
Gr. proporcj. P kg/mm ²	7,87	11,22	8,82	2,52
R kg/mm ²	17,48	17,48	17,17	8,29
A ₀ (2 cale)	1	1	0,5	4,0
Moduł Younga. kg/mm ²	7 470	6 780	7 090	5 200

Mikrostruktura stopu „Y” jest odmienna od struktury innych stopów glinowych. Nie występuje tu bowiem związek chemiczny CuAl₂, jest natomiast więcej skomplikowane połączenie Al z Cu i Ni oraz związek chemiczny NiAl₃. Występuje również i związek MgSi₂, powodujący, podobnie jak i przy duraluminie, zjawisko starzenia się.

Obróbka termiczna polega na zahartowaniu stopu od temp. 500—520° C we wrzącej wodzie. Czas grzania w tej temperaturze jest uzależniony od kształtu danego przedmiotu oraz od poprzedniej obróbki mechanicznej; powinien być dostatecznie długi, aby związek chemiczny, powodujący starzenie się, zdążył przejść do roztworu. Dla odlewów musi być odpowiednio dłuższy (6—24 i więcej godz.), dla przedmiotów poddanych obróbce mechanicznej może być skrócony (wyjątek stanowią wyroby kute) do ½ godz. i mniej, zależnie od poprzedniej obróbki. Starzenie się w temperaturach pokojowych zachodzi w ciągu 5 dni, zaś starzenie się sztuczne — znacznie krócej, naprz. w temp. wrzącej wody od 30 minut do 2 godz. Odpuszczanie stosuje się w zakresie 150—250°; przy 350—400° następuje całkowite odhartowanie. Stop „Y” można poddawać obróbce na gorąco w zakresie temp. 480—500°, przy czym czas grzania zależy od masy przedmiotu. Przy produkcji blach, niezbędne jest poddanie bloków wstępnie kuciu. Przy obróbce na zimno podgrzewa się do temp. 500—520°, hartuje się i bezpośrednio poddaje się obróbce przed starzeniem się; ewentualnie stop przed obróbką wyżarza się w temp. 350—400°.

Tabela III podaje zestawienie porównawcze własności mechanicznych obrobionego mechanicznie i termicznie stopu „Y” i duraluminu.

TABELA III.

	Y	Duralumin
Q kg/mm ²	28,30	28,30
R kg/mm ²	40,70	45,10
A ₀ (na 2 calach)	21,5	18,5
C%	32,0	36,4
B kg/mm ²	114,0	114,0

Stop „Y”, podobnie jak i inne stopy glinowe, daje się spawać acetylenem; niszczy to naturalnie wpływ obróbki termicznej. (Archbutt. The Nickel Bulletin, t. 3 (1930), zes. 7, str. 210—219).

E. P.

O żyłkowatości kryształów żelaza α.

Odczynnik Fry'a pozwala zaobserwować rozbieżność granic kryształów, rozpad ziarna oraz linie poślizgów w obrabianym na zimno i ogrzewanym poniżej temperatur silnej rekryształizacji materiale. Oprócz tego, zaburzenia w tworzyw stwierdzić można makroskopowo. Fry twierdzi, że wykrywane jego odczynkiem zaburzenia budowy są zarazem powodem t. zw. „kruchości na niebiesko”. Zdanie to nie spotkało się dotychczas z oficjalnym zarzutem, że mimo, iż linie działania sił wykrywano, jako skutek kucia na zimno, nie towarzyszyły im jednak wszystkie przez Fry'a określone zjawiska. Autorom zdarzyło się niejednokrotnie, że zaobserwowali znowu rozpad ziarna, nie mogąc stwierdzić, czy zaszyły przyczyny, którym Fry przypisuje wywołanie tego zjawiska. Dla wyjaśnienia tego, wykonano szlify z materiału handlowego, walcowanego powyżej A₃, wyżarzonego, a następnie obrobionego na zimno i odpuszczonego przy 200°. Szlify trawiono alkoholowymi roztworami kwasu pikrynowego lub azotowego aż do występowania granic kryształów, a następnie ½—¾ minuty mikroskopowym odczynnikiem Fry'a. W wielu wypadkach wykazuje odczynnik Fry'a skutki obróbki na zimno, mimo że próbki nie odpuszczano, wpływa to jednak osłabiająco na siłę nagryzania odczynnika. Badania mikroskopowe wykazały, że w stanie walcowanym były już ziarna rozbite. Po znormalizowaniu wydobywał odczynnik Fry'a linie rozpadu ziarn, chociaż makroskopowo nie uwidaczniał linii poślizgu. Już wcześniej stwierdzili Tritton i Hanson¹⁾ oraz Rowdon i Berglund²⁾, że bez uprzedniej obróbki na zimno lub bez odpuszczania w zakresie „kruchości na niebiesko” występują międzykryształiczne granice kryształów, które Rowdon i Berglund nazwali żyłkowatością α - Fe. Kwas pikrynowy wytrawia żyłkowatość, jednak nie tak wyraźnie, jak odczynnik Fry'a i nie ulega wątpliwości, że żyłkowatość zaobserwowana przez wymienionych badaczy i stwierdzony przez Fry'a rozpad ziarna są zjawiskami identycznymi. Co powoduje powstawanie żyłkowatości α - Fe, nie stwierdzono dotychczas w sposób stanowczy. Obróbka na zimno i następujące po niej odpuszczanie poniżej 200° zmienia budowę tworzywa tylko o tyle, że występują linie zgniotu i zniekształ-

¹⁾ Iron and Steel Inst. 1924, str. 118.

²⁾ Scient. Papers Bur. of Stand. 1928, str. 649.

cenia granic kryształów. Objawy te pozwalają wystarczająco na stwierdzenie, że zaszła obróbka na zimno. Żyłkowość nie wpływa na własności mechaniczne i w zależności od przeróbki w różnym stopniu się przejawia. Zjawiska, wywołane płynięciem tworzywa, wiążą się z kruchością. Badania, przeprowadzone na pojedynczych kryształach żelaza, dowodzą, zgodnie z powyższym, że tylko linje poślizgu i zniekształcenie granic kryształów świadczą o zgnioście na zimno. (L. Ammermann i H. Kornfeld. — St. u. E. 49. (1929), str. 1192).

Inż. K. Kornfeld.

SILNIKI SPALINOWE.

Wpływy atmosferyczne na silniki spalinowe.

Wpływ ciśnienia atmosferycznego na moc, a zatem i na sprawność silników spalinowych, znany już jest oddawna. Wpływy zaś temperatury i wilgotności powietrza zewnętrznego zbadano nieco bliżej dopiero w ostatnim 10-leciu.

Wówczas jednak, gdy naprz. w Niemczech przyjmuje się przeważnie, że moc jest odwrotnie proporcjonalna do temperatury bezwzględnej powietrza zewnętrznego, to w Ameryce ustalają przepisy odbiorcze silników karburatorowych (zgodnie z wnioskiem H. S. White'a) odwrotną proporcjonalność mocy do pierwiastka kwadratowego z temperatury bezwzględnej. Badania S. W. Sparrow'a, W. D. Gove'a i in., dokonane na silnikach lotniczych, potwierdzają ten pogląd co do mocy indykowanej, wówczas gdy W. D. Gove uwzględni w rachunkach dokładnych także wpływ zmian ciśnienia i temperatury na sprawność mechaniczną i ustala odpow. równanie do przeliczania mocy rzeczywiście.

W referacie, wydrukowanym w zeszycie listopadowym czasopisma „Technische Mechanik und Thermodynamik”, stwierdza L. Richter, że — o ile chodzi o silniki, w których zazwyczaj mamy niedostateczną ilość powietrza w ładunku (jak to bywa zwykle w silnikach karburatorowych) i których moc i sprawność zależy od zassanej ilości powietrza, — to wpływ temperatury na ich pracę określa prędkość powietrza w układzie zasysającym, i że moc silnika idealnego (bez strat) mieści się w granicach, które przy bardzo małych prędkościach powietrza są odwrotnie proporcjonalne do temperatury bezwzględnej, zaś przy bardzo dużych prędkościach — odwrotnie proporcjonalne do pierwiastka kwadratowego z temperatury bezwzględnej, ale zawsze proporcjonalne do ciśnienia powietrza zewnętrznego.

Autor zbadał też stosunkowo mały wpływ ciśnienia i temperatury na sprawność mechaniczną i proponuje nieco odmienny od Gove'a wyraz, uwzględniający ten wpływ.

Natomiast stwierdza cytowane źródło, że w silnikach o nadmiarze powietrza (jakimi są wszystkie silniki z łańcuchem żarową) wpływ ciśnienia i temperatury powietrza na sprawność ogólną i mechaniczną jest bardzo ograniczony i może być pominięty, aczkolwiek nie opiera tego twierdzenia na dokonanych badaniach. Wilgotność powietrza wpływa, jak to wykazał A. W. Gardiner i D. B. Brooks, na moc silników o niedostatecznej ilości powietrza zasysanego proporcjonalnie do zawartości powietrza suchego w atmosferze. W innych silnikach wpływ ten może być pominięty. Wyniki tych badań w Ameryce i Niemczech mają być uwzględnione w niemieckich przepisach odbiorczych przez przeliczanie mocy i sprawności na stan normalny atmosfery.

Bibliografia.

Kurs Odlewnictwa. Tom I. Topienie metali w odlewniach. Inż. K. Gierdziejewski, kier. Zakładu Odlewnictwa Politechniki Warszawskiej. Str. 322, rys. 157 i 3 tab. rysunkowe poza tekstem. Nakład Księgarni Technicznej „Przeglądu Technicznego”. Warszawa 1930.

Nakładem „Księgarni Technicznej” w Warszawie wyszedł tom pierwszy „Kursu Odlewnictwa”, zakrojonego na dość dużą skalę, gdyż ma się składać, według zapowiedzi Autora, z czterech tomów.

Odlewnicy polscy, wszyscy bez wyjątku, powitają wydawnictwo to z radością, gdyż niezadługo posiadać będą podręcznik, objaśniający zagadnienia wszystkich gałęzi odlewnictwa wyczerpująco. Życzę więc należy Autorowi, aby w jak najkrótszych odstępach czasu udało mu się wydać całość.

Odnosnie do tomu pierwszego, należy podkreślić z uznaniem dobrą szatę zewnętrzną wydawnictwa, dobry papier, wyraźny druk i doskonałe rysunki i wykresy.

Treść I-go tomu dzieli Autor na dwie części: część pierwsza obejmuje surowce odlewnicze, paliwo i topniki, część druga poświęcona jest opisowi i charakterystyce pieców do topienia metali.

Część pierwsza, zawierająca 23 stronice, wydaje mi się za szczupłą. Surowce hut polskich potraktował Autor zbyt pobieżnie. Polskie zakłady wielkopiecowe chętnieby chyba służyły tabelami jakościowymi swych surowców, i umieszczenie tych tabel byłoby bardzo pożądane. Bo gdzie odlewnik polski może znaleźć informacje o surowcach, jeżeli ich niema w obszernym wydawnictwie polskim? Tak samo należało powiedzieć więcej o złomie żeliwnym i o żelaziwie, które tak dużą rolę odgrywają w naszym odlewnictwie.

Polska w ogólnie-swiatowej produkcji cynku zajmuje bardzo wybitne miejsce. Należało też to podkreślić wyraźnie i podać wysokość produkcji, jakoteż analizy cynku większych hut polskich.

Zagadnienie koksu metalurgicznego jest u nas zawsze jeszcze aktualne. Autor powinien był obszerniej uzasadnić małą zdadność koksu górnośląskiego do celów odlewniczych i porównać koks górnośląski z koksem czeskim, niemiecko-śląskim, westfalskim i t. d.

Autorowi napewno wiadomo, że mamy stosunkowo duże zasoby gazów ziemnych. Przytoczenie kilku przykładów stosowania gazu ziemnego w przemyśle metalurgicznym byłoby nadzwyczaj ciekawe.

O topnikach także za mało Autor powiedział. Analizy różnych wapińników polskich, stosowanych w naszych odlewniach, wykazałyby ich doskonałą jakość, jako topników.

Część druga, chociaż pisana zwięźle, daje dużą treść. Autor omawia w niej kolejno żeliwiaki, piece tygłowe, gruszki Tropenasa, piece płomienne: martenowskie i zwyczajne odlewnicze, wreszcie piece elektryczne. Charakterystyka pieców jest ścisła i ujęta zupełnie nowoczesnie.

Dodatek do tomu pierwszego, obejmujący sposób obliczania gazu generatorowego, bilansu procesu Tropenasa, pieca martenowskiego i tablice pomocnicze, uważam za celowy. Szkoda tylko, że Autor nie uwzględnił w swych obliczeniach tablic ciepła właściwego, opracowanych bardzo starannie przez Inż. A. Ludkiewicza, adjunkta Akademii Górniczej w Krakowie, a prostujących błędne dane w istniejących tablicach badaczy francuskich, ogłoszonych w r. 1925 w „Przeglądzie Górniczo-Hutniczym”.

Spóstrzeżone usterki.

Rysunek Nr. 42 jest częściowo niedokładny, gdyż wykazuje, że na spodzie kotliny żeliwiaka znajduje się dosyć gruba warstwa płynnego żeliwa, a na niej spoczywa cały słup przetworowy. W rzeczywistości jednak kotlina żeliwiaka tak nie wygląda: jest ona cała wypełniona koksem i tylko w wolnych przestrzeniach pomiędzy pojedynczymi kawałkami koksu jest płynne żeliwo, wzgl. żużel.

Rysunek Nr. 50 (str. 104) jest o tyle mylny, że robi wrażenie, jakoby i ściana wewnętrzna obmurza żeliwiaka była opancerzona płaszczem blaszanym, czego w rzeczywistości nie bywa.

Krytyka niektórych twierdzeń Autora.

1) Autor wprowadza (str. 66 i n.) aż trzy współczynniki sprawności żeliwiaków: pozorny, teoretyczny i rzeczywisty. Obawiam się, że wywoła to w praktyce nieporozumienia. Jeżeli się według Autora powie, że rzeczywista sprawność żeliwiaka wynosi 87%, to nikt w to nie uwierzy, a tłumaczenie jest dosyć skomplikowane. Porównywanie sprawności cieplnej pieców wszystkich rodzajów można zupełnie dobrze uskutecznić na podstawie sprawności teoretycznej według wzoru:

$$\eta = 100 \frac{\text{zużyta ilość ciepła na 100 kg płynnego metalu}}{\text{wartość opałowa zużytego paliwa na 100 kg}}$$

2) Twierdzenie Autora (str. 97, § 30), jakoby nie udało się dotąd ustalić bezpośredniej zależności między wydajnością topienia a wymiarami żeliwiaka i jakoby dlatego wszelkie próby obliczania wymiarów żeliwiaka należało uważać za chybione, jest niezrozumiałe już ze względu na wywody samego Autora o moim sposobie obliczania żeliwiaków. Twierdzeniu temu przeczy wzór:

$$S = \frac{W \cdot 100}{k \cdot p} Q, \quad Q = \frac{D^2 \pi}{4}$$

w którym zależność wydajności S od przekroju pieca Q m² i od ilości koksu wsadowego $\frac{K}{q}$ jest wyraźnie zaznaczona.

Zależność wysokości H od przekroju Q i wydajności S jest następująca:

$$\frac{S_n}{m} = \alpha \cdot Q \cdot H.$$

gdzie $\frac{S_n}{m}$ oznacza objętość słupa przetworowego na godzinę, α jest współczynnikiem.

3) Rekuperatory Girard'a (str. 104). Mam wrażenie, że Autor ma swoje zdanie o wartości tych rekuperatorów, ale nie chciał go wypowiedzieć. Przytoczył natomiast opinię prof. Guillet'a, która jest wprost ujemna, jak wynika z końcowego zwrotu: „żadna z odlewni nie zauważyła pogorszenia jakości metalu”, więc napewno także żadnego polepszenia. Ja nie przypisuję rekuperatorom tego rodzaju żadnego znaczenia.

4) Autor przyjmuje (str. 69) ciepło topienia surówki w wysokości 33 kaloryj. Cyfra ta odnosi się do żeliwa białego, podczas gdy ciepło topienia żeliwa szarego wynosi tylko 25 kaloryj.

5) Rzeczywisty bilans cieplny żeliwiaka (str. 69) wykazuje straty na promieniowanie nienormalnie wysokie (30,6%). Należy przypuścić, że topienie odbywało się bardzo powoli z powodu zbyt małej ilości powietrza na minutę.

Przytoczenie to potwierdzają dane o średnicy i wydajności badanego żeliwiaka $D = 1200$ mm, $S = 6,5$ t/h.

Słownictwo tomu I.

Polskie słownictwo odlewnicze nie jest jeszcze ustalone. Autor dobrzeby się przysłużył odlewnikom polskim, gdyby w dodatku umieścił przynajmniej najważniejsze wyrażenia, ustaliłby swoje własne słownictwo i w ten sposób przyczynił się do usunięcia chwiejności w wyrażaniu się w różny sposób o tym samym przedmiocie.

M. in. nieustalony jest u nas wyraz na „fonte malléable” — Temperguss. Używany często wyraz odlew kuto-lany jest mało rzeczowy. Autor stosuje wyrazy: żeliwo kowalne (str. 6, 178) i kujna leżna (6, 122, 125); proponuję ze swej strony nazwę: żeliwo białe zmiękczone.

Zamiast złom żeliwny używa Autor nazwy: stary fragment; zamiast złom stalowy, wzgl. stalowy — stary fragment stalowy (11); zamiast żelastwo (lepiej „żelaziwo”) — stare żelastwo, fragment żelazny, stare żelaziwo (str. 11).

Uważam też, że zamiast odlewy żeliwne lepiej byłoby mówić wyroby żeliwne, zam. odlewy stalowe—wyroby sta-

liwne, zam. odlewy metaliczne — wyroby metaliczne, gdyż końcówka -liwny jest pomyślana jako pochodząca od „lania”, tak samo jak wyraz „odlewy”. Odlew z lanego żelaza, równoznaczny z odlewem żeliwnym, zawiera więc pleonasmus.

Wyraz „zgar” = Abbrand wymaga szerszego omówienia. „Zgar” może oznaczać tylko straty na spalanie, t. zw. „zgar chemiczny” (str. 40). Natomiast nie można mówić „zgar mechaniczny”, „zgar ogólny”, lepiej zaś — „straty mechaniczne”, wzgl. „straty ogólne na przetapianie”.

Dobry wyraz zastosował Autor na oznaczenie „Aufzug”; podnośnik pionowy (114) (vertikaler Aufzug), podnośnik pochyły (114) (Schrägaufzug). Natomiast mniej udane są wyrazy: wciąg pionowy lub wyciąg pionowy, zamiast „dźwąg pionowy”.

Wszystkie maszyny czy przyrządy do tłoczenia powietrza nazywa Autor „nawietrznikami”. Do „nawietrzników odśrodkowych” stosuje nazwę „wentylatory”. Do „nawietrzników tłokowych” stosuje dwojakie nazwy, zależnie od tego, czy ruch tłoka jest wirujący, czy też posuwisty. W pierwszym wypadku mamy „miechy”, w drugim — „dmuchawy”. Ponieważ nazwa „miechy” może być tłumaczona, jakgdyby konstrukcja nawietrznika z tłokiem wirującym była podobna do konstrukcji właściwych miechów, lepiej rozróżniać tylko dwa rodzaje „nawietrzników”, t. j. „wentylatory” i „dmuchawy”.

Przy wentylatorach przestrzeń ssana i przestrzeń ciśnienia nie jest rozgraniczona, przy „dmuchawach” przestrzenie te są szczelnie rozdzielone.

Przy dużych ciśnieniach mówimy o „sprężarkach”.

Wyraz „obmurze pieca” (Ofenfutter) powinien być ogólnie przyjęty zamiast „wyprawa pieca” (str. 173).

Dolną część żeliwiaka nazywa Autor b. dobrze „kotliną”. Dlatego uważam, że zamiast „koksu wypełniającego” (Füllkoks) lepiej mówić „koks kotlinowy”, w przeciwstawieniu do „koksu wsadowego”.

„Herdofen” nazywa Autor „piecem ogniskowym” w przeciwstawieniu do „pieca szybowego” (Schacht-ofen).

Zbiornik przechylny = kipparer Vorherd, piec tygłowy przechylny = kipparer Tiegelofen.

„Zaprawy (141) oznaczają „Vorlegierungen”.

Wyrazu „nabój” = Gicht Autor nie używa.

Mniej udane są wg. mego zdania wyrazy: koszt eksploatacji pieca zamiast koszt ruchu pieca, wciągnięcia (59) zam. osadzanie się żeliwa, odremontować (161) zamiast naprawić. „Kaltschweisse” nazywa Autor bardzo trafnie „spoinami” (59).

Wskazaniem byłoby dołączać do nowych, lub nie ogólnie używanych wyrażeń polskich określenia w języku francuskim lub niemieckim.

Ogólne uwagi.

Ze względu na obszerność wydawnictwa, nazwa „Kurs Odlewnictwa” nie jest — według mego zdania — odpowiednia. Lepiejby odpowiadała nazwa „Nauka o odlewnictwie”. Chociaż nazwa „Kurs Odlewnictwa” będzie obowiązywała prawdopodobnie nadal, to jednak byłoby wskazane, aby treść trzymała się na poziomie tomu I-go. Życzyłoby także należało, aby Autor uwzględnił całą techniczną literaturę polską i na końcu każdego tomu podał wykaz literatury odlewniczej zagranicznej i polskiej.

Z niedawnych rozmów z właścicielami księgarń o wydawaniu dzieł technicznych wiem, że w dzisiejszych warunkach dzieła techniczne nie znajdują wydawców. Tem większe tedy uznanie należy się Księgarni Technicznej, że podjęła się, mimo trudnych stosunków, tak obszernego wydawnictwa, i pogratulować wypadła Autorowi, że udało mu się pozyskać tak znakomitego wydawcę.

Inż. Jerzy Buzek.