

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

Własności tworzyw, używanych do konstrukcyj lekkich i ultra-lekkich, nap. Dr. Inż. G. Welter, Warszawa.

Równowaga sił sprężystości w powłoce sferycznej dowolnej grubości w szczególnym wypadku, nap. Inż. St. Hempel.

Nowsze zagadnienia budowy obrabiarek, nap. Inż. L. Burnat.

Przeгляд pism technicznych.

Nekrologja: Śp. Inż. Józef Dworzańczyk.

Sprawozdania i Prace Polskiego Komitetu Energetycznego.

## SOMMAIRE:

Qualités des matériaux pour les constructions légères et ultra-légères (à suivre), par M. G. Welter, Dr.-Ingenieur.

L'équilibre des forces élastiques dans l'enveloppe sphérique d'une épaisseur quelconque dans un cas spécial, par M. S. Hempel, Ingénieur.

Problèmes modernes dans la construction des machines-outils (suite et fin), par M. L. Burnat, Ingénieur.

Revue documentaire.

Nécrologie.

Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.

## Własności tworzyw, używanych do konstrukcyj lekkich i ultra-lekkich \*)

Napisał Dr. Inż. G. Welter, Warszawa.

### Wstęp.

W technice współczesnej konstrukcje lekkie i ultra-lekkie znajdują coraz to większe zastosowanie. Szczególnie po wojnie dał się zauważyć spontaniczny rozwój w tym kierunku, znajdujący się i nadal w pełni ewolucji.

Wymagania stawiane konstrukcjom lekkim mogą być sprowadzone do dwu ważnych czynników, mianowicie: bezpieczeństwa ruchu i taniości eksploatacji.

Między temi czynnikami istnieje, zasadniczo, pewna sprzeczność, albowiem taniość wymaga zaoszczędzenia materiałów stosowanych, podczas gdy dla uzyskania pewnego współczynnika bezpieczeństwa konstruktor jest skłonny do nadmiernego zastosowania tworzywa. Do tych dwu czynników dołącza się jeszcze warunek lekkości konstrukcyj nowoczesnych, działający w kierunku przeciwnym do ostatniego, jako — można powiedzieć — wróg bezpieczeństwa.

Aby sprostać wymaganiom nowoczesnych konstrukcyj, niezbędnem się stało, by dobór i zastosowanie materiałów były dokonane z uwzględnieniem najdalej idącego przystosowania do charakteru konstrukcyj lekkiej. To też konstruktor powinien znać dokładnie własności stosowanych przez się tworzyw, jak też warunki pracy konstruowanych ustrojów.

Każda część maszyny, po poddaniu jej obciążeniu robocznemu i po usunięciu tegoż, powinna przybrać z powrotem swą postać pierwotną stanu nieobciążonego. To znaczy, że można obciążać tworzywa jedynie w granicach obszaru odkształceń ściśle sprężystych, w wypadku krańcowym — do pierwszych odkształceń trwałych. Konstruktora zatem interesuje przede wszystkim granica sprężystości tworzywa, gdyż tylko jej znajomość umożliwi mu dokładne obliczenie konstrukcyj. Ze względów technologicznych należy też znać warunki, w jakich zachodzą odkształcenia plastyczne, na zimno oraz na gorąco, ażeby przystosować do nich konstrukcję w postaci definitywnej.

Granica sprężystości tworzywa, tudzież możliwość odkształceń plastycznych (na zimno lub na gorąco) są zasadniczymi czynnikami, na jakich opiera się konstrukcja lekka o dużej sprawności. Z tych dwóch czynników, warunki odkształceń plastycznych, t. zn. własności technologiczne większości tworzyw konstrukcyjnych, są już dość dobrze znane w praktyce i nie wymagają głębszego badania, o ile nie chodzi o wypadki szczególne.

Co się zaś tyczy odkształceń sprężystych, to w tej dziedzinie brak ścisłych danych: mamy bardzo mało danych cyfrowych, charakteryzujących odkształcenia ściśle sprężyste.

Badań prowadzących do ustalenia tych liczb wykonano bardzo mało, tak że — rzecz można —

\*) Praca ta była referowana, w streszczeniu, na tegorocznym Zjeździe Inż. Mechaników Polskich w Warszawie.

nie posiadamy punktu oparcia przy projektowaniu nowoczesnych konstrukcyj lekkich.

Głębsze poznanie własności sprężystych tworzyw wymaga jednocześnie dokładnej znajomości rozkładu i działania sił zewnętrznych i naprężeń wewnętrznych w częściach ustroju.

Rozkład naprężeń, jakie powstają w rozciąganej próbce wytrzymałościowej, zależy w znacznym stopniu od kształtu próbki, jej postaci, jej wyrobu i składu chemicznego, obróbki termicznej i mechanicznej, napięć wewnętrznych i t. d.

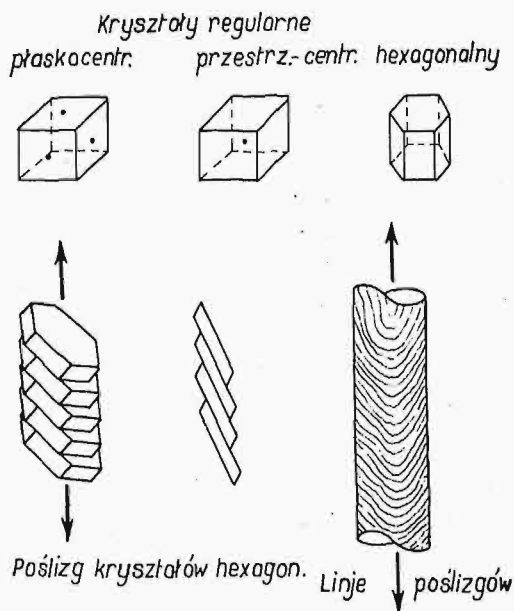
W częściach rozciąganych chodzi atoli nietylko o przyłożone zewnętrzne siły rozciągające, lecz także o naprężenia ścinające (siły tnące), które są w stanie równowagi w każdym z kryształów, lecz które w zależności od struktury i orientacji poszczególnych kryształów mogą doprowadzić do mniej lub więcej odmiennych wyników ostatecznych.

Aby te zjawiska dobrze zrozumieć i zgłębić do dna, należy zbadać zależność pomiędzy własnościami tworzywa konstrukcyjnego a najprostszym elementem materji — atomem.

Począwszy od metalu stosowanego w konstrukcji (szyna lub profil walcowany) aż do atomu, istnieje nieprzerwany łańcuch zależności, wśród których jednym z etapów jest osobny, pojedynczy kryształ (niem. Einkristall).

Rozumie się, że tworzywo używane w praktyce jest w najwyższym stopniu związane z własnościami osobnych kryształów, które wchodzą w jego skład, zaś te osobne kryształy są bezpośrednio związane z własnościami swych elementów pierwotnych, atomów.

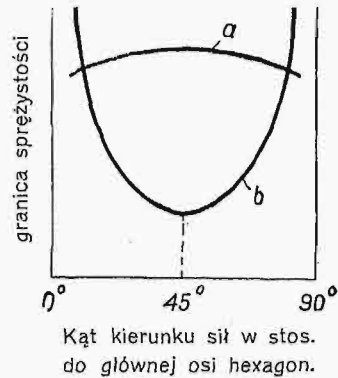
Tak więc, dla głębszych badań tworzywa musimy się zwrócić do pojedynczego kryształu.



Rys. 1. Rodzaje kryształów i poślizgi.

Mechanizm odkształcenia pojedynczego kryształu jest tego rodzaju, że cienkie warstewki (płytki) zsuwają się po sobie w różnych płaszczyznach w kierunku zależnym od budowy kryształu. Wskazuje to rys. 1.

Podczas odkształcenia kryształu siatka przestrzenna doznaje przesunięcia (pochylenia) w stosunku do linii działania sił rozciągających. Obok tego zjawiska, zwanego poślizgiem (translation), objawia się jeszcze inny rodzaj odkształceń, mianowicie tworzenie się kryształów bliźniaczych. Zjawisko to, w przeciwieństwie do poślizgu, jest



Rys. 2. Zmiany granicy sprężystości w zależności od kierunku sił w stosunku do osi głównej kryształu hexagonalnego.

co do kierunku i wielkości zgóry określone. Trzeba jeszcze zaznaczyć, że zależnie od układu osobnego kryształu (sześcienny lub hexagonalny) zachodzą poważne zmiany w dynamice jego odkształcenia. Tak np. można spostrzec w metalach o układzie hexagonalnym, jak magnez, cynk, kadm i t. p., wahania granicy sprężystości, sięgające 30-tokrotnej wartości najniższej, podczas gdy granica ta nie osiąga nawet podwojenia (84%), jeżeli mamy do czynienia z układem sześciennym, jaki cechuje aluminium, miedź, srebro i inne metale<sup>1)</sup>. Schematycznie obrazuje to rys. 2 (patrz krzywe a i b).

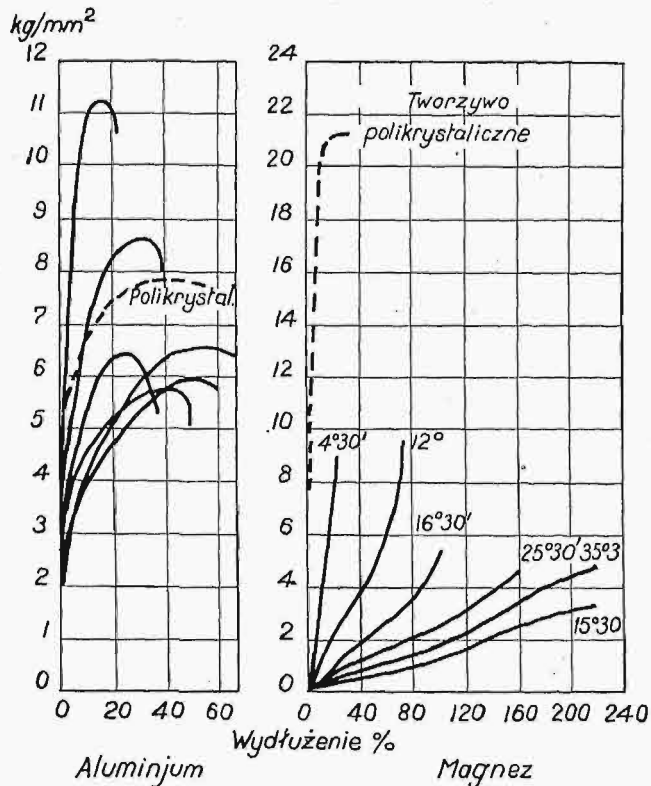
Badania, prowadzone nad układami wielokryształicznymi, stosowanymi w technice, dają się znacznie rozszerzyć i pogłębić przez badanie osobnych kryształów.

Przenosząc wyniki badań naukowych, dotyczących osobnych kryształów, na układy wielokryształiczne, jakimi są metale i stopy techniczne, należy pamiętać, że kryształy tworzyw technicznych są wiele tysięcy razy mniejsze od kryształów osobnych, używanych do badań. Z drugiej jednak strony, różnice, jakie wynikają z tej okoliczności, że w układzie wielokryształicznym poszczególne kryształy są różnie zorientowane, nie oddziałują tak silnie, jak różnice zależne od rodzaju układu (sześciennego, bądź hexagonalnego). Różnice te są szczególnie duże w zakresie badań nad granicą sprężystości i mikroplastyczności, badań, tak ważnych dla praktyki.

Rysunki następujące (rys. 3) podają wykresy zależności między obciążeniem i wydłużeniem sprężystym i mikroplastycznym metali jedno i wielokryształicznych o układzie sześciennym i hexagonalnym. Widzimy, że wydłużenie i wytrzymałość na rozciąganie metali jednokryształicznych o układzie sześciennym, jak aluminium, są prawie takie same, jak metali wielokryształicznych. W żadnym atoli razie nie można tego powiedzieć w wypadku metalu o układzie hexagonalnym, jak np. magnez. Wydłużenia osobnego kryształu tego metalu są znacznie większe (do 220%) niż te, jakie wykazuje układ wielokryształiczny, a które sięgają zaledwie 20%.

<sup>1)</sup> E. Schmid. Physikalische Zeitschrift 1930, zes. 20, str. 892—896.

Również wytrzymałość na rozciąganie próbki wielokrystalicznej tego metalu jest znacznie



Rys. 3. Wykresy wytrzymałościowe próbek metali polikrystalicznych o kryształach sześciennych (aluminium) i hexagonalnych (magnez).

większa od tejże osobnego kryształu, zależnej, w dodatku, w znacznym stopniu od kąta, jaki tworzy kierunek rozciągania z osią główną kryształu hexagonalnego.

Dlatego też części wykresu wytrzymałościowego w granicach odkształceń sprężystych i mikroplastycznych, interesujące w pierwszym rzędzie konstruktora, różnią się zasadniczo dla metalu o układzie sześciennym, jak aluminium, i metalu o układzie hexagonalnym, jak magnez.

Pierwsze odkształcenia trwałe mikroskopowe (dwa metali o układach sześciennym i hexagonalnym), które są często stosowane w konstrukcjach lekkich, jak samochody, samoloty, sterowce i t. p., są pokazane na następnym rysunku.

Widzimy z niego również, że metal o układzie hexagonalnym (stop na osnowie magnezu, typu „elektron”), którego kryształy płyną dość łatwo, zależnie od ich orientacji, posiada granicę sprężystości (0,001% wydłużenia trwałego) znacznie niższą niż stop na osnowie metalu o układzie sześciennym kryształów, jak stop aluminium — miedź — magnez (typ duraluminium). Różnica wynosi 9 kg/mm<sup>2</sup> między granicą sprężystości stopu opartego na aluminium (17 kg/mm<sup>2</sup>) a granicą sprężystości stopu opartego na magnezie (zaledwie 8 kg/mm<sup>2</sup>).

Zgniot i wewnętrzne natężenia sprężyste powodują, że siła niezbędna do spowodowania mikroadkształcenia stopu hexagonalnego, opartego na magnezie, wzrasta nader szybko i osiąga, po wydłużeniu trwałym, wynoszącym kilka setnych %, wartość mniej więcej równą tej, jaką wykazuje stop, oparty na aluminium.

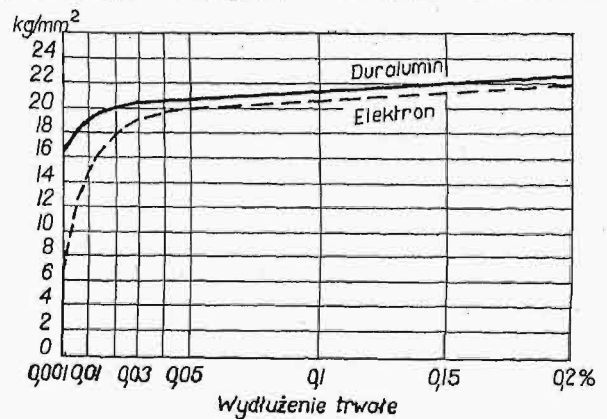
Od tej chwili wykresy wytrzymałościowe tych 2 stopów przebiegają prawie jednakowo do granicy około 0,2% wydłużenia trwałego<sup>2)</sup>.

Podobne zjawisko może być często zaobserwowane na próbkach z tego samego materiału, gdy te posiadają znaczne naprężenia wewnętrzne, jak to ma miejsce dla stopu aluminium hartowanego, jaki widzimy na rys. 5.

Granica pierwszych odkształceń trwałych w takim stopie może się wahać w jednej próbce w stosunku do drugiej pomiędzy 5 a 17 kg/mm<sup>2</sup>. Również, tak jak uprzednio, po odkształceniu trwałym, wynoszącym kilka tysięcznych %, siła niezbędna do wywołania odkształcenia trwałego próbki b rośnie bardzo szybko, i to w taki sposób, że po tem pierwszym odkształceniu wykres przebiega w ten sam sposób, jak dla materiału a, nie posiadającego naprężeń wewnętrznych.

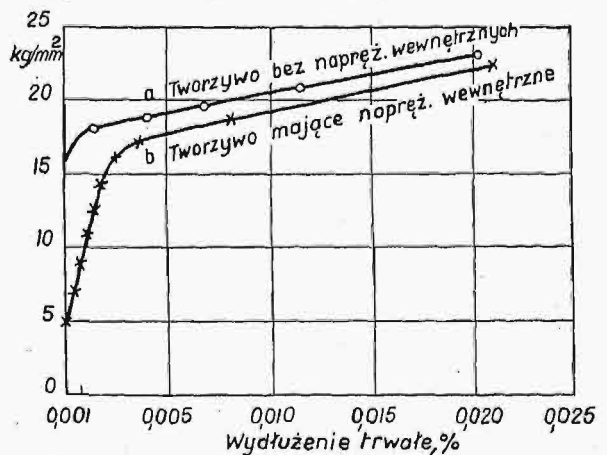
Naprężenia wewnętrzne powstają w tworzywie naprz. podczas obróbki drogą przeciągania, tłoczenia, walcowania na zimno i t. p.

Należy zwrócić uwagę, do jakiego stopnia te odkształcenia wstępne, wywołane obciążeniami



Rys. 4. Porównanie pierwszych wydłużeń trwałych stopów o sześcienniej i hexagonalnej budowie kryształów.

względnie małymi, mogą wpłynąć zgubnie na konstrukcję ostateczną, zwłaszcza jeżeli chodzi o kon-



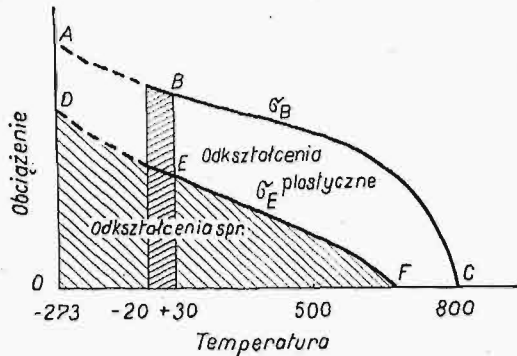
Rys. 5. Porównanie pierwszych wydłużeń trwałych tworzyw posiadających naprężenia wewnętrzne i wolnych od tych naprężeń.

strukcje precyzyjne, pracujące przy obciążeniach, odpowiadających granicy sprężystości tworzywa. Te odkształcenia wstępne wywołują w każdym po-

<sup>2)</sup> W. Schmidt. Z. f. Metallkunde 1931, Nr. 2 str. 54—57.

szczególnym kryształe tworzywa stan równowagi nietrwałej.

Przy obciążeniu, skierowanym odwrotnie do kierunku pierwotnego odkształcenia, powstaje obok wydłużenia czysto sprężystego nowe odkształcenie wtórne, zależne od czasu trwania obciążenia.



Rys. 6. Wytrzymałość i granica sprężystości w zależności od temperatury.

Trzeba więc również liczyć się ze skutkami ujemnymi, jakie mogą być wywołane temi odkształceniami mikroskopowymi, zwłaszcza, gdy chodzi o obciążenia zmienne co do kierunku i powtarzające się.

Jest więc możliwe, że dzięki t. zw. zjawisku Bauschinger'a wynika zmniejszenie siły rozciągającej przy równych wielkościach wydłużenia lub nawet wyższych, które może stopniowo doprowadzić do złamania ostatecznego.

W dalszym ciągu należy również wspomnieć o skutkach nadgryzania metalu (korozji), które mogą mieć znaczny wpływ na niektóre metale, działając jednocześnie z nałężeniami wewnętrznymi.

Otwiera się tedy i pod tym względem szerokie pole dla badań naukowych, zanim się zdoła dać wyczerpującą i jasną odpowiedź w sprawie współczynnika bezpieczeństwa konstrukcji lekkich i ultra-lekkich, silnie obciążonych.

Poza zagadnieniami struktury tworzyw, należy podkreślić dwa czynniki o charakterze zupełnie różnym, lecz mające wpływ ogromny na jakość materiałów, a które posiadają ponadto znaczenie podstawowe dla ścisłego poznania tworzywa. Są to: wpływ temperatury i czasu.

Jeżeli chcemy dokładniej zbadać wpływ temperatury na własności tworzywa, to należy prześledzić zmiany tych własności w zakresie temperatur od zera bezwzględnego do temperatury najwyższej, przy jakiej tworzywo wykazuje jeszcze pewną wytrzymałość.

Własności mechaniczne tworzyw obniżają się (ogólnie biorąc) w sposób ciągły ze wzrostem temperatury i spadają do zera przy temperaturze mniej lub więcej wysokiej, zależnej bezpośrednio od punktu topienia.

W stosunku do temperatury  $-273^{\circ}$  (zero bezwzględne) temperatury normalne  $0^{\circ}$  do  $+30^{\circ}$  mogą już być traktowane jako należące do wyższych.

Na następnym rysunku (rys. 6) temperatury są odmierzane na osi odciętych, zaś wytrzymałość i granica sprężystości odcinane są na osi rzędnych.

Krzywe wprawo od temperatury  $20^{\circ}$  wskazują schematycznie zmianę własności mechanicznych w zależności od temperatury (do temper.  $800^{\circ}$ ), podczas gdy krzywe przerywane wskazują zmiany przypuszczalne tych samych własności aż do temperatury  $-273^{\circ}$ , zera bezwzględnego.

Łatwo zauważyć, że wytrzymałość oraz granice sprężystości (i plastyczności) osiągają wartości znacznie wyższe przy temperaturze zera bezwzględnego, niż przy temperaturze  $20^{\circ}$ , aby zbliżyć się dość szybko do wartości minimalnych w zakresie temperatur  $500^{\circ}$  do  $800^{\circ}$ .

Trzeba też zauważyć, że granica sprężystości osiąga wartość równą zero przy temperaturze znacznie niższej, niż wytrzymałość. Wydłużenie, naodwrot, rośnie od wartości minimalnej, jaką ma przy zerze bezwzględnym, i osiąga maximum przy  $800^{\circ}$ .

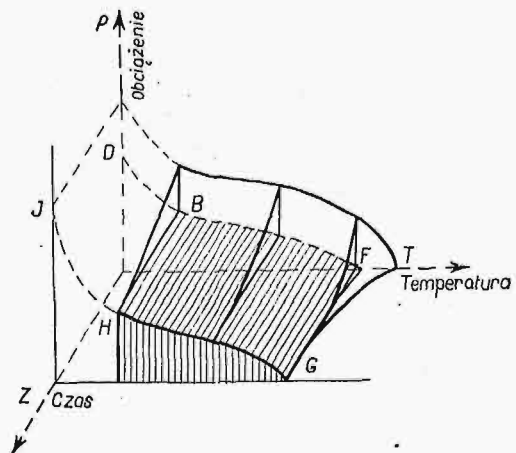
Widzimy też z tego wykresu, że tworzywa, pracujące w temperaturach t. zw. zwykłych:  $-20^{\circ}$  do  $+30^{\circ}$ , nie wykazują w tym zakresie temperatur zupełnej stałości swych własności; przeciwnie, własności te ulegają już sporym zmianom wraz z temperaturą w tym interwale temperatur  $50^{\circ}$ . Jeżeli wykres zależności wytrzymałości od t-ry uzupełnimy jeszcze przez dodanie 3-ciej osi, na której odmierzymy czas działania siły, otrzymamy wykres, przedstawiony na rys. 7.

Widzimy że, obok temperatury, czynnikiem wielkiej wagi jest czas trwania obciążenia.

Zauważono, że już przy siłach o wiele mniejszych od zrywającej następowało częstokroć rozerwanie próbki, pod warunkiem, że czas przyłożenia siły był dostatecznie długi.

Nawet w pobliżu, lecz poniżej granicy plastyczności, która stanowi dziś podstawę obliczeń wielkości konstrukcyjnej, powstają odkształcenia rosnące z biegiem czasu.

Pole ponad powierzchnią  $BFGH$  jest polem równowagi niestałej. Siły, działające w czasie nadzwyczaj długim, wywołują tu odkształcenia plastyczne, które mogą się odbić zgnębnie na konstrukcji, jeżeli te siły są charakteru dynamicznego i okresowo-zmienne.



Rys. 7. Wpływ temperatury i czasu trwania obciążenia na własności mechaniczne.

Konstruktor zdąży do tego, aby oddalić się jaknajbardziej od tego pola. Z tego względu wprowadzono do obliczeń współczynniki bezpieczeństwa, które, jako oparte na podstawach mniej

lub więcej fikcyjnych, winny być nazwane raczej współczynnikami „niebezpieczeństwa”.

Ustalono, że jedynie w polu leżącym poniżej granicy sprężystości *DBFGHJ* zachodziły tylko niezmiennie odkształcenia czysto-sprężyste, nawet wtedy, gdy maksymalne obciążenie trwało nieograniczenie długo.

Obszar zakresowany tej bryły przedstawia schematycznie całość obciążeń, jakie tworzywo może znieść z zupełną pewnością.

Wygięta powierzchnia *HBFG* tej bryły daje

maximum obciążenia, jakie może znieść dane tworzywo, i to w ten sposób, że nie powstają ani odkształcenia trwałe, ani nie zachodzi zmniejszenie wytrzymałości, nawet przy obciążeniu powtarzanym, przemiennym i stałym.

Jeżeli więc konstruktor zna dla każdego z materiałów stosowanych przebieg tej powierzchni *DBFGHJ*, to może konstruować, będąc pewnym, że osiągnie maximum bezpieczeństwa i nie zwiększy niepotrzebnie kosztów materiału.

(d. n).

## Równania sił sprężystości w powłoce sferycznej dowolnej grubości w szczególnym wypadku.

Napisał Inż. St. Hempel.

### Wstęp.

Równowaga powłoki sferycznej była rozwiązana przez Gabriela Lamé: „La solution générale du problème de l'équilibre intérieur d'une enveloppe sphérique, soumise à des efforts qui diffèrent d'un point à l'autre de ces parois, est le premier exemple d'un corps de dimensions finies dans tous les sens complètement traité par la théorie mathématique de l'élasticité”.

Tak mówi Lamé w „Leçons sur les coordonnées curvilignes”, 1859, str. 336.

Po G. Lamé zadanie to było badane przez W. Thomson'a (lord Kelvin), G. Darvina, Chree, Somigliano, Hadamanda i innych.

W ogólnym wypadku rozwiązanie wyraża się w specjalnych funkcjach — wielomianach Legendre'a.

Wielomiany te mają postać

$$P_n = \frac{1}{2^n \cdot n!} \frac{d^n}{dx^n} (x^2 - 1)^n$$

i własności

$$\int_{-1}^1 P_m P_n dx = 0 \quad m \neq n$$

$$\int_{-1}^1 P_n^2 dx = \frac{2}{2n + 1}$$

Ustaliwszy warunki, przy których dowolna funkcja  $f(x)$  może być wyrażona szeregiem

$$f(x) = A_0 P_0 + A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots,$$

wyznaczamy współczynniki  $A_0, A_1, A_2, \dots$ , zapomocą podanych wyżej własności wielomianów, tak jak to robimy przy określeniu współczynników w szeregach Fourier'a.

Że takie rozwiązanie ogólne, zupełnie ścisłe, nie zadowoliło inżynierów, świadczą o tem prace M. Lévy<sup>1)</sup>, H. Reisnera<sup>2)</sup>, E. Meisnera<sup>3)</sup>.

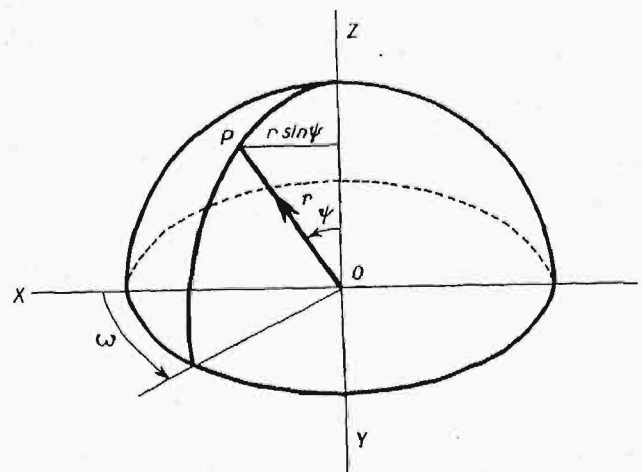
W pracach tych autorzy rozpatrują szczególne wypadki równowagi powłoki, małej grubości, i otrzymują rozwiązanie w elementarnych funkcjach.

Autorzy rozpatrują równowagę elementu, którego wymiary są niejednakowego rzędu.

Autor pracy mniejszej, wykonanej pod kierownictwem Prof. S. Bełzeckiego, postawił pytanie: czy są takie szczególne wypadki, mające znaczenie praktyczne, które można rozwiązać z ogólnych równań teorii sprężystości, nie zapomocą szeregów i wielomianów Legendre'a, lecz w funkcjach elementarnych.

Odpowiedź na to pytanie stanowi treść tej pracy.

### Zasadnicze wzory i równania teorii sprężystości w spólrzędnych sferycznych<sup>4)</sup>.



Rys. 1.

Wektor  $r$  i dwa kąty  $\psi$  i  $\omega$  określają położenie punktu  $P$ .

Spólrzędne:

$$\begin{aligned} x &= r \sin \psi \cos \omega \\ y &= r \sin \psi \sin \omega \\ z &= r \cos \psi. \end{aligned}$$

<sup>1)</sup> M. Lévy. Statique Grafique.

<sup>2)</sup> Festschrift Müller—Breslau. 1912.

<sup>3)</sup> Physik. Zeitschrift 1913, t. XIV.

<sup>4)</sup> Ibbetson. Mathematical Theory of Elastic Solids. Londyn, 1887, z małemi zmianami w oznaczeniach.

Trzy elementy linjowe:

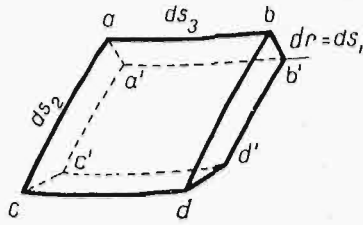
$$\begin{aligned} ds_1 &= dr \\ ds_2 &= r d\psi \\ ds_3 &= r \sin\psi d\omega. \end{aligned}$$

Trzy przesunięcia w kierunku tych elementów będą:

$$u, v, w.$$

Trzy stosunkowe wydłużenia w tych kierunkach:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{\partial u}{\partial r}, \\ \alpha_2 &= \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial \psi} + \frac{u}{r}, \\ \alpha_3 &= \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial w}{\partial \omega} + \frac{u}{r} + \frac{v}{r} \cotg \psi. \end{aligned}$$



Rys. 2.

Trzy zmiany kątowe w krawędziach  $abcd$ ,  $aba'b'$ ,  $bdb'd'$ :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{1}{r} \left[ \sin\psi \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \frac{w}{\sin\psi} \right) + \frac{1}{\sin\psi} \cdot \frac{\partial v}{\partial \omega} \right], \\ \beta_2 &= \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial u}{\partial \omega} + r \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{w}{r} \right), \\ \beta_3 &= r \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{v}{r} \right) + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial \psi}. \end{aligned}$$

Rozszerzalność przestrzenna:

$$\Theta = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (ur^2) + \frac{1}{r \sin\psi} \left[ \frac{\partial}{\partial \psi} (v \sin\psi) + \frac{\partial w}{\partial \omega} \right].$$

Symbol Laplace'a  $\Delta$ :

$$\begin{aligned} \Delta F &= \frac{1}{r^2} \left[ \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial F}{\partial r} \right) + \right. \\ &\left. + \frac{1}{\sin\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin\psi \frac{\partial F}{\partial \psi} \right) + \frac{1}{\sin^2\psi} \frac{\partial^2 F}{\partial \omega^2} \right]. \end{aligned}$$

Przy obciążeniu symetrycznym,  $F$  nie zależy od  $\omega$ , czyli

$$\frac{\partial F}{\partial \omega} = 0, \quad \frac{\partial^2 F}{\partial \omega^2} = 0,$$

wtedy

$$\Delta F = \frac{1}{r^2} \left[ \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial F}{\partial r} \right) + \frac{1}{\sin\psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin\psi \frac{\partial F}{\partial \psi} \right) \right].$$

W założeniu, że materiał powłoki jest izotropowy

$$\Delta \Theta = 0,$$

czyli

$$\Delta (P + Q + R) = \Delta F = 0.$$

Tablica naprężeń.

$P, Q, R \dots$  naprężenia normalne

$U, S, T \dots$  naprężenia styczne

$$P + Q + R = (3\lambda + 2\mu)\Theta$$

$P$	$U$	$T$
$U$	$Q$	$S$
$T$	$S$	$R$

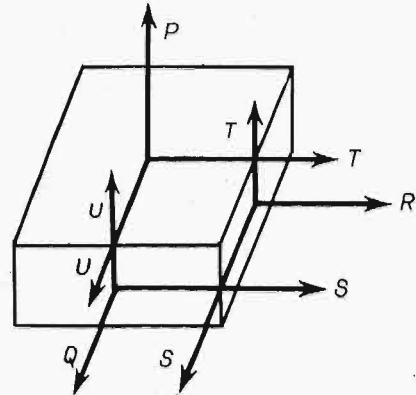
$\lambda$  i  $\mu \dots$  współczynniki Lamé:

$$\lambda = \frac{\eta}{(1 + \eta)(1 - 2\eta)} E,$$

$$\mu = \frac{1}{2(1 + \eta)} E,$$

$\eta$  — liczba Poisson'a

$E$  — moduł Young'a.



Rys. 3.

Równania równowagi elementu nieważkiego.

$$\begin{aligned} \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (Pr^2) + \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} (U \sin\psi) + \\ + \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial T}{\partial \omega} - \frac{1}{r} (Q + R) = 0, \\ \frac{1}{r^3} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (Ur^3) + \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} (Q \sin\psi) + \\ + \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial S}{\partial \omega} - \frac{R}{r} \cotg \psi = 0, \\ \frac{1}{r^3} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (Tr^3) + \frac{1}{r^2 \sin^2\psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} (S \sin^2\psi) + \\ + \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial R}{\partial \omega} = 0. \end{aligned}$$

W razie obciążenia symetrycznego:

$$T = S = 0, \quad \frac{\partial R}{\partial \omega} = 0.$$

Pozostaje dwa równania:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (Pr^2) + \frac{1}{r \sin\psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} (U \sin\psi) = \frac{Q + R}{r} \quad (a)$$

$$\frac{1}{r^3} \frac{\partial}{\partial r} (Ur^3) + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial Q}{\partial \psi} = \frac{R - Q}{r} \cotg \psi \quad (b)$$

Oprócz tego mamy równanie:

$$\Delta (P + Q + R) = 0 \quad (c)$$

Niewiadomych jest cztery:

$$P, Q, R, U.$$

Założymy  $P = 0$ , wtedy:

$$\frac{\partial U}{\partial \psi} + U \cotg \psi = Q + R \quad (a)$$

$$\tg \psi \left[ \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (Ur^3) + \frac{\partial Q}{\partial \psi} \right] = R - Q \quad (b)$$

albo

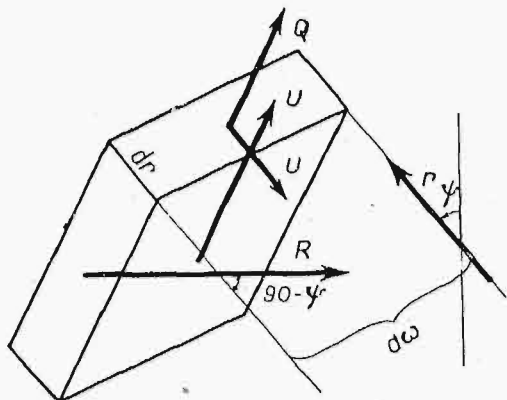
$$\operatorname{tg} \psi \left[ r \frac{\partial U}{\partial r} + 3U + \frac{\partial Q}{\partial \psi} \right] = R - Q \dots (b')$$

$$\Delta(Q + R) = 0 \dots (c)$$

Wyprowadzenie równania „a”.

Rzut sił na kierunek promienia:

$$\frac{\partial}{\partial \psi} (U r \sin \psi \cdot d\omega \cdot dr) d\psi - \left( Q + \frac{\partial Q}{\partial \psi} d\psi \right) r \sin \psi \cdot d\omega \cdot dr \cdot d\psi - R \cdot r \cdot d\psi \cdot dr \cos(90 - \psi) d\omega = 0.$$



Rys. 4.

Opuszczając  $\frac{\partial Q}{\partial \psi} d\psi$  wobec \$Q\$ oraz dzieląc całe równanie przez \$r \cdot dr \cdot d\omega \cdot d\psi\$, otrzymamy:

$$\frac{\partial}{\partial \psi} (U \sin \psi) - Q \sin \psi - R \sin \psi = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \psi} \sin \psi + U \cos \psi - (Q + R) \sin \psi = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial \psi} + U \operatorname{ctg} \psi = Q + R \dots (a)$$

Wyprowadzenie równania \$b'\$.

Rzut sił na kierunek stycznej do południka:

$$\frac{\partial}{\partial r} (U r^2 \sin \psi d\omega \cdot d\psi) dr +$$

$$+ \left( U + \frac{\partial U}{\partial \psi} d\psi \right) r \sin \psi d\omega \cdot dr \cdot d\psi +$$

$$+ \frac{\partial}{\partial \psi} (Q r \sin \psi d\omega \cdot dr) d\psi - R \cdot r \cdot d\psi \cdot dr \cdot d\omega \cdot \cos \psi = 0.$$

Opuszczając  $\frac{\partial U}{\partial \psi} d\psi$  wobec \$U\$ oraz dzieląc całe równanie przez \$d\omega \cdot d\psi \cdot dr\$, otrzymamy:

$$\frac{\partial}{\partial r} (U r^2 \sin \psi) + U r \sin \psi + \frac{\partial}{\partial \psi} (Q r \sin \psi) - R r \cos \psi = 0.$$

$$\frac{\partial}{\partial r} r^2 \sin \psi + 2 U r \sin \psi + U r \sin \psi + \frac{\partial Q}{\partial \psi} r \sin \psi + Q r \cos \psi - R r \cos \psi = 0.$$

Dzieląc równanie przez \$r\$, otrzymamy:

$$\frac{\partial U}{\partial r} \cdot r \sin \psi + 3 U \sin \psi + \frac{\partial Q}{\partial \psi} \sin \psi + Q \cos \psi - R \cos \psi = 0.$$

Dzieląc równanie przez \$\cos \psi\$, otrzymamy:

$$\operatorname{tg} \psi \left[ \frac{\partial U}{\partial r} + 3 U + \frac{\partial Q}{\partial \psi} \right] = R - Q \dots (b')$$

Całkując (c), otrzymamy \$Q + R\$.

Całkując (a), otrzymamy \$U\$.

Dla określenia \$Q\$ otrzymamy związek, odejmując od równania (a) równanie (b'):

$$\frac{\partial Q}{\partial \psi} + 2 Q \operatorname{ctg} \psi = \frac{\partial U}{\partial \psi} \operatorname{ctg} \psi + U \operatorname{ctg}^2 \psi - \left( 3 U + r \frac{\partial U}{\partial r} \right).$$

Dodając równania (a) i (b), znajdziemy:

$$R = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial U}{\partial \psi} + U \operatorname{ctg} \psi + \operatorname{tg} \psi \left[ \frac{\partial Q}{\partial \psi} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (U r^3) \right] \right\} \frac{1}{R + Q}$$

W dowolnym punkcie powłoki obieramy 3 kierunki:

- 1) kierunek \$r\$ — dodatni w stronę wzrastania \$r\$,
- 2) kierunek stycznej do południka — dodatni w stronę wzrastania kąta \$\psi\$,
- 3) kierunek stycznej do równoleżników — dodatni w stronę wzrastania kąta \$\omega\$.

Te trzy kierunki są to krzywoliniowe osie współrzędnych.

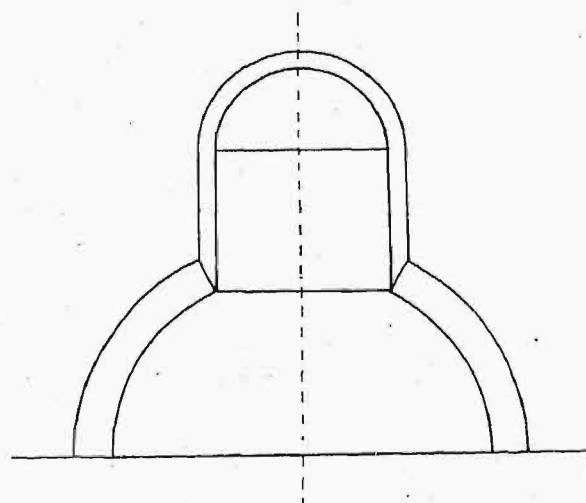
Obroty około tych osi będą:

$$2 \Theta_1 = \frac{1}{r \sin \psi} \left[ \frac{\partial}{\partial \psi} (\omega \sin \psi + \frac{\partial v}{\partial \omega}) \right]$$

$$2 \Theta_2 = \frac{1}{r \sin \psi} \left[ \frac{\partial u}{\partial \omega} - \sin \psi \frac{\partial}{\partial r} (wr) \right]$$

$$2 \Theta_3 = \frac{1}{r} \left[ \frac{\partial}{\partial r} (v \cdot r) - \frac{\partial u}{\partial \psi} \right].$$

W naszym wypadku \$\Theta\_1 = \Theta\_2 = 0\$, \$\Theta\_3 \neq 0\$.



Rys. 5.

Poczynione założenia odpowiadają równowadze kopuły dowolnej grubości, obciążonej jak wyżej na rys. 5.

Całkowanie równań.

Całkę równania

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial F}{\partial r} \right) + \frac{1}{\sin \psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin \psi \frac{\partial F}{\partial \psi} \right) = 0$$

$$F = Q + R$$

będziemy szukać w postaci

$$F = f_1(r) \cdot f_2(\psi).$$

$f_1(r)$  — funkcja tylko  $r$ ;

$f_2(\psi)$  — funkcja tylko  $\psi$ .

Jest to metoda znana, którą posługiwał się Lamé, Poissoné i inni.

Lamé szukał całki w postaci szeregu

$$F = \sum f_1(r) f_2(\psi),$$

my ograniczamy się szczególną całką, t. j. jednym wyrazem szeregu

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[ r^2 f_2(\psi) \frac{\partial f_1(r)}{\partial r} \right] + \frac{1}{\sin \psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} \left[ \sin \psi f_1(r) \frac{\partial f_2(\psi)}{\partial \psi} \right] = 0.$$

Powyższe równanie podzielimy przez  $f_1(r) \cdot f_2(\psi)$

$$\frac{1}{f_1(r)} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left[ r^2 \frac{\partial f_1(r)}{\partial r} \right] + \frac{1}{\sin \psi} \cdot \frac{1}{f_2(\psi)} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} \left[ \sin \psi \frac{\partial f_2(\psi)}{\partial \psi} \right] = 0.$$

Pierwszy wyraz jest funkcją tylko  $r$ , drugi — tylko  $\psi$ .

Suma tych wyrazów może być równa zeru wtedy i tylko wtedy, kiedy

$$\frac{1}{f_1(r)} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left[ r^2 \cdot \frac{\partial f_1(r)}{\partial r} \right] = n + 1,$$

$$\frac{1}{\sin \psi} \cdot \frac{1}{f_2(\psi)} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} \left[ \sin \psi \frac{\partial f_2(\psi)}{\partial \psi} \right] = -(n + 1).$$

$n$  — liczba dowolna.

Całka pierwszego równania

$$2r \frac{\partial f_1(r)}{\partial r} + r^2 \frac{\partial^2 f_1(r)}{\partial r^2} = (n + 1) f_1(r) \quad (I)$$

przy  $n = 1$

$$f_1(r) = C_1 r + \frac{C_2}{r^2}.$$

Całkowanie równania I.

Dla uproszczenia oznaczmy:

$$f_1(r) = y.$$

$$2ry' + r^2 y'' - (n + 1)y = 0. \quad (I')$$

Równanie linjowe o stałych współczynnikach całkuje się przy każdej wartości  $n$ .

Podstawiając  $r = e^t$ :

$$y' = \frac{dy}{dr} = e^{-t} \cdot \frac{dy}{dt}; \quad y'' = \frac{d^2 y}{dr^2} = e^{-2t} \left[ \frac{d^2 y}{dt^2} - \frac{dy}{dt} \right].$$

Wstawiając powyższe wartości do równania różniczkowego (I'), otrzymamy:

$$2e^t \cdot e^{-t} \cdot \frac{dy}{dt} + e^{2t} \cdot e^{-2t} \cdot \left[ \frac{d^2 y}{dt^2} - \frac{dy}{dt} \right] - (n + 1)y = 0$$

$$\frac{dy}{dt} + \frac{d^2 y}{dt^2} - (n + 1)y = 0. \quad (I'')$$

Podstawiając  $y = e^{kt}$ ,  $\frac{dy}{dt} = ke^{kt}$ ,  $\frac{d^2 y}{dt^2} = k^2 e^{kt}$ ,

otrzymamy

$$e^{kt} [k + k^2 - (n + 1)] = 0.$$

Przy  $n = 1$ ,  $k_1 = 1$ ,  $k_2 = -2$ .

Całka równania (I'') będzie

$$y = C_1 e^t + C_2 e^{-2t};$$

podstawiając  $e^t = r$ ,  $e^{-2t} = \frac{1}{r^2}$ , otrzymamy ostatecznie całkę równania (I) lub (I')

$$y = C_1 r + \frac{C_2}{r^2}.$$

Szczególna całka drugiego równania przy  $n = 1$ :

$$\frac{\partial^2 f_2(\psi)}{\partial \psi^2} + \frac{\partial f_2(\psi)}{\partial \psi} \cotg \psi = -(1 + n) \cdot f_2(\psi)$$

jest

$$f_2(\psi) = \cos \psi.$$

Ostatecznie otrzymamy

$$F = R + Q = \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi + C_3 = (3\lambda + 2\mu) \Theta \dots \dots \dots (c)$$

$$\Theta = \frac{1}{3\lambda + 2\mu} \left[ \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi + C_3 \right].$$

Dla wyznaczenia  $U$  mamy równanie

$$\frac{\partial U}{\partial \psi} + U \cotg \psi = R + Q. \quad (a)$$

Całkowanie równania (a)

Równanie (a) bez wyrazu wolnego ma postać:

$$\frac{dU}{d\psi} + U \cotg \psi = 0$$

$$\frac{dU}{U} = - \cotg \psi d\psi = - \frac{\cos \psi}{\sin \psi} d\psi = \frac{d(\sin \psi)}{\sin \psi},$$

$$\ln U = - \ln \sin \psi + \ln C,$$

$$U = \frac{C}{\sin \psi}.$$

$C$  — dotychczas wielkość stałą — będziemy w dalszym ciągu uważali jako zależną od  $\psi$ .

$$\frac{dU}{d\psi} = \frac{dC}{d\psi} \cdot \frac{1}{\sin \psi} - C \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi}.$$

Wstawiając  $\frac{dU}{d\psi}$  oraz  $U$  do równania (a), otrzymamy:

$$\frac{dC}{d\psi} \cdot \frac{1}{\sin \psi} - C \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi} + \frac{C}{\sin \psi} \cdot \cotg \psi = R + Q,$$

skąd

$$dC = (R + Q) \sin \psi d\psi,$$

$C = \int (R + Q) \sin \psi d\psi + \text{dowolna stała}$ , gdybyśmy

mieli do czynienia ze zwykłymi równaniami różniczkowymi; ponieważ równania różniczkowe są w cząstkowych pochodnych, dowolną stałą zamieniamy dowolną funkcją  $f_3(r)$  drugiej zmiennej niezależnej  $r$ .



Ostatecznie całka równania (a) będzie:

$$U = \frac{1}{\sin \psi} \left[ \int (R + Q) \sin \psi d\psi + f_3(r) \right];$$

$R + Q$  określa równanie (c)

$$U = \frac{1}{\sin \psi} \left[ \int (R + Q) \sin \psi d\psi + f_3(r) \right];$$

$f_3(r)$  — dowolna funkcja  $r$ .

Z równań (a) i (b) otrzymamy

$$\frac{\partial Q}{\partial \psi} + 2Q \operatorname{ctg} \psi = (R + Q) \operatorname{ctg} \psi - \left( 3U + r \frac{\partial U}{\partial r} \right) = D \dots \dots \text{(III)}$$

Całkowanie równania III.

Równanie III bez wolnego wyrazu ma postać:

$$\frac{dQ}{d\psi} + 2Q \operatorname{cotg} \psi = 0$$

$$\frac{dQ}{Q} = -2 \operatorname{cotg} \psi d\psi$$

$$\ln Q = -2 \ln \sin \psi + \ln C$$

$$Q = \frac{C}{\sin^2 \psi}.$$

Uważając w dalszym ciągu  $C$  za zmienną zależną od  $\psi$ , otrzymamy:

$$\frac{dQ}{d\psi} = \frac{dC}{d\psi} \cdot \frac{1}{\sin^2 \psi} - 2C \cdot \frac{\cos \psi}{\sin^3 \psi}.$$

Wstawiając wartość  $Q$  oraz  $\frac{dQ}{d\psi}$  do równania III, otrzymamy

$$\frac{dC}{d\psi} \cdot \frac{1}{\sin^2 \psi} - 2C \cdot \frac{\cos \psi}{\sin^3 \psi} + \frac{2C}{\sin^2 \psi} \cdot \operatorname{cotg} \psi = D,$$

skąd  $dC = D \sin^2 \psi d\psi.$

$$C = \int D \sin^2 \psi d\psi + f_4(r).$$

Ostatecznie:

$$Q = \frac{1}{\sin^2 \psi} \left[ \int D \sin^2 \psi d\psi + f_4(r) \right],$$

$f_4(r)$ ...dowolna funkcja  $r$ ,

$$R = \frac{1}{2} \left[ (Q + R) + \operatorname{tg} \psi \left( 3U + r \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \operatorname{tg} \psi \frac{\partial Q}{\partial \psi} \right]. \text{(IV)}$$

Trzy funkcje  $U$ ,  $Q$  i  $R$  zawierają trzy dowolne stałe i dwie dowolne funkcje.

Dla określenia stałych i dowolnych funkcji  $r$  powinny być zadane warunki obciążeń i zamocowań.

Założymy np., że kopuła jest wolno oparta, to jest, że przy  $\psi = \frac{\pi}{2}$ ,  $U = 0$  (założenie to będzie realne przy pewnych ograniczeniach).

a)  $U = \frac{1}{2} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \left( \sin \psi - \frac{1}{\sin \psi} \right) - C_3 \operatorname{cotg} \psi = 0,$

b)  $Q = f_4(r)$  oraz  $f_3(r) = 0,$   
ponieważ

$$R + Q = 0,$$

a zatem i  $D = 0.$

Jeżeli  $P$  pełne obciążenie kopuły,  
to

$$Q = \operatorname{const} = \frac{P}{2\pi r_0 2e}$$

$2e$  — grubość kopuły.

c)  $C_3 = (Q + R)_{\psi = \frac{\pi}{2}} = 0,$

d)  $\frac{P}{2\pi r_0} = \int_{r_0-e}^{r_0+e} Q dr$

e)  $\frac{P}{2\pi r_0 \sin \psi_0} \cos \psi_0 = \frac{P}{2\pi r_0} \operatorname{ctg} \psi_0 = \int_{r_0-e}^{r_0+e} U dr.$

Związki (d) i (e) pozwalają określić stałe  $C_1$  i  $C_2$ . Zakładając  $C_3 = 0$ , otrzymamy ostatecznie:

$$Q + R = \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi \dots \text{(c)}$$

$$U = \frac{1}{\sin \psi} \int \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi \cdot \sin \psi d\psi = -\frac{1}{\sin \psi} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \frac{1}{2} \cos^2 \psi$$

$$U = \frac{1}{2} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \left( \sin \psi - \frac{1}{\sin \psi} \right) \dots \text{(a)}$$

$$Q = \frac{1}{\sin^2 \psi} \int D \sin^2 \psi d\psi$$

$$D = (R + Q) \operatorname{cotg} \psi - \left( 3U + r \frac{\partial U}{\partial r} \right).$$

Wstawiając wartości z równań (c) i (a), otrzymamy:

$$D = \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} + \frac{3}{2} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} + \frac{r}{2} \left( C_1 - \frac{2C_2}{r^3} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} = \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} \left[ C_1 r + \frac{C_2}{r^2} + \frac{3}{2} C_1 r + \frac{3}{2} \cdot \frac{C_2}{r^2} + \frac{C_1 r}{2} - \frac{C_2}{r^2} \right],$$

$$D = \left[ C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right] \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi},$$

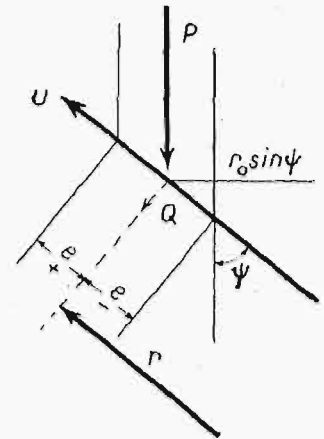
$$Q = \frac{1}{\sin^2 \psi} \int \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) 3 \cos^2 \psi \sin \psi d\psi,$$

$$Q = \frac{1}{\sin^2 \psi} \left[ - \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \cos^3 \psi - C_4 \right],$$

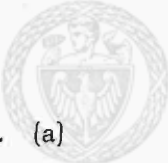
$$Q = - \left[ \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \frac{\cos^3 \psi}{\sin^2 \psi} + \frac{C_4}{\sin^2 \psi} \right],$$

albo

$$Q = - \left[ \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \left( \frac{1}{\sin^2 \psi} - 1 \right) \cos \psi + \frac{C_4}{\sin^2 \psi} \right] \dots \dots \dots \text{(III)}$$



Rys. 6.



Z równania (c) otrzymamy:

$$\begin{aligned}
 R &= \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi - Q = \\
 &= \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi + \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi} - \\
 &- \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \cos \psi + \frac{C_4}{\sin^2 \psi} = \\
 &= \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi} + \frac{C_2}{2r^2} \cos \psi + \frac{C_4}{\sin^2 \psi} \\
 R &= \left[ \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi} + \frac{C_2}{2r^2} \cos \psi + \frac{C_4}{\sin^2 \psi} \right].
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie równań (a), (b) i (c).

Wstawiając do równania (a) na str. 554 obliczone wartości  $U$  oraz  $Q + R$  na str. 557, otrzymamy:

$$\begin{aligned}
 &\frac{1}{2} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \left( \cos \psi + \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi} \right) + \\
 &\frac{\frac{\partial U}{\partial \psi}}{\frac{\partial U}{\partial \psi}} \\
 &+ \frac{1}{2} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \left( \cos \psi - \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi} \right) = \\
 &\frac{U \operatorname{ctg} \psi}{R + Q} \\
 &= \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi \dots \dots \dots (a)
 \end{aligned}$$

W poszczególne wyrazy równania (b) na str. 554 wstawiamy wartości  $U, Q, R$ :

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (U r^3) &= - \left( 2 C_1 r + \frac{C_2}{2 r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} = \\
 &= (R - Q) \operatorname{ctg} \psi - \frac{\partial Q}{\partial \psi} \dots \dots \dots (b) \\
 (R - Q) \operatorname{ctg} \psi &= \left( C_1 r + \frac{C_1}{2 r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin^3 \psi} + \frac{C_2}{2 r^2} \cdot \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} + \\
 &+ \frac{C_4 \cos \psi}{\sin^3 \psi} + \left( C_1 r + \frac{C_2}{2 r^2} \right) \left( \frac{\cos^2 \psi}{\sin^3 \psi} - \right. \\
 &\left. - \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} \right) + \frac{C_4 \cos \psi}{\sin^3 \psi} \\
 - \frac{\partial Q}{\partial \psi} &= - \left( C_1 r + \frac{C_2}{2 r^2} \right) \left( \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} + \right. \\
 &\left. + \frac{2 \cos^2 \psi}{\sin^3 \psi} \right) - \frac{2 C_4 \cos \psi}{\sin^3 \psi} \\
 - 2 C_1 r \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} - \frac{C_2}{2 r^2} \cdot \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi} &= \\
 &= - \left( 2 C_1 r + \frac{C_2}{2 r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi}.
 \end{aligned}$$

Ponieważ:

$$\frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (U r^3) = \left( 2 C_1 r + \frac{C_2}{2 r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi},$$

również

$$(R - Q) \operatorname{ctg} \psi - \frac{\partial Q}{\partial \psi} = - \left( 2 C_1 r + \frac{C_2}{2 r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi},$$

przeto równanie

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (U r^3) = (R - Q) \operatorname{ctg} \psi - \frac{\partial Q}{\partial \psi}$$

jest spełnione.

Sprawdzenie równania Laplace'a.

$$\Delta(R + Q) = 0,$$

$$\Delta \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi = 0 \dots \dots (c)$$

$$\Delta F = 0, \quad F = \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \cos \psi$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial F}{\partial r} \right) + \frac{1}{\sin \psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin \psi \frac{\partial F}{\partial \psi} \right) = 0,$$

$$\frac{\partial F}{\partial r} = \left( C_1 - \frac{2 C_2}{r^3} \right) \cos \psi$$

$$r^2 \frac{\partial F}{\partial r} = \left( C_1 r^2 - \frac{2 C_2}{r} \right) \cos \psi$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial F}{\partial r} \right) = \left( 2 C_1 r + \frac{2 C_2}{r^2} \right) \cos \psi$$

$$\sin \psi \frac{\partial F}{\partial \psi} = - \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \sin^2 \psi$$

$$\frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin \psi \frac{\partial F}{\partial \psi} \right) = \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) 2 \sin \psi \cos \psi$$

$$\frac{1}{\sin \psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin \psi \frac{\partial F}{\partial \psi} \right) = - \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) 2 \cos \psi$$

$$\left( 2 C_1 r + \frac{2 C_2}{r^2} \right) \cos \psi - \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) 2 \cos \psi = 0,$$

$$\frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial F}{\partial r} \right) - \frac{1}{\sin \psi} \cdot \frac{\partial}{\partial \psi} \left( \sin \psi \frac{\partial F}{\partial \psi} \right)$$

a zatem równanie (c) również spełnia się.

Dla określenia trzech funkcji

$U, Q, R$

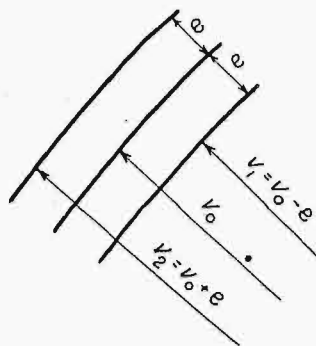
mieliśmy trzy równania.

Otrzymane wzory stanowią kompletne rozwiązanie danego szczególnego wypadku.

Przy uczynionych założeniach w niniejszym zagadnieniu rozwiązanie podane jest jedynym rozwiązaniem, jeżeli poprzestaniemy na całkach szczególnych równań różniczkowych. Całki równań różniczkowych spełniają te równania.

Szukanie całki ogólnej, t.j. przy dowolnym  $n$ , mogłoby być koniecznym, gdybyśmy chcieli w przekroju  $\psi_0$  założyć naprężenia w funkcji  $r$ ; ponieważ nie uczyniliśmy żadnych ograniczeń co do rozkładu naprężeń w przekroju  $\psi_0$ , to szukanie ogólnej całki w skomplikowanych szeregach nie było potrzebne, a dla potrzeb inżyniera zbędne.

W powyższym rozwiązaniu naprężenia tnące na sferycznych powierzchniach kopuły nie są równe zero. Ilość dowolnych stałych jest niedostateczna, aby te naprężenia sprowadzić do zera.



Rys. 7.

Wykorzystamy dowolne stałe w inny sposób.

Założmy  $U = 0$  przy  $r_1 = r_0 - e$ ;  $r_0$  — promień średniej powierzchni,  $e$  — połowa grubości kopuły.

$$U =$$

$$= - \frac{1}{2} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi}.$$

Wstawiając w powyższe równanie  $r = r_1$ , otrzymamy przy  $U = 0$

$$C_1 = -\frac{C_2}{r_1^3}$$

Określiwszy w ten sposób  $C_1$ , otrzymamy:

$$U = \frac{C_2}{2} \left( \frac{r}{r_1^3} - \frac{1}{r^2} \right) \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi}$$

Przy każdym  $r > r_1$ ,  $U > 0$ .

Zakładając  $U = 0$  przy  $r_2 = r_0 + e$ , otrzymamy:

$$U = \frac{C_2}{2} \left( \frac{r}{r_2^3} - \frac{1}{r^2} \right) \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi}$$

przy każdym  $r < r_2$ ,  $U < 0$ .

Zakładając  $U = 0$  przy  $r = r_0$ , otrzymamy

$$U = \frac{C_2}{2} \left( \frac{r}{r_2^3} - \frac{1}{r^2} \right) \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi}$$

przy  $r > r_0$   $U > 0$ ,

przy  $r < r_0$   $U < 0$ .

Z powyższego wynika, iż w danym wypadku można uważać  $U$  w przybliżeniu za wzajemnie zrównoważone w każdym przekroju kopuły stożkiem.

Wektor z naprężeń  $U$  wynosi:

$$\int_{r_0-e}^{r_0+e} U dr = \frac{C_2}{2} \cdot \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi} \int_{r_0-e}^{r_0+e} \left( \frac{r}{r_2^3} - \frac{1}{r^2} \right) dr =$$

$$= \frac{C_2}{2} \cdot \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi} \left[ \frac{r^2}{2r_0^3} + \frac{1}{r} \right]_{r_0-e}^{r_0+e}$$

$$\frac{r^2}{2r_0^3} \Big|_{r_0-e}^{r_0+e} = \frac{(r_0+e)^2 - (r_0-e)^2}{2r_0^3} = \frac{4r_0e}{2r_0^3} = \frac{2e}{r_0^2}$$

$$\frac{1}{r} \Big|_{r_0-e}^{r_0+e} = \frac{1}{r_0+e} - \frac{1}{r_0-e} = -\frac{2e}{r_0^2 - e^2}$$

$$\left[ \frac{r^2}{2r_0^3} + \frac{1}{r} \right]_{r_0+e}^{r_0-e} = \frac{2e}{r_0^2} - \frac{2e}{r_0^2 - e^2} = -\frac{2e^3}{r_0^2(r_0^2 - e^2)}$$

$$\int_{r_0-e}^{r_0+e} U dr = -\frac{C_2 e^3}{r_0^2(r_0^2 - e^2)} \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi}$$

Biorąc dla przykładu  $e = \frac{r_0}{10}$ , otrzymamy:

$$\frac{e^3}{r_0^2(r_0^2 - e^2)} = \frac{\frac{r_0^3}{1000}}{r_0^2 \left( r_0^2 - \frac{r_0^2}{100} \right)} = \frac{1}{990 r_0}$$

$$\int_{r_0-e}^{r_0+e} U dr = -\frac{C}{990 r_0} \frac{\cos^2 \phi}{\sin \phi}$$

Wektor

$$\int_{r_0-e}^{r_0+e} Q dr = -\int_{r_0-e}^{r_0+e} \left\{ \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \frac{\cos^3 \phi}{\sin^2 \phi} + \frac{C_4}{\sin^2 \phi} \right\} dr =$$

$$= \int_{r_0-e}^{r_0+e} \left\{ C_2 \left( -\frac{r}{r_0^3} + \frac{1}{2r^2} \right) \frac{\cos^3 \phi}{\sin^2 \phi} + \frac{C_4}{\sin^2 \phi} \right\} dr =$$

$$= C_2 \cdot \frac{e}{r_0} \frac{r_0^2 - 2e^2}{r_0^2 - e^2} \cdot \frac{\cos^3 \phi}{\sin^2 \phi} - \frac{C_4}{\sin^2 \phi} \cdot 2e$$

przy  $e = \frac{r_0}{10}$

$$\int_{r_0-e}^{r_0+e} Q dr = \frac{98}{990} \cdot \frac{C_2}{r_0} \frac{\cos^3 \phi}{\sin^2 \phi} - \frac{C_4}{\sin^2 \phi} \cdot 2e$$

$$\int_{r_0-e}^{r_0+e} U dr$$

jest wielkością małą i w przybliżeniu możemy założyć  $U = 0$ .

Pozostają naprężenia:

$$Q = C_2 \left( \frac{r}{r_0^3} - \frac{1}{2r^2} \right) \frac{\cos^3 \phi}{\sin^2 \phi} - \frac{C_4}{\sin^2 \phi}$$

$$R = -C_2 \left( \frac{r}{r_0^3} - \frac{1}{2r^2} \right) \frac{\cos \phi}{\sin^2 \phi} + \frac{C_2}{2r^2} \cos \phi + \frac{C_4}{\sin^2 \phi}$$

Przy  $\phi = \phi_0$  wektor

$$\int_{r_0-e}^{r_0+e} Q dr$$

wynosi:

$$C_2 \frac{e}{r_0^2} \frac{r_0^2 - 2e^2}{r_0^2 - e^2} \frac{\cos^3 \phi_0}{\sin^2 \phi_0} + C_4 \frac{2e}{\sin^2 \phi_0}$$

i równoważy się z zadana siłą  $S$ , przyłożoną normalnie do przekroju kopuły stożkiem ( $\phi = \phi_0$ ). Siła  $S$  odnosi się do jednostki długości łuku, czyli

$$C_2 q + 2e C_4 q_1 + S = 0,$$

skąd

$$C_2 = -\frac{S + 2e C_4 q_1}{q}$$

Dla równowagi całej kopuły, powinno być:

$$S \sin \phi_0 2\pi r_0 \sin \phi_0 + C_4 2e 2\pi r_0 = 0$$

(rzut na kierunek pionowy),

skąd

$$C_4 = -\frac{S \sin^2 \phi_0}{2e}$$

Podstawiając  $C_1$  do  $C_2$ ,

otrzymamy

$$C_2 = 0, \text{ a zatem } U = 0.$$

$$Q = \frac{C_4}{\sin^2 \phi} = -\frac{S \sin^2 \phi_0}{2e \sin^2 \phi}$$

$$R = -\frac{C}{\sin^2 \phi} = \frac{S \sin^2 \phi}{2e \sin^2 \phi}$$

Załóżmy  $U = 0$  w równaniach (a) i (b); otrzymamy:

$$R + Q = 0$$

oraz

$$\frac{\partial Q}{\partial \phi} = (R - Q) \cotg \phi,$$

albo

$$\frac{\partial Q}{\partial \phi} = -2Q \cotg \phi.$$

$$Q = \frac{C_4}{\sin^2 \phi} \text{ spełnia powyższe równanie.}$$

Z powyższego wynika: jeżeli do przekroju kopuły stożkiem  $\phi = \phi_0$  przyłożymy siły normalne,

to kopuła będzie tylko ściskana równomiernie w każdym przekroju; naprężenia w kopule są niezależne od  $r$  oraz momenty są tożsamościowo równe zeru.

Równania równowagi otrzymaliśmy takie same, jak u Reissner'a (Festschrift Muller-Breslau, 1912 r.). Reissner stosował te równania dla cienkich powłok, a w naszym wypadku są one wprowadzone dla kopuły dowolnej grubości. Różnica polega na tem, iż Reissner przyjął obciążenie na powierzchni  $r = r_0 + e$ , ja zaś przyjąłem obciążenie wyłącznie w przekroju  $\psi = \psi_0$ . Moje rozwiązanie jest ścisłe, ponieważ nie tylko są spełnione równania równowagi wewnątrz kopuły, lecz są spełnione równania równowagi na wszystkich granicznych powierzchniach.

Z tej analizy wynika: gdy  $U \neq 0$ , kopuła jest zgięta, czyli  $M \neq 0$ . W razie  $U \neq 0$  w przekrojach kopuły stożkiem, dla równowagi muszą być  $U \neq 0$  na powierzchniach sferycznych. Jeśli one nie są zrównoważone (jak u cytowanych autorów), to rozwiązanie jest tylko przybliżone.

Rozwiązanie Reissner'a i moje daje pełne rozwiązanie dla kopuły obciążonej symetrycznie, swobodnie opartej na podporze.

Naprężenia na podporach są proporcjonalne do  $\sin^2 \psi_0$ , a zatem są nieduże. Otrzymane rozwiązanie jest nowe i wypełnia lukę w teorii kopuły.

#### Wnio ski:

1. Przy symetrycznym obciążeniu nieważkiej kopuły, mamy dwa równania równowagi wewnątrz

ciała. Te równania zawierają trzy normalne naprężenia  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  i jedno styczne  $U$ . Oprócz równań równowagi, mamy równania  $\Delta(Q + R + P) = 0$ , a zatem w sumie trzy równania.

Zakładając  $P = 0$ , otrzymamy trzy niewiadome funkcje do wyznaczenia z trzech równań. Jest to zadanie analogiczne do zadania płaskiego. Płaskie zadanie w spólrzędnych Kartezjusza, cylindrycznych i eliptycznych jest rozwiązane. Pozostaje rozwiązać je w spólrzędnych kulistych.

2. Rozwiązanie ogólne nastęrcza trudności, jest skomplikowane i mało przydatne do stosowania w praktyce.

3. Trzy funkcje szczególne całki równań  $a$ ,  $b$ ,  $c$ :

$$U = -\frac{1}{2} \left( C_1 r + \frac{C_2}{r^2} \right) \frac{\cos^2 \psi}{\sin \psi},$$

$$Q = \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \frac{\cos^3 \psi}{\sin^2 \psi} - \frac{C_4}{\sin^2 \psi}$$

$$R = \left( C_1 r + \frac{C_2}{2r^2} \right) \frac{\cos \psi}{\sin^2 \psi} + \frac{C_2}{2r^2} \cos \psi + \frac{C_4}{\sin^2 \psi}$$

czynią zadość równaniom równowagi wewnątrz ciała, lecz mają za mało dowolnych stałych, aby można było zadośćuczynić na granicznych powierzchniach. Częściowo można zadośćuczynić warunkom na jednej z powierzchni granicznych  $U = 0$ , co dla cienkościennych powłok byłoby dostateczne.

4. Zakładając  $U = 0$ , otrzymamy matematycznie ścisłe rozwiązanie dla kopuły obciążonej normalnie do przekroju jej stożkiem  $\psi = \psi_0$ .

## Nowsze zagadnienia budowy obrabiarek <sup>\*)</sup>

Napisał Inż. L. Burnat.

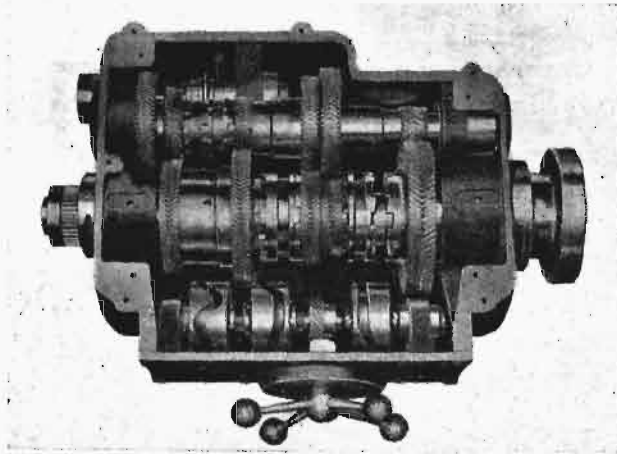
**W**szystkie prawie nowoczesne obrabiarki, zaopatrzone w skrzynki biegów, posiadające przesuwne koła zębate, mają tę samą wadę, co samochodowe skrzynki biegów, mianowicie nieprzyjemny zgrzyt przesuwanych kół zębatach, który podczas włączania nawet przy wielkiej uwadze obsługującego często nie może być usunięty. Trzeba wprawdzie stwierdzić, że i technicy i robotnicy oswoili się z tą wadą, jednak każde mniej ostrożne przełączenie biegu, powodujące zgrzyt i warkot zębów, przypomina, że z technicznego punktu widzenia rozwiązanie to idealnem nazwać nie można. Konieczność przesuwania kół prowadzi do konieczności zaokrąglania boków zębów, wskutek czego wytrzymałość ich na złamanie wprawdzie nie maleje, lecz maleje znacznie wytrzymałość na ścieranie, która właśnie w wypadku szybkoobrotowych kół zębatach decyduje o ich trwałości. Wiadomem jest, że szybkoobrotowe koła zębata powinny być wykonywane z zębami ukośnymi, gdyż tylko taki rodzaj zazębienia pozwala na łatwe uzyskanie spokojnego biegu kół, co jednak nie jest możliwe do wykonania przy kołach przesuwanych. Jak widzimy, łatwość zmiany biegów przesuwanymi kołami i taniaść takiej konstrukcji, opłacona jest jednak pewnymi niewygodami. Wskutek uwagi, ja-

ka jest konieczna przy przełączaniu kół przesuwanych, czas tracony na przełączenia wzrasta, a jeżeli przypadkowo trafi ząb na ząb, przesunięcie koła jest niemożliwe bez ponownego uruchomienia maszyny i ponownego trafiania na lukę zęba. Dla usunięcia, względnie zmniejszenia trudności przełączania, przewidują fabryki obrabiarek jeden bieg wolny, przy którym przesuwanie kół zębatach może odbywać się w czasie ruchu maszyny, względnie dodają kółka ręczne, służące do równoczesnego obracania maszyny przy przesuwaniu kół.

Ogólnie biorąc, przewaga przesuwanych kół zębatach nad zwykłymi sprzęgłami kłowymi nie jest zbyt wielka; bardzo ostrożne przełączenie biegu konieczne jest tak u sprzęgieł kłowych, jak i u kół zębatach, a koła mają tylko tę zaletę, że posiadają dużą ilość zębów i mniejsze siły obwodowe niż sprzęgła, gdyż koła mają większe średnice. Wychodząc prawdopodobnie z tego założenia, fabryka amerykańska The Sidney Machine Tool Co. wykonywa ostatni typ swoich tokarek z głowicą, posiadającą najbardziej nowoczesne łożyska krążkowe Timken, ze zmianą biegów przy pomocy jednego kółka, ale posiada w głowicy ni mniej ni więcej tylko 6 sprzęgieł kłowych o dużej średnicy i dużej ilości zębów (rys. 7). A więc dawno zarzucone sprzęgła kłowe zostają zpowrotem wprowa-

\*) Dokończenie do str. 539 w zesz. 35—36 z r. b.

dzane do nowoczesnej obrabiarki. Przez ich zastosowanie konstruktor mógł użyć kół zębatach daszkowych, a dzięki temu uzyskać idealnie równy i spokojny bieg tokarki i doskonałą czystość i gładkość powierzchni przedmiotów obrabianych. Konstruktor postąpił zupełnie słusznie; ponieważ tak



Rys. 7. Głowica tokarki wyrobu amerykańskiej fabryki The Sidney Machine Tool Co.

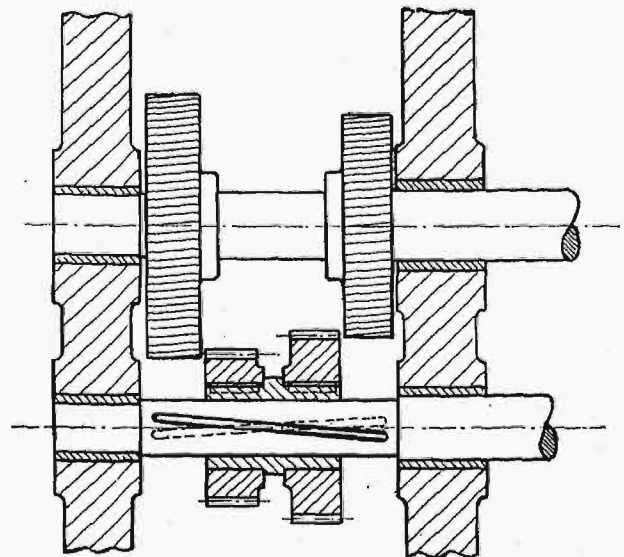
przesuwanie kół zębatach, jak i włączanie sprzęgła kłowego wymaga jednakiej uwagi i przedstawia jednakie trudności, przeto lepiej jest wybrać sprzęgła kłowe, gdyż te równocześnie umożliwiają uzyskanie doskonale gładkiej roboty. Tokarka ta nie posiada dużej ilości biegów, ale w Ameryce wogóle konstruktorzy nie mają tej skłonności do nadmiernej ilości biegów, jaką mają Niemcy, których normalne tokarki mają po 18, a nawet 24 różnych biegów; mimo to jednak, jak wiadomo, Amerykanie nie robią na swoich tokarkach gorzej lub mniej ekonomicznie, niż Niemcy.

Ciekawe rozwiązanie tego samego zagadnienia daje skrzynka biegów niedawno wprowadzona przez fabrykę niemiecką Waldrich, która posiada koła przesuwne z uzębieniem śrubowym, a dla wyrównania nacisku osiowego, jaki dają koła śrubowe, stosuje wpusty śrubowe o skręcie przeciwnym niż skręt, jaki być nadany zębom koła (rys. 8).

W ostatnich czasach rozpowszechniły się sprzęgła cierne wielotarczowe, które, doskonale wypróbowane w samochodach, wykazały swoją trwałość. Sprzęgła te dopuszczają wykonanie w bardzo małych średnicach przez dobranie odpowiedniej ilości tarcz; włączane, dają równomierne przyspieszenia, wskutek czego nie szarpia i nie powodują uderzeń w kołach zębatach i wałkach rowkowanych. Ponieważ największe obciążenie sprzęgła jest nie w czasie pracy obrabiarki, nawet pod największym wiórem, lecz w czasie rozruchu, kiedy trzeba szybko przyspieszyć wszystkie masy obracające się, przeto miękkie włączanie jest głównym warunkiem dobrej i trwałej pracy sprzęgła. Sprzęgła wielotarczowe źle wykonane, z tarczami nierównymi, dają jednak powód do bardzo poważnych kłopotów wskutek zagrzewania się, które powoduje jeszcze większe odkształcenie tarcz i zniszczenie sprzęgła. Sprzęgła tarczowe wielu fabryk niemieckich wykonywane są w bardzo małych wymiarach nawet u dużych obrabiarek, przez co całość skrzyn-

ki biegów nie jest nieproporcjonalnie wielka i bardzo dobrze harmonizuje z całością maszyny. Amerykańskie obrabiarki posiadają natomiast sprzęgła o większych wymiarach i wzbudzają przez to więcej zaufania; czy zmniejszanie wymiarów sprzęgła nie zostało posunięte za daleko, wykaże praktyka. Magdeburška Fabryka Obrabiarek wychodzi z założenia, że sprzęgło tarczowe dawać może powód do trudności w ruchu, i, aby tę możliwość zredukować do minimum, nie wykonywa wogóle sprzęgła do biegów w lewo, zaś sprzęgło do biegów w prawo wykonywa o dużych wymiarach.

Często rozpatrywaną sprawą jest również pytanie, czy lepsza jest prowadnica szabrowana, czy szlifowana? To samo pytanie, postawione w liczbie mnogiej, to zn.: czy obrabiarka jest lepsza z prowadnicami szabrowanymi czy szlifowanymi — nie miałoby natomiast racji bytu, gdyż właściwie jest bardzo mało obrabiarek, które mają wszystkie prowadnice tylko szlifowane. Taka zmiana tego pytania od razu stawia sprawę w innym świetle. Wykonanie prowadnic u całej maszyny tylko szlifowanych jest trudne z dwóch przyczyn. Po pierwsze: mimo nawet bardzo dokładnego szlifowania, zmontowane jedna nad drugą trzy, czasem i więcej części obrabiarki, posiadające wszystkie prowadnice szlifowane, nie dadzą koniecznej ostatecznej dokładności, wskutek czego zawsze bywają „podszabrowywane”, aby uzyskać konieczną sumaryczną dokładność. Doszabrowywanie powierzchni szlifowanych jest bardzo uciążliwe, gdyż szaber tylko z trudem chwyta powierzchnie szlifowane; wskutek tego poprawka taka jest stosunkowo droga; aby uniknąć szabrowania powierzchni szlifowanych, fabryki zwykle wykonywają jedną prowadnicę szlifowaną, zaś drugą — pracującą na niej — szabrowaną. Zwykle szlifowane są długie prowadnice, a więc przede-

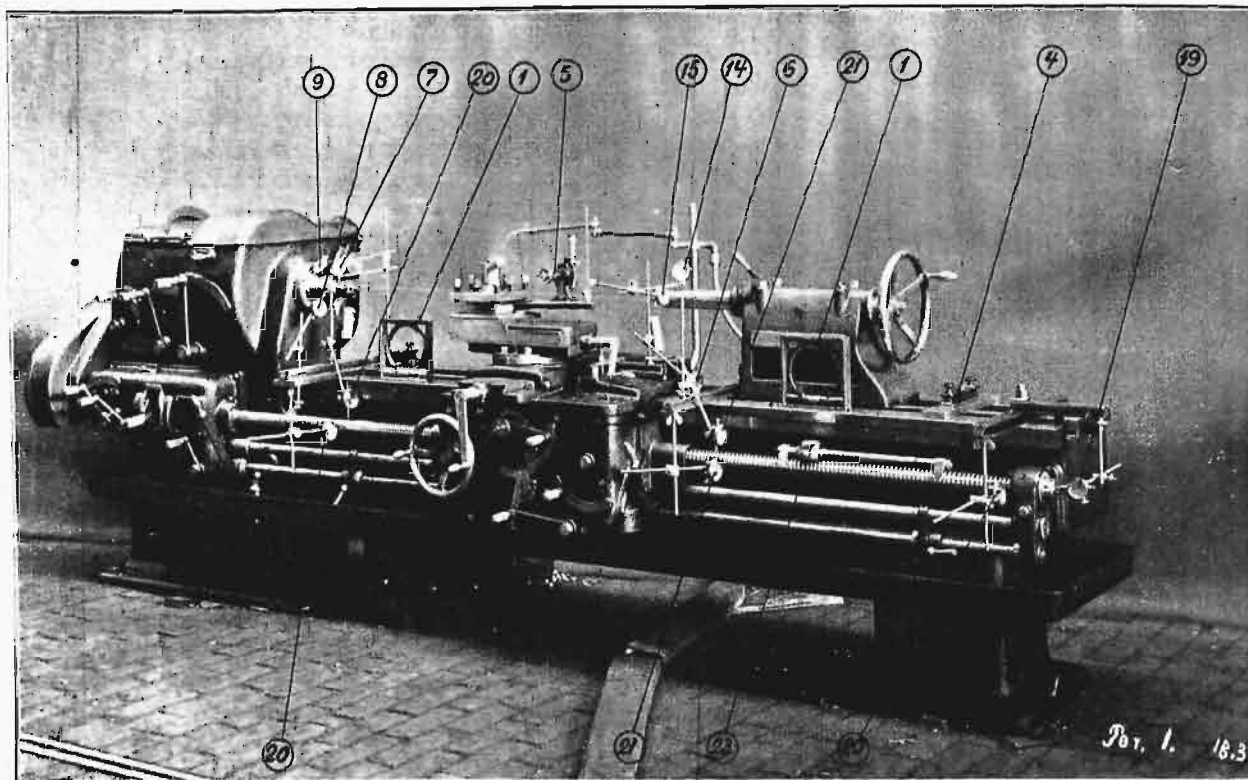


Rys. 8. Osadzenie kół w skrzynce biegów fabryki Waldrich w Niemczech.

wszystkiem łoża, zaś części pracujące z nimi są szabrowane. Drugim powodem, dla którego na prowadnicę szlifowaną kładzie się prowadnicę szabrowaną, jest fakt, że dwie powierzchnie szlifowane przesuwając się dają po sobie tylko przy użyciu znacznej siły, wskutek czego przesuwanie ich po-

woduje zmęczenie robotnika. Przyczyną tego jest to, że przy prowadnicach szlifowanych tarczami garczkowymi prowadnica pokryta jest rowkami łukowymi, leżącymi blisko jeden drugiego, wskutek czego falistość powierzchni prowadnicy składa się ze stromych powierzchni, które nie pozwalają na wytworzenie się klina oleju, niezbędnego dla osiągnięcia tarcia, jeżeli nie płynnego, to cho-

canie, zwłaszcza ręczne w przyrządzie. Dla uniknięcia minimalnych wzniesień w miejscach twardszych, które pozostawały po tarczy szlifierskiej, zastosowano wówczas polerowanie (lapping), które miało dać dokładność i gładkość powierzchni cylindra jeszcze lepszą niż rozwiercanie. Ostatecznie sprawa sprowadziła się do kwestji ceny, i dziś wszystkie sposoby, t. j. rozwiercanie, szlifowanie



Rys. 9. Ilustracja liczby pomiarów przy sprawdzaniu dokładności obrabiarki.

cięż półpłynnego. Przy specjalnem urządzeniu smarowania prowadnicy (pompką), błąd ten można usunąć, a wtedy obie pracujące po sobie prowadnice mogą być szlifowane, co jednak stosuje się nadzwyczaj rzadko. Sprawa szlifowania prowadnic nabrała swojego znaczenia dopiero wtedy, gdy zaczęto używać łoża z prowadnicami utwardzonymi, przy których szabrowanie jest bardzo kosztowne, gdyż twarda powierzchnia nie pozwala na wzięcie większego wiórka szabrem, wskutek czego czas konieczny dla dobrego wyszabrowania jest znacznie większy niż dla wyszabrowania łoża miększego. W Ameryce są fabryki obrabiarek, które podają jako zaletę swoich maszyn, że łoża ich są szabrowane, mimo że prowadnice są utwardzone.

Sprawa szlifowania, względnie szabrowania prowadnic żywo przypomina dziś już trochę przebrzmiałą sprawę rozwiercanych, względnie szlifowanych cylindrów silników samochodowych. Zwolennicy rozwiercania zarzucają szlifowaniu, że między porami materiału cylindra pozostaje zawsze drobny pyłek z tarczy szlifierskiej, który następnie przy pracy silnika powoduje szybkie wycieranie jego ścianek; to samo zarzucają zwolennicy szabrowania prowadnicom szlifowanym. Twierdzą również, że szlifowanie cylindra nigdy nie daje tak dokładnej powierzchni, jak rozwier-

canie i polerowanie są używane. Do polerowania prowadnic obrabiarek dziś jeszcze nie doszło, natomiast widoczna jest dążność do uzyskania powierzchni gładziej niż jest to możliwe przy używaniu tarczy garczkowej, dającej powierzchnię pokrytą śladami jej posuwu, które u obrabiarek niektórych fabryk są wcale głębokie i dają się doskonale wyczuć nie tylko palcem, lecz nawet paznokciem, przesuwanym po prowadnicy. Powierzchnia szabrowana tego rodzaju zagłębień nigdy nie posiada.

Znacznie gładszą powierzchnię daje tarcza cylindryczna; użycie jej wymaga jednak specjalnej szlifierki, podczas gdy do szlifowania tarczą garczkową używane są zwykle szlifierki powierzchniowe. Szlifowanie tarczą cylindryczną wykonywają obecnie niektóre fabryki, a prowadnice w ten sposób szlifowane są rzeczywiście doskonale gładkie i wzbudzają bez porównania więcej zaufania niż prowadnice, szlifowane tarczami garczkowymi. Prowadnice, współpracujące z prowadnicami szlifowanymi, są jednak zwykle szabrowane. Mówiąc o szlifowaniu łoż, myśleliśmy tylko o szlifierkach, jeżeli nie specjalnie do tego celu konstruowanych, to w każdym razie specjalnie utrzymanych; dokładność takiej szlifierki musi być bardzo duża, często kontrolowana, i dla usunięcia skrzywień, czy to wskutek minimalnego osiadania fundamentu,

czy też wskutek zmian wewnętrznych samego odlew, musi być ona ustawiona w ten sposób, aby w każdej chwili po sprawdzeniu można było jej łożo odpowiednio wyprostować przez nastawienie klinów, na których szlifierka stoi. Z tego też powodu

tylko do maszyn średniej jakości, gdyż jest ono znacznie tańsze od szabrowania.

Obecnie żąda się, aby długie przewodnice, np. łoża tokarek, były możliwie twarde, przyczem żądaną twardość podaje się w stopniach Brinell'a.

**STOW. MECH. POLSKICH Z AMERYKI SP. AKC. W WARSZAWIE**  
**ZAKŁ. PRZEM. „PORĘBA”**

Lp.	Przedmiot badań	Rys.	Dopuszcz. błęd. mm	Długość próbny. mm	Prędkość obr. min
1	Płaskość przedniej przewodnicy łoża - wzrostłż (prędkość w górę.)	1a	0-0,02	1000	
2	To samo dla przewodnicy środkowej	1b	0-0,02	1000	
3	„ „ „ tylny	1c	0-0,02	1000	
4	„ „ pomiar w płaszcz. poprzecznej	1d	±0,04	1000	
5	Prostoliniowość przewodnic. suportu	2	0,01	1000	
6	Równoległość praw. konika do praw. suportu	3	0,02	1000	
7	Bicie kła	6a	0,01		
8	„ „ w miejscach centrowania łoża	6b	0,01		
9	„ „ osiowe wrzeciono	6c	0,01		
10	„ „ szlifierka wrzeczono na wałku 300 mm	1e	0,02		
11	Wrzeczono równoległość do łoża w płaszcz. pion.	1f	0-0,02	300	
12	To samo w płaszcz. poziomej (koniec wałka do góry.)	1g	0-0,02	300	
13	Główna przewodnica sup. równoległość do wrzeczono w płaszcz. pionowej	4	0,02	300	
14	Podwójna konika równoległość do łoża w płaszcz. pion. (koniec do góry.)	5a	0-0,01	100	
15	To samo w płaszcz. poziomej (koniec ku przodowi.)	5b	0-0,01	100	
16	Szlifierka poziomy, konika równoległość do łoża w płaszcz. pion. (koniec wałka do góry.)	7a	0-0,02	300	
17	To samo w płaszcz. poziomej (koniec ku przodowi.)	7b	0-0,02	300	
18	Os toczenia równoległość do łoża w płaszcz. pion. (przy koniku do góry.)	9	0-0,02		
19	Sro osiowa sruby pociągowej	8	0,01		
20	Sruba pociągowa równoległość do łoża w płaszcz. pion. poziomej	12a	0,1		
21	Współosiowość sruby pociąg. i nakrętki w płaszcz. pionowej i poziomej	12c	0,15		
22	Srednica flankowa sruby pociągowej	10	±0,02		
23	Dokładność skoku sruby pociągowej	13	±0,03	300	
24	Toczenie wałka: okrągłość		0,01		
25	„ „ : cylindryczność		0,02	300	
26	Toczenie płaskie (tylko wkleście!)	11	0-0,02	300-4	

Inspektor:.....  
Penęga, dnia..... 19... r.

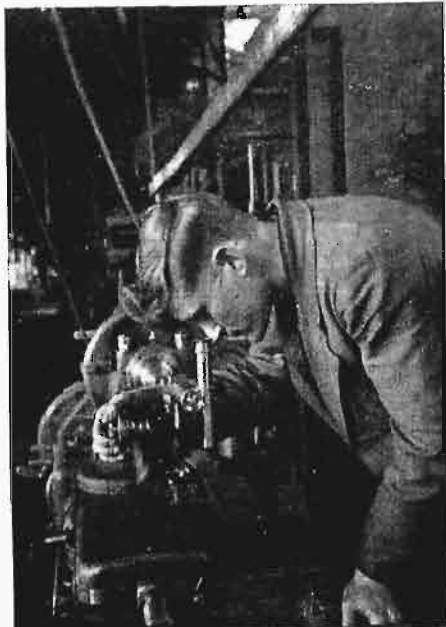
Rys. 10. Certyfikat odbioru tokarki, wskazujący ilość pomiarów przy sprawdzaniu dokładności obrabiarki.

N:27

łożo nie może być zalane betonem. Przewodnice szlifowane na zwykłych strugarkach, przerobionych na szlifierki, nie mogą dać żądanej dokładności i z dobrym szabrowaniem wogóle porównywane być nie mogą; takie szlifowanie nadaje się

żądanie to ma na celu uzyskanie jak najmniejszego ich zużycia. Według doświadczeń Ricardo nad czopami hartowanymi, pracującymi w tulejkach brązowych, stare twierdzenie, że miękniejszy materiał więcej się wyciera niż twardszy, jest nie-

słuszne. Doświadczenia jego wykazały, że czop stalowy wycierał się znacznie więcej niż tulejka bronzowa, w której czop pracuje. Zjawisko to tłumaczy Ricardo tem, że drobne cząsteczki twardego materiału wgniatają się w metal miękki, w tym wypadku w bronz, i następnie pole-  
 rują metal twardszy, zbierając z niego powoli, lecz stale, coraz więcej materiału. Zjawisko to przypominałoby zatem polerowanie naprz. sprawdzianów hartowanych ze stali narzędziowej przy pomocy pilnika z miedzi, w który wgnieciono



Rys. 11. Pomiar prostolinjowości prowadnicy drucikiem i lupą.

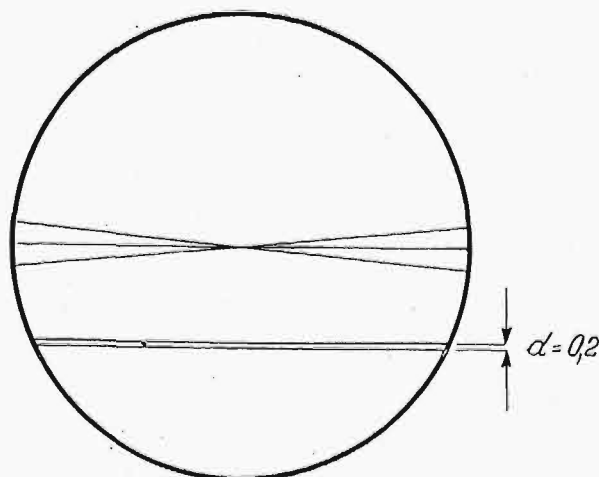
tylko minimalne cząstki żelowa przez potarcie nim po płycie żeliwnej. Gdyby przeprowadzić podobną analogię z pracą prowadnic obrabiarki, wtedy trzeba postawić żądanie wręcz przeciwne, niż się obecnie stawia. Jeżeli założymy prowadnice zupełnie zakryte — które dziś coraz więcej są stosowane, — wtedy trzeba żądać, aby prowadnice łoża były miększe od prowadnic suportów, gdyż zużycie prowadnic suportów jest bardziej równomierne niż zużycie prowadnic łoża, zatem powinien używać się raczej suport, a nie łożo. Przy prowadnicach odkrytych, zużycie ich spowodowane jest głównie uszkodzeniami przypadkowymi, zatem twardość ich musi zwiększać ich trwałość.

Dla zwiększenia twardości prowadnic, są one przez wiele fabryk utwardzane przy pomocy kokili. Utwardzenie, w ten sposób uzyskane, często nie daje jednak równej twardości na całej prowadnicy, gdyż kokile składane są z części, wskutek czego warstwa utwardzona nie jest na całej długości prowadnicy jednakowo głęboka. Niejednorodność ta zwiększona jest jeszcze przez to, że kokile krzywią się, wskutek czego powierzchnia odlewu nie jest równa, a przez to przy struganiu głębokość wióra nie jest wszędzie jednakowa, zatem i twardość powierzchni w różnych miejscach może być różna. Inne znów fabryki dodają nawet do 30% stali do żelwa lub mały procent niklu. Dodanie niklu, aczkolwiek podraża odlew, jednak daje nie tylko zwiększenie twardości i bardzo ścisły odlew, lecz i zmienia strukturę żelwa, które przez dodanie niklu staje się bardziej wiązkie (zäh), a wskutek tego bardziej odporne na ścieranie niż żelwo o takiej samej twardości Brinell'a, lecz bez dodatku niklu. Najtwardsze prowadnice otrzymać można przez wykonanie ich ze stali jako listwy zahartowanej i umocowanie ich do łoża.

Niektóre fabryki wykonywają w ten sposób prowadnice, jednak wykonanie to jest bardzo drogie, gdyż dla hartowania listew, które przykręca się do łoża, konieczny jest specjalny pionowy wysoki piec hartowniczy, listwy muszą być bardzo dokładnie szlifowane i miejsce ich przylegania do łoża musi być dokładnie doszabrowane.

Ciekawy sposób utwardzania powierzchni prowadnic stosuje fabryka niemiecka Raboma u swoich wiertarek promieniowych. Już dość dawno dla uzyskania możliwie łatwego ręcznego przesuwu suportu wiertarki zastosowała fabryka ta jako prowadnice suportu łożyska kulkowe, których zewnętrzny pierścień toczył się po ramieniu wiertarki. Jak było łatwo przewidzieć, prowadnice żeliwne ramienia nie wytrzymały długo miejscowego nacisku, jaki dawały krążki i szybko się wyrybiały. Aby usunąć to wyrobienie prowadnic, od którego zresztą dokładność pracy maszyny, dzięki odpowiedniej konstrukcji, nie była zależna, — została prowadnica utwardzona przez położenie na niej cienkiej taśmy stalowej, którą w miarę zużycia można nawijać na rolkę, znajdującą się na jednym końcu prowadnicy przy równoczesnym odwijaniu zapasowej długości taśmy, nawiniętej na drugiej rolce.

Słoność odbiorcy do zakupywania obrabiarek, których zdolność produkcyjna znacznie przekracza wymogi jego własnego warsztatu, widoczna jest również w żądaniach, odnoszących się do dokładności obrabiarki. Odbiorca, często nie znający dokładności obrabiarek swojego własnego warsztatu, a nawet nie rozumiejący istoty pomiaru dokładności, ma zwykle najbardziej wygórowane żądania. Żądania te mogą być nawet i wykonalne, lecz często zupełnie zbyteczne, gdyż odbiorca taki nie potrafi wyzyskać dużej dokładności maszyny w swoim warsztacie. Żądania dokładności, nie odpowiadające przeznaczeniu obrabiarki, szkodzą tylko samemu odbiorcy, gdyż uzyskanie dużej dokładności zawsze kosztuje więcej niż



Rys. 12. Obraz widoczny w lupie przy pomiarze wedł. rys. 11.

mniej dokładność, zatem odbiorca musi zapłacić za maszynę drożej, a zysku z tego może nie mieć żadnego. Powodem tej bezcelowej straty jest fakt, że dokładność stwierdzona przy odbiorze u dostawcy nie jest zwykle zachowana przy ustawianiu obrabiarki u odbiorcy. Dostawca posiada zwy-



kle cały szereg przyrządów pomiarowych oraz urządzeń do wykonywania pomiarów, z których część niezbędna jest i do wykonania montażu obrabiarki, jeżeli montaż ma być wykonany tak, aby dokładność stwierdzona u dostawcy była zachowana i u odbiorcy. Samo wykonanie pomiaru wymaga w wielu wypadkach znacznej wprawy i znajomości rzeczy, a więc i specjalistów, których odbiorca zwykle nie posiada. Skutek jest taki, że obrabiarka, którą odebrano w najlepszym stanie i z odpowiednią dokładnością u dostawcy, po ustawieniu przez odbiorcę wykazuje znacznie mniejszą dokładność; to zmniejszenie dokładności maszyny po przejściu jej do odbiorcy nawet nie zawsze bywa stwierdzane, gdyż odbiorca, który przy odbiorze stawiał bardzo duże wymagania, po przejściu do swego własnego warsztatu wymagania te radykalnie zmniejsza. Ile pomiarów przy ostatecznej kontroli, np. tokarki, wykonywa nowoczesna fabryka obrabiarek, wskazuje obrazowo rys. 9, zaś cyfrowo — rys. 10, który przedstawia certyfikat odbioru tokarki, używany w jednej z polskich wytwórni obrabiarek. Na rys. 9 oznaczono numerami pomiary, odpowiadające rys. 10, z czego widać, że na fotografii nie zdołano nawet równocześnie pokazać wszystkich pomiarów, przewidzianych według certyfikatu. Do wykonania pomiarów konieczne są następujące przyrządy: dokładny czujnik, dokładna poziomnica, lupka i drucik do pomiaru prostoliniowości, przyrząd czujnikowy do pomiarów równości skoku śruby pociągowej, przyrząd czujnikowy do pomiaru jej średnicy flankowej oraz odpowiednie linjały, płytki, wałki i trzpienie.

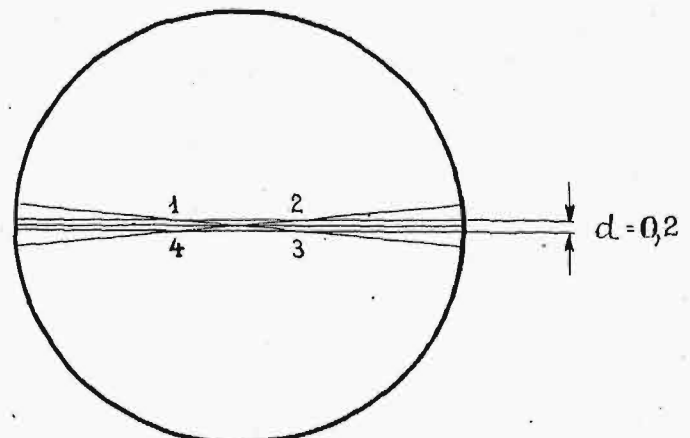
W ostatnich czasach zaczęto używać do dokładnego pomiaru prostoliniowości przewodnic bardzo cienkiego (o średnicy 0,2 mm) drucika stalowego, który naciągnięty ciężarkami na obu jego końcach daje doskonałą prostą, mogącą być użytą do kontroli przewodnicy. Drucik taki napina się wzdłuż przewodnicy łoża, zaś na części przesuwanej po badanej przewodnicy umocowuje się lupkę, która może być przesuwana prostopadle do drucika śrubą mikrometryczną z dokładnością do 0,001 mm. Pomiar prostoliniowości taką lupką przedstawiony jest na rys. 11; drucik jest tak cienki, że wogóle nie jest widoczny na fotografii. Obraz, jaki widzimy w lupce, przedstawiony jest na rys. 12 i 13. Rys. 12 podaje obraz, kiedy krzyż okularu nie jest jeszcze nastawiony na drucik, zaś rys. 13 — po dokładnym nastawieniu krzyża na drucik. Nastawienie to może być wykonane bardzo dokładnie, gdyż przesunięcie lupki o 0,001 mm może być dokładnie zauważone przez to, że punkty przecięcia się krawędzi drucika z krzyżem muszą mieć równą odległość, t. j. odcinki 1,2 i 3,4 muszą być równe, a punkty 1 i 4 oraz 2 i 3 muszą dokładnie leżeć nad sobą. Lupka taka pozwala na zmierzenie prostoliniowości przewodnic dowolnej długości z dokładnością do kilku tysięcznych mm. Już wykonywanie pomiarów czujnikiem wymaga pewnej wprawy, zaś przy pomiarze lupką i drucikiem, jak i przy pomiarze poziomnicą, konieczna jest nie tylko duża wprawa, lecz i warunki, w których pomiar może się odbywać, nie mogą być dowolne. Najmniejsze nawet drganie drucika pomiarowego, spowodowane np. przejeżdżającą suwnicą nad badaną maszyną, po-

woduje błędy, przekraczające dopuszczalne tolerancje, zaś pomiar poziomnicą, posiadającą dokładność 0,04 mm na metr, lub nawet 0,02 mm na metr, jest bardzo zależny nie tylko od wstrząśnień, lecz i od temperatury, panującej w hali, w której pomiar się odbywa. Trzymanie takiej dokładnej poziomnicy nawet przez krótki czas w ręce powoduje już nieprawidłowe położenie bańki, a zatem i pozornie złe wyniki pomiaru.

Prowadnice łoża obrabiarki, szabrowane według poziomnicy z dokładnością 0,02 mm/metr, jeżeli mają spełnić swój cel i praca tak dokładnego wykonania nie ma pójść na marne, muszą być ustawione w czasie montażu również bardzo dokładną poziomnicą na tę samą dokładność, jaką łożo to miało u dostawcy, t. j. 0,02 mm/m. Łoże, nawet bardzo ciężkie i silnej konstrukcji, może być bardzo łatwo przeciągnięte śrubami fundamentowymi w ten sposób, że zamiast dokładności 0,02 mm/m, wykaże zaledwie 0,1 mm/m; wypadki te są bardzo częste, gdyż poziomnice zwykle używane przez odbiorców przy montażu obrabiarek są o wiele za mało czułe, aby mogły wykazać te błędy.

Znany mi jest np. taki wypadek: zamówiono płytę szabrowniczą, która miała być wykonana z dokładnością 0,02 mm/m. Przy odbiorze, monter oddawał dostawcy płytę poziomnicą, której jedna kreska równała się wychyleniu 0,02 mm/m; poziomnica ta wykazywała wahania o 0,5 kreski (a zatem zgodnie z zamówieniem), lecz wobec wahań poziomnicy odbiorca chciał uznać płytę za złą. Dopiero gdy ślusarze odbiorcy przynieśli swoją poziomnicę o dokładności stolarskiej, okazało się, że poziomnica ta w żadnym miejscu płyty ani drgnie, i na tej podstawie płytę przyjęto!

Wykonanie i pomiar dokładnej śruby pociągowej nasuwa również cały szereg trudności; jak widzimy z certyfikatu rys. 10, pomiar dokładnej śruby pociągowej polega na zmierzeniu równości jej skoku specjalnym przyrządem czujnikowym (punkt 23), przyczem błąd dopuszczalny wynosi  $\pm 0,03/300$ , oraz na zmierzeniu jej średnicy



Rys. 13. Obraz widoczny w lupie przy pomiarze według rys. 11, gdy krzyż okularu jest nastawiony na drucik.

flankowej drugim przyrządem czujnikowym (rys. 14), posiadającym ścięte szczęki. Jeżeli przyrząd czujnikowy będzie miał w czasie pomiaru temperaturę różną od temperatury mierzonej śruby pociągowej tylko o 3° C, to błąd spowodowany tą różnicą wynosić będzie 0,01 mm,

a więc już 16% tolerancji dopuszczalnej. Poziomnica, jako przyrząd pomiarowy, wymaga także dużej wprawy przy jej używaniu. Tolerancje podane dla płaskości prowadnic dochodzą do 0,02 mm/m, natomiast poziomnica, odpowiednia do roboty w normalnym, bardzo dobrze urządzonym warsztacie, nie może mieć mniej niż 0,05 do 0,04 mm/m. Poziomnica, której jedna kreśka odpowiada

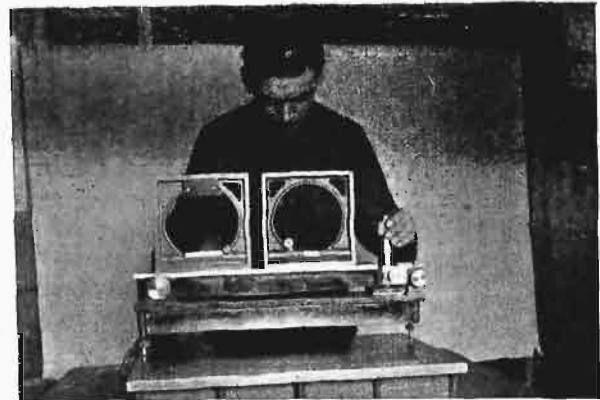


Rys. 14. Pomiar średnicy flankowej przyrządem czujnikowym.

0,02 mm/m, jest już tak czuła na zmiany temperatury, że nawet trzymanie jej przez chwilę w ręce, a więc minimalne nierównomierne ogrzanie, powoduje ruch bańki, a zatem i fałszywy odczyt; nawet lekkie wstrząsy, spowodowane ruchem suwnicy, wywołują silne wychylenia bańki. Poziomnica, posiadająca skalę, której jedna podziałka odpowiada pochyleniu 0,01 mm/m, jest już przyrządem zupełnie laboratoryjnym, służącym tylko do bardzo czułej kontroli. Poziomnice tak dokładne wymagają ogromnie troskliwej opieki i muszą być bardzo skrupulatnie co pewien czas kontrolowane przy pomocy specjalnego przyrządu ze śrubą mikrometryczną; takie sprawdzanie dwóch poziomic ramowych, jednej o dokładności 0,01 mm/m, zaś drugiej — 0,04 mm/m, przedstawia rys. 15.

Ogłoszone niedawno drugie wydanie norm od-

bioru obrabiarek prof. Schlesingera podaje cały szereg uwag we wstępie, które powinien każdy odbiorca mieć stale w pamięci. W wydaniu pierwszym uwagi te były znacznie mniej wyczerpujące i tylko wskutek wymogów praktyki drugie wydanie zostało uwagami temi uzupełnione, aby uniemożliwić utrudnianie odbioru przez niefachowego odbiorcę. Jak sam mogłem stwierdzić, fabryki zagraniczne nie są bynajmniej w zgodzie z niektórymi zbyt ostrymi punktami norm prof. Schlesingera i, zdaje się, radzą sobie od wypadku do wypadku, zależnie od fachowości odbiorcy.



Rys. 15. Sprawdzanie poziomic ramowej przez porównanie jej z wzorcową na przyrządzie ze śrubą mikrometryczną.

W tak krótkim artykule nie można przedstawić wszystkich trudności, jakie musi pokonać warsztat, chcący pracować z dużą dokładnością, ile pracy, czasu i pieniędzy trzeba włożyć, aby z warsztatu wydobyć dokładności wyżej opisane. Wydobyć takiej dużej dokładności produkcji warsztatu wymaga intensywnej pracy przez szereg lat i nie może być uzyskane w krótkim czasie tylko przez zakup pewnej ilości przyrządów i sprawdzianów; ostatnie setne części milimetra są dla warsztatu tem samym, czem dla rekordowego biegacza skracanie swojego czasu o ułamki sekundy, dla których uzyskania musi lata całe trenować. Wykonanie istotnie dokładnej obrabiarki przez warsztat, który treningu tego nie przeszedł, jest rzeczą niemożliwą, nawet gdyby koszt jej wykonania nie był żadną konkurencją ograniczony.

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

### KOTŁY PAROWE.

#### Przeróbki kotłów.

Inż. W. Arendt zwraca uwagę w „Die Wärme“ na omiyaną częstokroć oszczędność przy stawianiu nowej instalacji, mianowicie na możliwość powiększenia wydajności instalacji już istniejącej, ew. podniesienia jej sprawności przez stosunkowo mało kosztowne jej przeróbki. Na podstawie kilkunastu takich przeróbek przez niego zbadanych, szczególnie przy kotłach wodnorurkowych typu komorowego, które były przerabiane na typ sekcyjny zwykły lub poprzeczny, wysuwa inż. Arendt konieczność uwzględniania przy przeróbce następujących warunków:

Naprężenia materiału powinny nie przekraczać granicy wytrzymałości trwałej odpowiednio do temperatury nie-

tylko przy późniejszej pracy, ale należy baczyc, aby nie nadwyrężyć materiału już przy przeróbce.

Należy dbać o łatwą rozszerzalność wszystkich części kotła przez wahlwe podwieszenie kotła, i elastyczne połączenie poszczególnych elementów; unikać naprężeń gnących, pochodzących od własnego ciężaru; unikać wogóle dawania szwów nitowych, a szczególnie ogrzewanych, jak również możliwie najmniej osłabiać płaszcz przez wycinanie jego części.

Należy dbać o określony i swobodny obieg wody, szczególnie w rurach wodnych najczęściej obciążonych, a to przez obfite zaprojektowanie odpowiednich przewodów.

Należy stworzyć dobry dostęp do części wymagających częstego dozoru, jak zamknięcia komór wodnych lub przegrzewacza, lub zawór spustowy.

Należy stworzyć dobre warunki do wytwarzania suchej pary i uniknięcia pienienia. Im niższy jest słup wody nad wylotem z opłomki, czyli im krótsza jest droga mieszaniny wody i pary przez wodę w walczaku, oraz im wyższa jest przestrzeń parowa, tem mniejsza jest ilość porywanej wody.

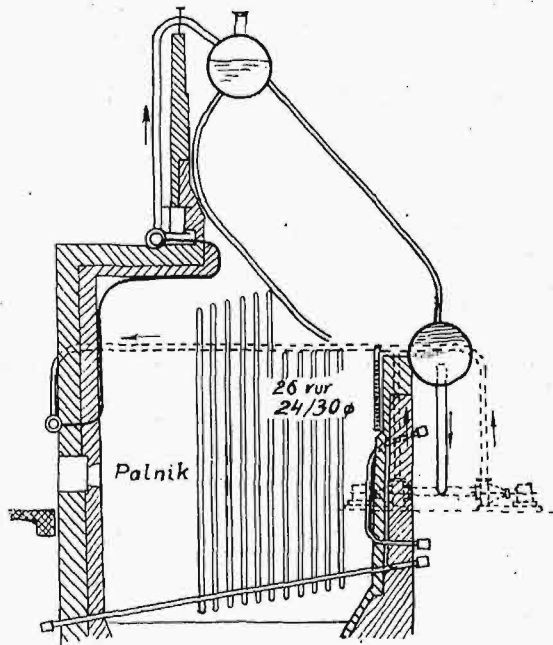
Należy unikać zbytniego natężenia bezpośredniej powierzchni ogrzewanej, które powinno odpowiadać możliwości chłodzenia rur przez obieg wodny, przyczem należy wziąć pod uwagę, że przy natężeniach, dochodzących do 440 000 Kal/m<sup>2</sup>h, znikoma nawet warstwa kamienia kotłowego może prowadzić do przepalania opłomek.

Powiększenie bezpośredniej powierzchni ogrzewanej obniża temperaturę spalin przy dojsciu ich do przegrzewacza i wskutek tego (powiększając pow. ogrzewaną), należy na nowo przeliczyć powierzchnię ogrzewaną przegrzewacza. W wielu wypadkach granicę wydajności kotła tworzą zbyt wąskie kanały, nie dopuszczające spalania większych ilości węgla bez wydatnej zmiany ciągu.

W razie wyłożenia ścian paleniska rurami wodnymi, włączonymi w obieg wodny, zaleca autor zwracać uwagę na:

- 1) konieczność dobrej wody zasilającej,
- 2) obieg wodny nie tylko swobodny, lecz i równomiernie rozłożony na wszystkie rury wodne,
- 3) naprężenia termiczne, mogące powstać przez zastosowanie zbyt dużych grubości ścianek rur.

Według doświadczeń autora, dobre wyniki pod względem zarówno wydajności kotła, jak i trwałości obmurza, daje stosowanie systemu de La Mont'a — włączenia przymusowego obiegu wodnego w rurach wodnych przestrzeni paleniskowej, regulowanego ilościowo przy wejściu do każdej rury przez przekrój dławiący, oraz podniesienia szybkości spalin: przy szybkości spalin 10 do 15 m/sek i rurkach  $\varnothing$  zewn. 26 mm, osiągnęto spódczynnik przewodnictwa 80—100 Kal/m<sup>2</sup>h°C, przy zużyciu na napęd pomp 1/4—1/5 pary. Rurki tej średnicy są stosowane przy wykładaniu ścian paleniska o dużym natężeniu rusztu.



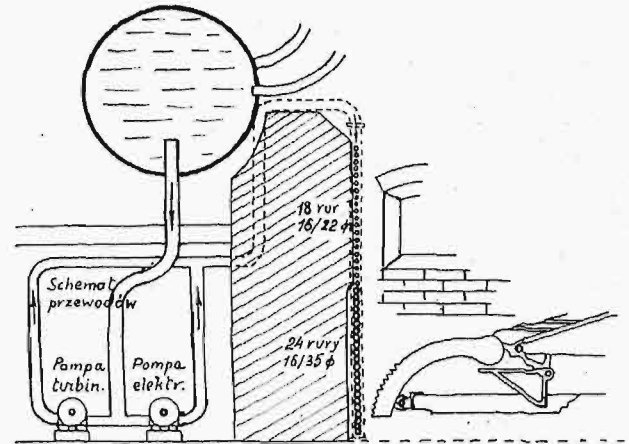
Rys. 1.

Przy jednej z pierwszych przeróbek kotłów według systemu de La Mont'a, wydajność jego wzrosła z 2000 kg/h na 3400 kg/h, czyli o 70%. Ponieważ natężenie powierzchni ogrzewanej ściany chłodzącej było ok. 115 kg/m<sup>2</sup>h, a woda zasilająca względnie zła, sprawdzono po 500 godz. pracy

wnętrze rurek i stwierdzono, że — zapewne dzięki dużym szybkościom wody i powstałym wirom — nie następuje osiadanie kamienia kotłowego.

Przy kotle rys. 1 wydajność kotła wzrosła po zainstalowaniu w palenisku urządzenia de La Mont'a z 38 t/h na 56 t/h. Koszty przeróbki wyniosły 18 000 mk., co obciąża każdą tonnę nadwyżki pary sumą 1000 mk.

Kocioł pracował przy 35 atm, pompy obiegowe dawały 3 at nadciśnienia; woda miała szybkość przy wejściu tuż za przekrojem dławiącym 0,7 m/sek, mieszanina zaś pary i wody przy wejściu do walczaka 3,5 m/sek.



Rys. 2.

W drugim wypadku przez ochronę tylnej ściany rusztów Taylora przy pomocy takiej ściany wodnej wzrosła wydajność kotła z 8 t/h na 11 t/h przy kosztach 5000 mk., pompa obiegowa zużywała 3 KM. Po 6000 godz. pracy nie zauważono uszkodzeń urządzenia. (Die Wärme, 1931 r., zes. 12). (t. p.)

## METALoznawstwo.

### Korożja.

Często zachodzi potrzeba stosowania przy odlewach z lekkich stopów armatury mosiężnej. Z powodu powstającej różnicy potencjałów, zachodzi w obecności wilgoci korożja. Aby jej zapobiec, należy albo: 1) tak pokryć powierzchnię, aby uniemożliwić dostęp wilgoci do miejsc zetknięcia, albo 2) obie części pokryć jednakową powłoką metalową, albo też 3) wprowadzić pomiędzy metale wkładkę izolującą. Badano właśnie ostatni sposób. Do prób użyto alpaksu (siluminu), elektronu AM 503 i AZM. Jako izolatorów, użyto bakelitu A i harex'u (sztuczna masa żywicowa). W odlewy 12×60×50 mm wkręcono kurki mosiężne, izolując je wymienionymi masami, inne nie. Praca z harex'em nie nastęrczała trudności, zaś bakelit kruszył się przy gwintowaniu.

Próbki poddano działaniu 3% roztworu soli w temp. normalnych.

Po 2 tygodniach nie zauważono różnicy pomiędzy izolowanymi a nieizolowanymi próbkami z alpaksu, natomiast w próbkach elektronowych była już pewna różnica, wykazująca celowość stosowania wkładek izolacyjnych. Po 13 tygodniach w próbkach alpaksowych bez izolacji wyżarcia były wyraźniejsze, aniżeli w próbkach izolowanych. Wyraźniejsza różnica wystąpiła w elektronie, przyczem zwłaszcza silnie uległ korożji stop AM 503. Powierzchnia styku w próbkach z wkładkami pozostała błyszcząca, natomiast w innych próbkach była pokryta białą warstwą. Znajdujące się natomiast w kurkach sprężyny stalowe uleg-

ły zniszczeniu jedynie w tym wypadku, gdy stosowano izolację; w próbkach bez izolacji sprężyny stalowe zachowały się doskonale, co zresztą jest zupełnie zrozumiałe.

W odlewach elektronowych, w miejscach, które uległy nawet nieznacznemu zgmiotowi na zimno, wystąpił znacznie mniejszy wpływ korozji. (Zft. f. Flugtechnik u. M.fahrt 1931, str. 177—178). X. Y.

## RÓŻNE.

### Metalizowanie powierzchni drewnianych.

Dr. inż. h. c. M. M. Šchop w Zurychu, znany badacz w dziedzinie metalurgji, wynalazł sposób wytwarzania metalicznej powłoki ochronnej na powierzchni przedmiotów drewnianych, przez co powiększa się ich wytrzymałość, szczególnie na wpływy atmosferyczne.

Jeżeli wyroby drewniane natryskiwać dowolnym metalem (miedzią, ołowiem, cyną, cynkiem, aluminium, mosiądzem), to na ich powierzchni utworzy się warstwa, której grubość jest wprost proporcjonalna do czasu trwania natrysku i która łączy się z przedmiotem operowanym tem mniej, im większe jest ciśnienie, z jakim metal przechodził przez wytryśnik. Stosuje się ciśnienie 6—8 atmosfer, większe więc, niż przy natryskiwaniu powierzchni metalowych. Częsteczki metalowe, wychodzące z wytryśnika ze znaczną prędkością (800 m/sek), wciskają się we wszystkie wgłębienia, nierówności i pory powierzchni drewnianych i pozosta-

ją w nich. Usunięcie warstewki metalowej wiąże się z uszkodzeniem samego przedmiotu. Doświadczenia wykazały, że topienie metali powinno się odbywać nie bezpośrednio, t. j. że płomień nie powinien działać wprost na metal, ponieważ przy wysokiej temperaturze płomienia (2000°C) nie można uniknąć niepożądanego przegrzania metalu.

Drzewo metalizowane można przybijać gwoździami, ciąć, giąć, przecinać, jak zwykle (miejsca gwoździ mogą być następnie dodatkowo zametalizowane). Zapalność drzewa metalizowanego jest znacznie mniejsza, niż zwykłego.

Przy pomocy szablonów z blachy lub celuloиду można dekorować powierzchnię przedmiotów drewnianych. W tym celu, po nałożeniu szablonu, działa się na przedmioty strumieniem piasku, dopóki nie otrzyma się wgłębienia około 0,5 mm. Tak przygotowaną powierzchnię metalizuje się bez usuwania szablonu, następnie szlifuje się ją, poleruje i pateruje.

Drzewo metalizowane ołowiem jest, jak wynika z doświadczeń, b. odpowiednim materiałem ochronnym przeciwko promieniom rentgenowskim; całe urządzenie pokoju do rentgenizacji — szafy, stoły, krzeselka, drzwi, może być naprz. wykonane z drzewa metalizowanego.

Narciarzy będzie interesowało, że doświadczenia, wykonane z metalizowaniem powierzchni biegowych nart, dały dobre wyniki. (Schw. Techn. Zeitschr., 1931, Nr. 27, str. 411). lg.

## Nekrologja.

### Ś. p. Inż. Józef Dworzańczyk.

Nasze życie gospodarcze oraz techniczne koła zawodowe poniosły dotkliwą stratę wskutek zgonu w dn. 21 sierpnia r. b. inż. Józefa Dworzańczyka, jednego z najwybitniejszych przedstawicieli starszego pokolenia techników polskich. Urodzony w Sierpcu, ś. p. Józef Dworzańczyk kończył szkoły w Płocku, studia zaś techniczne w r. 1892 na wydziale mechanicznym świeżo wówczas otwar-



tego Instytutu Technologicznego w Charkowie. Należał więc do pierwszych pionierów tworzącego się tam, w południowej Ukrainie, nowego ośrodka emigracji młodzieży polskiej, zmuszonej — dla braku uczelni krajowej — szukać źródeł wiedzy na obczyźnie.

Dzięki wybitnym zdolnościom fachowym i organizacyjnym oraz taktowi w stosunkach z kolegami i podwładnymi, J. Dworzańczyk szybko zdobywa sobie uznanie i zaufanie sfer przemysłowych zagłębia donieckiego, gdzie rozpoczyna swą pracę (na kopalni Pawłowo) i gdzie później

już, w okresie przedwojennym, stale przebywa, z krótką tylko w r. 1912 przerwą na stanowisku dyrektora Warsz. Tow. Kopalń Węgla, — obejmując kolejno rozbudowę i zarząd fabryki maszyn „Providence” w Marjupolu, później zarząd kopalni Irmino S. A., wreszcie naczelnie kierownictwo Połudn. Tow. Eksploatacji Węgla i Soli — jednego z największych przedsiębiorstw przemysłowych południowej Ukrainy.

Podczas wojny światowej J. Dworzańczyk powołany został przez liczną już wówczas kolonję polską w Charkowie na prezesa Oddziału Tow. Pomocy Ofiarom Wojny (w r. 1915—16), biorąc żywy udział w organizacji opieki nad rzeszą kilkunastu tysięcy wygnańców z kraju.

W wolnej już Polsce zmarły pracował pierwotnie w Departamencie Górn.-Hutniczym Min. Przem. i Handlu, będąc zarazem przedstawicielem rządu polskiego w zarządzie polskich kopalń skarbowych na G. Śląsku, od roku zaś 1924 do końca życia pozostawał na stanowisku wiceprezesa zarządu i generalnego dyrektora S. A. „Giesche”, gdzie położył duże zasługi dla rozwoju i spolonizowania tej przemysłowej placówki górnośląskiej.

Miarą niepospolitych zalet charakteru i wiedzy fachowej jest popularność, jaką się ś. p. J. Dworzańczyk cieszył, piastując godność wiceprezesa zarządu Górnośląskiego Zw. Przemysłowców Górn.-Hutniczych, będąc członkiem zarządu Naczelnej Organizacji Zjednocz. Przemysłu i Rolnictwa Zachodniej Polski oraz jednym z czołowych organizatorów Polskiej Konwencji Węglowej i członkiem jej Komitetu Wykonawczego.

Brał również udział w pracach nad skonsolidowaniem sfer gospodarczych w Polsce i był mężem zaufania Naczelnej Organizacji Z. P. i R. Zachodniej Polski w Komisji, która opracowuje zasady połączenia sfer gospodarczych, zrzeszonych dotychczas w Centralnym Zw. Polsk. Przemysłu, Górnictwa, Handlu i Finansów oraz w Naczelnej Organizacji Z. P. i R. Zachodniej Polski.

Ś. p. J. Dworzańczyk życie zakończył zagranicą, dokąd udał się dla poratowania zdrowia, pochowany zaś został na Powązkach, dokąd odprowadzili Go tłumnie przedstawiciele sfer technicznych, przemysłowych, koledzy oraz delegacje organizacji społecznych, w których życzliwym i czynnym był działaczem.

W zmarłym traci grupa b. wychowanców Instytutu Charkowskiego zacnego i kochanego kolegę, który jeszcze na wiosnę r. b. żywo interesował się powstaniem Koła Techników Charkowskich przy Stowarzyszeniu Techników w Warszawie. S. B.

## T R E Ś Ć :

W sprawie klauzuli zmienności taryfy opłat za energję elektryczną.

Sprawozdania z posiedzeń.

## WARSZAWA

16—23 WRZEŚNIA

1931 R.

## S O M M A I R E :

Sur la formule de variabilité des facteurs du tarif de l'énergie électrique.

Comptes-rendus des séances de diverses Commissions.

## W sprawie klauzuli zmienności taryfy opłat za energję elektryczną.

*Wskutek trudności stwierdzenia zmienności cen robocizny, przy ustalaniu opłat taryfowych za energję elektryczną, czynnik ten nie był dotąd brany pod uwagę. Referat poniższy, stanowiący wynik szeregu posiedzeń, oświetla to zagadnienie w ujęciu Komisji Gospodarki Elektrycznej PKE.*

Komisja Gospodarki Elektrycznej Polskiego Komitetu Energetycznego, wezwana przez Wydział Elektryczny M. R. P. do wypowiedzenia opinii swojej o zmianie miernika zmienności taryf elektrycznych w zależności od robocizny, oświadcza, co następuje:

Teoretyczne rozważania, przeprowadzone nie tylko u nas, ale i zagranicą, wykazały zgodny wynik, że wszystkie koszty eksploatacyjne zakładów elektrycznych dadzą się ująć w trzy grupy wydatków: zależnych 1) od kapitału zakładowego, a więc od waluty; 2) od robocizny; 3) od materiału opałowego, a więc w przeważnej części od węgla. Zarówno zagranicą, jak też u nas, przy ustaleniu formuły zmienności taryfy sprzedaży prądu te właśnie trzy czynniki były brane w rachubę, i Wydział Elektryczny, przy wydawaniu uprawnień, od uprawnień Nr. 34 z daty 14.V 1927 zaczynając, stosował znaną formułę zmienności, uzależniającą taryfę w 40% od zmiany waluty, w 25% od zmiany cen węgla i w 25% od zmiany robocizny.

Trudności w określeniu zmian robocizny i zaproponowanie zastępczej wielkości były przedmiotem obszernej i wszechstronnej dyskusji na posiedzeniach Komisji Gospod. Elektr. z dnia 30.I, 6.III, 10.IV i 23.V b. r. Pomimo tych trudności, Komisja postanowiła w zasadzie podtrzymać dotychczasową formułę zmienności, o ile dotyczy robocizny, jako jedyną odpowiadającą słusznym podstawom kalkulacji. Ponadto uważała Komisja, że pominięcie 10% w dotychczasowej formule zmienności nie jest niczem uzasadnione i że na przyszłość należałoby podnieść procent udziału waluty w zmienności z 40% na 50%, aby w ten sposób uwzględnić pełnych 100% czynników zmienności.

Dla ustalenia nienotowanych dotąd przez G. U. St. kosztów robocizny, badała Komisja możliwość zastąpienia ich przez jeden ze wskaźników stale notowanych i publikowanych, jak wskaźnik kosztów utrzymania lub wskaźnik cen detalicznych; okazało się jednak, że wskaźniki te wykazują w stosunku do wahań kosztów robocizny tak znaczne rozbieżności, że stosowanie ich nie może być zalecane. Wobec tego proponuje Komisja aż do chwili, kiedy G. U. St. zacznie publikować koszty

robocizny w formie nadającej się do użytku przy regulowaniu taryf przez elektrownie uprawnione, korzystać narazie z publikacji „Instytutu badania konjunktur gospodarczych i cen”. Instytut ten notuje od roku 1927 co miesiąc w organie swoim „Konjunktura gospodarcza” (Warszawa, Elektryczna 2) wskaźnik nominalny i wskaźnik realny plac robotniczych, przyjmując za podstawę r. 1927.

Jakkolwiek wskaźniki te są wyliczane dla całej Polski, jako jedna średnia cyfra, to jednak Komisja uważa, że to nie może stanowić przeszkody w ich stosowaniu, bo i cena węgla, stanowiąca analogiczną podstawę do regulacji taryf, stosowana jest w jednej wysokości dla wszystkich elektrowni w państwie, jakkolwiek przez wpływ kosztów przewozu ceny węgla w rozmaitych elektrowniach są różne, a zmiany tych cen w różnym stopniu wpływają na cenę węgla loco kotłownia.

Komisja proponuje stosowanie wskaźnika nominalnego „Instytutu Badania Konjunktur gospodarczych i cen”, gdyż ten wskaźnik właśnie jest miarodajny dla ciężarów, jakie elektrownia ponosi; przez rozwiązanie to nie trzebaby do istniejących uprawnień wprowadzać żadnych zmian, tylko władze nadzorcze zawiadomiłyby elektrownie uprawnione o zmianie miarodajnej publikacji kosztów robocizny.

Gdyby Ministerstwo z jakichkolwiek bądź powodów nie chciało się zgodzić na stosowanie tego wskaźnika, wzgl. gdyby Instytut B. K. G. i C. przestał publikować wskaźniki robocizny, Komisja będzie w dalszym ciągu prowadzić swe badania w kierunku określenia zmienności kosztów robocizny, zastrzegając sobie przedłożenie Wydziałowi Elektrycznemu odpowiednich wniosków po zamknięciu swoich prac, a dla doraźnego i tymczasowego załatwienia sprawy zależności taryfy od robocizny Komisja proponuje w takim przypadku:

1) dla dotychczasowych uprawnień, zawierających klauzulę zmienności taryfy w zależności od robocizny, przerzucić zależność tę na węgiel w ten sposób, że taryfa zmieniałaby się w 40% w zależności od waluty a w 50% w zależności od

węgla. Obliczenia przeprowadzone przez elektrownię w Sierszy, a oparte na faktycznych kosztach robocizny własnej, wykazały, że przy uwzględnieniu zmienności węgla i robocizny od chwili wydania uprawnienia Nr. 56 po dzień dzisiejszy taryfa światłowa na niskim napięciu powinna była z 65 groszy dojść do 73 groszy, przez brak publikacji co do robocizny wynosi ona obecnie 69 groszy, a w razie podniesienia zależności od węgla z 25 na 50% podniosłaby się na 72 groszy za 1 kWh. Próbne obliczenia wykazały, że również w innych elektrowniach różnice między taryfą opartą na dotychczasowej formie zmienności węgla i robocizny po 25%, a na zmienności samego węgla w wysokości 50% są niewielkie. Wynika to zresztą z faktu, że cena węgla od maja r. 1927 poszła w górę o 22,6%, podczas gdy robocizna w tym samym czasie podniosła się w Sierszy według stawek faktycznie płaconych w elektrowni o 26,6%, u metalowców w Warszawie według umowy zbiorowej o 23,8%, na Pomorzu według notowań centralnego Związku Pracodawców na wojew. Pomorskie oraz miasto i powiat Bydgoszcz o 19%, w Zagłębiu naftowym, według notowań Izby Pracodawców w Boryslawiu o 11,4%, przyczem ostatnie dwie podwyżki są cyframi ostatnimi, po przejściu w międzyczasie przez maxima, które dochodziły do 31,1, względnie 19,7%. Wskaźnik nominalny płac robotniczych, według publikacji „Konjunktury Gospodarczej” wynosi za IV kwartał ub. r.: 120,7, a więc wykazuje wyżkę kosztów robocizny od r. 1927 o 20,7%.

Z cyfr tych wynika, że prowizoryczne podniesienie zależności od węgla z 25 na 50%, przy pominięciu czynnika robocizny, da elektrowni mniej więcej takie taryfy wypadkowe, jakie im się chwilowo z tytułu warunków uprawnienia należą. Jeżeli w jednym lub drugim wypadku taryfa wypadnie cokolwiek wyższa, aniżeli to wynikałoby z dotychczasowych warunków uprawnienia, to nadwyżka ta w okresie 3½ lat do 1.I. 1935 r., kiedy nastąpi ogólna rewizja formuły zmienności, stanowiłaby słuszną rekompensatę za straty, poniesione w przeciągu poprzednich 4 lat, t. j. od maja 1927 do połowy roku bieżącego.

2) Dla uprawnień nowych proponuje Komisja przyjęcie tych samych zasad, co dla urównień już istniejących, z tą tylko różnicą, że procent zależności od waluty zostałby podwyższony z 40 na 50%, aby w ten sposób uczynić zadość postulatowi, wysuniętemu przez wszystkie elektrownie uprawnione — uzależnienia taryfy w pełnych 100% od warunków gospodarczych. Podwyższenie procentu zależności walutowej w czasach normalnych nie ma praktycznego wpływu na taryfę, w czasach zaś wstrząsów walutowych przyczynia się jednak do zabezpieczenia elektrowni przed stratami, a tem samem stanowiłoby dalszą zachętę dla kapitału zarówno krajowego, jak zwłaszcza zagranicznego, do lokaty pieniędzy w przedsiębiorstwa elektryfikacyjne, które dziś właśnie z braku środków płynnych rozwijają się u nas zbyt wolno w porównaniu z zagranicą, zarówno na Zachodzie, jak i na Wschodzie.

## Sprawozdania z posiedzeń.

### PREZYDJUM PKE<sub>n</sub>.

#### Protokół posiedzenia z dn. 23 maja r. b.

Obecni pp.: L. Tolłoczko, przewodniczący, K. Siwicki, wice-przewodniczący, B. Stefanowski, sekretarz gen., St. Kruszewski, Z. Rajdecki, M. Rybczyński i G. Sokolnicki, członkowie Prezydium, oraz Cz. Mikulski kierownik Biura PKE<sub>n</sub>.

1. Protokół poprzedniego posiedzenia (z dn. 21 marca r. b.) odczytano i przyjęto.

2. Sprawozdanie z prac Komisji Gosp. Elektrycznej wygłasza p. prof. G. Sokolnicki. Komisja odbyła 6 posiedzeń w swoim składzie oraz 2 posiedzenia specjalne w sprawie obszarów zasilania i widoków, względnie warunków sfinansowania elektryfikacji Polski. Sprawozdań z tych posiedzeń Komisja drukować nie zamierza, poprzestając je na złożonych w aktach PKE<sub>n</sub> stenogramach. Na kolejnych posiedzeniach Komisji rozważono sprawy: 1) programu prac; 2) klauzul zmienności taryf za energję elektryczną (opracowanie wniosku jeszcze nie jest ukończone); 3) przepisów co do skrzyżowań linii napowietrznych i kolei; 4) nowelizacji ustawy elektrycznej (rozważania nie są zakończone). Streszczone sprawozdania nadsyła Komisja do druku w organie PKE<sub>n</sub>, zaś w razie potrzeby ucieka się nadto do stenografowania dyskusji, składając stenogramy w Biurze PKE<sub>n</sub>. Co do sprawy składu Komisji i jego jakoby jednostronności (przewaga producentów), mówca się tego nie obawia, zamierza jednak rozszerzyć nieco skład osobowy, ale nie dla zrównowazenia, lecz dla podziału na sekcje.

Sprawa jednostronności składu komisji wywołała wymianę zdań obecnych na zebraniu, przyczem z jednej strony wyrażono życzenie (Inż. St. Kruszewski), by jednak byli powołani odbiorcy do Komisji, gdyż w naturze rzeczy leży, że wytwórca chce sprzedać swój wyrób jaknajdrożej, czemu się przeciwstawia spozrywca, w drugiej zaś podniesiono, że nie chodzi tu o „reprezentację” interesów tych czy innych grup, tylko o odpowiedni dobór fachowców, traktujących sprawę rzeczowo, a tych wśród konsumentów Komisja nie widzi.

W wyniku wymiany zdań postanowiono zastanowić się nad uwzględnieniem wniosku p. Kruszewskiego przy rozszerzaniu składu Komisji i podziale na sekcje. Sprawozdanie przyjęto do wiadomości, przyczem zarazem uznano, że dotychczasowe protokoły Komisji są pisane bardzo dobrze i obrazują przebieg obrad zupełnie dostatecznie, wobec czego stenografowanie może być zaniechane.

Przewodniczący PKE<sub>n</sub> wyraził p. prof. Sokolnickiemu podziękowanie za intensywną pracę Komisji.

Sprawozdanie Podkomisji Węglowej złożył p. Inż. Z. Rajdecki. Odbyło się 1 posiedzenie, na którym zajmowano się organizacją kół prowincjonalnych Podkomisji oraz bibliografją źródeł energii. Komisja zaprosiła dodatkowo na członka p. Inż. Torzewskiego. Delegatem Podkomisji do kół prowincjonalnych jest p. Inż. St. Czarnocki. Kola te mają składać sprawozdania co kwartał. Do opracowywania bibliografji wyłoniono osobną komisję, która postanowiła opracować materiał wstecz możliwie jak najdalej. Przyjmując sprawozdanie do wiadomości, Prezydium postanowiło sprawę budżetu Komisji bibliograficznej odłożyć na później.

Wydawnictwo w języku angielskim o źródłach energii. Stan wydawnictwa przedstawił p. Inż. Cz. Mikulski. Druk rozpoczęto i można się spodziewać, że na najbliższe plenarne zebranie PKE<sub>n</sub> przynajmniej znaczna część książki będzie już gotowa.

3. Budżet i sprawozdanie kasowe przedstawił Prezydium p. prof. B. Stefanowski, sekretarz generalny, w brzmieniu przygotowanem na Plenum PKE<sub>n</sub>. Prezydium obydwu materiały przyjęło.

4. Zebranie plenarne postanowiono zorganizować dn. 6 czerwca, z nast. porządkiem obrad:

- 1) odczytanie protokołu zebrania poprzedniego,
- 2) sprawozdanie sekretarza generalnego,
- 3) sprawozdanie Komisji Rewizyjnej
- 4) wybory ustępujących przewodniczących Komisji,
- 5) wnioski,

6) referaty: a) p. Inż. L. Tołłoczki p. t. „Projekty europejskich sieci elektrycznych i b) p. Inż. St. Czarnockiego p. t. „Rola węgla brunatnego w elektryfikacji Polski”.

5. **Sprawy bieżące.** Prośbę Łuckiej sekcji torfowej o subsydjum w kwocie 8000 zł. na badania torfowisk na Wołyniu postanowiono odłożyć do czasu złożenia konkretnego kosztorysu.

W sprawie udziału Polski w Międz. Komisji Wysokich Zapór, wysłuchano sprawozdania p. prof. Rybczyńskiego, iż Min. R. P. jeszcze nie odpowiedziało w drodze dyplomatycznej, czy zgadza się przystąpić, ale faktycznie zgodę swą już wyraziło. Atoli do czasu najbliższego zjazdu Komisji (w czerwcu, w Londynie) nie zdąży dojść wiadomość przez M. S. Z. o przystąpieniu Polski, wobec czego delegata wysłać nie będziemy mogli; zresztą Ministerjum nie ma funduszów na opłatę wyjazdu delegata. Tymczasem wysłanie delegata (a nawet paru) byłoby pożądane, gdyż zebranie londyńskie rozważać ma (wbrew pierwotnym projektom) nie tylko sprawy organizacyjne, ale i techniczne.

W związku z dyskusją na forum międzynarodowym o organizacji przyszłych zjazdów WKEn, wybrano komisję w składzie pp.: Kruszczyńskiego, Mikulskiego i Stefanowskiego, celem ustalenia punktu widzenia PKEn na proponowane innowacje.

Wobec poprzedniego postanowienia Prezydium, by posiadaną przez PKEn resztę zapomogi Min. Roln. (ok. 5000 zł.) zużyć na wydanie książki o technicznej stronie wyzyskania energii wiatru, zakomunikował p. prof. Stefanowski, iż proponowany autor książki, p. Szowhenow, podjął się powierzonego mu opracowania, co przyjęto do wiadomości.

Przyjęto następnie wniosek p. prezesa Tołłoczki, by rozesłać komisjom PKEn do zaopiniowania uchwały zjazdu berlińskiego WKEn, zaś uchwałę o wolności eteru przesłać Radzie Teletechnicznej.

Co do pracy o węglu brunatnym, powierzonej p. Makowskiemu, przyjęto do wiadomości komunikat p. sekretarza gen., iż, ze względu na rozrastanie się materiałów, opracowanie nie będzie skończone na lipiec r. b. Postanowiono więc przedłużyć autorowi termin do 1 grudnia r. b.

Na tem posiedzenie zamknięto.

## KOMISJA BIBLIOGRAFICZNA.

### Protokół 1-go posiedzenia w dn. 11 kwietnia r. b.

Obecni pp.: Herbich, Przybylski, Rajdecki i Rosental. Przewodniczący, p. Rajdecki, wyjaśnia, iż otrzymawszy polecenie od prezydium PKEn zorganizowania bibliografii dla Polskiego Komitetu Energetycznego, uważał za konieczne powołanie w tym celu stałej komisji, która będzie miała za zadanie ustalenie planu i sposobu opracowania bibliografii.

Do komisji należą referenci bibliografii, którzy podjęli się stałej współpracy.

Prace referentów polegają na stałym opracowywaniu bibliografii obcej i polskiej w zakresie spraw natury technicznej i gospodarczej, dotyczących rejestracji i wyzyskania źródeł energii.

Po szczegółowej dyskusji zebrani wysunęli następujące wnioski:

#### I. Treść materiału bibliograficznego.

Do bibliografii energetycznej należy zaliczyć prace z literatury obcej, traktujące z punktu widzenia ogólnego zagadnienia energetyczne, jak również i te, które — aczkolwiek mają zastosowanie do lokalnych warunków danego kraju i państwa — mogą jednak mieć pewne znaczenie i dla Polski.

Z literatury polskiej, w skład sprawozdań bibliograficznych wejdą prace, traktujące sprawy energetyki z punktu widzenia ogólnego i w zastosowaniu do warunków lokalnych.

Bibliografia w ramach wyżej nakreślonych winna być zebrana z literatury obcej za okres 1930 i I-szy kwartał 1931 r. Co do literatury polskiej — to, oprócz tego okresu, należałoby opracować bibliografię dawniejszą, któraby obejmowała najważniejsze prace naukowe z dziedziny energetyki.

#### II. Źródła bibliografii.

Do opracowania bibliografii obcej posłużą materiały bibliograficzne przesłane PKEn przez zagraniczne komite-

tety energetyczne, zaś bibliografia polska będzie opracowywana ze źródeł literatury polskiej i obcej, o ile Polak wydał swoją pracę w języku obcym.

#### III. Forma bibliografii.

Przy podaniu wydanej książki, wymienia się tytuł naukowy, imię i nazwisko autora, pełny tytuł dzieła, liczbę stron, rysunków i tablic, miejsce i firmę wydawniczą oraz cenę.

Przy podaniu artykułu, wymienia się tytuł naukowy, imię i nazwisko autora, pełny tytuł artykułu, miejsce jego umieszczenia (tytuł czasopisma), rok wydania, lub Nr. tomu, Nr. kolejny w roku, lub datę, Nr. strony (od—do). O ile artykuł zamieszczony został w kilku numerach czasopisma, to należy wymienić wymienione dane odnośnie wszystkich tych numerów.

Oprócz tego, komisja uważa za potrzebne umieszczanie zasadniczo przy każdej pozycji bibliograficznej w najkrótszej formie treści pracy, przez wymienienie zasadniczych tez, rozwiniętych przez autora.

#### IV. Plan wykonania bibliografii.

Referenci bibliograficzni opracowują bibliografię polską na kartkach kartoteki. Kartki wypełnione segregują na działy i sporządzają odnośne spisy według działów. Materiał gotowy idzie do tłumacza, po przetłumaczeniu referenci korygują tekst i oddają do druku. Kartki bibliograficzne przechowuje Biuro PKEn.

Sprawozdania bibliograficzne z literatury obcej będą opracowywane jak wyżej, materiały jednak do nich nie będą kartotekowane. Do współpracy komisja uważa za konieczne powołanie sekretarza komisji, który prowadzić będzie wykaz sprawozdań bibliograficznych.

Na stanowisko sekretarza, ew. tłumacza, komisja (na wniosek p. inż. Rosentala), proponuje powołać inż. Przybylskiego.

## KOMISJA GOSPODARKI ELEKTRYCZNEJ.

### Protokół posiedzenia z dn. 9 maja 1931 r.

Obecni pp.: Czaplicki, Forbert, Gayczak, Hoffman, Hubert, Jankowski, Miklaszewski, Obrąpalski, Ossowski, Piętka, Rauch, Sokolnicki, Stefanowski, Straszewski.

Przewodniczył p. Prof. Sokolnicki.

Przed przystąpieniem do porządku obrad zabrał głos przedstawiciel Ministerstwa Robót Publicznych, p. Piętka, oświadczając, iż został delegowany na posiedzenie Komisji Gosp. Elektr. w celu udzielenia wyjaśnień w sprawie nowelizacji ustawy elektrycznej, zaś p. Jankowski — w sprawie przepisów o skrzyżowaniach linii elektr. z torami kolejowymi.

Przystępując do odczytania protokołu z poprzedniego posiedzenia, przewodniczący zaznaczył, że niektórzy członkowie Komisji wyrazili pogląd, iż na przyszłość należy stenografować przemówienia i przed sporządzeniem protokołu rozsyłać mówcom stenogramy poszczególnych przemówień w celu skorygowania. Przewodniczący proponuje, by tymczasowo rozsyłać streszczenia przemówień poszczególnym mówcom, poczem kierować je do przewodniczącego w celu ostatecznego ustalenia treści protokołu.

Odczytano i przyjęto protokół z poprzedniego posiedzenia, odbytego w dniu 10 kwietnia r. b., poczem przystąpiono do dyskusji nad przepisami o skrzyżowaniu linii elektr. z torami kolejowymi.

Przewodniczący zaproponował odczytanie referatu p. Huberta, zaznaczając, iż proponowane przez Ministerstwo Komunikacji przepisy, zatytułowane: „Zasady postępowania przy wydawaniu przez dyrekcje zezwoleń na budowę linii elektrycznych”, są właściwie usankcjonowaniem tego stanu rzeczy, jaki istnieje obecnie, dając słuszny powód do skarg; ważne jest zatem opracowanie przez Komisję Gosp. Elektr. przy poparciu Ministerstwa Robót Publicznych opinii, dotyczącej zmian, jakie należałoby wprowadzić do tej instrukcji.

P. Ossowski podkreślił, iż nie może istnieć w jednej sprawie dwóch rozporządzeń; skoro istnieje ustawa elektryczna i rozporządzenia wykonawcze do niej, Ministerstwo Komunikacji nie może tych samych spraw regulować inaczej.

P. Jankowski nadmienił, iż w związku z projektowaną nowelizacją ustawy elektr. również i sprawa uzyskiwania

wszkiego rodzaju zezwoleń na budowę będzie się przedstawiała inaczej, niż to ma miejsce obecnie.

Pomimo to, zebrani wyrazili opinię, iż przepisy te należy rozważyć i zaopiniować, chociażby tylko na okres przejściowy, pod kątem widzenia obecnego stanu prawnego, poczem referent, p. Hubert, przystąpił do odczytywania swego referatu.

We wstępie referatu omówiony został dotychczasowy stan rzeczy, przy czym mówca podkreślił utrudnienia, na jakie napotyka w praktyce uzyskiwanie zgody Dyrekcji Kolejowych na budowę skrzyżowania linii elektr. z torami, nadmieniając, iż dochodzenie uprawnień, zatwierdzenie trasy i dochodzenie w sprawie zabezpieczenia praw osób trzecich sprowadza się w praktyce do trzech identycznych procedur.

Przechodząc do omówienia projektu przepisów Ministerstwa Komunikacji punkt za punktem, mówca przystąpił do omawiania p. 1, dowodząc, iż „zezwoleń” Ministerstwa Komunikacji są zbędne, ponieważ ustawa elektryczna, normująca całość obowiązków przedsiębiorstw elektryfikacyjnych, nakłada na nie obowiązek uzyskiwania zezwoleń policyjno-technicznego na budowę i zezwoleń na uruchomienie linii, wydawanego przez władze na zasadzie dochodzeń urzędowych.

P. Jankowski zwrócił uwagę, iż sprawa uzyskiwania pozwoleń ze strony Dyrekcji Kol. pozostaje w związku z dbałością władz kolejowych o bezpieczeństwo publiczne.

P. Forbert zauważył, że ustawa elektryczna przewiduje odpowiedzialność przedsiębiorcy za wypadki.

W dalszym ciągu referent omówił p. 2 projektu przepisów, wymagający uzgodnienia projektów skrzyżowań z Dyrekcjami kolejowymi. Uzgodnienie to, zdaniem referenta, jest zbędne, ponieważ przedsiębiorstwa w podaniach o zezwolenie policyjno-techniczne składają swoje projekty w Dyrekcji Robót Publicznych, gdzie są do przejrzania i mogą być zbadane przez wszystkich zainteresowanych, a więc i przez Dyrekcję Kol. Uzgadnianie projektu byłoby podwójnym postępowaniem urzędowym w tej samej sprawie.

W p. 3 Ministerstwo Komunikacji ustala, na czym ma polegać uzgodnienie projektu; referent proponuje, by sprawa ta była zatwierdzana łącznie z Komisją dochodzeniową wojewódzka.

P. 4, dotyczący uczestniczenia delegatów Dyrekcji Kolejowych w dochodzeniu komisyjnym wojewódzkim, pragnie referent uzupełnić w tym kierunku, by delegaci Dyr. Kol. otrzymywali pełnomocnictwo składania w imieniu Dyrekcji wiążących zastrzeżeń i pełnomocnictwo definitywnego akceptowania w imieniu Dyrekcji zmian, które okażą się celowe i nie są sprzeczne ani z interesami Dyr. Kol. w granicach ustawy elektrycznej, ani z interesem bezpieczeństwa publicznego.

Referent przeszedł następnie do p. 5 a. projektu, dotyczącego nadzoru władz kolejowych nad budową skrzyżowań i opłat za ten nadzór.

P. Ossowski wskazał, że personel kolejowy urzęduje w celach publicznych, że żadne opłaty z tytułu nadzoru nad robotami, służącymi innemu celowi publicznemu — elektryfikacji, nie są potrzebne.

Po dyskusji, w której zabierali głos pp. Gayczak, Hoffmann, Straszewski i Ossowski, ustalono, iż słusznym jest, aby opłaty ponosił przedsiębiorca, jednak wysokość takiej opłaty musi być zgóry ustalona, mianowicie, uznano, iż winna to być opłata ryczałtowa, i że ryczałt ten nie powinien przekraczać 50 zł. od skrzyżowania.

Dalej omówiono p. 5b, dotyczący składania kaucji, na wypadek ewentualnej konieczności przeniesienia linii elektrycznej w inne miejsce, w razie gdyby place, zajęte dla linii, okazały się potrzebne kolei. Mówca jest zdania, że żądanie przeniesienia linii mogłoby się odnosić tylko do obrębu stacji kolejowej, a co do kaucji, to żądanie składania jej z tego tytułu przez przedsiębiorcę jest zbyt daleko idące.

P. Hoffmann zwrócił uwagę, że Dyrekcje Kolejowe mają prawo przy dochodzeniu wniesić zastrzeżenia i żądania, dotyczące ewent. przeniesienia linii, ale kaucja jest zupełnie zbędna.

P. Jankowski nadmienił, że punkt ten jest sprzeczny z ustawą elektryczną, gdyż jeżeli trasa jest zatwierdzona, nie można żądać kaucji w przewidywaniu ewentualności jej

zmiany, tembardziej, że zezwolenie policyjno-techniczne zostaje udzielone z zastrzeżeniami, dotyczącymi ewentualnych zmian.

P. Hubert zaproponował ustalenie brzmienia, że usunięcie linii może dotyczyć tylko pasa wyłączenia w pobliżu stacji.

P. Miklaszewski odczytał ustęp projektu nowelizowanych przepisów na skrzyżowania, w którym powiedziane ma być między innymi, że „wykonanie skrzyżowania w obrębie stacji jest zabronione”.

Punkt ten wywołał uwagę przewodniczącego o nierealności i niemożliwości wykonania tego rodzaju przepisu; również pp. Hubert i Hoffmann uzasadniali, iż takie postawienie sprawy nie uwzględnia warunków rzeczywistości życiowej, a nawet — często — interesów kolei (np. oświetlenie stacji kolejowej z elektrowni, położonej naprzeciwko, po drugiej stronie torów).

Co do punktów 5c, 5d i 5e projektu Ministerstwa Komunikacji, referent stwierdził, że niema żadnych zastrzeżeń.

Natomiast p. 6 wymaga zmiany zasadniczej w tym sensie, że arbitraż powinien należeć do Ministerstwa Robót Publicznych, jako Ministerstwa strzegącego wykonania ustawy elektrycznej, a nie do Ministerstwa Komunikacji, jako strony interesowanej.

Następnie przystąpiono do odczytywania wniosków referenta. Wnioski te, ujęte w 11 punktów, reasumują wyżej przytoczone zastrzeżenia referenta co do tekstu projektu Ministerstwa Komunikacji, przy czym referent proponuje przedstawić je Ministerstwu Komunikacji przy odpowiednim memorjale; referent zaznaczył przytem, że postulaty te winny się odnosić tylko do przedsiębiorstw, posiadających uprawnienia rządowe.

P. Forbert wyraził zdanie, iż sprawę należy ująć szerzej, uogólniając przepisy również na elektrownie, nie posiadające uprawnień rządowych, a istniejące na podstawie dawnych koncesyj. Pogląd ten poparli również pp. Hoffmann i Straszewski.

W wyniku dyskusji ustalono, w myśl wniosku p. Czaplckiego, iż przepisy winny się odnosić do wszystkich elektrowni, korzystających z prerogatyw ustawy elektrycznej.

Wysunięto dalej wniosek, by mogły być uzyskiwane od Dyrekcji Kolejowych tymczasowe zalecenia niestawiania przeszkód w budowie skrzyżowań w wypadku, gdy przedsiębiorca, pragnąc przyspieszyć budowę, nie może czekać na zezwolenie policyjno-techniczne.

W dalszym ciągu ustalono, iż należy opracować tekst instrukcji w myśl wytycznych, wynikających z powyższej dyskusji i referatu, poczem skierować go z odpowiednim uzasadnieniem do Ministerstwa Komunikacji, z prośbą o uwzględnienie opinii Komisji Gosp. Elektr.

Drugi punkt porządku obrad, dotyczący nowelizacji ustawy elektr., uznał przewodniczący za nie nadający się do rzeczowego rozpatrywania ze względu na to, iż wytyczne (tezy), nadesłane Komisji do zaopiniowania przez Ministerstwo Robót Publicznych, zawierają odsyłacze do tekstu, którego Ministerstwo nie nadesłało, wobec czego często są niezrozumiałe. Przewodniczący zwrócił się wobec tego do delegatów Ministerstwa Robót Publicznych z prośbą o uzupełnienie tego materiału.

P. Piętka zaznaczył, iż Ministerstwu chodzi o wypowiedzenie się Komisji co do samych zasad, na których ma się oprzeć nowelizacja, i oświadczył, że samego tekstu projektu ustawy udzielić nie może.

Ostatni punkt porządku obrad, mianowicie sprawę klauzul zmienności taryf za energję elektryczną, uchwalono odłożyć do następnego posiedzenia, wobec tego, że potrzebne obliczenia nie wszystkie jeszcze nadeszły na ręce referenta.

Na tem porządek obrad wyczerpano. Pozatem postanowiono prosić p. przewodniczącego o porozumienie się z Ministerstwem Poczty i Telegrafów w sprawie ujednostajnienia przepisów na skrzyżowania linii prądu silnego z liniami telefonicznymi i telegraficznymi.

Następne posiedzenie uchwalono zwołać na dzień 22 maja o godz. 10-tej, przy czym p. Hubert zgłosił wniosek, do którego przychylił się wszyscy obecni, by posiedzenia odbywały się dwurazowo w ciągu 1-go dnia lub 2-ich dni kolejnych.