

11 15 SP
PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

T R E Ś Ć :

- Stopy kolorowe, nap. Dr. Inż. A. Krupkowski, Profesor Akademii Górniczej w Krakowie.
- Nowoczesna budowa zapory i zakładu wodnego, nap. Inż. Ziemowit Śliwiński.
- Drgania ultraakustyczne, (wedł wykładu Prof. Dr. M. Wolfkego), streśc. I. Wasutyńska.
- O osiągalnych dokładnościach przy wyznaczaniu granicy sprężystości aparatem lusterkowym (Martensa), nap. Inż. Ignacy Ziemiański.
- Organizacja administracji państwowej w dziedzinie gospodarki wodnej, nap. Inż. Władysław Kollis.
- Przegląd pism technicznych.

S O M M A I R E :

- Les alliages cuivre-nickel (à suivre), par M. A. Krupkowski, Dr. ès sc. techn., Professeur à l'Académie des Mines de Cracovie.
- La construction moderne d'un grand barrage et d'une usine hydro-électrique (à suivre), par M. Z. Śliwiński, Ingénieur des ponts et chaussées.
- Sur les ondes ultrasonores (d'après la conférence de M. le Prof. Dr. M. Wolfke), par M. I. Wasutyńska.
- Sur l'exactitude qu'on peut atteindre en définissant la limite d'élasticité au moyen de l'appareil de Martens, par M. J. Ziemiański, Ingénieur dipl.
- L'organisation de l'administration d'état concernant l'aménagement, l'utilisation et le régime général des eaux, par M. Wł. Kollis, Ingénieur dipl.
- Revue documentaire.

Stopy kolorowe^{*)}

Napisał Dr. Inż. A. Krupkowski, Profesor Akademii Górniczej w Krakowie.

Wobec ciągłego postępu w dziedzinie metaloznawstwa, wydaje mi się rzeczą celową zapoznać czytelników z najnowszymi zdobyczami, jakie osiągnięto, badając stopy. Przedewszystkiem chodziło mi głównie o wskazanie takich stopów, które znalazły zastosowanie w praktyce, lub też, sądząc z ich cennych własności, mogą być użyte z pożytkiem w przemyśle.

Temat zakreślony tytułem jest bardzo obszerny i trudno jest wyczerpać go w niniejszym szkicu. To też z konieczności, zwiężając zakres referatu, postawiłem sobie, jako główne zadanie, podać najbardziej godne uwagi stopy, których podstawą jest miedź. Mam zamiar omówić jednocześnie ich zalety mechaniczne i zastosowanie praktyczne.

Stopy miedzi z nikiem.

Chociaż stopy układu Cu-Ni nie należą do nowych, jednakże ze względu na wzrastające ich zastosowanie, zwłaszcza w Ameryce i Anglii, należy im poświęcić nieco uwagi.

Stopy Cu-Ni wykazują po odlaniu dendryty bogatsze w nikiel, otoczone roztworami stałymi, uboższymi w nikiel; dopiero po długotrwałym wyżarzaniu stają się jednorodny, zgodnie z wykresem krzepnięcia (rys. 1). W stanie wyżarzonym są w temperaturze pokojowej paramagnetyczne do

zawartości niklu równej 68%, a powyżej 68% Ni — ferromagnetyczne.

Rys. 2 podaje krzywe oporności elektrycznej (ρ), współczynnika zmiany oporności elektrycznej z temperaturą (α), zdolność termoelektryczną (e) oraz twardość (B) w zależności od koncentracji niklu w stopach Cu-Ni¹.

Z pośród stopów Cu-Ni zasługują na wyróżnienie nikielina (20% Ni), konstantan (40%) i wreszcie stop Monela (70% Ni). Dwa pierwsze stopy przygotowuje się syntetycznie, stop zaś Monela wytapiany jest bezpośrednio z rud, niezwykle obfitych, znajdujących się w Kanadzie, w prowincji Ontario, przyczem produkcja jego stale wzrasta i dochodzi do 16 800 t rocznie.

Ściśle biorąc, stop Monela nie jest podwójny, gdyż z rudy przechodzą do niego domieszki szeregu metali. Przeciętny jego skład jest następujący:

Ni = 65,8% — 69,8%, Cu = 28,4% — 31,0%, Fe = 0,4% — 2,4%,
Mn = 0,18% — 2,1%, C = 0,13% — 0,31%, Si = 0,09% — 0,7%,
S = 0,027% — 0,03%².

Powyższy rozbiór świadczy o tem, że stop Monela jest złożony; rzecz prosta, że te domieszki wywierają wpływ na własności. Najbardziej zbli-

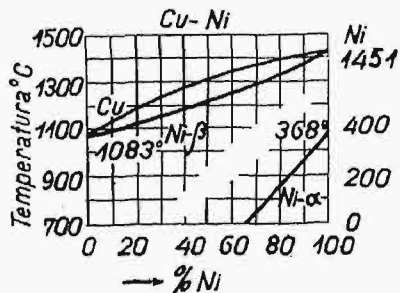
¹ A. Krupkowski, Badania nad stopami niklu z miedzią. Nakładem Akademii Nauk Technicznych, Warszawa, 1928. Étude des alliages nickel-cuivre, Revue de Métallurgie 26.131.1929 i 26.193.1929.

² Średnia analiza, zaczerpnięta z prac: a) A. Schultze'a, Zs. f. Metallkunde 20.403.1928, b) W. H. Soudera i P. Hidnerta, Phys. Revue 17.372.1921.

*) Wykład wygłoszony na Kursach dla inżynierów, zorganizowanych w lutym r. ub. przez Stow. Inżynierów Mech. Polskich.

2251/53
BIBLIOTEKA
MUSEUM
PRACOWNI KOMUNIKACJI

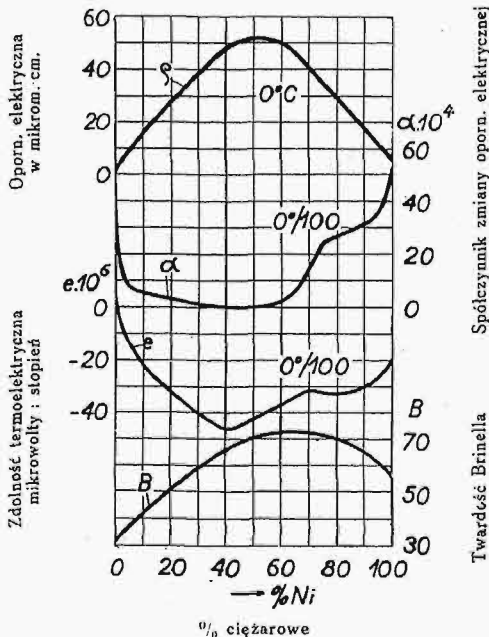
żony własnościami do stopu Monela jest stop, mający 70% Ni i 30% Cu.



Rys. 1.

Krzywe krzepnięcia stopów Cu — Ni według Guertlera i Tammana (1907). Linia przemiany magnetycznej według Krupkowskiego (1928).

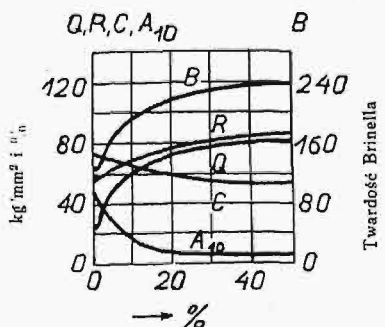
Właściwości mechaniczne stopu Monela, walcowanie na zimno w...



Rys. 2. Właściwości stopów Cu—Ni według Krupkowskiego (1928).

p — oporność elektryczna właściwa, α — współczynnik zmiany oporności elektrycznej, e — średnia zdolność termoelektryczna pomiędzy 0° a 100° w mikrowoltach na stopień względem ołowiu, B — twardość Brinella.

dlug E. Greulich³. Łatwo dostrzegamy, że odpowiednio do przeróbki plastycznej możemy uzyskać miękkie stopy o dużej ciągliwości lub też twarde z małym wydłużeniem.



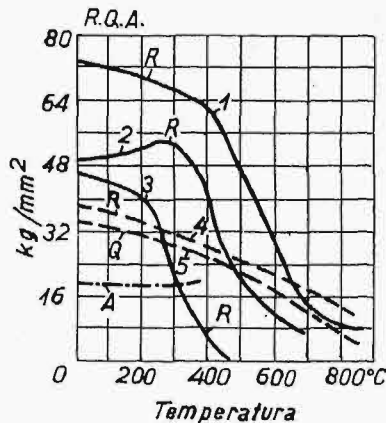
Rys. 3.

Zmiana mechanicznych własności stopu Monela podczas walcowania na zimno według Greulich³ (1930).

B — twardość Brinella, Q — granica plastyczności w kg/mm², R — wytrzymałość na rozciąganie w kg/mm², C — przeżyczenie w %, A₁₀ — % wydłużenie przy rozerwaniu na długości 10-krotnej.

% zmniejszenie przekroju przez walcowanie

Uzyskane własności mechaniczne stopu Monela ulegają małej zmianie podczas ogrzewania do temperatury 400°, jak to udowadnia rys. 4, gdzie dla porównania z nim umieszczona jest stal miękka



Rys. 4.

Własności mechaniczne metali w wyższych temperaturach.

R — wytrzymałość na rozciąganie w kg/mm²; 1 — stop Monela walcowany na gorąco, 2 — miękka stal, 3 — brzoza manganowa, 4 — stop Monela w stanie odlanym; Q — granica plastyczności w kg/mm² i A — % wydłużenie przy rozerwaniu stopu Monela walcowanego na gorąco na normalnej długości pomiarowej.

ka oraz brzoza manganowa. Na tymże rysunku dostrzegamy, że wytrzymałość na rozciąganie (R) stopu odlanego jest niższa niż walcowanego. Jest to zjawisko normalne, charakterystyczne dla wszystkich metali.

Stop Monela jest odporny na działanie korozji.

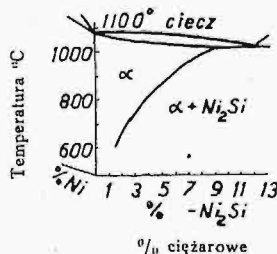
Nie działają na niego wcale lub wywierają słaby wpływ: ałun, mydło, alkohol, amonjak, kwas borny, chlorek wapnia, roztwór chloru do 0,3%, ługi, mleko, kwasy tłuszczowe, siarkowodór, woda utleniona, rtęć, para przegrzana i t. p.

Dzięki tej nierdzewności, jest on niezastąpiony w wielu dziedzinach; używa się go do aparatów chemicznych, pomp wirnikowych, łopatek turbinowych i t. p.

Stop Monela kuje się na gorąco w temperaturze 950° — 1150°, walcuje się na gorąco i zimno, spawa się elektrycznością i acetylenem⁴. Jedyne przetapianie stopu Monela sprawia pewne trudności, wymaga starannego odtleniania, odsiarczania i pozbycia się gazów rozpuszczonych w czasie topienia.

Stop miedzi z niklem z dodatkiem krzemu i manganu.

Stopy Cu-Ni-Si rozpoczął badać M. G. Corson w r. 1927⁵, przyczem autor ten przyjął, że składnikiem rozpuszczającym się w miedzi nie jest czysty krzem, lecz związek chemiczny Ni₂Si, tak, że mamy tutaj w stopie potrójnym do czyszczenia z układem pseudo-podwójnym (rys. 5).



Rys. 5.

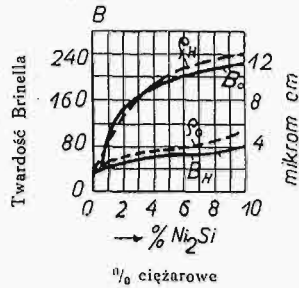
Pseudo podwójny układ Ni — Ni₂Si według Corsona (1927).

³ Rysunek ten wzięty został z artykułu A. Schulze'a, Giesserei Zeitung 25.697.1928, przyczem autor nie wskazuje źródła. Podaje go również broszurka „Monel Metal”, wydana przez towarzystwo „Monel-Weir”.

⁴ Bliższe szczegóły dotyczące spawania; F. Schüppel i W. Köster, Zs. f. Metallkunde 23.286.1931.

⁵ M. G. Corson. Iron Age 119.421.1927, Zs. f. Metallkunde 19.370.1927.

Dzięki temu, że ilość rozpuszczonego związku Ni_2Si w miedzi zmniejsza się w miarę obniżania temperatury, stopy Cu-Ni-Si można ulepszyć obróbką termiczną. Rys. 6 unaoocnia wpływ hartowania i odpuszczania na własności powyższych



Rys. 6. Własności stopów Cu — Ni₂Si. Dane Corsona (1927). B_H i ρ_H — twardość Brinella i elektryczna oporność właściwa stopów hartowanych przy 800°—850°, B_0 i ρ_0 — twardość i oporność elektryczna tychże stopów odpuszczonych przy 350—550°C.

stopów. Odpuszczanie po hartowaniu wybitnie podnosi twardość, i to tem bardziej, im większa jest koncentracja Ni_2Si . Oporność elektryczna podczas odpuszczania spada, zjawisko to jest wywołane wydzieleniem się Ni_2Si z roztworu stałego.

Stopy Cu-Ni₂Si są kujne i pozwalają się walcować na gorąco. Stop, zawierający 8% Ni_2Si , hartowany przy 800°—850° i odpuszczony w temperaturze 350°—550° wykazuje:

$$R = 77-80 \text{ kg/mm}^2, \quad S = 35 \text{ kg/mm}^2, \\ B = 180, \quad A_2'' = 10-18\% \text{ }^6.$$

Corson badał także wpływ domieszek Co_2Si , Cr_2Si na miedź i otrzymał również wartościowe stopy.

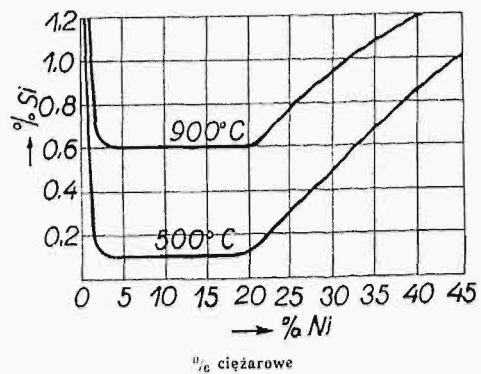
Inna znowu myśl przyświecała badaniom D. G. Jones'a, L. B. Pfeil'a i W. T. Griffiths'a⁷. Mianowicie, pragnęli oni znaleźć stop równoważny pod względem technicznym stopowi Monela, lecz tańszy od niego. Wobec tego wybrali z zakresu Cu-Ni stopy o mniejszej zawartości niklu i postanowili je uszlachetnić przez wprowadzenie nowych składników. Jako domieszkę ulepszającą, wybrali krzem, a częściowo i mangan.

Wspomniani autorzy podkreślają słusznie, że o użyteczności technicznej stopu decyduje nie tyle duża wytrzymałość na rozciąganie, ile wysoka granica sprężystości. Mając to na względzie, pragnęli oni ustalić warunki, w jakich badany stop ujawni maksymalną granicę sprężystości. Tak więc Jones, Pfeil i Griffiths stwierdzili, że już samo odpuszczanie stopów Cu-Ni nawet z małą dawką krzemu i manganu, po uprzednim silnym zgniocie, podnosi znacznie granicę sprężystości. Jako przykład, można przytoczyć, że w stopie miedzi z niklem 80:20, posiadającym 0,1% Si i 0,73% Mn, po 25% zgniocie w czasie odpuszczania w ciągu 1 godziny przy 450° wzrasta granica sprężystości (S) z 6,2 kg/mm² do 27,8 kg/mm², przy jednoczesnym spadku wytrzymałości na rozciąganie (R) z 53,4 kg/mm² do 49 kg/mm². Pomimo to, stop ten nie może się jeszcze równać ze stopem Monela, który w analogicznych warunkach wykazuje $R = 85 \text{ kg/mm}^2$ i $S = 49 \text{ kg/mm}^2$.

⁶ Znakowanie wytrzymałościowe według projektu Polskich Norm PN/w-1.

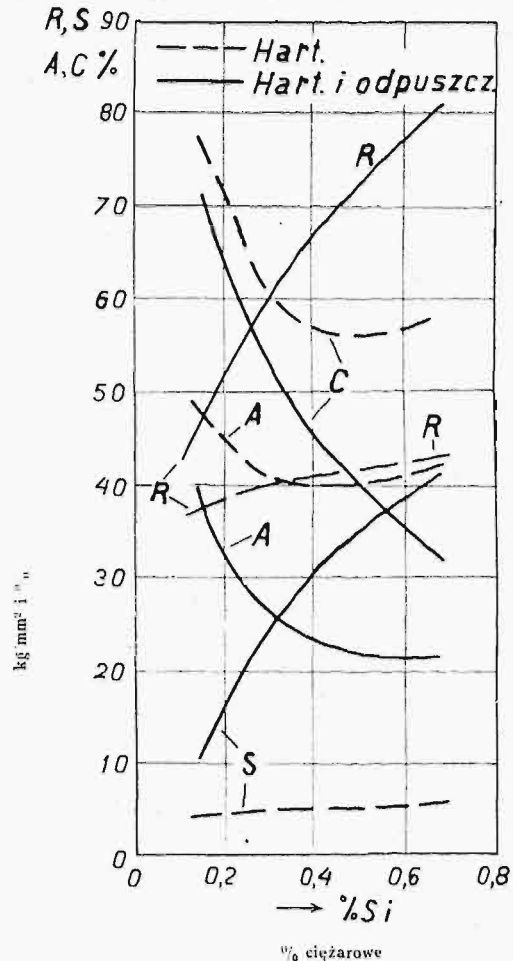
⁷ D. G. Jones, L. B. Pfeil, W. T. Griffiths, Journ. Inst. Metals, 46.423.1931.

Wprowadzając krzem do stopów Cu-Ni i pragnąc wyzyskać obróbkę termiczną do polepszenia



Rys. 7. Rozpuszczalność krzemu przy 500° i 900° w stopach Cu — Ni w zależności od koncentracji niklu według Jones'a, Pfeil'a i Griffiths'a (1931).

ich własności, Jones, Pfeil i Griffiths postanowili przede wszystkim wyjaśnić, w jakim stopniu krzem jest rozpuszczalny. Rys. 7 zawiera otrzy-



Rys. 8. Własności mechaniczne stopów Cu — Ni = 80:20 hartowanych przy 900°C i odpuszczonych pomiędzy 500° i 550. Dane Jonesa, Pfeila i Griffithsa (1931).

R — wytrzymałość na rozciąganie w kg/mm², A — % wydłużenie przy rozciąganiu na długości 4-krotnej, C — % przewężenie, S — granica sprężystości w kg/mm².

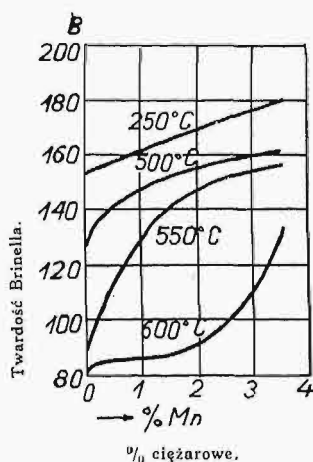
mane przez nich wyniki. Na podstawie tego rysunku łatwo jest zauważyć, że około 0,5% więcej

krzemu rozpuszcza się przy 900° niż przy 500°, dzięki temu można stopy te poddawać obróbce termicznej.

Z kolei przystąpili powyżsi autorzy do studjów technicznych nad stopami Cu-Ni z domieszką Si. Stopy były przygotowywane w piecu gazowym i starannie odtleniane kolejno manganem, krzemem i magnezem. Po odlaniu ulegały one kuciu i walcowaniu na gorąco, a następnie przeciągano je na zimno do żądanej średnicy.

Własności mechaniczne stopów niklu z miedzią 80 : 20, w zależności od wzrastającej domieszki krzemu, unaczni rys. 8^a. Linje przerywane odpowiadają stopom hartowanym w temperaturze 900°, linje ciągłe — stopom zahartowanym przy 900° i odpuszczonym w ciągu 1 godziny pomiędzy 500° i 550°. Jak widać z wykresu, najbardziej interesujące są stopy odpuszczone. Uderza nas ogromny wzrost wytrzymałości na rozciąganie, sięgającej 80 kg/mm², znaczne podniesienie się granicy sprężystości, przekraczającej 40 kg/mm², przy względnie dużej wydłużalności — powyżej 20%.

Ażeby wyświetlić bliżej rolę manganu w badanych stopach, Jones, Pfeil i Griffiths przygotowali serję stopów Cu-Ni ze zmienną ilością manganu. Po przeprowadzeniu doświadczeń, doszli oni do wniosku, że mangan nieznacznie utwardza



Rys. 9. Wpływ manganu na zachowanie twardości stopów Cu : Ni = 80 : 20, utwardzonych przez zgniot i odpuszczonych w ciągu 1 godziny przy różnych temperaturach według Jonesa, Pfeila i Griffithsa (1931).

stopy Ni — Cu, natomiast ma tę własność, że utrudnia rekrytalizację zgniecionych stopów. Ilustruje to dobrze rys. 9, wyjaśniający, jak wpływa mangan na twardość stopów niklu z miedzią 80 : 20 o zgnieciu równym 50% po odpuszczeniu w ciągu 1 godziny w różnych temperaturach. Widzimy, że Mn podwyższa znacznie temperaturę rekrytalizacji w przeciwieństwie do Si, który mało na nią wpływa.

Z tego też powodu należy przypuszczać, że dalszy rozwój stopów Ni — Cu będzie polegał na zwiększeniu zawartości Mn w stopach Ni-Cu, zawierających domieszkę krzemu.

(d. n.).

Nowoczesna budowa zapory i zakładu wodnego.

Napisał Inż. Ziemowit Śliwiński.

W szybkim rozwoju wyzyskania źródeł energii, wyzyskanie sił wodnych zajmuje jedno z ważniejszych miejsc. Wymaga ono naogół wielkich i kosztownych budowli piętrzących. Od umiejętności zaprojektowania i wykonania tych budowli zależy w dużej mierze racjonalność wyzyskania tego taniego źródła energii.

Dwa zasadnicze warunki nowoczesnej budowl: minimum kosztów i bezpieczeństwo stanowią specjalne trudności w rozwiązaniu takiego projektu. Do tego dochodzi jeszcze konieczność ochrony budowl w czasie budowy od powodzi oraz fakt, że kapitał ulokowany w budowie, aż do chwili ostatecznego jej wykończenia, nie przynosi dochodu, co stwarza dodatkowy warunek: szybkość wykonania robót. W tej dziedzinie dopiero ostatnie lata pozwoliły na wprowadzenie potężnych środków mechanicznych, które rozporządza nowoczesna technika, a które znakomicie skróciły okres budowy.

Jako przykład takiej nowoczesnej budowy, ilustrującej najnowsze metody pracy, przytaczam opis budowy zapory i zakładu wodnego w Ariel

(St. Zjedn. Am. Półn.). Sądzę, że zainteresuje ona tych wszystkich, którzy wierzą, że w rozwoju gospodarki Polski siły wodne odegrają ważną rolę, a ze względu na swój pionierski charakter zajmie szerszy ogół techników.

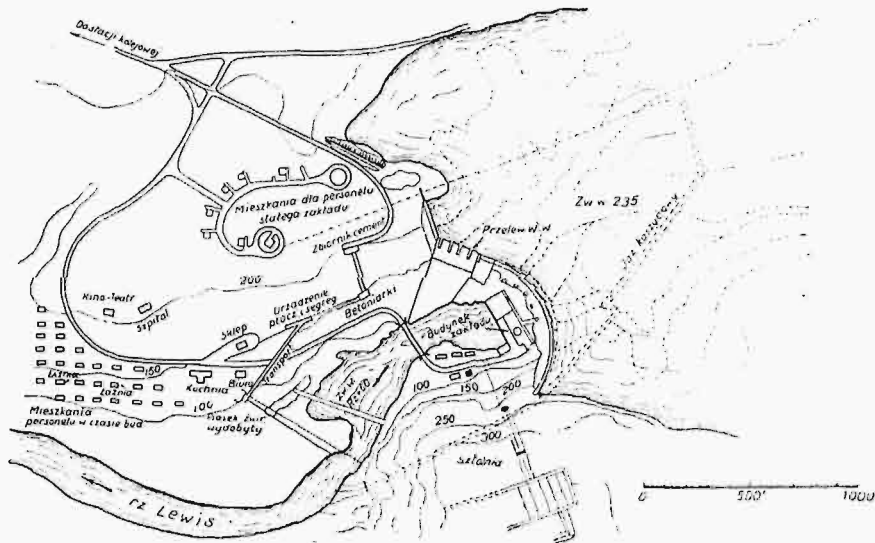
Budowę w Ariel poznałem dzięki stypendjum Funduszu Kultury Narodowej, które umożliwiło mi wyjazd do Ameryki, a które otrzymałem staraniem Wydziału Inżynierji Wodnej Politechniki Warszawskiej.

Ariel leży w stanie Washington nad rzeką Lewis, dopływem rz. Columbia. Rzeką Lewis ma swe źródło u szczytów Mt. Adams i St. Helens i jest zasilana z lodowców. Obie góry należą do pasma górskiego Cascade. Odległość miejsca budowy od ujścia rz. Lewis wynosi około 17 mil. Miejsce to zostało wybrane, jako najniższy punkt wyzyskania siły wodnej rz. Lewis. Wysokość nad poziomem morza zwierciadła średnich wód wynosi około 60 stóp.

Zlewnia rz. Lewis wynosi około 8000 mil kw. (20 600 km²). Roczny spływ około 400 000 akrostóp (490 milj. m³). Rozkład odpływu wykazuje wysokie średnie wartości w lecie (topnienie lodowców) i szczyty powodziowe na jesieni lub zimą, spowodowane gwałtownymi deszczami. Zlewnia o silnych spadach, zboczach porośniętych lasami iglastymi. Wielką wodę określono na 130 000 stóp sześć. na sek (3690 m³/sek).

^a Stopy te zawierały równocześnie pewną ilość manganu: od 0,35% do 1,29%. Jednak Jones, Pfeil i Griffiths przypisują zmianę własności stopów Ni—Cu przy obróbce termicznej głównie krzemowi. Atoli i mangan może tutaj pewien wpływ wywierać, tak że przytoczony rysunek jest, biorąc rzecz ściśle, tylko przybliżonym wykresem.

Przeprowadzono szczegółowe badania geologiczne doliny, przeznaczonej na zalew, i miejsca budowy zapory. Ogólna długość wierceń djamentowych wykonanych w tym celu dochodzi do 25 000 stóp. Otwory były 7/8". Bardzo staranne badania warstw w miejscu budowy wykazały sze-



Rys. 1. Sytuacja ogólna.

reg warstw andezytu i bazaltu, ułożonych naprzemian w lekkim spadzie od prawego do lewego brzegu rzeki, oraz głęboki kanion do 130 stóp poniżej istniejącego koryta, zanieiony całkowicie żwirem i gliną.

Ogólna moc instalowana w Ariel ma wynosić $4 \times 45\,000$ kW. W pierwszej fazie rozbudowy ma być ustawiona 1 jednostka 45 000 kW, a pozostałe trzy jednostki zakładane w miarę wzrostu zapotrzebowania energii. Ilość wody roboczej na turbinę wynosi około 3000 stóp sześciennych na sek (85 m³/sek). Spad brutto: 185 — 150 stóp (56,5 — 45,7 m).

Zbiornik powstały przez wybudowanie zapory ma pojemność użyteczną 220 000 akro-stóp (269,5 milj. m³).

Projekt wyzyskania siły wodnej w Ariel obejmuje:

1. Zaporę betonową z ujęciem wody i upustem wielkich wód.

2. Zakład wodny (konstrukcja żelbetowa) z wyposażeniem maszynowym i elektrycznym.

3. Budowle pomocnicze: sztolnię i jazy do odwodnienia miejsca budowy, drogi i most przez rzekę.

W przybliżonych cyfrach na powyższe budowle zużyto 267 500 m³ betonu, wykonano 267 500 m³ wykopów, w tem materiału luźnego 114 500 m³ i skały 153 000 m³.

Wyposażenie techniczne było następujące:

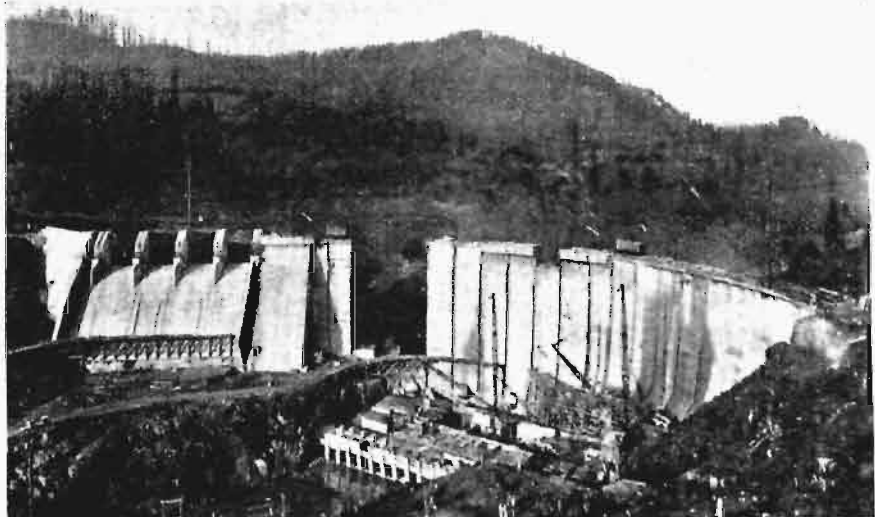
1. Instalacje do wytwarzania betonu.
2. Warsztat ciesielski.
3. Warsztat mechaniczny.
4. Warsztat do ostrzenia narzędzi.
5. Sprężarki: 3 szt. z siecią rur, rozprowadzających sprężone powietrze (ciśnienie 60 funt. na cal kw. (4,22 at)).
6. Młotki pneumatyczne ręczne i z podstawą.
7. Dźwigi „Clyde” 10 tonowe, 5 szt. (ramię 100 st. (30,5 m), 3-bębnowa winda z silnikiem 100 KM).
8. Dźwigi „Whirley-Whilley” 7 tonowe 5 szt. (ramię 75 st. (22,9 m), 3-bębnowa winda z silnikiem 75 KM).
9. Kopaczki na 1,25 yd. sześć. 2 sztuki (benzynowe), kopaczki na 1 yd. sześć. 1 szt. (z silnikiem Diesel'a), na 5/8 yd. sześć. 2 sztuki (poruszane sprężonym powietrzem).
10. Motorowe wózki pociągowe na szynach 7 tonowe, 8 sztuk i 20 wagonów.

11. Samochody ciężarowe gąsienicowe o pojemności 7 yd. sześć., 4 sztuki.

12. Traktory „Caterpillar 60” 1 szt., „Caterpillar 30” 1 szt., „Caterpillar 20” 1 szt., każdy zaopatrzone we wciągarkę.

13. Samochody ciężarowe o pojemności 3 yd. sześć., 18 sztuk.

14. Liny stalowe od 3/8" do 2" średnicy o ogólnej długości 18 mil.

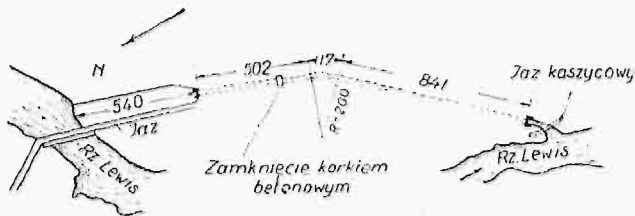


Rys. 2. Widok ogólny zapory.

Do oświetlenia i napędu używano prąd elektryczny z istniejącej sieci. Zużycie prądu miesięcznie było około 450 000 kWh. Obciążenie dochodziło do 1250 kW.

Do pomieszczenia personelu wybudowano 32 baraki na ogólną ilość 32×16 ludzi, donadto dwie

łaźnie i umywalnie z gorącą wodą, ustępy skanalizowane, budynek biura, kuchnie i jadalnię, sklep, fryzjериę, szpital i kino.

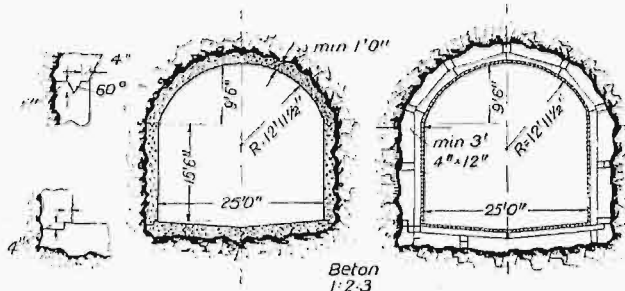


Rys. 3. Plan sztolni odwadniającej.

Całkowity koszt budowy zakładu i zapory wynosi 12 500 000 dolarów. Pierwsza faza rozbudowy wymaga wydatku 8 500 000 dolarów. Sumy powyższe obejmują roboty pomocnicze i badania.

Zakład jest własnością Inland Power & Light Co., jako przedsiębiorca budowlany występuje: Phoenix Utility Co. z ramienia Electric Bond & Share. Po wybudowaniu, przejmuje zakład Northwest Electric Co., jako dzierżawca.

Duża sprawność w wykonaniu budowli polegała na dobrej organizacji robót. W każdej fazie ro-



Rys. 4. Sztolnia odwadniająca: na lewo — przekrój charakterystyczny, na prawo przekrój części z wykładziną drewnianą.

boty wydzielano pewną zasadniczą czynność, która regulowała tempo pracy, i do niej stosowano wszystkie inne czynności. Tę zasadniczą czynność wykonywały zawsze maszyny o określonej wydajności. W pierwszym okresie zasadniczą czynnością były roboty ziemne, a maszyną regulującą tempo pracy — kopaczki, do których dobrano odpowiednią ilość środków przewozowych i personelu pomocniczego. Po przygotowaniu wykopu fundamentowego, tempo roboty regulowały dźwigi, układające beton, zespół maszyn wytwarzający beton i drużyny ciesielskie, ustawiające szalowania.

Plan organizacji opracowany był ramowo i pozwalał kierownikowi na zmiany według własnego uznania. W przytoczonym niżej opisie szczegółowym poszczególnych działów starałem się podać dane, dotyczące organizacji tych robót.

Sztolnia odwadniająca.

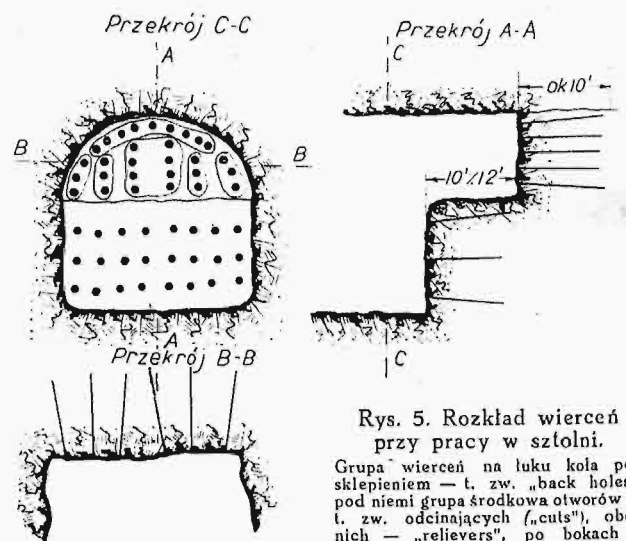
Sztolnia odwadniająca okala miejsce budowy na lewym brzegu rzeki. Sztolnia wykonana jest w skale; w przekroju ma kształt podkowy (rys. 4) o polu 515,37 st. kw. (46,4 m²). Zdolność maksymalna przepływu 12 000 st. sześć. na sek, przy szybkości $v = 20,86$ st. na sek (6,35 m/sec). Maksymalna W. W. wynosi 130 000 st. na sek (3679 m³/sek).

Zdolność przepływu stanowi 10,8% tej wartości. Ogólna długość sztolni wynosi 1462 st. (446 m). U wlotu i wylotu tunel posiada zamknięcia zasuwami na wałkach. Ostateczne zamknięcie tunelu dokonane ma być korkiem betonowym. W czasie betonowania korka zasuwę będą zamknięte, a sztolnia odwodniona. Betonowanie odbędzie się zzewnątrz przez szyb.

Sztolnia posiada wykładzinę betonową grubości nie mniejszej niż 1 st. (305 mm). Przewidziane złącza konstrukcyjne pozwalają wykonać betonowanie częściami w kolejności wskazanej na rysunku. Część sztolni przeznaczona na zamknięcie korkiem posiada wykładzinę drewnianą.

Wiercenie sztolni odbywało się w dwóch częściach: górnej 10 i dolnej 16 st. (3,05 i 4,9 m). Wiercenie górnej części odbywało się o 6 do 12 st. (1,8 do 3,6 m) przed dolną, tak że w przekroju podłużnym powstawał stopień 6 do 12 st. Wiercenia otworów na głębokość średnią 10 st. było dokonywane młotkami pneumatycznymi Ingresoll-Rand. W górnej części pracowały cztery młotki w dwóch pionowych prętach (po dwa). W dolnej również 4 młotki, umieszczone na poziomo umocowanym pręcie. W górnej części wiercono otworów około 40 (liczba ta była zmienna, zależnie od twardości napotkanej skały). Kierunek wierceń na obwodzie był nieco odchylony nazewnątrz, wiercenia środkowe pochylone silnie do wewnątrz odcinały klin (tak zw. otwory odcinające, „cuts”), następne (tak zw. rozluźniające, „relievers”) wiercone w kierunku osi sztolni. Przy wybuchu eksplodowały naprzód ładunki środkowe (cuts), potem sąsiednie (relievers), a wreszcie boczne i górne (rib & back-holes).

W części dolnej wiercono zwykle trzy rzędy otworów: górne, nieco pochylone ku górze, środkowe — poziome i dolne — pochylone w dół. Ogólna ilość otworów w dolnej części była około 24.

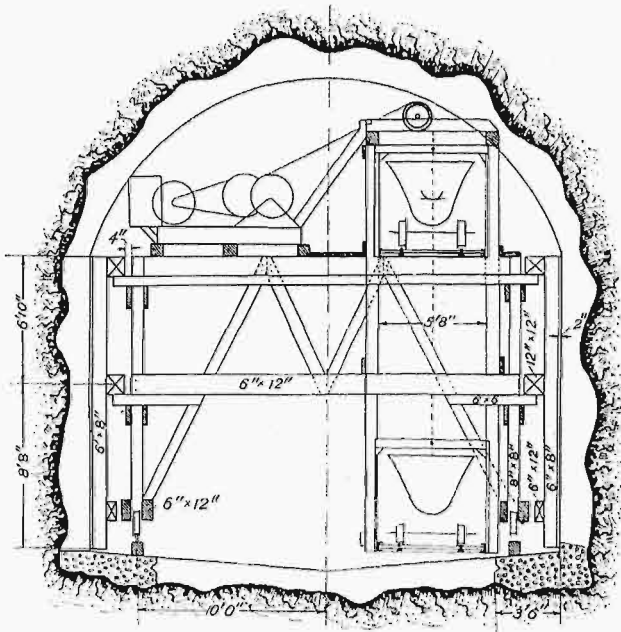


Rys. 5. Rozkład wierceń przy pracy w sztolni.

Grupa wierceń na łuku koła pod sklepieniem — t. zw. „back holes”, pod nimi grupa środkowa otworów — t. zw. odcinających („cuts”), obok nich — „relievers”, po bokach — „rib holes”.

Skruszoną materjałem wybuchowym skałę ładowano na wagoniki kopaczką 5/8 yd. sześć., poruszoną sprężonym powietrzem, i wywożono kolejka z siedmiotonnowym wózkiem pociągowym. Usu-

wanie luźnego materiału pozostałego na stopniu dokonywano ręcznie. Przy oczyszczaniu przekroju zdarzała się niejednokrotnie konieczność dodatko-



Rys. 6. Przesuwne szalowanie ścian tunelu.

wych strzałów dla usunięcia części skały, pozostającej w dolnych rogach przekroju, lub na granicy górnej i dolnej sekcji. Ogólna ilość usuniętego materiału wynosiła 48 000 yd. sześć. (36 300 m³). Do rozluźnienia użyto 125 000 funtów materiału wybuchowego.

Robotę prowadzono z dwóch stron od wlotu i wylotu jednocześnie. Dzięki bardzo starannym pomiarom, oś sztolni, wyznaczona od wlotu i wylotu, przy spotkaniu różniła się o 0,005 st. w kierunku poprzecznym.

Betonowanie okładziny betonowej odbywało się w czterech częściach: 1) dna na skrajach, 2) ścian, 3) sklepienia, 4) pozostałej części dna.

Do betonowania ścian i sklepienia używano szalowań przesuwnych. Szalowanie ścian (rys. 6) składało się ze sztywnej ramy na kołach i płyt do szalowania. Dwie jednostki po 24 st. długości tworzyły jedną całość 48 st. Po przesunięciu na właściwe miejsce, regulowane było ścięgami i rozporami (po 4 na jednostkę) i klinowane. Na górze szalowania (na wysokości szczytu ścian) zmontowano pomost roboczy i szyny dla wózka rozwożącego beton. Szyny ułożono wzdłuż ścian z dwiema obrotnicami. Beton dowożono w wózkach Insley 32 st. sześć. z betonierki umieszczonej u wlotu tunelu. Jako siłę pociągową, używano wózków motorowych 7 tonowych. Wózek z betonem wciągany był na pomost roboczy wciągarką, poruszaną silnikiem elektrycznym. Szalowanie sklepienia składało się, podobnie jak ścian, z ramy sztywnej na kołach i krążyn. Krążyny podnoszono na żadaną wysokość dźwigami, regulowano ściągaczami i klinowano (rys. 7).

Betonowanie odbywało się zapomocą ejektora „Ransome”, zmontowanego na szalowaniu ścian. Beton do ejektora dostarczano z platformy roboczej tegoż szalowania.

Szalowania okazały się dobre w użyciu i łatwe w ustawieniu. Przesunięcie i ustawienie trwało około jednej godziny.

Beton używany do okładziny był o stosunku składników 1 : 2 : 3.

Jazy i odwodnienie miejsca budowy.

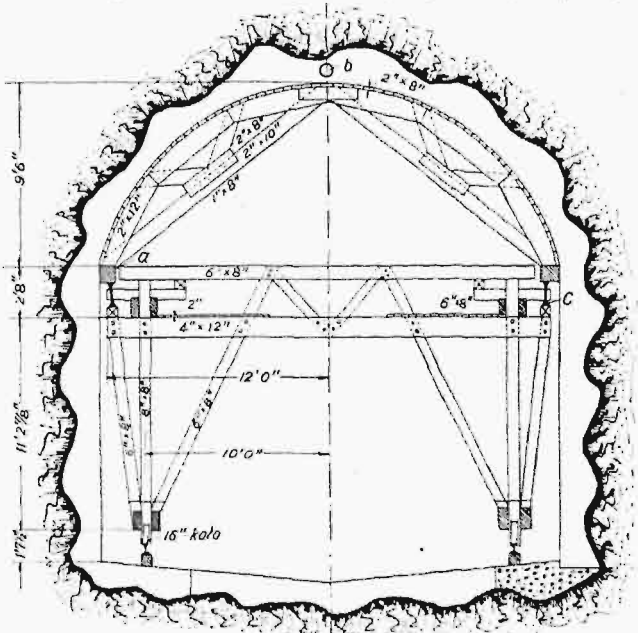
Jazy odgradzają miejsce budowy zapory od górnej i dolnej wody. Oba jazy składają się z kaszyc, napełnionych materiałem skalnym, oraz z żelaznych ścianek, zabijanych od strony piętrzenia na głębokość 10 do 30 st. (3,05 do 9,15 m).

Górny jaz ma kształt w planie uzależniony od położenia wylotu sztolni; stąd pochodzi znaczna długość: 1200 st. (366 m). Wysokość jazu w najgłębszym miejscu jest 5 st. (13,7 m). Sekcja przelewu wielkich wód posiada światło 200 st. (61 m) i zdolność przełyku 15 000 st. sześć. na sek. (420 m³/sek) przy piętrzeniu do rzędnej + 75,2 st. (22,9 m), t. j. do wysokości korony jazu.

Dolny jaz, poniżej miejsca budowy zapory, posiada długość około 300 st. (91,5 m). Wysokość do 30 st., koronę — na rzędnej + 60 st.

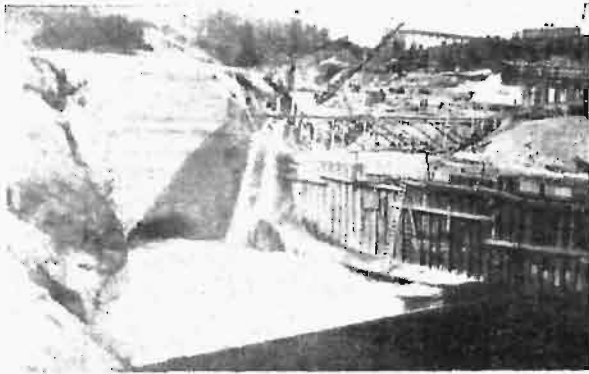
Kaszycy budowano na wodzie i zatapiano w miarę budowy. Robotę prowadzono z dwóch stron. Do przenoszenia materiału używano dźwigów Whirley. Po ustawieniu kaszyc zabijano ściankę z pali żelaznych młotem pneumatycznym.

Po wybudowaniu górnego i dolnego jazu przeprowadzono odwodnienie ogrodzonej części przez wypompowanie. Pracowało 5 pomp; z tych dwie o osi pionowej, każda o wydajności po 1500 gal. na minutę, wysokości tłoczenia 150 st., z silnikiem 75 KM. Trzy pompy o osi poziomej miały wydajność 4000 gal. na min, wysokość tłoczenia 50 st., silniki po 75 KM. Łączna wydajność pomp była



Rys. 7. Przekrój poprzeczny tunelu z szalowaniem sklepienia. a — 4\"

15 000 gal. (57 m³) na min. Pompy o osi pionowej były zawieszane na stalowych linach, przerzucanych przez dolinę i zakotwionych na zboczach. Obie tłoczyły wodę powyżej górnego jazu. Trzy

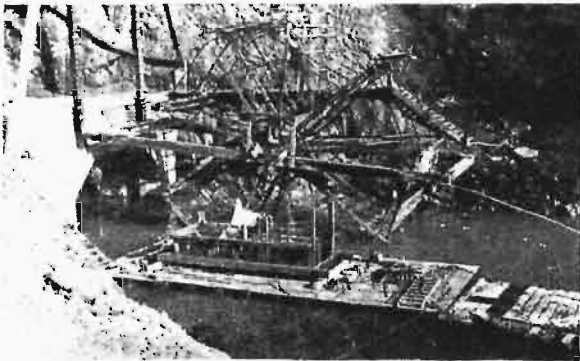


Rys. 8. Wlot do sztolni odwadniającej.

pompy o osi poziomej tłoczyły wodę do drewnianej rynny, prowadzącej poniżej dolnego jazu. Odwodnienie osiągnięto po trzech dniach pracy pomp, poczem pompy pracowały nadal, aby zapobiec zatopieniu odwodnionego terenu przez prześlakającą przez jazy i źródła wodę. W miarę postępu wykopów obniżano zwierciadło wody, umożliwiając pracę kopaczkom.

Wykop fundamentowy.

Przygotowanie podłoża pod fundament zapory wymagało usunięcia znacznej ilości materiału,



Rys. 9. Wylot sztolni z kołem do chwytania ryb.

bądź to luźnego w postaci żwiru, gliny i piasku, bądź zwietrzałych pokładów skały.

Na lewym brzegu powyżej zwierciadła wody materiał wydobywany kopaczkami (rozluźniony w miarę potrzeby materiałem wybuchowym) wywożono samochodami ciężarowymi. Na stromych zboczach ładowano ręcznie do skrzyń blaszanych 1,5 yd. sześć., które dźwigiem przenoszono, wysypując do samochodów.

Na prawym brzegu spłókiwano luźny materiał prądem wody pod ciśnieniem. Pokład żwiru i piasku tworzył tu warstwę 6 do 20 st. i miejscami był tak twardy, że używano materiału wybuchowego do jego rozluźnienia. Do pracy używano pompy odsrodkowej o wysokości tłoczenia 400 st. (120 m) z silnikiem 200 KM. Rura tłoczcząca była średnicy 6", u wylotu zwężona do 2,5". Ogółem usunięto w ten sposób 9500 yd. sześć. (7180 m³) materiałów.

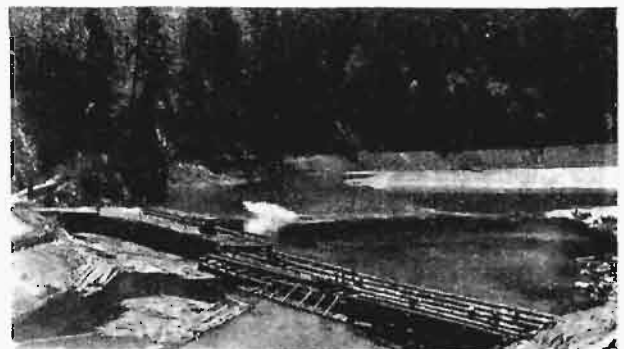
Ekscawację właściwego koryta rzeki dokonano częściowo pod wodą (przed wybudowaniem jazów

i odwodnieniem) zapomocą czerpaczek 2 yd. na dźwigu Clyde. Dźwig ten posiada maszt 115 st. i ramę 100 st. i jest zaopatrzony w silnik 100 KM. Dwa dźwigi były zmontowane na przeciwległych brzegach. Zasięg obu pokrywał całą szerokość koryta rzeki. Uzyskano w ten sposób pogłębienie około 40 st. (12,2 m) poniżej dna rzeki.

Dalsze ekscawacje prowadzono po odwodnieniu odcinka zawartego między jazami. Duża szybkość roboty była konieczna ze względu na ciągłą pracę pomp. Pracowały jednocześnie: 2 kopaczki 1,25 yd. sześć., 1 kopaczka 1 yd. sześć., 2 kopaczki 5/8 yd. sześć. Materiał odwożono samochodami ciężarowymi. Pochyłość drogi do wykopu utrzymano 20%. Po pochyłości tej samochody gąsienicowe jeździły o własnej sile, a kołowe wciągano przy użyciu wciągarki na traktorze. Prócz kopaczek, pracowały dwa dźwigi na brzegach kanionu, którymi wynoszono ręcznie ładowane skrzynie 1,5 yd. sześć.

Beton.

Żwir i piasek wydobywano z koryta rzeki poniżej dolnego jazu. Do tego celu służyło podwójne urządzenie, każde złożone z liny stalowej, przerzuconej przez koryto rzeki, i kubła bagrowniczego 2 yd. sześć. pojemności, poruszanego po linie przez dwubębnową wciągarkę z silnikiem 150 KM. Jeden bęben windy służył do nawijania liny ciągnącej kubek, drugi — liny rozładowującej. Główna lina (1 3/4"), po której poruszał się kubek, zakotwiona była w skale z jednej strony rzeki, a z drugiej przerzucona przez maszt i zamocowana do zakopananej belki drewnianej. Zamocowanie w skale było urządzone w ten sposób, aby można było linę przesuwac w miarę wykopywania żwiru. Długość przęsła od masztu do zakotwienia wynosiła około 1000 st. Kubły bagrownicze Sauerman Universal były zbudowane mocno z bardzo twardej stali. Bagrowaną zawartość kubły wysypywały do zbiorników (silosów). W dnie silosa był otwór 5 1/2" x 2 1/2", zamknięty zasuwą (feeder) w kształcie wózka, poruszanego silnikiem 5 KM zapomocą mimośrod. Przy ruchu wózka przesypywała się przez otwór stała ilość materiału, która przechodziła następnie przez sito pochyłe, złożone z prętów stalo-



Rys. 10. Dolny jaz w budowie.

wych w odstępach 6". Przesiany materiał przechodził na transporter, prowadzący do urządzenia płóczącego i segregującego, a grubszy, o ziarnach



Rys. 11. Spłókiwanie.

większych od 6", wpadał do bębna kruszącego, skąd przechodził również na wymieniony transporter.

Transporter stanowi gumowy pas 24" szerokości, zmontowany na drewnianym pomoście. Długość transportera wynosi 466 st., pochyłość pasa 18%. Pas porusza się z szybkością 225 st. na minutę (68,6 m/min) i posiada wydajność do 200 yd. sześć. na godzinę. Transporter był poruszany silnikiem 60 KM.

Urządzenie płóczące i segregujące (rys. 13) (zmontowane jest na rusztowaniu nad rozsegregowanym materiałem. Urządzenie to składało się z obrotowego sita cylindrycznego 60 cali średnicy i 14 st. długości. Sito to ma otwory 1,5", obraca się na osi pochyłej. Wewnątrz cylindra znajduje się 4" rura, doprowadzająca wodę. Materiał grubszy, o ziarnach większych niż 1,5", wysypuje się z cylindra do przedniej części silosu. Materiał przesiany o ziarnach mniejszych niż 1,5" wpada do zewnętrznego cylindra 6' długości i 100 cali średnicy z otworami 5/16". Materiał nie przesiany przez to sito stanowi żwir 5/16" do 1,5" i gromadzony jest w środkowej części silosu. Materiał, który przeszedł przez zewnętrzne sito z otworami 5/16", stanowi piasek, który przesypuje się do zbiornika z wodą, a stamtąd do rynny, zaopatrzonej w ślimak. Ślimak podnosi piasek, płócząc go dokładnie, i wysypuje na mały transporter, który prowadzi do przeznaczonego miejsca. Ostatecznie rozsegregowany materiał, zgromadzony w oddzielnych częściach silosu, stanowi:

| | | |
|--------------------------|-------|----------|
| piasek o średnicy ziarna | 0" | do 5/16" |
| żwir | 5/16" | do 1,5" |
| kamyki | 1,5" | do 6" |

Szereg drenów w części silosu z piaskiem pozwalał na szybkie odprowadzenie wody i otrzymanie piasku o wilgotności zmiennej w małych granicach, co ze względu na produkcję betonu jest bardzo ważne.

Wybudowanie dachu nad zwałem piasku zmniejszyłoby prawdopodobnie jeszcze bardziej te granice i uniezależniło od wpływu częstych deszczów.

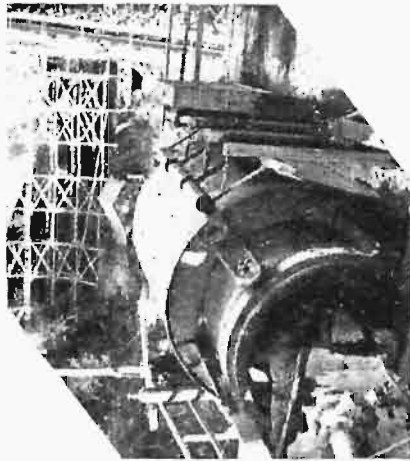
Pod zebrany piasek, żwirem i kamieniami mieści się tunel z transporterem, prowadzącym do betonierek. W stropie tunelu mieszczą się otwory, zaopatrzone w zasuwę Telsmith, obsługiwane ręcznie. Przez otwory te przesypują się na transporter żwir, piasek lub kamienie, zależnie od zapotrzebowania. Transporter 24 st. szerokości, długości 460 st., doprowadza materiał do zbiorników w budynku betonierek. Transporter ten poruszany jest silnikiem 60 KM. Zbiorniki umieszczone są na górze budynku, a materiał wysypywany jest do odpowiedniego przedziału lejem na łożysku obrotowym. W zbiorniku są cztery przedziały na: kamyki, piasek, żwir i cement. Cement doprowadzany jest obudowanym transporterem ze zbiornika głównego. Pas tego transportera ma szerokość 14" i długość 290 st. \times 2. Silnik 30 KM. Główny zbiornik cementu posiada pojemność 3800 beczek i zaopatrzony jest w dwa wewnętrzne transportery ślimakowe, doprowadzające cement na transporter, wiodący do betonierek. Każdy z tych małych transporterów ma długość 48 st. Do głównego zbiornika cementu dowożony jest ze stacji kolejowej samochodami o pojemności 50 beczek. Do samochodów ładowano cement ze zbiornika na stacji, który był napełniany z wagonów przy użyciu powietrza sprężonego. Samochody są tak urządzone, że przy wyładowaniu zbiornik cementu podnosi się i cement pod własnym ciężarem wysypuje się. Dla przyspieszenia wyładunku, stosowano również powietrze



Rys. 12. Wykop w korycie rzeki.

sprężone. W budynku betonierek, pod zbiornikami żwiru, cementu i piasku, mieści się hala wag, w której odbywa się ważenie materiału do betonu.

Urządzenie składa się z dwóch jednakowych kompletów, z których każdy posiada automatyczną wagę do cementu, wagę do kruszywa i regulator wody. Materjał do węg dostarczany jest grawitacyjnie, z wyjątkiem cementu, który doprowadzany jest transporterem ślimakowym. Oba urządzenia obsługują każdą z trzech betonierek, umieszczonych na następnym poziomie. Betonierki są o pojemności 2 yd. sześć., poruszane przez 40 KM silniki elektryczne. Mieszanie betonu trwa 2,5 min. Do każdego silnika włączony był amperograf, notujący samoczynnie natężenie prądu, co pozwalało odczytywać z taśm pracę betonierek i prowadzić bardzo dokładną kontrolę czasu mieszania, wysypywania i przerw w pracy.



Rys. 13.

Urządzenie płóczące i segregujące. Sita.

Beton używany do budowy zapory był o składzie: 1 : 2,4 : 2 : 4,6 (cement, piasek $\frac{5}{16}$ ", żwir ($\frac{3}{16}$ " — $1\frac{1}{2}$ "), kamyki ($\frac{1}{2}$ " — 6") w cyfrach objętości bezwzględnej). Skład 1 yd. sześć. betonu wynosił na wagę:

| | |
|-------------------|------------|
| cementu | 376 funtów |
| piasku | 950 .. |
| żwiru | 725 .. |
| kamyków | 1 725 .. |

Ilość wody wahała się w granicach: 28 do 30 gallonów na yd. sześć. Spółczynnik cement : woda stanowił około 1,07.

Spółczynnik miałkości kruszywa średnio 6,77. Analizy ziarnowe przeprowadzono codzień.

Do badań wytrzymałości brano próbki cylindryczne 6" × 12" z miejsca budowy. Przybliżone średnie wartości otrzymane z prób były następujące:

| | |
|-------------|--|
| po 7 dniach | 1 700 funt. na cal kw. (119 kg/cm ²) |
| „ 28 „ | 2 800 „ „ „ „ (196 „) |
| „ 60 „ | 3 200 „ „ „ „ (225 „) |
| „ 90 „ | 3 600 „ . „ „ „ (252 „). |

(d. c. n.).

Drgania ultraakustyczne.*)

Artykuł poniższy stanowi krótkie streszczenie wykładu p. prof. d-ra M. Wolfkego, wygłoszonego na Kursach Inżynierskich Stow. Inżynierów Mech. Polskich. Jak wynika z treści wykładu, drgania ultraakustyczne, które znalazły już poprzednio bardzo interesujące zastosowanie w sygnalizacji morskiej i do pomiarów głębokości mórz (por. Przegl. Techn. 1927, str. 776 — 778), stają się obecnie nowym środkiem badawczym w dziedzinie techniczno-przemysłowej, mianowicie w zakresie badań metaloznawczych. To też fakt ten powinien szczególnie zainteresować sfery techniczne.

Redakcja.

Ultraakustycznymi nazywamy drgania mechaniczne o bardzo wysokiej częstotliwości. Dotychczas jedynym źródłem fal tego rodzaju są drgania kryształów piezoelektrycznych, a przedewszystkiem najlepiej zbadanego piezokwarcu.

Efekt piezoelektryczny polega na tem, że odkształceniom mechanicznym piezokryształów towarzyszy pojawienie się swobodnych ładunków na powierzchniach bocznych tychże kryształów.

Jeżeli z asymetrycznego kryształu kwarcowego wytniemy płytkę o powierzchniach bocznych prostopadłych do osi elektrycznych (osi podwójnej symetrii), a leżących w płaszczyźnie wyznaczonej przez osi optyczną oraz osi odkształceń mechanicznych, i płytkę tę poddamy wyciąganiu wzdłuż osi mechanicznej, wówczas na jej powierzchniach bocznych pojawią się ładunki swobodne.

Możemy również wywołać zjawisko odwrotne. Przykładając do okładzin bocznych płytki piezokwarcu szybkozmienne pole elektryczne, możemy

pobudzić ją do drgań mechanicznych, synchronicznych ze zmiennością pola.

Drgania te otrzymują największą amplitudę przy częstotliwościach, odpowiadających drganiom własnym płytki. Przez odpowiednie dobranie kształtu płytki, możemy pozbyć się harmonicznych i otrzymać drgania proste: wielkość krawędzi powinna być proporcjonalna do szybkości rozchodzenia się drgań w poszczególnych kierunkach. Szybkość ta różna jest dla różnych w stosunku do osi optycznych kierunków.

Jakiż rząd wielkości otrzymamy na długość fali?

Dla przyłożonych fal elektromagnetycznych mamy związek: $\lambda v = c$, gdzie v — częstotliwość, a c — prędkość światła.

Dla wzbudzanych przez te fale drgań ultraakustycznych będzie odpowiednio: $\Lambda v = v$, gdzie v oznacza prędkość rozchodzenia się drgań w danym ośrodku.

Mamy więc:

$$\frac{\Lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}; \quad \Lambda = \frac{v\lambda}{c}$$

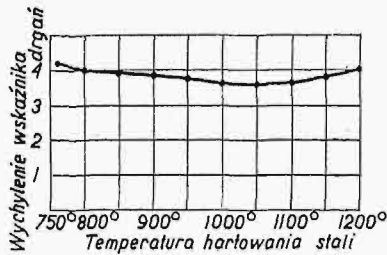
*) Streszcza I. Wasutyńska.

Dla demonstrowanej płytki z piezokwarcu, po podstawieniu danych liczbowych, otrzymujemy:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^4 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^{10}} = 10^{-1} \text{ cm,}$$

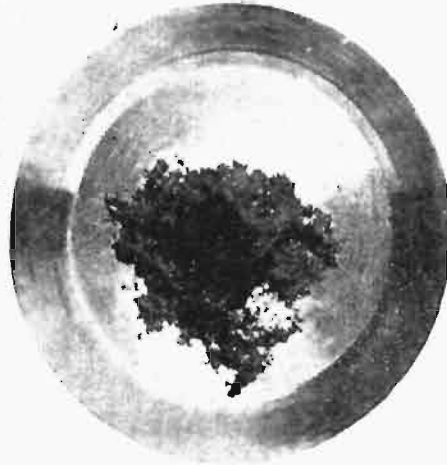
a więc długość fali rzędu 1 mm.

Jedną z cech charakterystycznych tych fal jest ich wielka przenikliwość. Tak np., podczas gdy promienie rentgenowskie przenikają blok metalo-



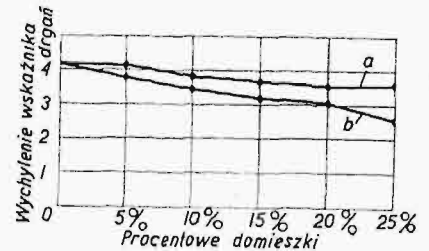
Rys. 1.

Zmiany absorpcji fal ultraakustycznych w zależności od temperatury hartowania stali.



Rys. 3.

Przekrój odlewu miedzianego z próżnią w środku, wykrytą przy badaniu absorpcji fal ultraakustycznych (odlew wykazał w tem miejscu nienormalną absorpcję).



Rys. 2.

Absorbca fal ultraakustycznych przez stopy w zależności od ich składu chemicznego. Linja łamana a — dotyczy mosiądzu, b — bronzu.

wy na głębokość 8—10 cm, fale ultraakustyczne docierają do głębokości 47 cm. Przenikliwość ta wzrasta wraz ze wzrostem przyłożonego napięcia. I tak przy napięciu wzbudzającym 2000 V fale te mogły przeniknąć płytkę żelazną grubości 3 cm, przy napięciu 3000 V przenikały płytkę 7-centymetrową, przy 5000 V — 22-centymetrową, przy 10 000 V wreszcie 47 cm.

Badania absorpcji drgań ultraakustycznych wykazały, że nie tylko poszczególne metale wykazują charakterystyczną dla siebie absorpcję, lecz że jej wartości charakteryzują naprzykład gatunki stali hartowanej w różnych temperaturach (rys. 1).

Okazało się dalej, że na wartości absorpcji odbijają się wszelkiego rodzaju domieszki stopowe, jak to wykazuje wykres na rys. 2. Pomiary absorpcji pozwoliły wykryć również niejednorodność odlewu miedzianego (rys. 3).

Poniższa tabelka podaje wartości absorpcji dla kilku metali, przyczem liczby podane oznaczają wychylenia *N* wskaźnika drgań przy tej samej zawsze grubości płytki metalowej (grubość = 0,1 cm).

| Tworzywo | <i>N</i> |
|---------------------|----------|
| stal | 20 |
| bronz | 14 |
| żelazo | 14 |
| żeliwo | 13 |
| miedź | 7 |
| ołów | 6 |
| aluminium | 5 |

Drugą cechą charakterystyczną fal ultraakustycznych jest ich niezmiernie silne działanie biologiczne. Stwierdzono, naprz., że rozrywają one poprostu komórki organiczne. Zabójcze ich działanie na organizmy zwierzęce stwierdzono również na szlaku pomiarów głębokości dna morskiego (zabite ryby).

Obecnie w Zakładzie Fizycznym I Politechniki Warszawskiej przystąpiono do badania

wplywu drgań ultraakustycznych na kinetykę reakcyj chemicznych.

Nowe wydawnictwa^{*)}

- Rozwój portu Gdańskiego.** K. Świątecki. Pamiętnik Instytutu Bałtyckiego. Zesz. 4. Str. 296 i 5 tab. poza tekstem. Wyd. Inst. Bałtyckiego. Toruń 1932. Cena zł. 20.
- Rozwój pojęć o ochronie praw wynalazcy.** W. Czempieńska. Str. 117. Nakł. Wyższej Szkoły Handl. w Warszawie. 1931. Cena zł. 5.
- Odptyw w poszczególnym roku hydrologicznym.** Inż. Dr. K. Wójcicki. Str. 28 (in 4^o). Warszawa 1932. Cena zł. 3.
- Naukowe zasady prowadzenia akcji przeciwpożarowej na kopalniach.** Prof. W. Budryk. Str. 121 z 57 rys. Nakł. Biblioteki Akademii Górniczej w Krakowie.
- La construction des bobinages électriques.** Aide-mémoire du bobinier. C. Clément. Wyd. 3-cie. Str. 373. Dunod, Paryż 1932. Cena zł. 25.80.
- Le diagramme „It” de la combustion.** Prof. D. P. Rosin i inż. R. Fehling, przełożył z niem. M. Guyot. Str. 100. Dunod, Paryż 1932. Cena zł. 15.10.
- Freileitungsbau mit Schleuderbetonmasten.** Dr. inż. L. Hauser i inż. R. Burget. Str. 176, rys. 145. R. Oldenbourg, Monachjum—Berlin. Cena zł. 22.
- Die Phasenkompensation in Drehstromanlagen.** Ing. H. Rengert. Str. 101 z 98 rys. Wyd. R. Oldenbourg Berlin i Monachjum. 1931. Cena zł. 11.10.
- Tabellen und Diagramme für Wasserdampf berechnet aus der spez. Wärme,** oprac. O. Knoblauch, E. Raisch, H. Hausen, W. Koch. Wyd. 2-gie, przerobione i rozszerzone. Str. 40, rys. 1 i 2 tabele wykresów. R. Oldenbourg. Monachjum—Berlin 1932. Cena zł. 11.—.

^{*)} Wszystkie podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w Księgarni Technicznej „Przeglądu Technicznego”, Warszawa, ul. Czackiego 3.

O osiągalnych dokładnościach przy wyznaczaniu granicy sprężystości apar. lusterkowym (Martensa).

Napisał Inż. Ignacy Ziemiański.

Granicą sprężystości jest wielkość naprężenia, względnie wydłużenia właściwego, po której przekroczeniu zjawiają się pierwsze odkształcenia trwałe, czyli nie znikające po usunięciu działania siły rozciągającej. Stąd wynika, że przy naprężeniach mniejszych, niż odpowiadające granicy sprężystości, materiał winien zachowywać się jak doskonale sprężysty, t. j. każdej zmianie naprężenia odpowiadać winna pewna zmiana wydłużenia, która znika przy usunięciu tej zmiany naprężenia.

W praktyce jednak wyznaczanie granicy sprężystości napotyka na znaczne trudności i zależy od: dokładności przeprowadzanych pomiarów, precyzji odnośnych urządzeń, a także od wielkości odkształcenia trwałego, które przyjęto za objaw przekroczenia granicy sprężystości.

Wielkość tego odkształcenia zależy od umowy. Kongres Brukselski z r. 1906 przyjął za granicę sprężystości naprężenie, odpowiadające odkształceniu trwałemu $e = 0,001\%$ długości pomiarowej próbki. Życiowo biorąc, gdy decydujemy o tak nieuchwytnych wielkości, jak $e = 0,001\%$ L , zjawia się szereg rozbieżności zdań, poglądów i nawyków.

Wobec trudności, związanych z wyznaczeniem ścisłej granicy sprężystości, niektóre państwa, a nawet i większe zakłady przemysłowe, przyjęły dla celów praktycznych większą wartość odkształcenia trwałego, określającego granicę sprężystości, podnosząc przez to wartość odnośnego naprężenia.

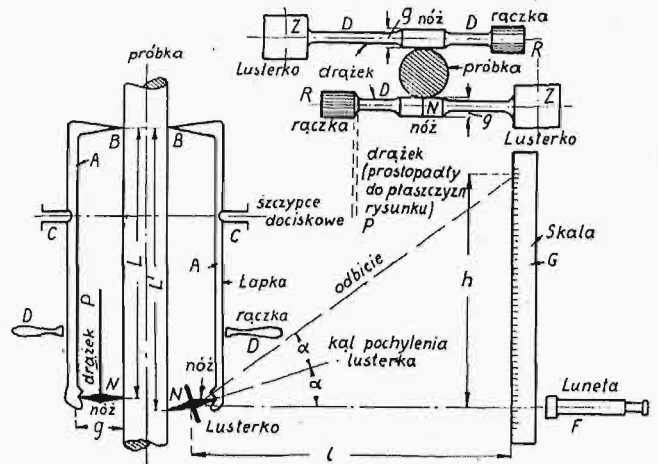
Naprzekład, niemiecki Urząd Badania Materjałów (Materialprüfungsamt) w Berlinie przyjmuje do celów badawczych wielkość odkształcenia trwałego, określającego granicę sprężystości, $e = 0,003\%$ L . Komisja Hutnicza Dep. Uzbr. M. S. Wojsk. $e = 0,01\%$ L ; przy dostawach kolejowych i rządowych w Niemczech: $e = 0,03\%$ L ; we francuskich warunkach odbiorczych spotyka się nawet określenie granicy sprężystości przy odkształceniu trwałym $e = 0,2\%$ L .

Ta ostatnia wielkość nie jest właściwą granicą sprężystości nawet w przybliżeniu i dlatego z większą słusnością można ją określić, jako próbę kontrolną, która stwierdza, że przy zgóry określonym naprężeniu materiał nie może mieć większego odkształcenia trwałego, niż $0,2\%$ L . Próba taka jest bez porównania prostszą, niż próba ścisła z aparatem lusterkowym, ponieważ może być wykonana szybko, bez większych ostrożności, z dostateczną ścisłością, na przykład przy użyciu ekstensometru Martens'a-Kennedy'ego.

Do wyznaczania granicy sprężystości wykonywa fabryka A. J. Amslera w Schaffhausen (Szwajcaria) aparat lusterkowy t. zw. ekstensometr Martensa. Opis tego przyrządu jest podany w projekcie normy $\frac{\text{PN Projekt norm}}{\text{PS 195 - 15}}$, skąd przytaczam go w streszczeniu.

„Aparat składa się z następujących części podstawowych:
a) Dwóch drążków D z nożami N i lusterkami Z . Oś drążków leży w płaszczyźnie ostrzy noży i dzieli na połowę

odległość g . Rączka R z drążkiem P , prostym do płaszczyzny ostrzy, służy do nastawiania drążków. Lusterko Z obraca się dokoła osi z lekkim tarcim, uniemożliwiając samoczynny obrót lusterka. Środek odbijającej (posrebrzonej) płaszczyzny lusterka leży zawsze na osi drążka;
b) dwóch łapek A , ściskanych szczypcami C . Rękojeście D służą do ustawiania łapek;
c) dwóch lunet F , dwóch skał milimetrowych G , na wspólnej podstawie i trójnożu”.



Rys. 1.

Przyjęto następujące oznaczenia:

h — odczyt na skali w mm,

g — szerokość noża N w mm,

l — odległość środka posrebrzonej powierzchni lusterka od skał w mm,

α — kąt pochylenia noża N w stopniach,

L — długość łapek w mm.

Kąt α odpowiada wydłużeniu próbki $L_1 - L$, wysokość zaś h odpowiada kątowi 2α , jak to widać z rys. 1, a zatem:

$$L_1 - L = g \sin \alpha; \quad h = l \operatorname{tg} 2\alpha;$$

Przy dostatecznie małych kątach α (wzgl. 2α) przynależnych odczytom nie wychodzącym poza skalę, możemy zamienić $\sin \alpha$ i $\operatorname{tg} 2\alpha$ przez α i 2α , wówczas:

$$L_1 - L = g\alpha; \quad h = l \cdot 2\alpha,$$

zatem wydłużenie jednostkowe próbki:

$$e = \frac{L_1 - L}{L} = \frac{g}{L} = \frac{g}{2l} \cdot \frac{h}{L}.$$

Rozpatrzmy, jaki błąd popełniamy, przyjmując tak uproszczony wzór.

Do mierzenia odległości lusterek mamy dwa dostarczone przez wytwórcę maszyny przymiary o odległościach:

dla noża o szerokości $g = 4,018$ mm: $l = 1019$ mm
" " " $g = 5,018$ mm: $l = 1254$ " "

Określmy kąt α dla odczytów na skali $h - h_0 = 50, 100, 150, 200, 250$ i 300 mm, przyjmując $h_0 = 0$, przy użyciu podanych wyżej długości $l = 1019$ i 1254 mm, oraz odnośne wydłużenia jednostkowe e rzeczywiste i otrzymane według wzoru przybliżonego.

| $l = 1019 \text{ mm}; L = 100 \text{ mm}; g = 4,018 \text{ mm}$ | | | | | | |
|---|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Odczyt h w mm | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| Kąt 2α | 2°48'23" | 5°35'12" | 8°21'57" | 11°5'37" | 13°46'18" | 16°23'29" |
| Kąt α | 1°24'11" | 2°47'36" | 4°10'58" | 5°32'49" | 6°53'9" | 8°11'45" |
| Sin α | 0,024 485 | 0,048 73 | 0,072 94 | 0,096 66 | 0,119 88 | 0,142 56 |
| Łuk α | 0,024 488 | 0,048 75 | 0,073 00 | 0,096 82 | 0,120 18 | 0,143 05 |
| $e_{\text{przybl.}} = \frac{gh}{2lL}$ | 0,000 934 80 | 0 001 969 6 | 0,002 954 4 | 0,003 939 2 | 0,004 924 0 | 0,005 908 9 |
| $e_{\text{rzecz.}} = \frac{g \sin \alpha}{L}$ | 0,000 984 68 | 0,001 958 1 | 0,002 930 7 | 0,003 883 8 | 0,004 817 2 | 0,005 728 0 |
| $\Delta e = e_{\text{przybl.}} - e_{\text{rzecz.}}$ | 0,000 001 2 | 0,000 008 5 | 0,000 023 7 | 0,000 055 4 | 0,000 106 8 | 0,000 180 9 |
| $\left \frac{\Delta e}{e} \right \%$ | 0,12 | 0,43 | 0,81 | 1,42 | 2,22 | 3,14 |
| $l = 1254 \text{ mm}; L = 100 \text{ mm}; g = 5,018 \text{ mm}$ | | | | | | |
| Kąt 2α | 2°17'0" | 4°33'34" | 6°49'16" | 9°3'42" | 11°16'29" | 13°27'15" |
| Kąt α | 1°8'30" | 2°16'47" | 3°24'38" | 4°31'51" | 5°38'14" | 6°43'38" |
| Sin α | 0,019 924 | 0,039 98 | 0,059 49 | 0,079 00 | 0,098 23 | 0,011 714 |
| Łuk α | 0,019 926 | 0,039 79 | 0,059 52 | 0,079 08 | 0,098 39 | 0,011 741 |
| $e_{\text{przybl.}} = \frac{gh}{2lL}$ | 0,001 000 | 0,002 001 | 0,003 001 | 0,004 002 | 0,005 002 | 0,006 002 |
| $e_{\text{rzecz.}} = \frac{g \sin \alpha}{L}$ | 0,000 998 | 0,001 996 | 0,002 985 | 0,003 964 | 0,004 929 | 0,005 878 |
| $\Delta e = e_{\text{przybl.}} - e_{\text{rzecz.}}$ | 0,000 002 | 0,000 005 | 0,000 016 | 0,000 038 | 0,000 073 | 0,000 124 |
| $\left \frac{\Delta e}{e} \right \%$ | 0,21 | 0,25 | 0,54 | 0,96 | 1,47 | 2,11 |

Z powyższego wynika, że błąd, powstający wskutek uproszczenia wzoru, nie będzie miał żadnego znaczenia przy wyznaczaniu granicy sprężystości, t. j. odkształcenia trwałego $e = 0,001\% L$ lub $0,01\%$. Natomiast będzie miał pewien wpływ na dokładność wyznaczenia ogólnego odkształcenia, która to dokładność jest znacznie mniejsza, i które w czasie próby ma bardziej charakter orjentacyjny.

Aparat lusterkowy jest bardzo czuły. W celu otrzymania możliwie najlepszych wyników, należy niedokładności ustawienia i przyrządu mieć możliwie najmniejsze, jak również ścisłość obserwacji najdokładniejszą.

W celu określenia wpływu poszczególnych czynników i błędów na wynik ostateczny, przeprowadziłem (przy pomocy Biura Pomiarów Ścisłych I. B. M. U.) pomiar noży i łapek, sprawdziłem dokładność ustawienia aparatu i określiłem wpływ poszczególnych błędów.

Norma P. S. 195 żąda przeprowadzenia pomiaru noży z dokładnością 0,001 mm. Żądanie powyższe należy uważać za zbyt wygórowane, ponieważ pomiary noży, nadesłanych z fabr. Amslera, wykazały, że oznaczone przez fabrykę wymiary różniły się od rzeczywistych, jak to podano poniżej.

| Cecha noża | Wymiar fabryczny w mm | Wymiary rzeczywiste w mm | | Różnica rzeczyw. wym. w mm | Różnica w mm pomiędzy wymiarem fabrycznym a rzeczywistym | | U w a g i |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------|----------------------------|--|---------|--|
| | | max. | min. | | max. | min. | |
| I a | 4,101 | 4,111 | 4,103 | 0,008 | + 0,002 | + 0,002 | Dokładność pomiarów ± 0,001 mm |
| I b | 4,101 | 4,106 | 4,098 | 0,008 | + 0,005 | - 0,003 | |
| II a | 4,101 | 4,110 | 4,093 | 0,017 | + 0,009 | - 0,008 | |
| II b | 4,101 | 4,108 | 4,098 | 0,010 | + 0,007 | - 0,003 | |
| III a | 5,049 | 5,056 | 5,052 | 0,004 | + 0,007 | + 0,003 | |
| III b | 5,049 | 5,054 | 0,051 | 0,003 | + 0,005 | + 0,002 | |
| Noże aparatu badanego. | | | | | | | |
| I a | 4,113 | 4,115 | 4,111 | 0,004 | + 0,002 | - 0,002 | Noże Ia, Ib, IIIa, IIIb są nieużywane, reszta — używane. |
| I b | 4,113 | 4,113 | 4,111 | 0,002 | 0,000 | - 0,002 | |
| II a | 4,136 | 4,136 | 4,132 | 0,004 | 0,000 | - 0,004 | |
| II b | 4,136 | 4,138 | 4,134 | 0,004 | + 0,002 | - 0,002 | |
| I a | 5,048 | 5,047 | 5,044 | 0,003 | - 0,001 | 0,004 | |
| I b | 5,048 | 5,046 | 5,042 | 0,004 | - 0,002 | - 0,006 | |
| II a | 5,036 | 5,035 | 5,032 | 0,003 | - 0,001 | - 0,004 | |
| II b | 5,036 | 5,037 | 5,032 | 0,005 | + 0,001 | 0,004 | |

Pomiary noży aparatu Martensa z Państw. Fabr. Sprawdzianów, dokonane w laboratorium P. W. U. pod kier. p. inż. E. Oski, wykazały:

| Cecha noża | Wymiar fabryczny w mm | Odchylenia w mm |
|------------|-----------------------|-----------------|
| I | 4,120 | $\pm 0,003$ |
| II | 3,120 | $\pm 0,004$ |
| III | 5,022 | $\pm 0,003$ |
| IV | 5,022 | $\pm 0,003$ |

Dlatego należy uważać, że dokładność dobrze wykonanych noży, może być $\Delta g = 0,005$ mm.

Pomiary skal, wykonane w Gł. Urz. Miar, wykazały:

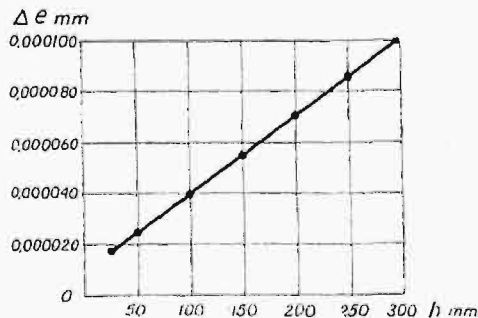
| Wymiar nominalny | Wymiar rzeczywisty |
|------------------|--------------------|
| 1254,0 mm | 1254,2 mm |
| 1019,0 mm | 1019,9 mm |

Z powyższego wynika, że napewno dokładność wykonania miarek drewnianych do mierzenia odległości skali od środka lusterka jest większa, niż dokładność ustawienia przyrządu, którą należy przyjąć w granicach 3—5 mm.

Najtrudniej było ustalić możliwą dokładność odczytu. Przyjęto mówić, że wprawny obserwator może odczytywać na oko z dokładnością 0,1 podziałki. Twierdzenie to należy również uważać za przesadne. W rzeczywistości dokładnie na oko można tylko określić 0,25, 0,5, 0,75, czyli dokładność jest $\frac{1}{4}$ mm. Dziesiątne, podawane przy obserwacjach, należy uważać za orientacyjne, zbliżone do zasadniczych, wyżej wymienionych wielkości, lub za chęć wykazania swej arcywielkiej dokładności.

Bardzo ważnym czynnikiem dokładności obserwacji jest należyte oświetlenie skal, do czego fabryka Amslera wykonywa specjalną lampę. Jest to zwykła krótkodrutowa żarówka 40 watowa w podłużnej oprawce metalowej, która jest umocowana na ruchomym statywie, dającym możliwość nastawiania lampy na pożądaną odległość od skal. Wadą tej lampy (rys. 4) jest to, że części skali zbliżone do lampy są oświetlone zbyt jasno, natomiast przeciwległe końce skal są ciemniejsze, co utrudnia dokładne odczytywanie części podziałek.

Odczyty uskutecznią się zmniejszonym nakładem uwagi przy prowadzeniu prób na 5 000 kg maszynie wytrzymałościowej Amslera (śrubowej) niż na 20-tonnowej (hydraulicznej). Pięciotonnowa ma tę zasadniczą wadę, że jej uchwyty mają ruch



Rys. 2. Krzywa zależności Δe mm od h .

tylko w jednej płaszczyźnie, więc często zbaczają próbkę w drugiej płaszczyźnie. 20-tonnowa tej wady nie posiada, gdyż uchwyty mogą się ustawić zupełnie prawidłowo, ponieważ nie są skrępowane

przewodnicami. Natomiast ulega drganiom, wywołanym przez ruch pompy. Drgania te są tem większe, im większe jest obciążenie, więc przy różnicy $h - h_0$ około 150 mm i więcej często podskoki te dochodzą nawet do $\frac{1}{2}$ podziałki.

Wymaga to znacznej wprawy i natężenia wzroku, żeby móc odczytać rzeczywistą wartość. Nadomiar złego, warunki lokalne danej pracowni zupełnie nie nadają się do wykonywania prób ścisłych, bowiem maszyny wytrzymałościowe są ustawione na żelaznych belkach stropowych, skutkiem czego wszelkie wstrząsy budynku odbijają się na nich. Prócz tego drewniana podłoga pracowni jest oparta na legarkach, położonych na gruzie, którym są zasypane sklepienia ceglane, oparte na dźwigarach żelaznych. Wszystko to drga i porusza się przy najmniejszym ruchu w budynku. Z tego względu należy uważać, że, jeżeli da się osiągnąć dokładność odczytu 0,25 mm, to będzie to największa dokładność, na jaką pozwalają warunki miejscowe.

Po ustaleniu powyższych niedokładności, możemy zbadać, jaki będzie ostateczny błąd obserwacji i w jakim stopniu wpłynie on na ostateczny wynik próby. Uproszczony wzór, określający jednostkowe wydłużenie:

$$e = \frac{gh}{2lL}$$

jest zależny od czterech zmiennych.

Pierwsza pochodna wszystkich zmiennych¹⁾

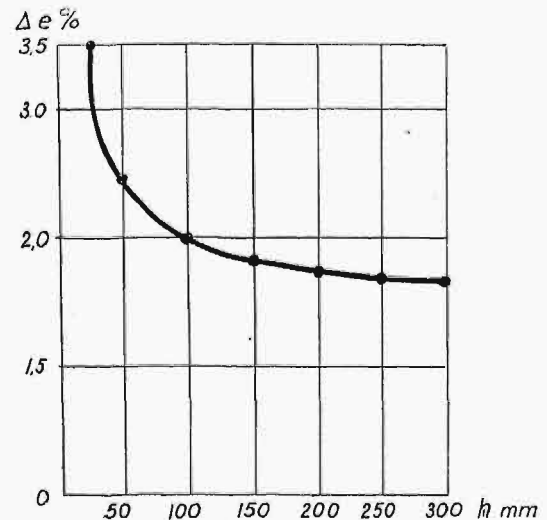
$$(\Delta e) = \left(\frac{de}{dg}\right)(\Delta g) + \left(\frac{de}{dh}\right)(\Delta h) + \left(\frac{de}{dl}\right)(\Delta l) + \left(\frac{de}{dL}\right)(\Delta L)$$

po zróżniczkowaniu:

$$(\Delta e) = \frac{h}{2lL}(\Delta g) + \frac{g}{2lL}(\Delta h) + \frac{gh}{2l^2L}(\Delta l) + \frac{gh}{2lL^2}(\Delta L).$$

W rozpatrywanym przypadku było:

$$\Delta g = 5,018 \text{ mm}; \quad l = 1254 \text{ mm}, \quad L = 100 \text{ mm}, \\ h_0 = 0, \quad h = 300 \text{ mm};$$



Rys. 3. Krzywa zależności Δe % od h .

przyjęto powyżej:

$$\Delta g = 0,005 \text{ mm}; \quad \Delta l = 5 \text{ mm}; \quad \Delta L = 1,0 \text{ mm}; \\ \Delta h = 0,5 \text{ mm}.$$

¹⁾ Dyskusję wzoru przeprowadził p. J. Zieliński.

Określamy błąd przy różnych h , więc ze względów rachunkowych przekształcimy wzór:

$$\Delta e = h \left(\frac{1}{2lL} \Delta g + \frac{g}{2l^2L} \Delta l + \frac{g}{2lL^2} \Delta L \right) + \frac{g}{2lh} \Delta h.$$

Po podstawieniu wartości liczbowych, otrzymujemy:

$$e = h \left(\frac{1}{2 \cdot 1254 \cdot 100} 0,005 + \frac{5,018,5}{2 \cdot 1254^2 \cdot 100} + \frac{5,018 \cdot 1,0}{2 \cdot 1254 \cdot (100)^2} \right) + \frac{5,018 \cdot 0,5}{2 \cdot 1254 \cdot 100}.$$

$$e = h(0,00000002 + 0,00000008 + 0,0000002) + 0,000010.$$

$$e = h \cdot 0,0000003 + 0,000010.$$

Błąd bezwzględny e jest funkcją I-go stopnia i rośnie wprost proporcjonalnie do h .

Niżej podano kilka wartości e dla poszczególnych $h - h_0$.

| $h - h_0$ w mm | e w mm |
|-------------------|-------------|
| 25 | 0,000 017 5 |
| 50 | 0,000 025 0 |
| 100 | 0,000 040 0 |
| 150 | 0,000 055 0 |
| 200 | 0,000 070 0 |
| 250 | 0,000 085 0 |
| 300 | 0,000 100 0 |

Rzeczywista wartość e równa się wartości odczytowej $\pm \Delta e$.

$$\text{Błąd w } \% \text{ obliczony ze wzoru } |\Delta e| \% = \frac{|\Delta e| \cdot 100}{e}$$

podany jest w zestawieniu poniższym dla rozpatrywanego przykładu dla różnych $h - h_0$.

| $h - h_0$ w mm | e w mm | $ \Delta e \%$ |
|-------------------|-------------|-----------------|
| 25 | 0,0005 | 3,50 |
| 50 | 0,001 | 2,50 |
| 100 | 0,002 | 2,00 |
| 150 | 0,003 | 1,83 |
| 200 | 0,004 | 1,75 |
| 250 | 0,005 | 1,70 |
| 300 | 0,006 | 1,67 |

Nie należy również starać się przy zbliżaniu do granicy sprężystości zmniejszać rozpiętości naprężeń, w celu możliwego uchwycenia granicy zbliżonej do odczytu. Dokładność bowiem wartości otrzymanej w ten sposób jest znacznie mniejsza, niż dokładność wyniku, otrzymanego w drodze interpolacji. Rzeczywiście, przyjmując wzrost naprężenia, odpowiadającego wydłużeniu $h - h_a = 5$ mm, otrzymuje się błąd 11,5%, zaś przy $h - h_a = 3,5$ mm, błąd jest 21,5%. Zatem, pozostawiając przez cały czas $h - h_a = 5$ mm, otrzymujemy błąd zbliżony do 11,5%.

Zachowując stosunek $\frac{g}{2e} = \text{stałym}$, w danym wypadku $\frac{1}{500}$, widzimy, że dokładność zwiększa

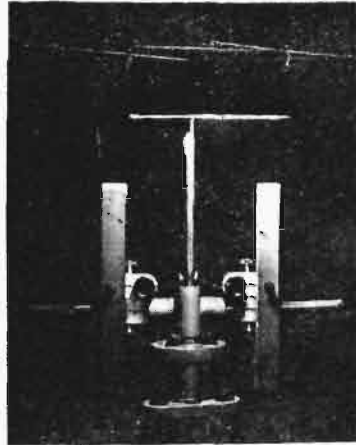
się w miarę zwiększania szerokości noża g . Dokładność wykonania noża g należy przyjąć 0,005 mm, niezależnie od jego szerokości.

Przy szerokości $g = 4$ mm, otrzymuje się $l = 1000$ mm i, pozostawiając wyżej przyjęte niedokładności,

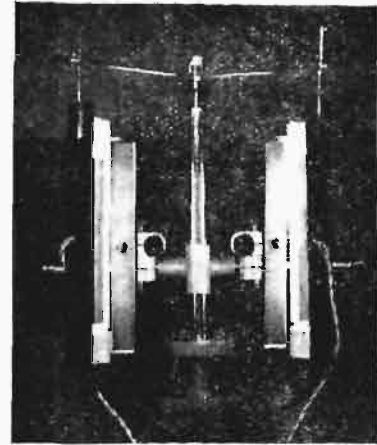
$$|\Delta e| = h(0,000000025 + 0,0000001 + 0,0000002) + 0,00001 = h \cdot 0,000000325 + 0,00001;$$

przy $g = 6$ mm, $l = 1500$ mm:

$$|\Delta e| = h(0,00000017 + 0,00000066 + 0,00000020) + 0,00001 = h \cdot 0,000000283 + 0,00001.$$



Rys. 4. Złe oświetlenie skali.



Rys. 5. Poprawione oświetlenie.

Dla $h = 100$ mm, otrzymuje się:

$$\text{przy } g = 4 \text{ mm; } |\Delta e| = 0,0000425; |\Delta e| \% = 2,13\%.$$

$$\text{przy } g = 6 \text{ mm; } |\Delta e| = 0,0000383; |\Delta e| \% = 1,91\%.$$

Dla zwiększenia jednak szerokości noża jest pewna granica, ponieważ w miarę zwiększania odległości l zmniejsza się wielkość odczytowej podziałki i staje się zbyt trudnym dokładne odczytanie wartości.

Również zwiększenie stosunku $g : 2l$ wielkiej korzyści nie daje, ponieważ przy stosunku 1:1000 otrzymuje się podziałkę o tyle drobną, że można odczytywać najwyżej 0,5, t. j. dokładność wygрана na odległości jest pochłonięta przez zmniejszoną dokładność odczytu.

Długość L pożądaną jest brać jaknajwiększą, ponieważ wówczas graniczne e jest większe i z większą dokładnością może być odczytane.

Rzeczywiście,

$$\text{przy } L = 50 \text{ mm; } e = 0,000010 \text{ } L = 0,0005 \text{ mm; } h - h_0 = 0,25 \text{ mm.}$$

$$\text{„ } L = 100 \text{ mm; } e = 0,000010 \text{ } L = 0,0010 \text{ mm; } h - h_0 = 0,50 \text{ mm,}$$

$$\text{„ } L = 150 \text{ mm; } e = 0,000010 \text{ } L = 0,0015 \text{ mm. } h - h_0 = 0,75 \text{ mm.}$$

$$\text{„ } L = 200 \text{ mm; } e = 0,000010 \text{ } L = 0,0020 \text{ mm; } h - h_0 = 1,00 \text{ mm.}$$

czyli możliwość otrzymania tej samej dokładności przy $L = 200$ mm jest cztery razy większa, niż przy $L = 50$ mm.

Natomiast niedokładność ustawienia noży i długości łapek należy liczyć jako stałą $L = 1,0$ mm.

Bardzo ważnym szczegółem, częstokroć decydującym o wynikach próby, jest należyte nacięcie ryski do umocowania łapek *).

Prócz tego, należy uwzględnić niedokładność maszyny.

Podaję niżej wyniki sprawdzenia maszyn pracowni, dokonane w dniu 25 lutego 1930 r. przez Laboratorium Wytrzymałości Tworzyw Politechniki Warszawskiej przy pomocy Amslerowskiej skrzynki rてciowej.

Maszyna hydrauliczna o sile 20 tonn.

Ustawienie siłomierza na 10 tonn.

| | | | | |
|-------------------|------|---------------|-------|------------------|
| Odczyt siłomierza | 1 t. | jest wyższy o | 0,16% | od siły istotnej |
| " | 2 " | " | 0,24% | " |
| " | 3 " | " | 0,07% | " |
| " | 4 " | " | 0,35% | " |
| " | 5 " | " | 0,25% | " |
| " | 6 " | niższy o | 0,19% | " |
| " | 7 " | " | 0,02% | " |
| " | 8 " | wyższy o | 0,20% | " |
| " | 9 " | " | 0,08% | " |
| " | 10 " | " | 0,02% | " |

Ustawienie siłomierza 20 tonn.

| | | | | |
|-------------------|------|---------------|-------|------------------|
| Odczyt siłomierza | 5 t. | jest niższy o | 0,43% | od siły istotnej |
| " | 10 " | " | 0,15% | " |
| " | 15 " | " | 0,20% | " |
| " | 20 " | " | 0,29% | " |

Maszyna śrubowa o sile 5 tonn.

Ustawienie siłomierza 5 tonn.

| | | | | |
|-------------------|------|---------------|-------|------------------|
| Odczyt siłomierza | 1 t. | jest wyższy o | 0,70% | od siły istotnej |
| " | 2 " | " | 0,46% | " |
| " | 3 " | " | 0,67% | " |
| " | 4 " | " | 0,09% | " |
| " | 5 " | " | 0,38% | " |

Wynika stąd, że dla wszystkich wypadków błąd odczytu dla 20 t maszyny jest mniejszy niż 0,5%, a dla 5 t — mniejszy niż 0,75%.

Dlatego napewno błąd popełniony przy odczycie wartości siły będzie miał wpływ podrzędny na wynik ostateczny.

Powyzsze nasuwa następujące uwagi, zmierzające do otrzymania wyników prób z możliwie największą dokładnością.

1^o. Pożądane jest posiadać małą próbkę, naprzykład wz. II. Nr. 6 lub 7, którą należy rozerwać w

celu zorjentowania się co do granicy płynności, wytrzymałości na rozciąganie i wydłużenia.

2^o Do prób ścisłych na rozciąganie należy brać próbki możliwie największe, mianowicie wz. III. Nr. 8, 9, 10. Osobiście zmieniałem w próbce Nr. 8 średnicę z $d=10$ na 11,28 mm, w celu otrzymania przekroju próbki $F=100$ mm²; w próbce Nr. 9 zmieniałem d na 15,96, wówczas $F=200,0$ mm², i w Nr. 10 — d na 19,54, wówczas $F=300$ mm². Zmiany powyższe mają na celu udogodnienie przy obliczaniu.

3^o. Następnie, mając już te zasadnicze wyniki, przyjąć możliwie największe obciążenie pierwotne, naprzykład: dla stali od 5 do 6 kg/mm².

Tak znaczne jednostkowe obciążenie pierwotne i wielka średnica próbki ma na celu obciążenie maszyny, to znaczy pochłonięcie martwych ruchów i bezwładności maszyny oraz zniwelowanie niedokładności założenia pierścieni i próbki w uchwytach.

Należy obciążenie zmieniać w taki sposób, żeby otrzymać przyrosty odkształceń całkowitych możliwie duże, t. zn. wartość $h_n - h_{n-1}$ naprzykład w granicach od 3 do 5 mm.

Wówczas na podanym wyżej przykładzie dokładność określenia przyrostów odkształceń stałych przy $h_n - h_{n-1} = 3$, będzie 18,2% a przy $h_n - h_{n-1} = 5$ tylko 11,5%, co również wpłynie na dokładność wyznaczenia granicy sprężystości.

Z powyższego wynika, że w celu otrzymania możliwie najdokładniejszych wyników prób nie należy wcale uganiać się za tak modnymi częściami mikronów, ponieważ błąd obserwacji przy tem niepomniernie wzrasta.

Należy natomiast wszelkie błędy i niedokładności samej maszyny i jej ustawienia mieć względnie najmniejsze, a próbę przeprowadzać dając pierwotne obciążenie i stopień wzrostu naprężeń możliwie duży, w celu otrzymania większej wartości $h_n - h_{n-1}$, gdyż wówczas możliwie zmniejsza się wpływ wszystkich błędów.

Organizacja administracji państwowej w dziedzinie gospodarstwa wodnego.

Napisał Inż. Władysław Kollis.

Projekt Komisji usprawnienia administracji publicznej, dotyczący podziału prac obecnego Ministerstwa Robót Publicznych pomiędzy inne ministerstwa był już omawiany zarówno w prasie technicznej, jak i codziennej. Artykuły b. ministrów inż. Moraczewskiego i prof. dr. Matkiewicza oraz prof. dr. Rożańskiego w „Czasopiśmie Technicznym” wykazały, że łączne traktowanie zagadnień z dziedziny wodnej, drogowej i

*) Dolna powierzchnia ryski powinna być ściśle prostopadłą do osi próbki, gdyż w przeciwnym razie łapki często zsuwają się z ryski, co może dać mylne wyniki badania; kąt rozwarcia bocznych ścian ryski winien być większy, niż kąt ścięcia łapek, ponieważ przy kacie zbyt ostrym może się zdarzyć, że łapka będzie obracała się na zewnętrznej dolnej krawędzi próbki, co również może wtywać ujemnie na wyniki prób

budowlanej, przy wspólnem kierownictwie i programie, prowadzi do bardziej oszczędnego i racjonalnego rozwiązania wielu problemów technicznych.

W uwagach poniższych zamierzam poruszyć sprawę organizacji jednego z działów Ministerstwa, mianowicie działu wodnego. Stworzenie racjonalnej formy organizacyjnej wymaga dokładnego przestudjowania treści, która w formie tej będzie się mieściła. Dopiero znając treść, będziemy mogli, nie krępując jej rozwoju, tworzyć schematy mniej lub więcej oszczędnie pracującego aparatu administracyjnego.

W danym wypadku należałoby zatem omówić istotę gospodarstwa wodnego, jego kierunki rozwojowe, charakter prac z niem związanych oraz

sposoby wykonywania tych prac. Na tle podanych zadań i istoty gospodarstwa wodnego będzie niezmiernie ciekawym przedstawić projekt komisji usprawnienia administracji w tej jego części, która dotyczy omawianego przezemnie tematu. Takie zestawienie treści gospodarstwa wodnego i formy, w którą zostająby ujęta administracja tem gospodarstwem według projektu komisji, umożliwi ocenę technicznej wartości projektu. Pozatem zestawienie to, ujawniając wszelkie braki i niedociągnięcia projektu wspomnianej komisji, pozwoli podać próbę odpowiedzi na pytanie: jaką powinna być organizacja administracji państwowej w dziedzinie gospodarstwa wodnego, by czyniła zadość warunkowi technicznej racjonalności i najbardziej ekonomicznego wyzyskania sił ludzkich.

Istota gospodarstwa wodnego polega na takim wkroczeniu przy pomocy środków technicznych w poszczególne pozycje pasywów i aktywów zamkniętego bilansu wodnych przychodów i strat, by uzyskać pożądaną w danych warunkach wysokość rozchodu na spływ. Wysokość tę uwarunkowują potrzeby rolnictwa, przemysłu, czy też komunikacji.

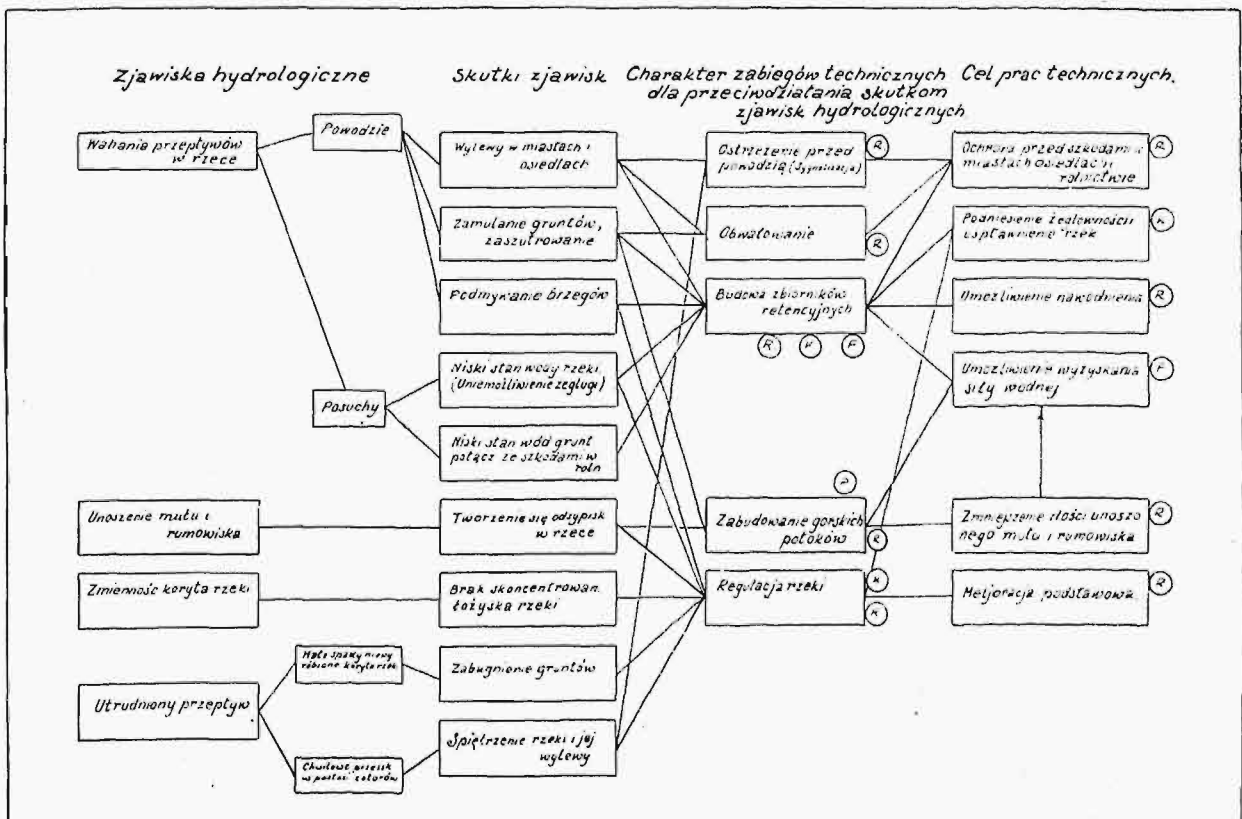
Pomijając tu stronę naukowo-techniczną zagadnienia, o czym miałem sposobność mówić na innym miejscu¹⁾, wypadnie tylko wyjaśnić, że figurująca po stronie przychodowej bilansu pozycja wód atmosferycznych nie może być regulowana środkami techniki. W sferze ingerencji technicznej znajdują się jedynie pozycje rozchodowe. Abstrahując od geograficznego położenia terytorjum, mogą być wypadki, gdy wskutek znikomych opadów

¹⁾ W. Kollis. Rozwój hydrologii jako nauki. Czasopismo Techniczne, 1930 r.

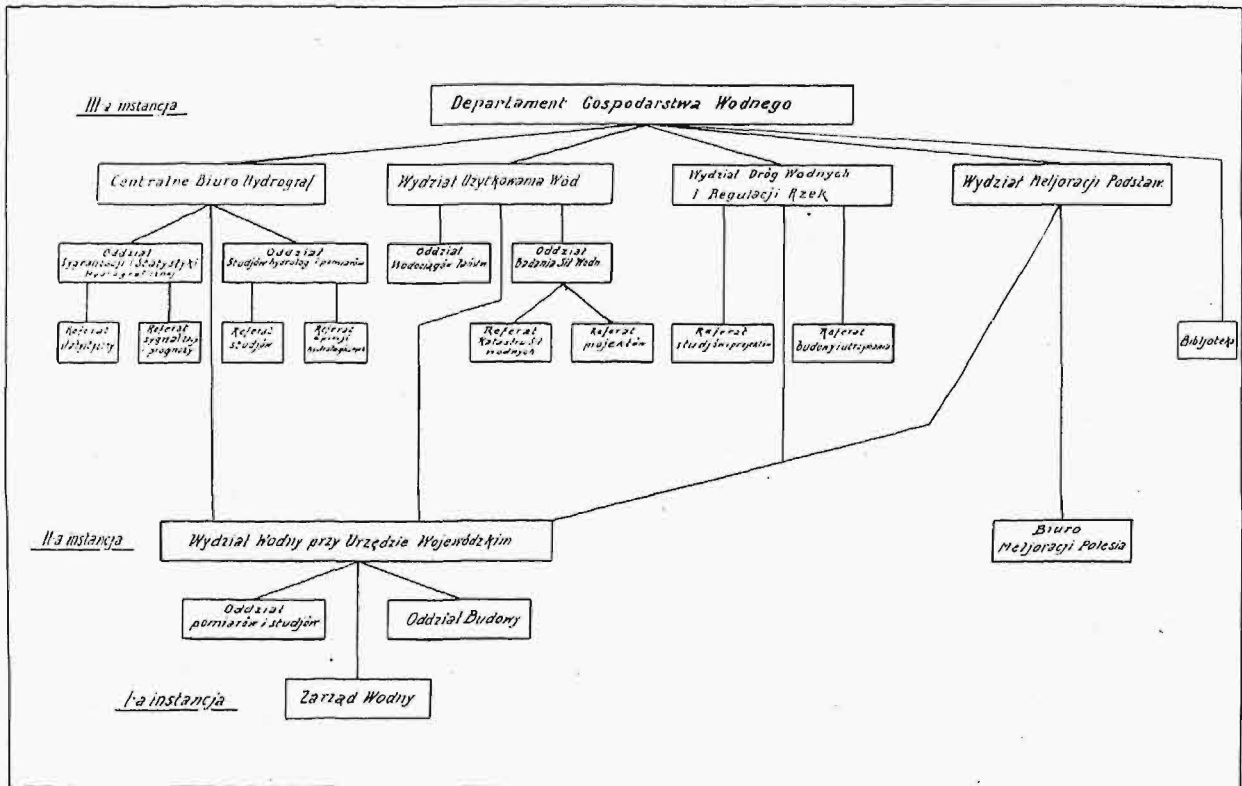
spływ prawie nie istnieje. Będą to typowe strefy nawodnienia (Turkieslan, Sahara), dla których zwiększenie spływu może być osiągnięte w drodze fuzji gospodarstw zlewni danej ze zlewnią rzeki o znacznych aktywach. Te zagadnienia w naszym kraju nie istnieją. Natomiast połączenie dwóch dorzeczy we wspólny organizm wodno-gospodarczy będzie miało u nas zastosowanie przy wyzyskaniu sił wodnych, częściowo przy zasilaniu sztucznych dróg wodnych. W związku z wartością liczbowa spływu stoi sprawa mniej lub więcej szkodliwego lub wręcz niszczącego działania wód płynących (erozja łożyska, akumulacja namulów i rumowiska). Stąd wynika konieczność regulowania spływu w ciągu roku, celem zmniejszenia amplitudy jego wahań. Wreszcie zbyt mała wartość spływu w porównaniu z potencjalnym stanem dorzecza (tereny zabagnione) wymaga stałego podniesienia wartości spływu.

A więc z istoty i skutków pewnych zjawisk hydrologicznych wyływają odpowiednie prace techniczne, które zmierzają do określonych celów zgodnie z potrzebami rolnictwa, przemysłu czy komunikacji. Dla możliwie przejrzystego zobrazowania całokształtu gospodarstwa wodnego, łączności jego problemów oraz charakteru prac technicznych, niezbędnych przy tem do wykonania, podaję niżej schemat graficzny (rys. 1). Połączenia poszczególnych pozycji tego schematu liniami wykazują łączność lub podobieństwo zagadnień, metod pracy, względnie celów.

Ze schematu tego widzimy, jak skomplikowany spłot tworzą zagadnienia z dziedziny gospodarstwa wodnego. Charakterystycznym objawem jest stosunkowo nieznaczna ilość odmiennych zabiegów



Rys. 1.



Rys. 2.

technicznych dla przeciwdziałania bardzo licznym i różnorodnym skutkom szeregu zjawisk hydrologicznych.

Dla urobienia sobie pojęcia o istotnej treści i charakterze projektu komisji usprawnienia administracji w odniesieniu do podziału agend wodnych Ministerstwa Robót Publicznych, umieściłem w ostatnich dwóch kolumnach schematu specjalne symbole. Symbole te odpowiadają przynależności poszczególnych prac technicznych do różnych resortów według wspomnianego projektu komisji. Litera *R* — oznacza Ministerstwo Rolnictwa, litera *K* — Min. Komunikacji, wreszcie litera *P* — Min. Przemysłu i Handlu. Muszę się zastrzec, że projekt komisji wprawdzie nie mówi zupełnie o przydzielaniu jakichkolwiek prac z dziedziny wodnej do Min. Przemysłu i Handlu — jest to jednak, przypuszczam, wynikiem tylko nieporozumienia. Przeoczone zostało istnienie prac związanych z wyzyskaniem sił wodnych, które, posiadając pewien związek z zagadnieniami ogólno-energetycznymi, łącznie z nimi prawdopodobnie znalazłyby się w Min. Przem. i Handlu, odrzucam bowiem myśl, by mogły być przydzielone do Min. Rolnictwa. Przypuszczam, że załączony schemat (rys. 1) nie wymaga zbyt obszernych komentarzy. Widzimy przedewszystkiem, że niektóre rodzaje prac technicznych (budowa zbiorników retencyjnych, regulacja rzek) musiałyby się znaleźć jednocześnie w 2 lub 3 wspomnianych resortach, względnie — gdyby zostały przeniesione do jednego — musiałyby służyć jednocześnie dla potrzeb rolnictwa, przemysłu i komunikacji. Wielotorowość i niesprężystość zaprojektowanej organizacji jest tak oczywistą, że wszelkie wyjaśnienia są zbędne. Nieracjonalność podobnej organizacji wystąpi jeszcze

jaskrawiej, jeśli weźmiemy pod uwagę, że szereg podanych w schemacie zabiegów technicznych prowadzi do wykonywania identycznych prac. A więc obwałowanie i regulacja rzeki oraz budowa zbiorników retencyjnych wymaga uprzedniego przeprowadzenia studiów hydrologicznych, tych samych studiów wymaga budowa sztucznych dróg wodnych i wszelkich zakładów o sile wodnej. Również we wszystkich tych wypadkach winny być dokonane pomiary i badania terenowe.

Trudno dociec, na podstawie jakich kryteriów komisja usprawnienia administracji przydziałała w swym projekcie poszczególne prace z dziedziny wodnej różnym ministerstwom. Szukanie cech odrębności przy różniczkowaniu wyłącznie w odmiennych celach nie może prowadzić do racjonalnego rozwiązania.

Kryterjum odrębności stanowić może tylko charakter wykonywanych prac technicznych i stosowane przy tem metody. Wystarczy drobny przykład. Zdawałoby się, że drogi wodne, drogi kołowe, koleje żelazne można skojarzyć w jedno techniczne pojęcie „komunikacyj”.

W rzeczywistości każda z tych dziedzin posiada poważne cechy odrębności, tak że, poza końcowym celem swego przeznaczenia, dziedziny te nie zawsze wzajemnie się uzupełniają. A więc, jeśli chodzi o stronę ekonomiczną, koleje żelazne nie są do pomyślenia bez zagadnienia polityki taryfowej. Drogi kołowe wogóle z tem zagadnieniem nie wazę. Dla dróg wodnych kwestja ta jest kwestją ostatniorzędnej wagi. Weźmy stronę techniczną. Budowa kolei żelaznych, uwarunkowana w swej trasie potrzebami gospodarczymi, technicznie jest zawsze wykonalną. Budowa dróg wodnych, jakkolwiek wychodzić musi z przesłanek potrzeb

gospodarczych, technicznie jest wykonalna tylko w pewnych hydrologicznych warunkach. Wynika stąd, że budowa dróg wodnych stanowi zagadnienie par excellence hydrologiczne.

Na podstawie powyższych rozważań musimy przyjść do następujących wniosków:

1. Gospodarstwo wodne stanowi całokształt zagadnień, będących w ścisłym związku wzajemnym.
2. Wszelki podział prac technicznych z dziedziny gospodarstwa wodnego pomiędzy różne urzędy prowadzi do wielotorowości i uniemożliwia stworzenie jednego wspólnego programu.
3. Racjonalne gospodarstwo wodne oparte być winno na programie, wynikającym z bilansu wodnego przychodu i strat wszystkich dorzeczy kraju.

Na zakończenie pozwolę sobie nakreślić próbę organizacji departamentu gospodarstwa wodnego (schemat na rys. 2).

Pionowy podział administracji wodnej na 3 instancje odpowiadać miałyby podziałowi zagadnień technicznych zgodnie z ich rolą w ogólnopństwowym gospodarstwie oraz ze stopniem ich skomplikowania. Najwyższa instancja, poza funkcjami zwierzchniego nadzoru administracyjnego, jest jednocześnie najwyższą instancją twórczą. W odpowiednich wydziałach Departamentu wykonywa się projekty techniczne, posiadające znaczenie ogólnopństwowe lub obejmujące teren kilku wo-

jewództw. Wydziały departamentu są również instancją, zatwierdzającą projekty techniczne lokalnego znaczenia.

W drugiej instancji, powiązanej organicznie z Urzędem Wojewódzkim, sprawy wodne skupione są w jednym wydziale. (Przy województwie powinienn również znaleźć się Wydział meljoracyj rolnych, podległy Min. Rolnictwa). W wydziale wodnym sporządzane są projekty techniczne lokalnego znaczenia oraz prowadzony jest nadzór nad czynnościami Zarządów Wodnych. W I instancji, w Zarządach Wodnych, skupione są prace administracyjno-techniczne i techniczno-wykonawcze. Oczywiście, podział na Zarządy Dróg Wodnych i Zarządy Wodno-Meljoracyjne, jako nie mający żadnego uzasadnienia technicznego i prowadzący do szkodliwej dwutorowości, byłby w podanym schemacie zbędny.

Nie chcę twierdzić, by podany wyżej szkic organizacji administracji państwowej w dziedzinie gospodarstwa wodnego wyczerpał sprawę w szczegółach. Wymaga on, oczywiście, rzetelnego jeszcze przemyślenia, uzupełnienia schematem poziomym (rozmoszczenia w terenie), a nadewszystko uzgodnienia z praktycznym schematem „cyrkulacji” załatwianych spraw. Chciałbym jednak podkreślić, że główną myślą przy poszukiwaniu form organizacyjnych winno być skupianie, komasowanie czynności, a nie ich rozdrabnianie. Zwłaszcza w dobie obecnej bezplanowość gospodarstwa wodnego i rozbitcie go na drobne „konkurencyjne” przedsiębiorstwa byłaby doprawdy niewytłomaczoną.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BUDOWNICTWO.

Empire State Building.

W połowie 1931 r. wykończono w Nowym Jorku najwyższy budynek świata Empire State Building, o wysokości od poziomu ulicy do szczytu 377 m i 85-u kondygnacjach nadziemnych. Na konstrukcję gmachu zużyto 57 000 t stali, co jest liczbą rekordową w porównaniu z innymi wielkimi gmachami (drapacz Chryslera zawiera 21 000 t stali, drapacz Manhattan — 18 500 t, a dworzec główny w Warszawie obliczony jest na 4100 tonn). Na skutek konieczności szybkiego ukończenia budowy, oddano roboty 2-m firmom: McClintic-Marshall Co. i American Bridge Co., które montowały szkielet kolejnymi odcinkami wznosząc jeden po drugim. Odcinki wykonane przez 1-szą firmę oznaczono na rys. 1 literą A, odcinki drugiej — literą M.

Skład stali znajdował się w pewnej odległości od budowy, plac zaś na samej budowie był bardzo niewielki, wobec czego wszystkie dostarczane elementy musiały być niezwłocznie użyte do montażu.

Z dziewięciu dźwigów, pracujących przy wznoszeniu dolnej części gmachu, 4 były o nośności 20 t, a pięć pozostałych, przeznaczonych do przenoszenia słupów o ciężarze do 44 t, miały nośność 30 do 50 t.

Ustawienie dźwigów aż do 50 piętra uwidocznione jest na rys. 1; wciągarki dźwigów, działające zapomocą napędu elektrycznego, zaopatrzone były w specjalne urządzenia do hamowania na wypadek uszkodzeń lub mylnej obsługi.

Aż do stropu nad 6 kondygnacją wszystkie elementy były podnoszone zapomocą dźwigów bezpośrednio z ulicy.

Na pierwszej odsadce ustawiono dźwigi (30 t) do przeladunku, a na 30 piętrze wykonano z jednej strony budynku wspornikową przeladunkową platformę, skąd wciągano stal aż do 46 piętra.

Z drugiej strony budynku (od 33 ulicy) ustawiono pośrednie dźwigi (30 t) na odsadce 25 piętra, a po zmontowaniu 56 pięter — 2 dźwigi po 20 t na przeladunkowej platformie wspornikowej 52 piętra (rys. 1).

Na budowie zatrudnionych było około 250 robotników dziennie. Nitowanie wykonywało 16 kolumn roboczych, z których każda składała się z 4 rzemieślników i 2 pomocników.

Każdy dźwig obsługiwany był przez 9 robotników, przyczem 4 z nich było zatrudnionych na dolnym, a 5 na górnym poziomie transportowania materiałów.

Na wierzchołku budynku wykonano maszt kotwiczny dla sterowców.

Zgodnie z przepisami N. Jorku, budynek obliczono na parcie wiatru 98 kg/m², a oprócz tego na poziomą dodatkową siłę 45 300 kg parcia wiatru na sterowiec, przyłożoną w wierzchołku masztu.

Dla zabezpieczenia budynku od drgań, przyjęto, że strzałka ugięcia w wierzchołku od całkowitego statycznego działania wiatru nie powinna przekraczać $\frac{1}{500}$ wysokości oraz że siła powodująca drgania wynosi 5% największego parcia wiatru, a amplituda drgań nie przekracza 4 cm.

Słupy o sile osiowej do 1180 t opierano bez specjalnych poszerzeń końców na płytach stalowych o grubości

GOSPODARKA ELEKTRYCZNA.

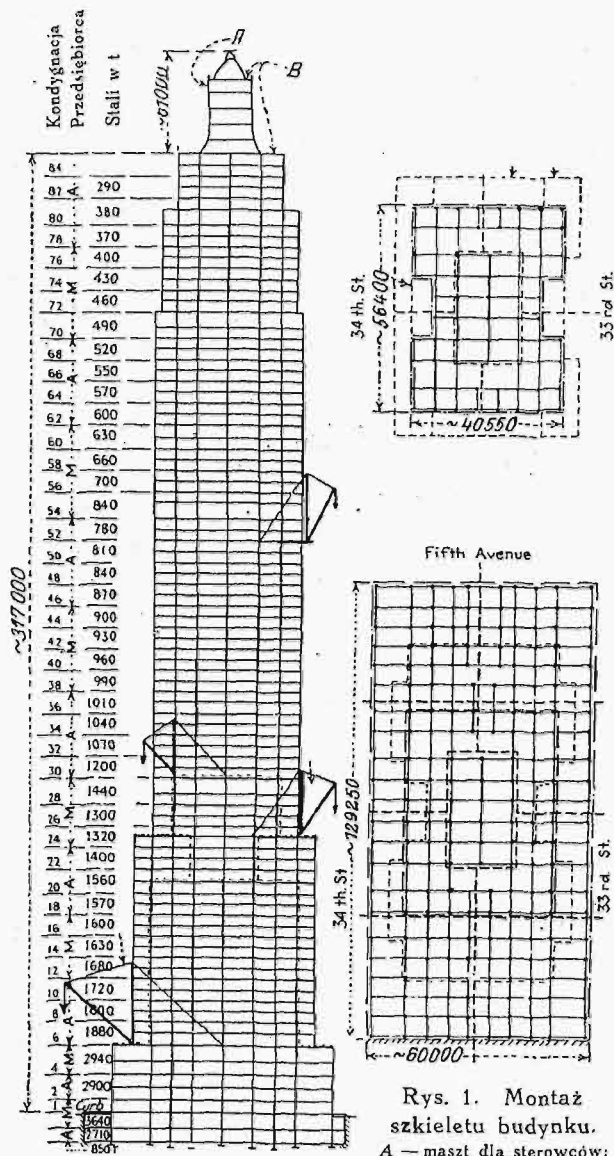
Światowa statystyka elektryczna.

Gospodarka elektryczna budzi w szerokich kołach coraz większe zainteresowanie. Kapitały, zainwestowane w tej dziedzinie, są dziś niemal równe sumom, ulokowanym w rozbudowie kolei żelaznych, zaś natężenie ruchu inwestycyjnego w tej dziedzinie jest dziś bez porównania większe niż w kolejnictwie. Rozwój produkcji elektrycznej jest w znacznej mierze wskaźnikiem rozwoju ogólnej wytwórczości przemysłowej danego kraju.

Poniższa tablica podaje dane, zebrane dla 27 najważniejszych krajów, z których ze względu na brak miejsca nie wszystkie wyszczególniono. Zarówno liczby, dotyczące mocy zainstalowanej, jak i produkcji energii, obejmują nie tylko przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, lecz również i elektrownie przemysłowe oraz kolejowe. Liczby — ze względu na sposób ich zebrania — nie mogą pretendować do tytułu ścisłych, jednak dają możliwość zorientowania się zarówno w rozwoju, jak i w ustosunkowaniu poszczególnych krajów.

Rok 1930 wykazał znacznie mniejszy wzrost produkcji, niż rok 1929; wzrost w r. 1930 wynosi zaledwie 1,6%, w r. 1929 zaś 11%. Do tego osłabienia tempa przyczyniły się wysoko uprzemysłowane kraje Europy oraz Ameryki Północnej. Spadek produkcji energii spowodować musiał, oczywiście, zahamowanie procesu inwestycyjnego, jednak następuje to oczywiście ze znacznym opóźnieniem i uwidoczni się dopiero w latach następnych. Inwestycje jednak niewątpliwie spadną mniej niż produkcja, dzięki silnym związkom, łączącym wielkie fabryki elektryczne z elektrowniami; elektrownie często inwestują nawet bez koniecznej potrzeby, ze względu na politykę finansową koncernu, do którego należą. Zjawisko to występuje najwyraźniej w Stanach Zjednoczonych i Niemczech.

Najszybszym wzrostem pochwalić się może Rosja Sowiecka. W Polsce w r. 1930 kryzys nie uwidocznił się jeszcze



Rys. 1. Montaż szkieletu budynku.
A — maszt dla sterowców;
B — taras.

228 mm, leżących bezpośrednio na betonie; słupy bardziej obciążone posiadały poszerzone stopy, które za pośrednictwem poduszek stalowych o grubości 160 mm i specjalnego rusztu przekazywały ciśnienie na fundament. Fundamenty wykonano z betonu, opierając je częściowo na palach, a częściowo bezpośrednio na skałach.

Słupy oblicowano wapieniem, powierzchnie zewnętrzne między słupami obłożono płytami ze stali chromoniklowej i aluminium; wewnętrzne wypełnienie stanowi cegła. Stropy wykonano systemu pustakowego z cegły i betonu żuźlowego. Całkowita objętość budynku wyniosła 1 022 000 m³, powierzchnia użytkowa stropów 186 000 m². Budowę ukończono w rekordowo szybkim czasie — 8 miesięcy. (Eng. News-Record, maj 1931 r.).

Nazwa kraju

| Nazwa kraju | Moc zainstalowana (kW) | | | Produkcja elektryczności. (10 ⁶ kWh) | | |
|-----------------------------|------------------------|------------|------------|---|---------|---------|
| | 1928 | 1929 | 1930 | 1928 | 1929 | 1930 |
| Niemcy | 11 102 000 | 12 405 000 | 13 500 000 | 27 871 | 30 660 | 29 403 |
| Wielka Brytania | 8 608 000 | 9 290 000 | 9 640 000 | 15 200 | 16 900 | 17 170 |
| Francja | 6 850 050 | 7 500 000 | 7 900 000 | 13 500 | 14 327 | 15 900 |
| Włochy | 3 320 000 | 3 630 000 | 4 142 000 | 10 100 | 10 557 | 10 757 |
| Rosja | 1 700 000 | 2 155 500 | 3 320 000 | 5 160 | 6 485 | 8 700 |
| Norwegia | 1 579 100 | 1 630 000 | 1 810 000 | 8 000 | 8 900 | 9 600 |
| Szwajcaria | 1 577 000 | 1 706 000 | 1 800 000 | 5 304 | 5 520 | 5 562 |
| Austria | 1 610 000 | 1 690 000 | 1 720 000 | 2 800 | 2 550 | 2 720 |
| Belgia | 1 511 000 | 1 604 000 | 1 700 000 | 3 725 | 4 530 | 4 600 |
| Szwecja | 1 100 000 | 1 300 000 | 1 710 000 | 4 412 | 4 967 | 5 117 |
| Hiszpanja | 948 000 | 990 000 | 1 130 000 | 2 020 | 2 500 | 3 000 |
| Czechosłowacja | 900 000 | 1 100 000 | 1 300 000 | 1 900 | 2 100 | 2 250 |
| Holandja | 761 000 | 851 000 | 930 000 | 1 502 | 1 720 | 1 900 |
| Polska | 600 420 | 635 420 | 660 000 | 2 570 | 2 931 | 3 380 |
| Węgry | 376 000 | 400 000 | 420 000 | 662 | 703 | 735 |
| Finlandja | 290 000 | 360 000 | 460 000 | 920 | 995 | 1 206 |
| Rumunia | 250 000 | 290 000 | 304 800 | 530 | 570 | 550 |
| Japonja | 3 878 000 | 4 600 000 | 5 000 000 | 12 000 | 15 080 | 16 300 |
| Indje Brytyjskie | 800 000 | 1 000 000 | 1 200 000 | 1 600 | 2 000 | 2 300 |
| Chiny | 800 000 | 835 400 | 860 000 | 2 600 | 3 050 | 3 400 |
| Afryka Południowa | 515 000 | 590 000 | 635 000 | 2 110 | 2 300 | 2 550 |
| Argentyna | 650 000 | 720 000 | 850 000 | 1 800 | 1 930 | 2 100 |
| Brazylja | 588 000 | 670 000 | 720 000 | 1 060 | 1 200 | 1 900 |
| Meksyk | 400 000 | 520 000 | 600 000 | 1 200 | 1 450 | 1 700 |
| Australja | 606 000 | 677 000 | 695 000 | 2 194 | 2 280 | 2 300 |
| Stany Zjednoczone | 35 400 000 | 37 500 000 | 42 200 000 | 114 000 | 126 000 | 121 000 |
| Kanada | 4 050 000 | 4 280 000 | 4 520 000 | 15 940 | 17 635 | 17 830 |

Cały świat 94 200 000 102 900 000 114 100 000 269 400 299 400 304 100

(Electrician, 18.12.31).