

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Postępy prac przy meljoracji Polesia, nap. Inż. Józef Pruchnik.
 Kilka uwag, dotyczących teorii prętów i ich układów (dok.), nap. Stanisław Bełzecki, Profesor Politechniki Warszawskiej.
 Rysy hartownicze, przyczyny i teoria ich powstawania, nap. Inż. metalurg Bohdan Kołomyjski.
 Przegląd pism technicznych.

SOMMAIRE:

Progrès des travaux préparatoires à l'assèchement des marais de Polesie (à suivre), par M. J. Pruchnik, Ingénieur.
 Considérations sur la théorie des barres et de leurs systèmes (suite et fin), par M. St. Bełzecki, Professeur à l'Ecole Polytechnique de Varsovie.
 Les fissures de trempe, leurs causes et la théorie de leur formation, par M. B. Kołomyjski, Ingénieur-métallurgiste.
 Revue documentaire.

Postępy prac przy meljoracji Polesia^{*)}.

Napisał Inż. Józef Pruchnik.

Sprawozdanie z prac za rok 1928 (pierwszy rok istnienia Biura meljoracji Polesia) było drukowane w r. 1929 w „Czasopiśmie Technicznym” we Lwowie.

Obecny referat dotyczy roku 1929 i przedstawia stan robót z końcem tegoż roku. Ponieważ po dwuletnim doświadczeniu można już z pewnym prawdopodobieństwem oznaczyć czas potrzebny jeszcze do ukończenia projektu, przeto referat, podając ilość wykonanych dotychczas robót w stosunku do całości zadania, wskazuje program na przyszłość. Odsetki robót wykonanych staraliśmy się obliczyć możliwie obiektywnie, zgodnie z rzeczywistością, by nie wpaść w przesadny optymizm.

Podnieść jednak muszę, iż dotychczasowe doświadczenia na Polesiu nie uzasadniają żadnego pesymizmu. Gorliwość pracowników Biura i ich zapał świadczy, iż to wielkie zadanie zdołało pobudzić ukryte zasoby energii i ambicji, które w innych warunkach może nie mogłyby się ujawnić.

Przypomnę niektóre dane, dotyczące Polesia.

Biuro projektu meljoracji Polesia utworzone zostało rozporządzeniem Prezydenta Rzeczypospolitej na wiosnę 1928 roku. Biuro rozpoczęło swą działalność w czerwcu 1928 r., zaś prace polowe w lipcu tegoż roku.

Zadaniem Biura jest „opracowanie ogólnego projektu i kosztorysu meljoracji Polesia”, tudzież „przygotowanie planu sfinansowania meljoracji Polesia”.

Projekt ma objąć regulację sztucznych i naturalnych dróg żeglownych i spławnych oraz potoków i kanałów, które prowadzą do meljoracji gruntów. Inaczej mówiąc, projekt obejmuje te wszyst-

kie wody, których regulację w myśl obowiązujących ustaw ma przeprowadzić Państwo (sztuczne drogi wodne i rzeki żeglowne, a częściowo i spławne) własnym kosztem, tudzież takie, do których uregulowania ma się Państwo przyczynić bezwrotnym datkiem (potoki, kanały odwadniające, jako sieć podstawowej meljoracji).

Nie będą objęte projektem rolnicze meljoracje szczegółowe, będzie jednak wszędzie stworzona możliwość wykonania takich meljoracji; w tym celu kanały odwadniające projektuje się na bagnach w odstępach nie mniejszych niż 3 do 4 km.

Meljoracje szczegółowe pozostawia się Spółkom wodnym i pojedynczym właścicielom gruntów. Podnieść jednak należy, iż już samo wykonanie regulacji rzek, tudzież podstawowych meljoracji, wywrze olbrzymi wpływ dobroczynny na kulturę rolną. Obniży się falę wielkich wód na rzekach i przyspieszy ich odpływ. Przez to ochroni się wielkie obszary gruntów od zalewu, tudzież powiększy okres wegetacyjny na łąkach w dolinach tych rzek. Umożliwi się dostęp do zabagnionych obszarów, ich zaludnienie oraz przynajmniej ekstensywną, daleko rentowniejszą niż obecnie, kulturę rolną, która z biegiem czasu i zagęszczaniem się ludności będzie coraz bardziej się polepszać przez niekosztowne zabiegi meljoracyjne, oświatę ogólną i rolniczą.

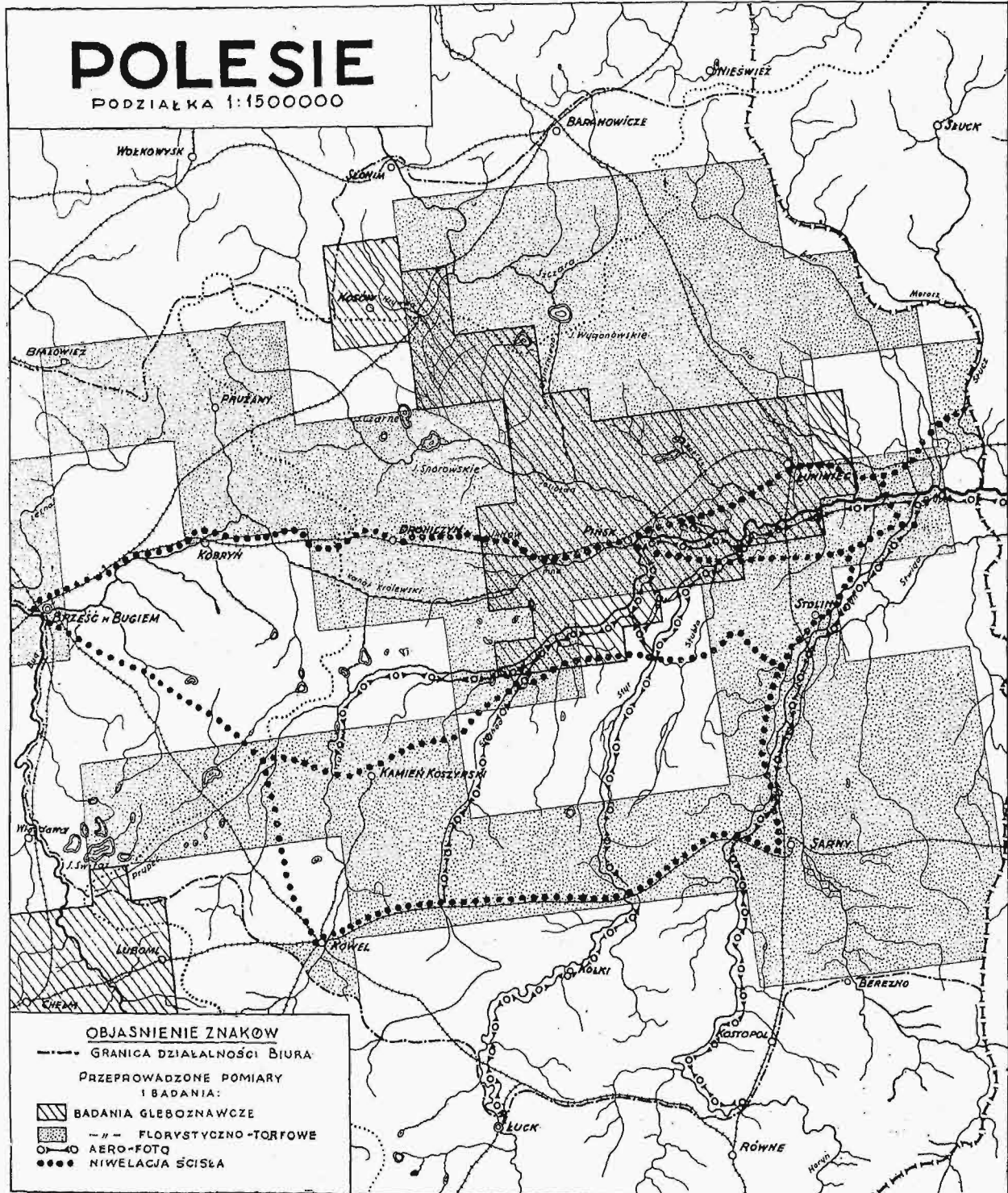
Polesie, pod względem jakości gleby, klimatu, opadów atmosferycznych (500 do 600 mm, t. j. nawet nieco więcej niż okolice Warszawy, Włocławka, Poznania) stanowi teren naogół korzystny dla kultury rolnej, a przede wszystkim łąkowo-hodowlanej.

Klimat kontynentalny, niekorzystny dla rolnika, zaczyna się dopiero daleko za Dnieprem. Tam kultura rolna — z powodu wielkiej amplitudy wahań temperatury, małej ilości opadów, ich

^{*)} Referat wygłoszony na posiedzeniu technicznym Stowarzyszenia Techników Polskich w Warszawie w dniu 6-go czerwca r. b.

niekorzystnego rozmieszczenia w okresie wegetacyjnym, powtarzających się klęsk posuchy — staje się ryzykiem znacznie większym niż na Polesiu, które leży jeszcze w obszarze śródkowo-europejskiej strefy klimatycznej.

kultury rolnej i zwiększenia liczby ludności (obecnie 25 mieszkańców na 1 km², gdy naprz. w zach. Małopolsce 110), ale i z tego powodu, iż każdy rok zwłoki pogarsza stosunki na Polesiu i powoduje straty i zniszczenia, które później albo zupełnie



Rys. 1.

Bagna poleskie odznaczają się naogół wielkim bogactwem. Są to bowiem albo nizinne, bogate w azot i fosfor torfy, albo mady rzeczne i jeziorne (Pińszczyzna). Te skarby ma odwodnienie Polesia wydobyć na światło dzienne.

Melioracja Polesia jest rzeczą bardzo pilną nie tylko ze względu na konieczność podniesienia

nie będą mogły być naprawione, albo tylko wielkim nakładem pracy i kosztów.

Jak wiadomo, na Polesiu pracowała przy końcu ubiegłego wieku ekspedycja generała Żylińskiego, która wykonała na polskim Polesiu około 1 000 km kanałów odwadniających. Ponadto wiele kanałów wykonały t. zw. ziemstwa, spółki i po-

szczególni właściciele. Są nadto kanały pochodzące jeszcze z XVIII wieku, a nawet wcześniejsze (kan. Król. Bony pod Kobryniem). Przekopanie kanałów Królewskiego i Ogińskiego było także *sui generis* meljoracją.

Większość tych robót, częściowo jeszcze przed wojną, ale przedewszystkiem podczas wojny uległa zniszczeniu, wskutek czego zabagnienie postępuje w tempie niepokojącym. Wprawdzie niektóre sejmiki i poszczególni właściciele tu i owdzie przeprowadzają czyszczenie kanałów, jest to jednak w stosunku do potrzeb bardzo mało.

Wskutek postępującego zabagnienia dolin rzek, które przerzuca się i na obszary, będące pod pługiem, rolnicy, nie mogąc znaleźć wyżywienia w dolinach, rzucają się na stoki, przeważnie zarosnięte lasem, i wycinają te lasy, aby stworzyć sobie teren pod kulturę rolną.

Tereny te, — to przeważnie piaski, które wskutek nagromadzonego na powierzchni pewnego zapasu humusu, pochodzącego z rozkładu liści i igieł drzew iglastych, dają przez pierwsze lata jakieś takie plony. Później jednak, wskutek nieumiejętnej uprawy mechanicznej i wyczerpania się zasobów humusu, zmieniają się w bezpłodne wyspy piaszczyste, których zalesienie jest niesłychanie trudne, kosztowne, a często wręcz niemożliwe.

Człowiek opuszcza wtedy te wydmy, z których już nic wydobyć nie może, i rzuca się na najbliższe lasy. Zwrócił na to uwagę Prof. Stanisław Kulczyński, badając stratygrafię torfów poleskich; również Dr. Mieczysław, przy badaniach gleboznawczych, podnosi niebezpieczeństwo żywiołowego niszczenia lasów.

Dopiero odwodnienie bagien zatrzyma i odwróci ten proces. Człowiek będzie opuszczał zbocza o gorszych gruntach, a będzie się osiedlał w dolinach rzek i na rozległych obszarach pobagienych.

Mamy już w historii przykłady podobnego zniszczenia. Wspaniała kultura rolnicza Egiptu zniszczona została w wiekach średnich przez zaniedbanie urządzeń meljoracyjnych. Wysiłki Anglików nie doprowadziły jeszcze zpowrotem tej kultury do świetności z czasów Faraonów.

Podobnie kultura Assyryjczyków w Mezopotamji upadła jeszcze przy końcu epoki starożytnej.

Wenecjanie, za czasów dożów, przez lekkomyślne wycięcie lasów, zamienili w pustynię kraj Krasu na północ od Fjume i Triestu. Już w nowszych czasach Holendrzy zniszczyli lasy na wydmach nadmorskich koło Hagi i Haarlemu, które to lasy dały nazwę Holandji (Holtzland), a których dotychczas nie zdołano zakultywować.

Obszar kraju, który ma być objęty projektem, wynosi 56 620 km² i obejmuje całe województwo Poleskie, tudzież północną część województwa Wołyńskiego i małe skrawki województw: Białostockiego i Nowogródzkiego.

Jest to obszar większy niż wiele państw europejskich, branych pojedynczo (Litwa, Danja, Estonja, Belgja, Szwajcarja i in.) i jest nieco więcej niż $\frac{1}{7}$ częścią całego naszego Państwa. Z tego obszaru, przeszło $\frac{1}{3}$ to bagna i moczary, ale i wiele gruntów wyżej położonych cierpi na nadmiar wil-

goci. Bez przesady można więc powiedzieć, iż dobroczynny wpływ meljoracji rozciągnie się conajmniej na 20 000 km², czyli 2 miliony ha.

Długość rzek, potoków i kanałów, których regulacja ma być zaprojektowana, wynosi ponad 12 000 km (cyfry odnoszące się do obszaru Polesia, obszaru bagien, długości rzek nie są ostateczne i ulegną jeszcze małym zmianom).

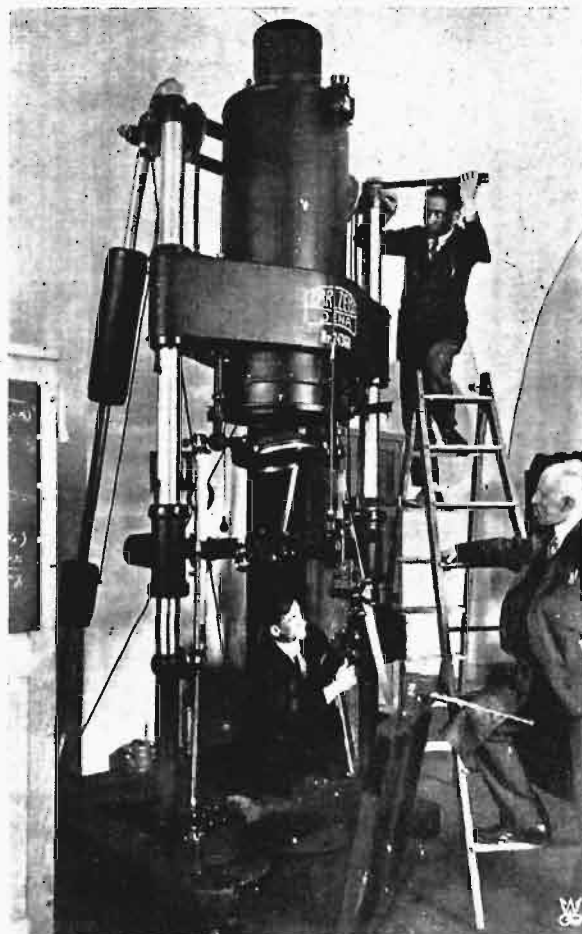
Ze względu na sposób wykonania pomiarów, podzielono wszystkie wody na dwie kategorie:

a) Rzeki wielkie, których długość ustalono na 2 450 km. Należą tu naturalne i sztuczne drogi żeglowne, rzeki spławne, tudzież niektóre większe wody niespławne. (Zdjęcia tych wód będą wykonane szczególnie — sytuacja w skali 1:5 000).

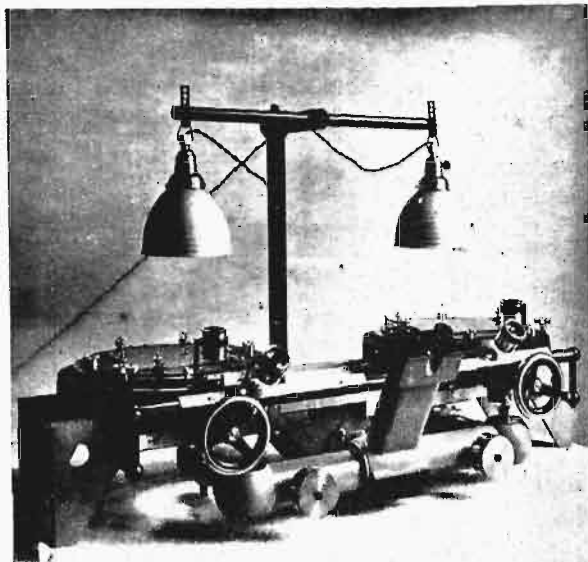
b) Wody mniejsze, do których należą wszystkie inne rzeki, potoki i kanały odwadniające. Te będą zdjęte metodą uproszczoną, opisaną w sprawozdaniu za rok 1928, t. j. trasowane wprost na gruncie i wrysowane w mapy 1:100 000 i 1:25 000.

Projekt meljoracji Polesia będzie projektem ogólnym (generalnym). Ma zawierać jednak te wszystkie dane, które pozwolą na natychmiastowe przystąpienie do robót regulacyjnych po ukończeniu projektu.

Olbrzymią trudnością na Polesiu jest brak map, punktów ściśle niwelacji punktów triangulacyjnych i tych wszystkich danych, które na zachodzie znajduje inżynier, przystępujący do każdego większego projektu. Braki te komplikują i opóźniają postęp prac.



Rys. 2. Prostownik (przetwornik) Zeissa, przetwarzający zdjęcia fotograficzne na żadaną skalę.



Rys. 3. Radjalny stereokomparator (triangulator) Zeissa. Służy do zagęszczania punktów triangulacyjnych na zdjęciach fotograficznych dla uzyskania potrzebnego podkładu geodezyjnego do przetworzenia zdjęć na żadaną skalę.

Studja na Polesiu dzielą się na następujące grupy:

- I. Pomiary inżynierskie (niwelacja ścista, triangulacja, zdjęcia wód, hydrografia).
- II. Studja rolniczo-torfowe (gleboznawstwo, torfy i florystyka, ekologia, studja leśne).
- III. Studja geologiczne.
- IV. Studja ekonomiczne.

Te ostatnie zaledwie z końcem 1929 r. zostały zapoczątkowane, zaś studja leśne rozpoczną się prawdopodobnie dopiero w roku 1930.

Rok 1929.

I. Pomiary inżynierskie.

1. Niwelacja ścista.

Jak w roku ubiegłym, tak i w roku sprawozdawczym, pracowano nad założeniem fundamentów do niwelacji technicznej. Z założonych w roku 1928 528 reperów na długości 1347 km zaniwelowano 1092 km, a to wzdłuż szosy Brześć — Kobryń — Pińsk — Biżerewicze — Dubieniec — Łachwa — Lenin (granica), toru kolejowego Pińsk Łachwa — Łuniniec, szosy Łuniniec — Łachwa, szosy Ratno — Kamień Koszyrski — Horodno, do toru kolejowego Sarny — Łuniniec, toru kolejowego Kowel — Sarny — Dąbrowica — dalej wzdłuż szosy Dąbrowica — Stolin — Dubieniec. Niwelację przeprowadzono dlatego o rok później, ażeby uniknąć błędów, powstałych przez osiadanie reperów. Nowych reperów osadzono 127 sztuk.

Niwelację przeprowadzono instrumentami Zeiss'a typu III, z klinowem nastawianiem, łatami inwarowymi, ściśle według metody ustalonej przez M. R. P.

2. Triangulacja.

Wybudowano sygnałów triangulacyjnych podwójnych 44. Sygnały tworzą łańcuchy trójkątów o bokach 8 — 14 km, założone wzdłuż rzek: Styru, Stochodu i środkowej Prypeci. Wykonano obserwację na 36 punktach głównych.

Wszystkie punkty triangulacyjne służą do nawiązania stałych punktów, oznaczonych krzyżami, które — założone na terenie wzdłuż rzek — tworzą trójkąty o bokach 800 — 1500 m.

Były one sytuowane na terenie, bądźto jako nieprzerwane łańcuchy, bądź jako grupy trójkątów, które dla kontroli zdjęć lotniczych zostały zamierzone instrumentami trygonometrycznie. Punkty te stanowią grupy związane z danym punktem triangulacyjnym. Łańcuszki takie były wykonane wzdłuż rzeki Horynia, od Aleksandrii do ujścia rzeki do Prypeci, i wzdłuż Prypeci; będą one w przyszłych latach nawiązane do sieci triangulacyjnej od I-go do III-go rzędu.

Równocześnie prowadzi się siłami Biura, a kosztem M. R. P., budowę sygnałów triangulacyjnych I-go rzędu wzdłuż Prypeci i wschodni łańcuch południkowy wzdłuż granicy.

3. Zdjęcia wód.

A. Rzeki mniejsze.

Od początku roku pracowano w Biurze nad sporządzeniem regulacji rzeki Jasiołdy z doptywami, nad sprawozdaniami z robót wykonawczych na rzekach: Hrywdzie, Muchawcu i kanałach Królowej Bony, Osipówce, Motykalskim i Łuninieckim, oraz nad opracowaniem materiału pomiarowego z ubiegłego sezonu.



Rys. 4. Samolot typu „Fokker” przed odołotem



Rys. 5. Podczas pracy w samolocie na wysokości 2000 m.

W sezonie, który zaczął się 23 maja roku sprawozdawczego, wykonano wymienioną wyżej metodą następujące prace:

a) w dorzeczu Jasiołdy wytrasowano, osadzono repery i przeprowadzono niwelację na: Chołwie (w powiecie Bereza Kartuska), Temrze (pow. Prużański), kanałach: Rudnickim (pow. Prużański i Ogińskiego (w pow. Kosów—Pińsk), błotach: Nojekowskim, Chorzewskim (w pow. Prużańskim), Obrowskim (pow. Kosowski), Sporowskim i Dziekiem (w pow. Prużańskim), potokach: Moszczarce i Osownicy (w pow. Drohiczyńskim).

b) W dorzeczu Muchawca na rzekach: Szewni (w pow. Kobryńskim), Rycie i Małorycie, kanałach: Małoryta — Ołtusze — Orzechowo, Małoryta — Kapajówka, Małoryta — Krymno (wszystkie w pow. Brzeskim).

c) W dorzeczu Bugu na: Osipówce, Trościanicy (w pow. Kobryńskim), Przyrwie, Kamionce, Kapajówce i Pławku w pow. Brzeskim).

d) W dorzeczu Prypeci na rzece Cnie, Bobryku i kanale Płotnickim.

Ogółem na wszystkich wymienionych wyżej rzekach, potokach i kanałach założono reperów 170 szt. Zaniwelowano reperów na długości 1897 km, wytrasowano i zaniwelowano 860 km. Zdjęto przekrojów poprzecznych sztuk 2219, wykonano sond 4277 sztuk.

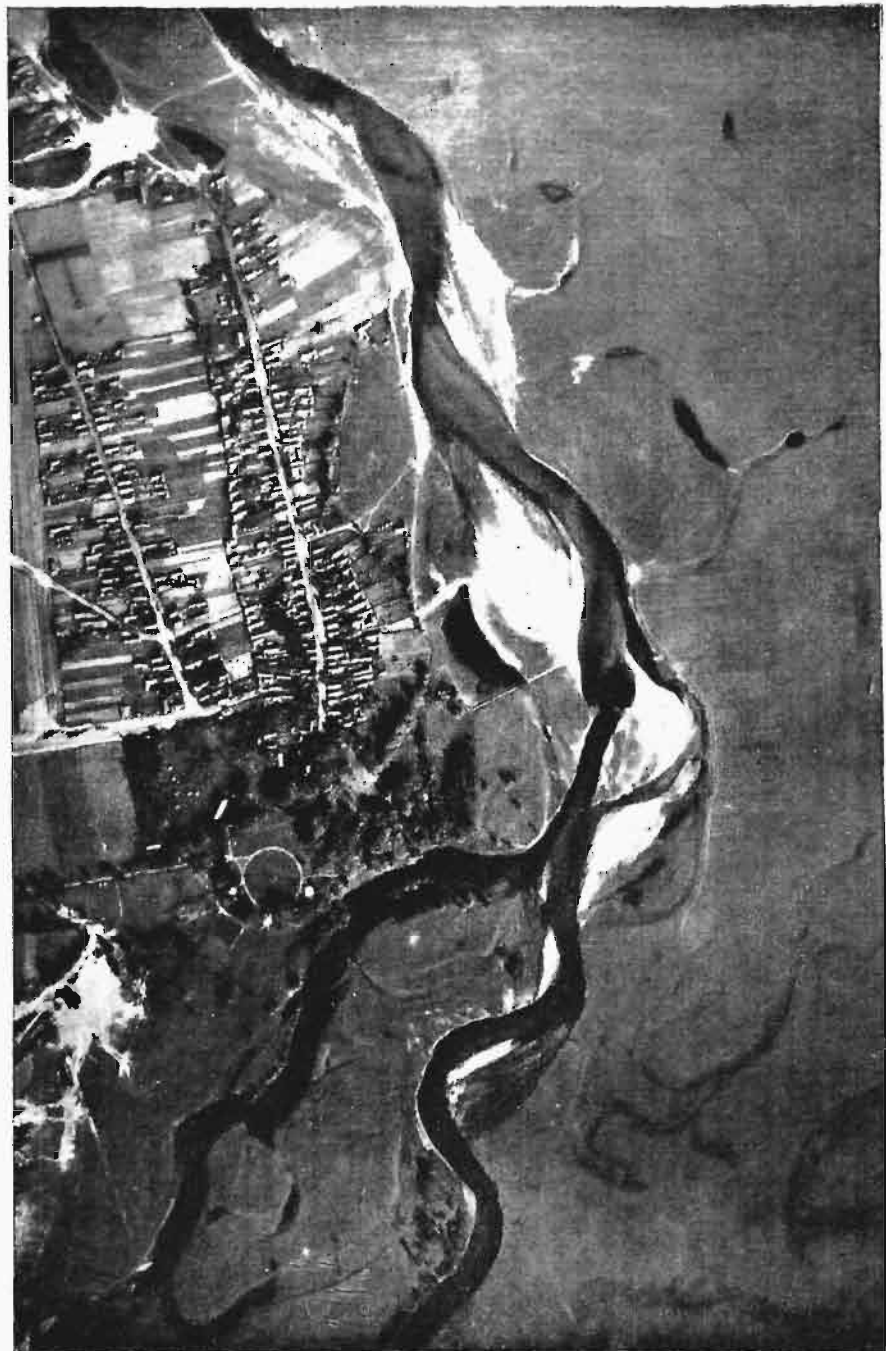
B. Rzeki wielkie.

Zdejmowano, a właściwie dokończono pomiary i zdjęcia, zaczęte w roku 1928 w węźle Pińskim i na rzece Cnie, tachymetrycznie do szerokości 300 m.

W węźle Pińskim zaniwelowano 492 km ciągów oraz zdjęto 134 przekrojów poprzecznych. Metodą tachymetryczną zdjęto rzekę Styra na przestrzeni: Wierzchnia — Łasick — Rybaki, t. j. 22 km, oraz rzekę Cnę od Kożanródka do ujścia rzeki do Prypeci — razem 8 km.

Oprócz zdjęć wykonanych drogą zwyczajną przy pomocy instrumentów mierniczych, zastosowano po raz pierwszy w Polsce na tak wielką skalę zdjęcia z samolotu szeregową kamerą fotograficzną. Zastosowano metodę nadirowej triangulacji z uzupełnieniami Prof. Grubera ze Sztuttgartu.

Teoretycznie triangulacja nadirowa polega na założeniu, iż zdjęcie z samolotu wykonywa się przy



Rys. 6. Rzeka Horyń koło Karusza w pow. Sarneńskim. Zdjęcie aerofotograficzne.

równoległym położeniu kliszy do terenu idealnie płaskiego i poziomego. Wówczas bowiem oś optyczna aparatu fotograficznego przebiega płycie w rzucie nadirowym, będącym zarazem punktem głównym płyty (Bildhauptpunkt). Wówczas płaskie pęki promieni, wychodzące z głównego punktu płyty, są identyczne z płaskimi pękami promieni z tego samego punktu na terenie.

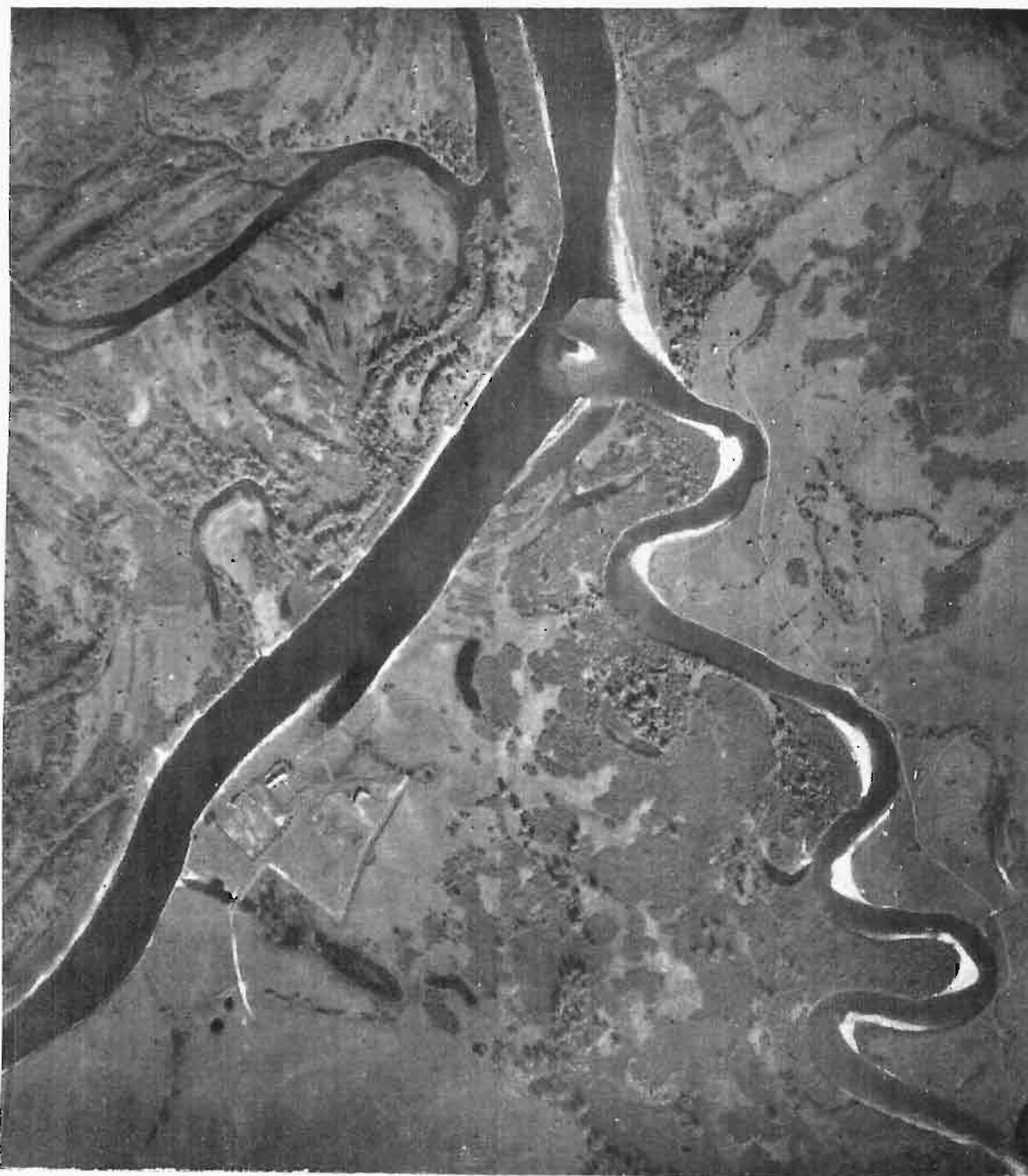
Jeżeli zdjęcie z samolotu jest wykonane tak, że każde następane fotografuje więcej niż 50% terenu zdjętego na płycie poprzedniej, wówczas na każdej płycie znajduje się obraz punktu głównego płyty poprzedniej. Stąd możemy uważać odległość między wyznaczonymi przez nas głównymi punktami płyty poprzedniej i następanej za bazę i wciąć z tej bazy każdy punkt na danej płycie. Te punkty możemy zszeregować w pewien związek

poligonalny, czy też związać je w łańcuch lub rozetę trójkątów. Jeżeli na pierwszej płycie mamy obraz dwóch punktów, których współrzędne są znane, to jasne jest, że możemy obliczyć podziałkę tej płyty, a na zasadzie poprzednio już opisanego sposobu wykonywania zdjęcia obliczyć podziałkę każdej z płyt, względnie rozwiązać poligon, czy też łańcuch trójkątów, w cyfrach rzeczywistych. Przewiedzone taką metodą zdjęcia mogą rozciągnąć się na kilka kilometrów, bez potrzeby sytuowania na terenie niezbędnych do obliczeń podziałki i zorientowania najmniej 3-ch punktów dla każdej płyty.

Po wykonaniu tych czynności wystarczyłoby powiększyć nasze zdjęcia do żądanej podziałki i zestawić odbitki fotograficzne tych zdjęć w pewną całość, zwaną foto-planem.

Teoretyczne założenie równoległości płyty do absolutnie płaskiego i poziomego terenu jest jed-

nak praktycznie nie do przeprowadzenia, ponieważ samolot rzadko tylko znajduje się w pozycji poziomej, a teren nigdy prawie absolutnie płaskim i poziomym nie jest. Prof. Finsterwalder, twórca metody, obliczył wprawdzie i uzasadnił, że nawet 3-stopniowe odchyłki osi optycznej od pionu nie zmuszają jeszcze do traktowania tej metody jako niecelowej, jednakże całą trudność sprawiło to, że nie znane nam były wogóle te odchyłki i wskutek tego można było tylko w grubym przybliżeniu je wyznaczać. Uzupełnienia metody Prof. Finsterwaldera przez Prof. Grubera polegają na tym, że w kamerze fotograficznej umieścił on libelę o kołach współśrodkowych, której stan fotografuje się równocześnie z terenem. Na podstawie stanu libeli wyznacza się na kliszy pewien punkt, nie będący ani rzutem nadirowym, ani punktem głównym płyty, mimo to jednak punktem, z którego



Rys. 7. Ujście rz. Horynia do Prypeci. Zdjęcie aerofotograficzne.

wychodzące płaskie pęki promieni na płycie są identyczne z płaskim pękiem promieni na terenie, — co jest zasadniczym warunkiem triangulacji nadirowej.

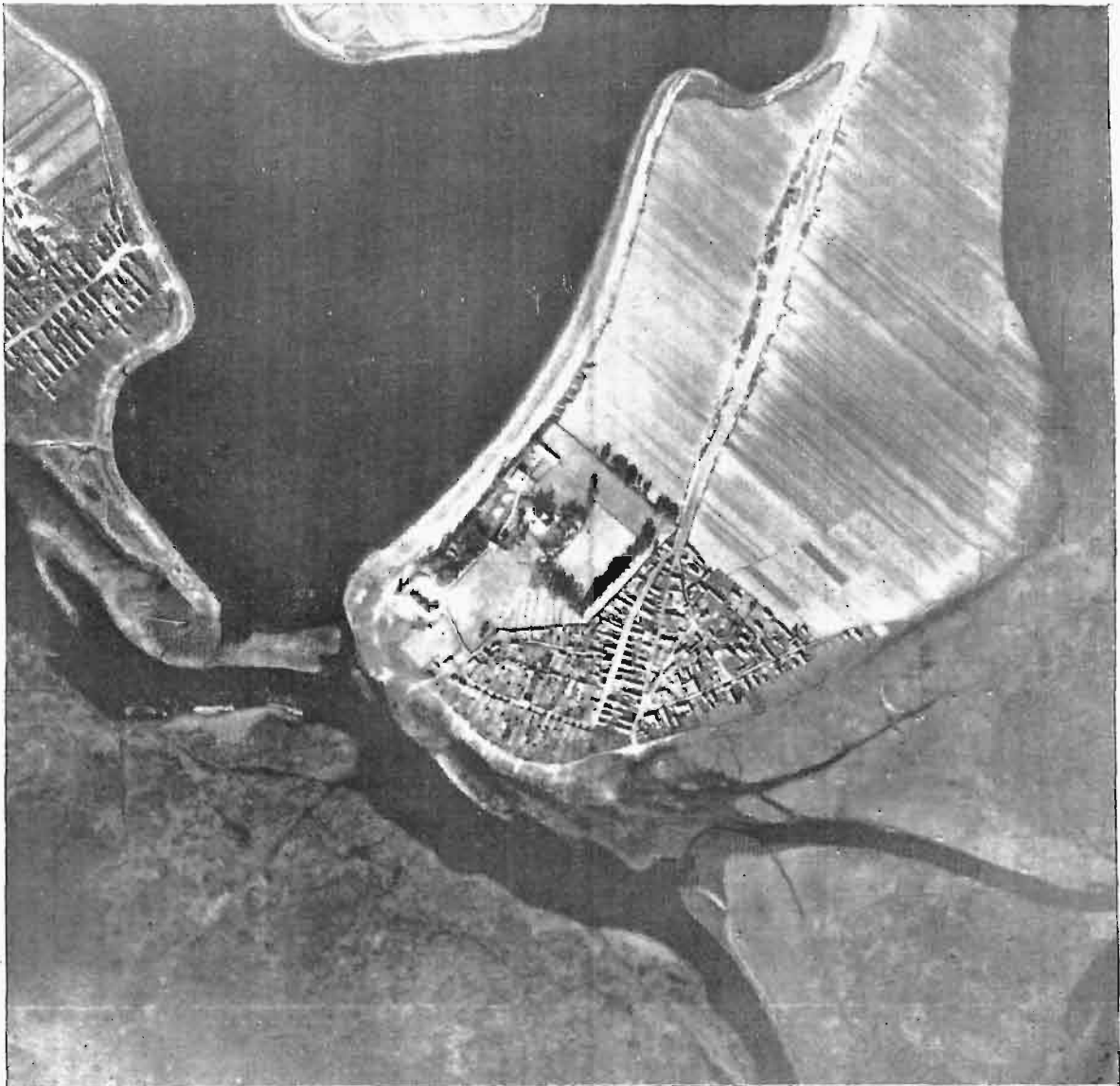
Dla ułatwienia pracy, skonstruował Prof. Gruber przyrząd, który nosi nazwę radialnego triangulatora, którego zadaniem jest mierzyć długości baz między nowymi przez nas wyznaczonymi punktami promieniowania, oraz kierunki, wcinające wybrane przez nas, a dogodnie punkty na kliszach.

Te wybrane i wyznaczone punkty oblicza się normalnymi metodami rachunkowymi i ostatecznie otrzymuje się na każdej kliszy 4 punkty, służące jako podkład do przetworzenia obrazu na fotoplan. To przetworzenie dokonywa się na t. zw. przetworniku (Entzerrungsgeräth) Zeissa, będącym zarazem aparatem do powiększania na żadaną skalę, w naszym wypadku na skalę 1:5000.

W roku 1929 dokonano zdjęć lotniczych nad rzekami: Styrem — od Łucka aż do ujścia, Horyniem — od Aleksandrji do ujścia, Stochodem — od mostu P. K. P. na linii Kowel — Sarny do ujścia, węzłem Pińskim oraz Prypecią od Pińska do granicy, — razem na długości przeszło 1000 km. W

sezonie zimowym opracowuje się zdjęcia na radialnym triangulatorze i przetwarza na mapy sytuacyjne w skali 1:5000. Tak wykonane mapy sytuacyjne będą uzupełnione przez pomiary niwelacyjne pod względem wysokościowym. Dotychczasowe doświadczenia ze zdjęciami lotniczymi na Polesiu wykazują najdobitniej, że jest to metoda jedyna dla uzyskania zdjęć sytuacyjnych sposobem najtańszym i najkorzystniejszym dla projektu. Zdjęcia te bowiem, oprócz obrazu terenu ze wszystkimi najdrobniejszymi, bardzo wyraźnie i ostro odтворzonymi szczegółami, pozwalają na przyjrzenie się całej historii danej rzeki, względnie doliny rzecznej, i umożliwiają przeprowadzenie projektowanej trasy w sposób możliwie najracjonalniejszy. Szczegółowe, teoretyczne sprawozdanie ze zdjęć lotniczych, z rysunkami, wyjaśniającymi dokładnie i wyczerpująco całą metodę, ukaże się jako osobny zeszyt wydawnictwa „Prace Biura melioracji Polesia”.

Jeden km zdjęcia polowego rzeki normalną metodą bez niwelacji reperów i triangulacji (sposób poligonalno-tachymetryczny) kosztuje 475 zł., z pasem zdjęcia o szerokości 300 m b.



Rys. 8. Rzeka Jasiolda z jeziorem Horodyszcze. Zdjęcie aerofotograficzne.

Jeżeli porównamy obie metody zdjęć polowych, t. j. metodę poligonalno-tachymetryczną z metodą wykonaną przy pomocy samolotu szeregową kamerą fotograficzną co do kosztów, to otrzymamy następujące wyniki porównawcze. Licząc jednorazowo koszt instrumentów: kamerę lotniczą, radjalny triangulator, przetwornik Zeiss'a i koszt filmów oraz lotów (46 000 zł.), wydano na polowe zdjęcia lotnicze 168 000 zł. Tym kosztem zdjęto sytuację rzek na przestrzeni około 1 000 km, czyli 1 km sytuacji rzeki kosztuje 168 zł., w stosunku do 475 zł. przy metodzie normalnej.

Ponieważ, jak już wyżej zaznaczono, zarachowano przy obliczaniu kosztów jednostki zdjętej sytuacji dosyć znaczne kwoty wydane za instrumenty, jasne jest, że wszystkie dalsze zdjęcia będą o wiele tańsze, a tem samym koszt jednostki zdjętej sytuacji będzie znacznie mniejszy.

Dzięki uprzejmości p. pułkownika Filipowicza, Naczelnika wydz. komunikacji lotniczych Ministerstwa Komunikacji, uzyskano samolot i załogę z linii lotniczych „Lot”. Latano na samolocie 3-metrowym typu Fokker, fabryki Plage-Laśkiewicz w Lublinie. Samolot prowadził pilot p. Barciszewski. Nawigatorem i zarazem operatorem fotograficznym był urzędnik Biura, emerytowany major p. Jan Röder.

Inicjatywa wykonania tych zdjęć spoczywała w ręku p. Inż. Niedzielskiego, Naczelnika Wydziału M. R. P. Kierownictwo naukowe zaś powierzono radcy ministerjalnemu p. Prof. Piątkiewiczowi.

4. Hydrografia.

W roku 1929 wykonano na terenie działalności Biura tylko uzupełnienia sieci zarówno stacji wodowskazowych, jak i opadowych, jak wreszcie wód gruntowych, wypływające z dokładniejszego zapoznania się z potrzebą i istotą warunków miejscowych. I tak w dziale służby wodowskazowej założono w roku sprawozdawczym nowych stacji 8, na ogólną ilość stacji wodowskazowych 87. Równocześnie przeprowadzono lustrację i uporządkowanie stacji istniejących w związku z ich przebudową, osadzeniem reperów i ich niwelacją, wresz-

cie z koniecznością pouczenia obserwatorów [szczególnie przy ich zmianie].

W dziale służby opadowej założono nowych stacji 2. Uruchomiono ponownie 2 stacje, nadto przeprowadzono lustrację paru stacji w związku z innymi robotami w danej miejscowości. Ogólna liczba stacji, należących do Centr. Biura Hydrograficznego, wynosi 44.

Celem uzyskania podstaw hydrologicznych do obliczeń przepływu wód, przeprowadzono pomiary, i to całkowitej wody w miejscach, gdzie jej skoncentrowanie ładami na to pozwoliło. Jednakże przewlekła odbudowa mostów, jak i oczyszczanie koryt z pali i kratownic (pozostałości z czasów wojny), utrudnia przyspieszenie wykonania pomiarów i ich dokładne przeprowadzenie. Resztę pomiarów przeprowadzono dla wód średnich i niskich, wykonywając ich ogółem 141, w tem pod lodem 26.

Badania przepływu wody na służbie IX kanału Ogińskiego dały z powodu jej nieuszczelności wyniki ujemne, dalsze badania z powodu jej przebudowy zostały przerwane.

Stacje lądowe ewaporometryczne (w Piaskach i Horodyszczu) były częściowo uruchomione.

Badania stanu wód w głębszych rozszerzono na cały szereg studzien użytkowych na terenie Polesia, których wciągnięto do ogólnej sieci 110, na ogólną liczbę 154 studzien użytkowych i 60 wiercnych.

Nadto przeprowadzono zdjęcia jezior w dorzeczu Jasiołdy o ogólnej powierzchni 37 015 km² przesondowanych, co 100, względnie 200 m.

Niwelację ustalonego zwierciadła wody na Prypeci od Pińska do granicy przeprowadzono na długości 140 km. Przytem zdjęto 59 profili poprzecznych.

W dziedzinie czynności biurowych, oprócz wykazów i wykresów z napływających raportów miesięcznych poszczególnych stacji, przeprowadzono opracowanie zdjęcia jezior i pomiarów hydrometrycznych wód pod lodem, jak i wiosennych, których przekontrolowanie, zestawienie i wykresy krzywych objętościowych stanowią obecną czynność biurową.

(d. n.).

Kilka uwag, dotyczących teorii pretów i ich układów^{*)}.

Napisał Stanisław Belzecki.

Zbadamy teraz własności odkształconej

$$v = \Phi(y)_{y=0} \sin(mx);$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = -m^2 \Phi(y)_{y=0} \sin(mx),$$

skąd

$$\rho_{,z} v = -\frac{1}{m^2}, \quad \text{albo} \quad \rho_{,y} v = -\frac{1}{m^2}.$$

Jeżeli końce są zamocowane, to

$$v = \Phi(y)_{y=0} \cos(mz) + \alpha z + \beta,$$

$$\frac{\partial v}{\partial z} = -m \Phi(y)_{y=0} \sin(mz) + \alpha.$$

Ponieważ końce są zamocowane, to $\alpha = 0$:

$$v = \Phi(y)_{y=0} \cos(mz) + \beta.$$

Przesuniemy oś z równoległe do jej kierunku o β

$$v = \Phi(y)_{y=0} \cos(mz);$$

^{*)} Dokończenie do str. 623 w zesz. 35 z r. b.

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = -m^2 \Phi(y)_{y=0} \cos(mz);$$

$$v \cdot \rho = -\frac{1}{m^2}.$$

Jeżeli końce są zamocowane, to $m = \frac{2\pi}{l}$.

W przedziale od 0 do l jest $\frac{\partial v}{\partial z} = 0$ i zmienia znak przy $z = \frac{l}{4}$ i $z = \frac{3l}{4}$; są to punkty przegięcia. Przez te punkty przechodzi nowa oś z^{0w} , czyli przy końcach zamocowanych zadanie sprowadza się do belki wolno podpartej na końcach, której długość równa się połowie l^1 .

Otrzymane wzory określają ogólne własności odkształconej przy symetrycznym obciążeniu i zależą tylko od stopnia swobody końców i od l , natomiast nie zależą zupełnie od sił zewnętrznych.

Krzywą $\rho \cdot y = -\frac{1}{m^2}$ będę nazywał indykatoryną płaskiej odkształconej dla obciążenia symetrycznego.

Odkształcona oś pręta ściskanego jest określona równaniem

$$v \cdot \rho = -\frac{EI}{P}.$$

Przyrównywując prawą część tego równania do prawej części indykatoryny, otrzymamy

$$\frac{1}{m^2} = \frac{EI}{P} = \frac{l^2}{\pi^2},$$

skąd

$$P = \frac{EI \cdot \pi^2}{l^2} \text{ (przy końcach wolno podpartych)}$$

lub

$$P = \frac{4EI \pi^2}{l^2} \text{ (przy końcach zamocowanych).}$$

Z równania

$$\frac{EI}{\rho} = \frac{p}{m^2} \sin^2(mz)^2$$

¹⁾ W punktach przegięcia możemy wyobrazić sobie siły wzajemnie zrównoważone, które ściskają środkową część i wydłużają odcinki pomiędzy punktami przegięć i końcami zamocowanymi. Bez takich zastrzeżeń samo zadanie o ścisaniu pręta przy zamocowanych końcach jest w kolizji ze zdrowym rozsądkiem.

²⁾ Dla naszego przykładu belki wolno opartej i obciążonej naprężeniem $N_2 = p \cdot \sin(mz)$:

Reakcja podpory

$$R = \int_0^{\frac{l}{2}} p \cdot \sin(mz) dz = -\frac{p}{m} \left| \cos(mz) \right|_0^{\frac{l}{2}} = -\frac{p \cdot l}{\pi};$$

p — obciążenie jednostkowe.

Moment

$$M = \frac{p \cdot l}{\pi} \cdot z - p \int_0^z \sin(mz_1) dz_1 (z - z_1) =$$

otrzymamy

$$y' = \frac{-\frac{p}{EI m^3} \cos(mz)}{\sqrt{1 - \left[\frac{p}{m^3 EI} \cos(mz) \right]^2}};$$

przy $z = 0$

$$y' = \frac{-\frac{p}{EI m^3}}{\sqrt{1 - \left(\frac{p}{EI m^3} \right)^2}}; \dots (*)$$

przy $\frac{p}{m} = EI \frac{\pi^2}{l^2} = EI m'$

$$y' = \infty.$$

Obciążenie krytyczne.

Ponieważ powinno być

$$1 > \frac{p}{EI m^3},$$

to $\frac{p}{m} < \frac{\pi^2 EI}{l^2},$

t. j. siła tnąca powinna być mniejszą od granicy Eulera.

Stąd wynika że siła Eulera jest siłą krytyczną nie tylko dla prętów ściskanych, lecz i dla prętów zginanych.

Całkując równanie

$$\rho \cdot y = -\left(\frac{l}{\pi}\right)^2 = -\frac{1}{m^2},$$

otrzymamy

$$m s = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}} \quad \text{gdzie}$$

$k = \sin\left(\frac{\varphi_1}{2}\right)$ i φ_1 — kąt pochylenia stycznej do osi z na podporach.

$$= \frac{p \cdot l}{\pi} \cdot z - p \left[z \int_0^z \sin(mz) dz - \int_0^z z \sin(mz) dz \right];$$

$$\int_0^z \sin(mz) dz = -\frac{1}{m} \left| \cos(mz) \right|_0^z = \frac{1}{m} (1 - \cos(mz));$$

$$\int_0^z z \sin(mz) dz = \left| -\frac{z}{m} \cos(mz) \right|_0^z + \frac{1}{m^2} \left| \sin(mz) \right|_0^z =$$

$$= \frac{z}{m} \cos(mz) + \frac{1}{m^2} \sin(mz) - p \left[\frac{z}{m} (1 - \cos(mz)) + \frac{z}{m} \cos(mz) - \frac{1}{m^2} \sin(mz) \right] = -p \left(\frac{z}{m} - \frac{1}{m^2} \sin(mz) \right).$$

$$M = \frac{p \cdot l}{\pi} z - \frac{p \cdot l z}{\pi} + \frac{p}{m^2} \sin(mz) = \frac{p}{m^2} \sin(mz).$$

³⁾ Przegląd Techniczny 1929, Nr. 48, str. 1057.

Dla pręta zgiętego, długość osi nie zmienia się, a zatem powinno być:

$$\pi = 2 \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}} = 2F\left(k, \frac{\pi}{2}\right),$$

co jest możliwe przy $k=0$, lub przy k — nieskończenie małym, t. j. moduł całki eliptycznej Legendre'a powinien być równy zeru, albo nieskończenie mały.

W przypadku pręta ściskanego $\frac{s}{l} = 1 - \frac{\delta l}{l}$,

a zatem $\pi = \frac{2F}{\frac{\delta l}{l}}$, co jest możliwe wtedy, gdy moduł k i $\frac{\delta l}{l}$ są nieskończenie małe.

Np. przy φ_1 różnym 45° , mod. $k = \sin 22,5^\circ$,

$$\pi = 2 \times 1,63 = 3,26,$$

stosunek

$$\frac{2F}{\pi} = 1,038,$$

t. j. długość odkształconej osi pręta jest bardzo bliska długości łuku koła o promieniu równym 1.

Założenie $\varphi_1 = \frac{\pi}{4}$ odpowiada $y' = 1$; ze wzoru (*) otrzymamy

$$\frac{p}{m} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{EI \pi^2}{l^2} = \frac{1}{\sqrt{2}} Ew \left(\frac{r}{l}\right)^2;$$

granica ta jest mniejszą od granicy Euler'a.

Ponieważ $r = \frac{2h}{\sqrt{12}}$, to przy $\frac{p}{mw} = 0,8 R$, gdzie

R — granica sprężystości,

$$\frac{2h}{l} = \sim 0,03 \text{ (dla stali zlewnej).}$$

Dla pręta jednym końcem zamocowanego

$$\frac{2h}{l} = \sim 0,06.$$

Warunkom

$$\frac{p}{m} < \text{siły Euler'a}$$

odpowiadają warunki:

$$\frac{2h}{l} > 0,03 \left(\frac{1}{32}\right) \text{ dla pręta wolno podpartego,}$$

$$\frac{2h}{l} > 0,06 \left(\frac{1}{16}\right) \text{ dla pręta jednym końcem zamocowanego.}$$

Powyżej udowodniliśmy istnienie granic przy zginaniu prętów. Należy jednak zastrzec, że tak jedne, jak i drugie granice uważam za mało wartościowe. W układach realnych niema prętów wyłącznie ściskanych, gdyż są one jednocześnie zginane zmiennym momentem. Bardziej wartościowe byłyby ściśle badania takich prętów.

Z powyższej analizy wynika, że w bardzo szerokich granicach przesunięcia są proporcjonalne do sił, t. j. podlegają twierdzeniu Betti dla prętów nieważkich, a zatem potencjał wewnętrzny jest jednorodną funkcją drugiego stopnia niezmienników odkształceń, t. j. ma postać

$$2U = (\lambda + 2\mu) \theta^2 + \mu \left[\beta_1^2 + \beta_2^2 + \beta_3^2 - 4(\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 + \alpha_2 \alpha_3) \right],$$

gdzie θ — rozszerzalność przestrzenna,

α_i ($i = 1, 2, 3$) — stosunkowe wydłużenia,

β_i ($i = 1, 2, 3$) — zmiany kątowe (poślizgi).

W tych granicach v i w nie są nieskończenie małe i, pomimo że są skończone, nie wykraczają poza granice zadań ogólnej teorii sprężystości.

Ze wzoru

$$v = \frac{Mm^2}{2E} \cdot \frac{q_1}{q} = \frac{p}{2E} \cdot \frac{q_1}{q} \sin(mz)$$

mamy

$$\frac{\partial v}{\partial z} = m \cdot \frac{p}{2E} \cdot \frac{q_1}{q} \cos(mz);$$

przy $z = 0$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{z=0} = m \frac{p}{2E} \cdot \frac{q_1}{q},$$

a zatem

$$v = \frac{\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{z=0}}{m} \sin(mz),$$

$$\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = -m \left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{z=0} \sin(mz).$$

O przesunięciach i o krzywiznie decyduje $\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{z=0}$ dla pręta wolno podpartego,

lub $\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{z=\frac{l}{4}}$ dla pręta o końcach zamocowa-

nych. $\frac{\partial v}{\partial z}$ — jest to obrót elementu linowego osi z

około osi równoległej do osi x . W układach realnych wchodzi w grę jeszcze kąty obrotu węzłów. Badanie znaku warjacji pełnej potencjalnej energii układu, jako funkcji tych obrotów, będzie zadaniem więcej pożytecznym niż badanie stateczności.

Indikatrysa daje wyniki zgodne z całą równania

$$\frac{EI}{\rho} + M = 0$$

do granicy Euler'a. Sprawdzimy teraz, do jakich granic będzie ona w zgodzie z równaniem

$$v = y = \frac{\left(\frac{\partial v}{\partial z}\right)_{z=0}}{m} \sin(mz).$$

Różniczkując równanie

$$\frac{1}{\rho} = -m^2 \cdot y$$

$$d\left(\frac{1}{\rho}\right) = -m^2 dy$$

i mnożąc je przez $\frac{1}{\rho}$, otrzymamy

$$\frac{1}{\rho} d\left(\frac{1}{\rho}\right) = -m^2 \frac{dy}{\rho} = -m^2 \sin \varphi \cdot d\varphi.$$

Całkując, otrzymamy

$$2\left(\frac{1}{\rho}\right)^2 = m^2 \cdot \cos \varphi + C.$$

Obierając początek spólrzędnych w punkcie $\frac{\partial v}{\partial z} = 0$

i $z = \frac{l}{2}$, mamy

$$\frac{1}{\rho} = m \sqrt{2(\cos \varphi - \cos \varphi_1)};$$

φ_1 — kąt pochylenia stycznej na podporach, gdzie $\frac{1}{\rho} = 0$,

$$y = -\frac{1}{m^2 \rho} = \frac{1}{m} \sqrt{2(\cos \varphi - \cos \varphi_1)},$$

a zatem przy $z = \frac{l}{2}$, $\varphi = 0$

$$y'_{z=0} = \sqrt{2(1 - \cos \varphi_1)}.$$

Ostatnie równanie trzeciego stopnia ma jeden pierwiastek oczywisty $\varphi_1 = 0$; drugi jest bliski 20° , trzeci jest nam niepotrzebny ($\varphi_1 > \frac{\pi}{2}$). Pierwiastkowi $\varphi_1 = 20^\circ$ odpowiada (dla stali zlewnej) stosunek $\frac{2h}{l} = 0,05$, a zatem prętem będziemy nazywali takie ciało pryzmatyczne, dla którego stosunek $\frac{2h}{l}$ zawarty jest w granicach

$$0,2 \geq \frac{2h}{l} \geq 0,05$$

przy końcach wolno podpartych i

$$0,2 \geq \frac{2h}{l} \geq 0,1$$

przy jednym końcu zamocowanym.

Przy $\frac{2h}{l} > 0,2$ będziemy mieli ciała pryzmatyczne o wymiarach jednego rzędu. Dla takich ciał v i w będą zawsze nieskończenie małe.

Do prętów i ciał o wymiarach jednego rzędu ma zastosowanie twierdzenie Betti (Maxwell), pomimo że dla prętów v i w mogą być skończone.

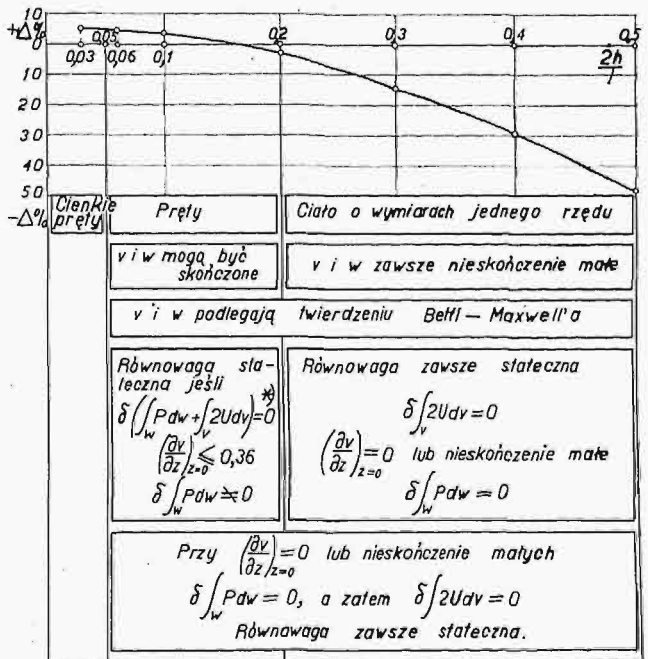
Przy $\varphi_1 \leq 20^\circ$ rzut odkształconej na oś z różni się od długości samej krzywej mniej więcej o 2% , a zatem w równaniu $\frac{EI}{\rho} + M = 0$ możemy pisać momenty, nie uwzględniając odkształceń.

Wzór

$$v = \frac{y'_{z=0}}{m} \sin(mz)$$

jest miarodajny do tej granicy.

Poza temi granicami ($\varphi_1 > 20^\circ$) będziemy mieli do czynienia z cienkimi prętami, których teoria stanowi specjalny dział teorii sprężystości.



*) Przez P oznaczamy pracę sił zewnętrznych. Wzór $\delta \left(\int Pdw + \int 2Udv \right) = 0$ wyraża granicę, do której strata energii potencjalnej sił zewnętrznych zużywa się na zwiększenie wewnętrznej energii ciała, przy zastrzeżeniu, że pomiędzy ciałem i światem zewnętrznym nie ma innej wymiany energii.

Przytoczona analiza, oparta na szczególnym wypadku obciążenia symetrycznego, nie może mieć znaczenia decydującego. Badania w ogólnej postaci, oparte na operacjach nad szeregami, są dość zawiłe i nudne dla szerszego ogółu czytelników. Przeprowadzona, chociaż częściowo, rewizja zasad uchroni od stosowania wzorów poza ustalonymi granicami, po których przekroczeniu wzory tracą swój sens. Wektor naprężeń N_3 będzie równy zeru tylko wtedy, kiedy T_1 przy $y = \pm h$ jest równe zeru, a zatem przy zmiennym h stosowanie wzoru $EIy'' + M = 0$ jest błędne.

Zbadałem pręty, pozostaje zbadać płyty i powłoki, których teoria także wymaga rewizji.

W dalszych badaniach będę się powoływał na podane wyżej wzory ogólne dla u , v i w , które będą potrzebne przy badaniu płyt

Rysy hartownicze, przyczyny i teoria ich powstawania.

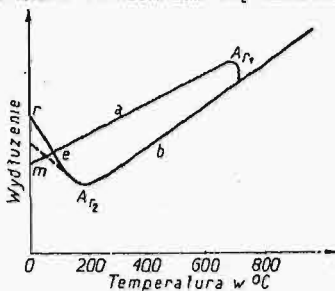
Napisał Inż. met. B. Kołomyjski, Kraków, Zakład Metalografji Akademji Górniczej.

Zdarza się często, iż podczas hartowania przedmiotów, wykonanych ze stali węglistej, powstają w nich rysy hartownicze.

Za przyczynę powstawania tych rys uważać można:

1) nierównomierność ogrzewania i oziębiania, wskutek czego powstają t. zw. naprężenia termiczne,

2) różnice dilatometryczne, zachodzące w czasie tworzenia się martenzytu.



Rys. 1. Krzywe dilatometryczne ogrzewania i gwałtownego chłodzenia stali węglistej według Hondy i Chévenard'a.

Przyczyna powstawania rys hartowniczych przy hartowaniu dużych przedmiotów jest następująca: stal wolno ochładzana ulega w punkcie Ar_1 znacznemu wzrostowi objętości, poczem zaczyna się znów kurczyć (rys. 1).

Przy szybkim ochłodzeniu (hartowaniu) skurcz odbywa

się aż do punktu Ar_2 , (około 200° – 300°), znajdującego się znacznie niżej od temperatury przemiany allotropowej Ar_1 . Od tego punktu zaczyna się szybki wzrost objętości, w rezultacie zaś stal zahartowana posiada większą objętość właściwą, niż stal wolno chłodzona.

Przy hartowaniu dużych przedmiotów zewnętrzne warstwy ulegają chłodzeniu według krzywej b , wewnętrzne według a (rys. 1); stąd wynika, iż do temperatury Ar_2 (około 200° – 300°) zewnętrzne warstwy kurczą się bardziej, niż wewnętrzne, a —

co zatem idzie — pomiędzy obu warstwami powstają naprężenia: ściskające wewnątrz, rozciągające zaś zahartowaną powłokę. W wyniku tego zewnętrzne warstwy mogą być siedliskiem rys, powstających jeszcze przed ochłodzeniem się stali. Wraz z obniżeniem temperatury poniżej punktu Ar_2 różnica w skurczu warstw zewnętrznych i wewnętrznych maleje i wreszcie w punkcie e spada do zera. W miarę dalszego ochładzania już nie wewnętrzne warstwy cisną na zewnętrzne, lecz właściwie te ostatnie wywierają ciśnienie na wewnętrzne, wskutek czego naprężenia rozciągające w zewnętrznych warstwach przechodzą w naprężenia ściskające, co zachodzi już w temperaturach zwyczajnych.

Na powstawanie rys ma ponadto wpływ kształt przedmiotu. Naogół można rzec, iż łatwiej pękają przedmioty, posiadające okrągły przekrój, niż przedmioty o przekroju prostokątnym lub kwadratowym, bowiem pierwszy typ przedmiotów, mający (przy jednakowej wielkości powierzchni przekroju) mniejszą powierzchnię ochładzania, sty-

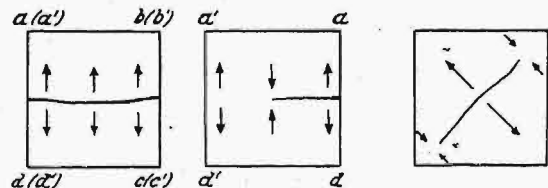
gnie powierzchniowo prędzej. Stąd ochładzanie wewnątrz jest bardziej opóźnione, niż u przedmiotów o przekroju prostokątnym, co pociąga za sobą powstanie silniejszych naprężeń.

Według prof. Kotaro Hondy¹⁾ normalne rysy hartownicze powstają nie w czasie hartowania, a w dziesięć do 15 sekund później, t. zn. wtedy, kiedy zahartowany przedmiot osiągnął już temperaturę cieczy hartowniczej. Przemiana austenitu w martenzyt wewnątrz próbki zachodzi nieco później, niż na powierzchni, a to na skutek energiczniejszego odpływu ciepła. W wypadku niedokończonej przemiany wytwarzają się silne naprężenia wewnętrzne, które po uskutecznionej przemianie zmniejszają się stopniowo. Jednak rysy hartownicze zjawiają się nie w czasie powstawania największych naprężeń, lecz nieco później.

Dalsze spostrzeżenia prof. Hondy polegają na stwierdzeniu, iż rysy hartownicze biegną zawsze prostopadle do linii jednakowej twardości, te zaś posiadają układ eliptyczny lub okrągły. Prof. Honda wnioskuje, że rysy powstają na skutek naprężeń wewnętrznych, spowodowanych różnymi objętościami właściwymi różnych składników strukturalnych, powstających w stali zahartowanej wskutek niejednakowego stopnia hartowania.

Im szybsze było stygnięcie w czasie hartowania (krawędzie próbki), tem więcej powstało austenitu o małej objętości właściwej i tem mniej powstało martenzytu o większej objętości właściwej (w środku próbki). Brzeg próbki wobec powyższego rozciąga się, środek ściska się, a wskutek tych różnie skierowanych naprężeń powstaje rysa (rys. 2).

Przy łagodnym hartowaniu powstaje w warstwach zewnętrznych próbki martenzyt α o większej objętości właściwej, a w środku martenzyt β o mniejszej objętości właściwej. Brzegi w tym wypadku znajdują się pod ciśnieniem, a środek ule-



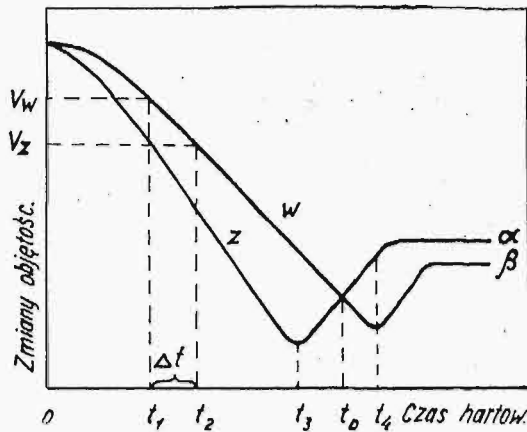
Rys. 2. Powstawanie rysy hartowniczej według K. Hondy.

ga naprężeniom rozciągającym, — wskutek czego powstaje rysa wewnętrzna (rys. 2). Rozkład tych naprężeń został stwierdzony metodą wyznaczania naprężeń według Heyn'a.

¹⁾ Kotaro Honda „Die Theorie der Stahlhärtung”. Arch. für das Eisenhüttenwesen. 1928.

Opierając się na wykresie Hondy i Chévé-
nard'a oraz na rozważaniach prof. Baboszin'a
(rys. 1), można w sposób podobny przedstawić
przebieg powstawania naprężeń podczas hartowa-
nia małych próbek.

Rozpatrując próbkę o przekroju prostokąt-
nym, uwzględnimy dwa punkty: p. 1, leżący w po-
bliżu krawędzi i p. 2 — bliżej środka próbki.



Rys. 3. Zmiany objętości w zależności od szybkości hartowania.

Szybkość hartowania będzie większa w p. 1, niż w p. 2, a w każdym razie, przy niewielkiej różnicy szybkości, proces ochładzania w okolicy punktu 2 będzie się odbywał z pewnym opóźnieniem.

Ponieważ przy hartowaniu z dużą szybkością przemiana austenitu w żelazo α jest obniżona do temperatury 200—300°, przeto zewnętrzne warstwy osiągną temperaturę przemiany wcześniej niż warstwy wewnętrzne i w danej chwili, gdy zewnętrzne warstwy próbki posiadają budowę martenzytyczną, wewnątrz zawiera nierozłożony austenit, który w następnej dopiero chwili przemienia się w martenzyt.

Wprawdzie mniejsze szybkości hartowania, odpowiadające wewnętrznym warstwom, mogą obniżyć przemianę austenit-martenzyt w mniej znacznym stopniu, niż to zachodzi w warstwach zewnętrznych, przez co opóźnienie tworzenia się martenzytu we wnętrzu nie będzie już tak znaczne, jednak należy sądzić, że to opóźnienie będzie posiadało pewną wartość.

Powyższy przebieg można przedstawić na krzywych zmian objętości, co w sposób schematyczny przedstawione jest na rysunku 3.

Na osi rzędnych odmierzone są wartości objętości, na osi odciętych — czas hartowania. Krzywa z odnosi się do warstw zewnętrznych, w — do wewnętrznych. Opóźnienie chłodzenia warstw wewnętrznych w stosunku do zewnętrznych wyraża się tu przesunięciem krzywych o okres czasu Δt . Z krzywych widać, iż w każdym czasie t , przy $t_0 > t > 0$, $v_w > v_z$, w chwili zaś $t = t_0$ jest $v_w = v_z$.

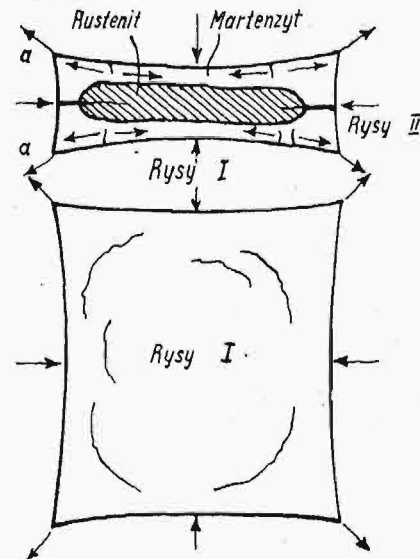
Stąd wynika, iż od chwili $t = 0$ do $t = t_3$ zewnętrzne warstwy kurczą się bardziej od wewnętrznych, powstają więc w nich naprężenia rozciągające, które w przeciągu czasu $t \rightarrow t_0$ spadają

do zera. W okresie czasu $t_0 - t_4$ zachodzi stosunek odwrotny: $v_z > v_w$, wewnętrzne warstwy kurczą się, zewnętrzne zaś odwrotnie „pęcznią” — tworzy się bowiem martenzyt. W dalszym ciągu powstające przytem naprężenia maleją, aż do przybliżonego wyrównania objętości, jeśli nie uwzględnić odmian α i β martenzytów, jak to segreguje K. Honda. W wypadku więc hartowania próbek, posiadających po zahartowaniu budowę martenzytyczną na całej ich rozciągłości, niebezpiecznym zakresem czasu, względnie temperatur, jest zakres oznaczony na rysunku $t_0 - t_4$, częściowo zaś i dalszy.

Naprężenia powstające w okresie hartowania od czasu $t = 0$ do czasu $t = t_3$ nie są zapewne szkodliwe: miękki stan austenityczny stali zabezpiecza próbkę od pęknięcia.

W okresie czasu od t_0 do t_4 wewnątrz próbki przebywa jeszcze stadjum kurczenia się austenitu, zaś zewnętrzna powłoka posiada budowę martenzytyczną. Przebieg więc naprężeń przedstawia schematycznie (przesadzony co do kształtu) rys. 4.

Kurczące się wewnątrz austenityczne powoduje wyginanie się próbki w sposób wskazany na rysunku. W powłoce martenzytu powstają skomplikowane co do kierunku, a szybkie co do czasu działania naprężenia wewnętrzne (wskazane strzałkami), które właśnie mogą powodować powstawanie rys w kruchej powłoce martenzytu. Możliwą jest rzeczą, że te naprężenia mogą spowodować powstawanie jedynie rys mikroskopijnych, które po hartowaniu mogą być pogłębiane i powiększane przez naprężenia, powstające wskutek różnych objętości właściwych, występujących w różnych częściach próbki.



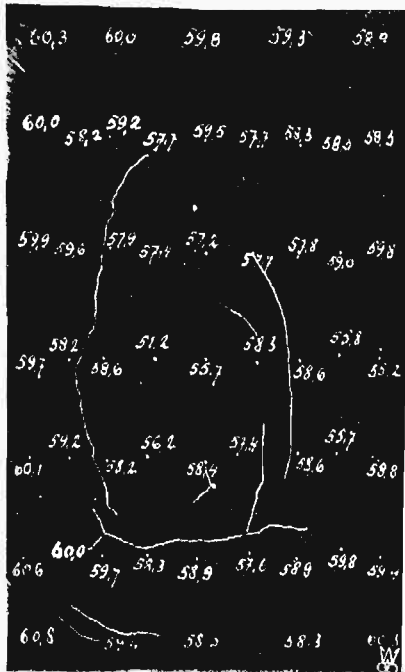
Rys. 4. Odkształcenie próbki hartowanej i rozkład w niej naprężeń oraz rys.

Rozkład rys na powierzchni i w przekroju próbek przedstawia rys. 4. Powstawać więc mogą dwa typy rys: I — przebiegające na powierzchni próbki w sposób mniej więcej eliptyczny, oraz rysy II — przebiegające prostoliniowo od mniejszego boku próbki.

Nie ulega wątpliwości, że po hartowaniu otrzymuje się (przesadnie na rys. 4 przedstawiony)

zmieniony kształt prostokątnej próbki. Dowodzą tego liczne spostrzeżenia, uskuteczniane podczas polerowania próbek odpolerowanych przed hartowaniem „na płasko”.

Do prób były użyte trzy podobne co do składu materiały.



Rys. 5. Rysy typu I.

Przeciętny skład chemiczny tych materiałów był następujący:

materiał A: 0,51% C; 0,98% Mn; 0,23% Si; 0,05% P; 0,02% S; 0,11% Cu
 „ B: 0,505 „ 0,89 „ 0,27 „ 0,04 „ 0,025 „ 0,11 „
 „ C: 0,515 „ 0,82 „ 0,21 „ 0,035 „ 0,020 „ 0,10 „

Analizy warstw zewnętrznych materiału A i B wykazują skład:

materiał A	0,49% C	0,91% Mn	0,056% P	0,02% S
„ B	0,51 „	0,89 „	0,054 „	0,02 „

Skład chemiczny pasa likwacji tych samych materiałów jest następujący:

materiał A	0,50 — 0,57% C	0,90 — 0,92% Mn
	0,051 — 0,060 P	0,05 — 0,063 S
materiał B	0,60 — 0,79% C	0,90 — 0,92% Mn
	0,067 — 0,097 P	0,05 — 0,065 S.

W materiale C pas likwacji nie występuje.

Materiały A i B pochodziły z górnych części bloków, zaś materiał C — ze środkowej.

W czasie hartowania, gdy wewnątrz rozszerzającej się powłoki martenzytycznej znajdowało się kurczące się wnętrze austenityczne, zniekształcenie formy próbek musiało być jeszcze silniejsze, stąd też niewątpliwym być musi rozkład powstających naprężeń. Jako potwierdzenie powyższych przypuszczeń, może służyć fakt, iż podczas hartowania małych próbek (o wymiarach 50×40×12 mm) dał się zauważyć zupełnie zgodny przebieg i kształt rys z wyrozumowanym wyżej. Rysy typu I podane są na fotografiach (rys. 5, 6), rysy

zaś typu II, przebiegające w pasie likwacji, podane są na fotografii (rys. 7).

Na powstawanie rys hartowniczych wywiera wpływ przede wszystkim stan czystości i jednorodności stali, pozątem skład chemiczny i szybkość hartowania.

Jak podaje prof. Baboszyn, siarka w postaci siarczków oraz fosfor, stanowiące pospolite zanieczyszczenia stali, w razie nadmiernego ich istnienia, obniżają odporność stali przeciw tworzeniu się rys hartowniczych. Ponadto węgiel i mangan (nikiel) zwiększają „czułość” stali na hartowanie.

Próby hartowania (z różnymi szybkościami) stali oznaczonej symbolami A, B, C wykazały, iż: materiał C nawet podczas najbardziej energicznego hartowania nie pękał. W wyjątkowych wypadkach tworzyły się rysy typu I; materiał A nawet podczas niezbyt energicznego hartowania (gorąca woda) dawał rysy przeważnie typu I, rzadko zaś rysy typu II.

W materiale B podczas hartowania mniej lub więcej energicznego tworzyły się rysy obu typów, a przeważnie rysy typu II.

Pozostaje to w niewątpliwym związku ze stopniem zanieczyszczenia poszczególnych materiałów.

Jak już wspomniano materiał C nie posiadał zanieczyszczeń. Analizy chemiczne warstw zewnętrznych i wnętrza materiału A nie wykazują znacznych różnic, jednak nie jest to jeszcze miarodajne, ze względu na fakt nierównomiernego grupowania się zanieczyszczeń w pasie likwatów. Badania makroskopowe oraz obserwacje mikroskopowe stwierdziły bardzo dużą ilość żużli, rozsianych w masie materiału; dowodzi to, że jednak materiał A jest znacznie zanieczyszczony.

Z danych chemicznych oraz makrograficznych wypada, iż materiał B jest materiałem bardzo zanieczyszczonym.

Na mocy licznych obserwacji, uskuteczniowanych podczas hartowania, należy wysnuć przypuszczenie, iż zanieczyszczenia w postaci pasa likwatów w próbkach płaskich powodują powstawanie rys, przebiegających właśnie w tym pasie zanieczyszczeń (rysy typu II). Im likwacja jest silniejsza, tem łatwiej, bo przy mniejszych szybkościach hartowania, powstają rysy. Dowodzi tego fakt, że w materiale C rys wogóle nie powstawało. W materiale A, przy hartowaniu na troostyto-martenzyt i matrenzyt, powstawały wyjątkowo rysy typu II, przeważnie zaś rysy typu I. W materiale zaś B — odwrotnie.

Objaśnienie tego zjawiska jest proste: likwacje węgla powodują znaczne odkształcenie powłoki martenzytycznej, szczególnie na krawędzi ($a-a$ rys. 4), wewnątrz austeniczne kurczy się bardziej, w środku więc (analogicznie jak podaje prof. Honda) powstaje ściskanie, w krawędzi zaś rozciąganie, a skutkiem tego tworzy się rysa typu II. W miarę zaś uskuteczniania przemiany austenitycznego wnętrza na martenzyt, rysy typu II pogłębiają się, co nawet zachodzi często po zahartowaniu.

Istnienie w pasie likwatów fosforu i tlenu, znajdujących się w roztworze stałym i swą obec-

nością podnoszących t-rę przemiany allotropowej $\gamma \rightarrow \alpha$ do nieco wyższych temperatur, widocznie (jak już wspomniano) ułatwia powstawanie rys. Analogicznie obecność w tworzywie żużli, tlenków i siarczków, występujących zazwyczaj jako faza obca, osłabia tworzywo w sposób mechaniczny i sprzyja powstawaniu rys, wywołując znacznie większe różnice dilatometryczne.

Wpływ zanieczyszczeń odbijać się musi zapewne i na powstawaniu rys typu I. W tym wypadku, zachodzą pewne zmiany kształtu, spowodowane znacznie większymi różnicami zmian objętościowych, stąd też powstają większe naprężenia i zdolność do tworzenia rys rośnie.

Wpływ szybkości hartowania na powstawanie rys hartowniczych w materiale zanieczyszczonym podany jest w załączonej tabeli.

Wymiary próbek hartowanych były: $60 \times 30 \times 12$ mm. Czas wyżarzania 25 minut przy temperaturze próbek 800° , czas odpuszczania 10 minut przy temperaturze próbek 620° .

Oznaczenia:

B_h — twardość po hartowaniu,

B_o — twardość po odpuszczaniu,

U_{20} — odporność na uderzenia w temperaturze badań 20° , wyrażona w kgm/cm^2 .

obu zakresach temperatur chronią od powyższej wady. Tego rodzaju szybkości dla stali półtwardych ($C \approx$ około 0,5%) powodują bardzo niewielką twardość: około 250 kg/mm^2 po hartowaniu i nieznaczną odporność na uderzenia w temperaturze 20° C .

Duża szybkość hartowania (pomiędzy 800 a 400°) oraz bardzo mała szybkość chłodzenia (poniżej 400°) powoduje jeszcze znaczną twardość (ponad 420 kg/mm^2), odporność na uderzenia jest przytem znaczna.

Ten ostatni jednak sposób hartowania nie zabezpiecza naogół od powstawania rys. Zmniejszenie gwałtownej szybkości hartowania powinno się odbywać od temperatur wyższych od 400° , zapewne od temperatury 500° , co zależy jednak od stopnia zanieczyszczenia materiału. Materiały silnie zanieczyszczone pasem likwatów, a posiadające nieznaczna grubość, widocznie nie mogą być hartowane do budowy martenzytycznej, — jak wynika z powyższej tabeli.

Hartowanie materiału A przy wymiarach próbek $250 \times 85 \times 12$ mm uskuteczniane w wodzie o temp. 20° z szybkością $48^\circ/\text{sek}$ w zakresie temp. $800-350^\circ$ doprowadzało do powstawania pęknięć o typie I. Stosując „częściowe“ hartowanie w tym-

T A B E L A

L. p.		Szybkość hartowania w $^\circ/\text{sek}$		B_h kg/mm^2	Po odpuszczeniu				U w a g i
		$800^\circ-400^\circ$	$400^\circ-100^\circ$		B_o kg/mm^2	U_{20} 1	U_{20} 2	U_{20} średnie	
1	Woda o temp. 20° C . . .	od 65	od 70	574	211	6,3	8,3	7,4	} Drobnie rysy typu I
2	" " 30° . . .	↑	↑	515	198	8,0	9,3	8,7	
3	" " 40° . . .			490	204	7,0	8,4	7,7	
4	" " 50° . . .			468	194	7,1	7,5	7,3	
5	" " 78° . . .			390	194	3,8	7,0	5,4	
6	" " 80° . . .	do 25	do 20	269	190	1,0	3,0	2,0	} Rysy typu II
7	" wrząca	ok. 20	15	223	187	1,1	0,6	0,8	} Rysy nie powstały
8	Olej	23,1	4,6	236	209	1,4	4,2	2,8	
9	$800-400^\circ$, H_2O — 20° $400-100^\circ$, olej	42,0	42,9	502	206	—	6,2	6,2	} Pękły podczas leżenia; rysy typu II
10	$800-450^\circ$, H_2O — 20° $450-100^\circ$, olej	43,8	38,9	522	—	—	—	—	
11	$760-400^\circ$, H_2O — 4° $400-100^\circ$, olej	72,0	3,3	426	202	6,7	7,7	7,2	Rysy nie powstały
12	$760-400^\circ$, H_2O — 4° $400-100^\circ$, olej	72,0	4,2	458	206	7,5	7,0	7,3	Rysy typu I i II
13	" "	72,0	4,0	515	206	6,7	6,5	6,6	Rysy nie powstały
14	800 — ok. 500° , H_2O $500-25^\circ$, powietrze	—	—	250	202	4,3	2,6	3,5	" " "

Na mocy powyższych danych wysnuć można przypuszczenie, iż na powstawanie rys. typu I lub II wpływa szybkość hartowania.

Prawdopodobnie znaczne szybkości hartowania w zakresie 800 do 400° oraz znaczne szybkości dalszego stygnięcia powodują powstawanie rys typu I.

Znaczne zaś szybkości hartowania w tymże zakresie oraz powolniejsze szybkości chłodzenia poniżej 400° wpływają na powstawanie rys typu II.

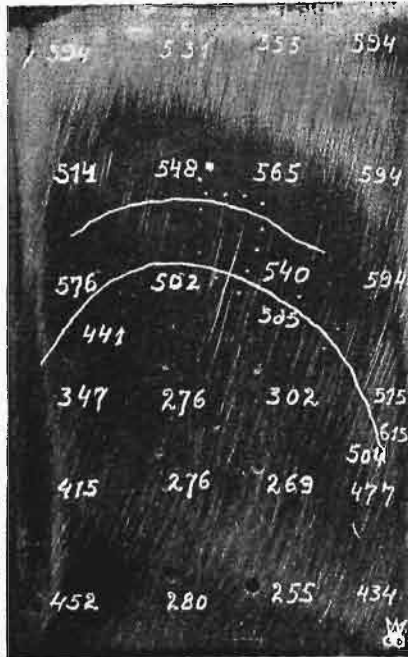
Jedynie nieznaczne szybkości hartowania w

że ośrodku, udało się stwierdzić, iż usunięcie szkodliwego zjawiska pęknięcia można było uskutecznić w wypadku hartowania od $5-6^\circ/\text{sek}$, co odpowiadać musiało obniżeniu przemiany zaledwie do temperatur nieco niższych od $600-550^\circ$, poczem stygnięcie odbywało się na powietrzu.

Wyjaśnienie zjawiska, dlaczego duże szybkości hartowania powodują powstawanie rys hartowniczych typu I, może być następujące.

Przy większych szybkościach hartowania, powstaje większa niejednorodność stygnięcia warstw

zewnątrznych i wewnętrznych, a stąd większe różnice dilatometryczne, co powoduje, że niebezpieczny zakres przeciwnie działających naprężeń rozszerza się (rys. 3, zakres czasu t_0-t_4). Cieńsza „powłoka” martenzytyczna musi znosić znacznie większe naprężenia wewnętrzne, których działanie jest



Rys. 6. Rysy typu I.

bardziej szybkie. Wskutek tego naprężenia „nie mają czasu” skoncentrować się w miejscach słabszych materiału, działają niemal w miejscach powstawania — tworzyć się więc musi większa ilość bardziej drobnych rys. Rysy te, przy dalszych odkształceniach, stając się ośrodkami skupienia bardziej powoli działających naprężeń, łączą się, pogłębiają i rozszerzają.

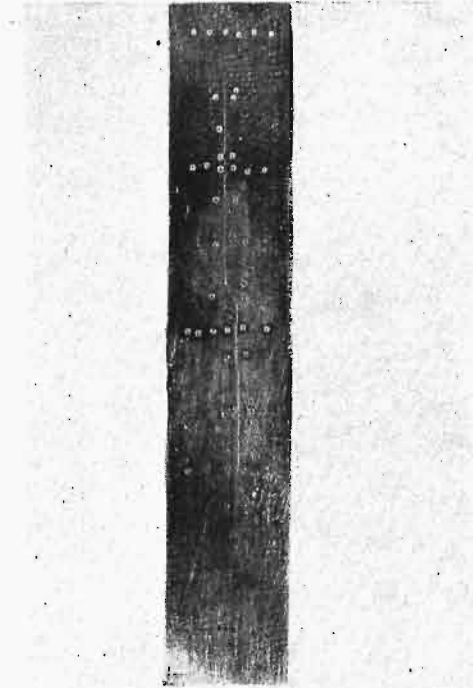
Zwolnienie szybkości hartowania poniżej 450—400° powoduje mniejsze różnice zmian objętościowych, a tem samem — powolniejsze powstawanie naprężeń; grubsza powłoka martenzytyczna lepiej przeciwstawia się mniejszym naprężeniom, powstającym wskutek odkształceń. Naprężenia skupiają się w miejscach największej słabości, względnie największej kruchości i, w razie dostatecznie wielkich wartości, powodują pękanie. Pękanie to odbywa się często w pewien czas po hartowaniu.

Parokrotnie zauważono podczas odpowiednich doświadczeń, iż powiększanie się tych rys następowało w parę godzin po hartowaniu.

Zaobserwowano również, iż w razie występowania na danej próbce obu typów rys, rysy typu II były znacznie mniejsze, niż w wypadku ich samodzielnego występowania. Dowodzi to, iż faktycznie rysy drobne „neutralizują” działanie naprężeń i nie pozwalają skupiać się im w pasie likwatów — siedlisku rys typu II.

Powyższa teoria powstawania rys hartowniczych, wysnuta dla próbek o przekroju prostokątnym, może być łatwo uogólniona i na inne kształty przedmiotów. Należy jednak przypuszczać, że

pas likwatów, tak szkodliwie oddziaływający w wypadku próbek płaskich, dość nieznacznie przewyższających grubością grubość warstwy zanieczyszczeń, nie będzie wywierał tak szkodliwego działania przy innym, korzystniejszym stosunku



Rys. 7. Rysy typu II.

wzajemnej grubości warstw „zdrowych” i zanieczyszczonych likwacjami składników.

Linje jednakowej twardości przebiegają na powierzchni próbek w sposób eliptyczny, tenże kierunek posiadają rysy typu I, co nie jest zgodne z poglądami prof. Hondy.

Oczywiście, w przypadku rozpatrywania poprzedniego przekroju próbki i rozkładu twardości w tym przekroju, rys hartownicze będą przebiegały prostopadłe do linii jednakowych twardości.

Układ rys, podany na fotografiach rys. 5 i 6, dowodzi, iż okrażają one bardziej miękkie środki powierzchni próbek, co bardzo wyraźnie występuje na fotogr. rys. 6, sporządzonej z próbki specjalnie w ten sposób hartowanej, by otrzymać mieszcę o różnej twardości. Pomiar twardości wyrażone są w liczbach Brinell'a.

Liczby zaś podane na rys. 5 wyrażają twardość w skali c Rockwell'a.

Ponadto bardzo liczne próby twardości, przeprowadzone po różnych sposobach hartowania (tabl.), wykazały, iż środki powierzchni próbek są bardziej miękkie od ich obrzeży, obserwowany zaś układ drobnych rys typu I posiadał wszędzie charakter podany na powyższych fotografiach.

Na mocy tych danych oraz rozumowania, iż miejsca stalowej próbki, posiadające mniejszą twardość, a zatem większą podatność do wszelkich odkształceń, nie są tak czułe na pękania, jak bardziej kruche i twarde jej części, należałoby raczej przypuszczać, że rysy hartownicze powinny przebiegać właśnie równoległe do linii powierzchniowej twardości.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BUDOWNICTWO WODNE.

Stan prac na budowie kanału Ren—Łaba.

Całkowita długość niemieckiego kanału śródlądowego (Mittelland), mającego łączyć Ren z Łabą, będzie wynosiła 475 km; z tego do r. 1916 gotowy już był odcinek o długości 314 km do Hannoveru, a do r. 1928 wykonano dalsze 30 km do miejscowości Peine. Obecnie jest w budowie odcinek od miejsc. Peine do Burgu pod Magdeburgiem, o długości ok. 131 km (rys. 4).

Kanał posiada do Hannoveru szerokość zwierciadła 34 m, a od Hannoveru 37 m w wykopie zwykłym, 39 m w poziomie gruntu i 41 m powyżej poziomu gruntu (p. rys. 1—3). Odgałęzienia południowej odnogi kanału będą miały szerokość 34 m.

Pola, znajdujące się w pobliżu kanału, będą doprowadzone do stanu nadającego się do uprawy częściowo za pomocą nawodnienia, częściowo zapomocą odwodnienia, częściowo drogą nawiezienia na nie ziemi wydobytej przy kopaniu kanału. Pola te zajmują łącznie obszar ok. 14 000 ha, tak że prawie pięć razy tyle ziemi, wiele potrzeba jest dla kanału, zostaje zwrócone do powszechnego użytku, dzięki ulepszeniu bardzo złych gruntów, jakie dotychczas tam się znajdowały.

Dotychczas wydobyto 15 milionów m³ ziemi. Przeciętne wydobyte dziennie wynosiło ok. 40 000 m³, a czasami nawet 45 000 m³. Odpowiada to długości gotowego odcinka kanału o średnich wymiarach ok. 125 m.

Do budowy kanału użyto 17 czerperek kubełkowych na podwoziu gąsienicowym, 23 łyżkowych i chwytakowych i dwóch czerpaków pływających. Stosowano przytem daleko posuniętą racjonalizację robót.

Wydajność czerperek, częściowo napędzanych elektrycznie, wynosiła do 1000 m³/h. Stosownie do tych dużych wydajności, żelazne wagony-wywrotki do transportu ziemi mają pojemność 16 m³; dzięki urządzeniom do samoczynnego wywracania, do obsługi ich potrzeba zaledwie dwóch ludzi, gdy wywrotki dawnego typu, o pojemności 4 do 5 m³, wymagały obsługi trzech do czterech ludzi.

Pod miejscowością Wedringen i koło Magdeburga zbudowano wały z piasku refulowanego. Ziemia, wydobyta z kanału, o ile nie jest zużywana do samej budowy kanału, jest wysypywana na pustkowiach, i to na wysokość conajmniej 10 m. Używa się do tego mechanicznych urządzeń transportowych o wysokości zsypu do 16 m, o wydajności 600 do 700 m³/h. Naskutek dużej wysokości zsypu, grunt w nasypie jest mocno ściśnięty, tak że można przypuszczać, że ziemia nasypa już nie będzie osiadała w przyszłości.

I tu koszty, dzięki temu urządzeniu, są zmniejszone znacznie, gdyż do obsługi urządzeń zsypujących wystarcza trzech do czterech ludzi, gdy poprzednio jedno wywrócenie i opróżnienie pociągu wagonów-wywrotek wymagało ośmiu do dziesięciu ludzi.

Jednocześnie z robotami ziemnymi, wykonywane są wszelkie potrzebne budowle ziemne: z 12 mostów kolejowych wybudowano już 4, z 76 mostów drogowych — 35, i z 53 syfonów — 10.

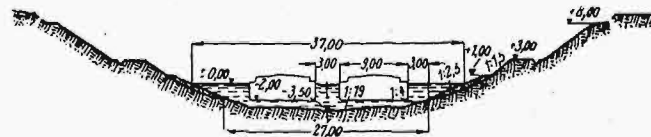
Jedną z większych budowli, związanych z tym kanałem, będzie skrzyżowanie kanału z Łabą, która ma mieć w tem miejscu 100 m szerokości zwierciadła dla żeglugi oraz dwa boczne strumienie, mające przepływać przez otwory o świetle 57 m. Przepusty z temi otworami mają być wykonane z żelaza, natomiast most kanałowy nad głównym nurtem rzeki — z betonu i ma być wyposażony w koryto o szerokości 30 m i głębokości 2,5 m.

Poza tem wykonane będą koło Magdeburga dwie stacje pompowania wody o wysokości podnoszenia 18 m, umożliwiające służowanie od jez. Rothensee z lewej strony i do poziomu przy m. Burg — z prawej.

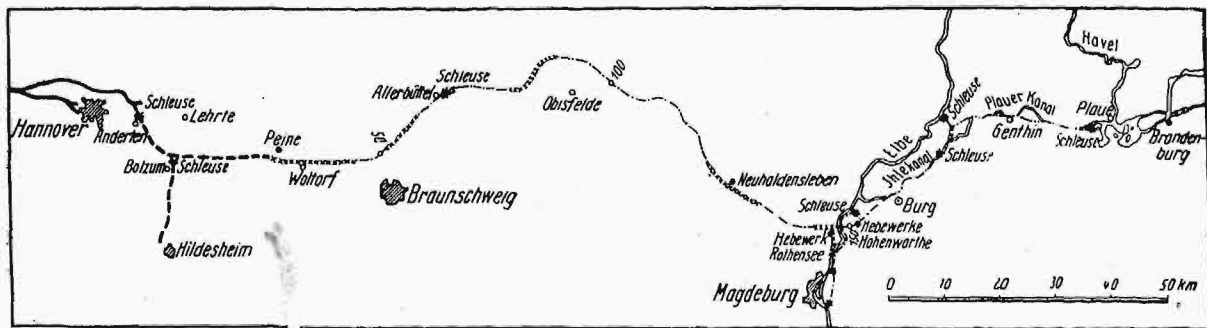
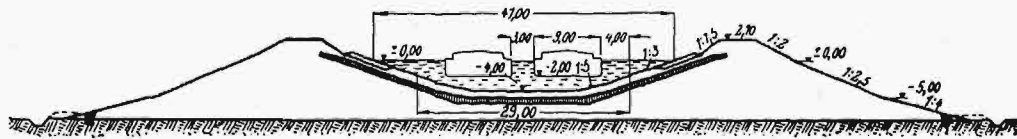
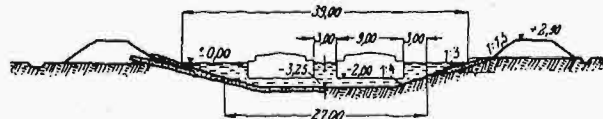
Przeciętna liczba zatrudnionych przy budowie kanału

Rys. 3. Przekrój kanału przy zwierciadle powyżej otaczającego poziomu.

Rys. 1. Przekrój kanału w wykopie zwykłym.



Rys. 2. Przekrój kanału o zwierciadle w poziomie otaczającego gruntu.



— — — — — dawne odcinki kanału - - - - - odcinki otwarte w r. 1928 x x x x odcinki w budowie odcinki projektowane.

Rys. 4. Trasa kanału na odcinku Hannover-Burg.

robotników wynosiła w r. 1929 — 3 000, w r. 1930 — 4 300; ogólna zaś liczba pracujących na budowie i w warsztatach w r. b. wynosi ok. 8 000.

Kierownictwo budowy spodziewa się, że kanał główny do Bruńswiku będzie gotowy do r. 1933.

Jednocześnie z wyżej opisanymi robotami, prowadzone są prace przygotowawcze w celu ustalenia projektu południowej odnogi kanału; prace te w ciągu bieżącego roku mają być ukończone.

Rzeka Saale nie nadaje się niemal obecnie do żeglugi dla statków 400-tonnowych. Jakkolwiek jest skanalizowana, to jednak wskutek bardzo ostrych zakrętów żegluga na niej jest niezmiernie utrudniona, zwłaszcza przy niskich stanach wody. Ponadto służy, jakie się na niej znajdują i które datują się z przed stu zgorą lat, już nie odpowiadają nowoczesnym wymaganiom techniki.

Prace na rzece Saale mają być dokonane w dwóch serjach. Mianowicie od miasta Halle do Łaby ma być ona stopniowo, kolejnymi odcinkami, dostosowywana do żeglugi dla statków 400-tonnowych, przyczem jednak wszelkie nowe budowle są już wykonywane tak, aby mogły wystarczać dla statków 1000-tonnowych.

Budowle poza miastem Halle do Kreypau oraz odgałęzienia z Bernburga przez Stassfurt do Leopoldshall i z Kreypau do Lipska są wykonywane tak, by możliwa była żegluga statków 1000-tonnowych. (VDI-Zft., 1930, zes. 22).

GOSPODARKA ENERGETYCZNA.

Elektrownia Finkenheerd.

Węgiel brunatny, jako paliwo, znajduje w Niemczech coraz bardziej szerokie zastosowanie do wytwarzania energii elektrycznej. Gdy w r. 1913 21% całkowitej energii wytworzonej (2½ miljarde kWh), opierało się na węglu brunatnym, to w r. 1929 udział węgla brunatnego wyrażał się już cyfrą 51%, przy całkowitej ilości energii wytworzonej 17,5 miljarde kWh.

bycie, które osiągnęło ostatnio ok. 175 milionów t, dochodzą do wniosku, że zapas ten wyczerpie się w ciągu 130 lat. W ostatnich kilkunastu latach wydobycie węgla brunatnego wzrosło dwukrotnie, tembardziej więc kres wyczerpania tego zasobu staje się bliskim, co zmusza do jaknajdalej posuniętej racjonalizacji gospodarki energetycznej elektrowni, w których stosuje się jako paliwo węgiel brunatny.

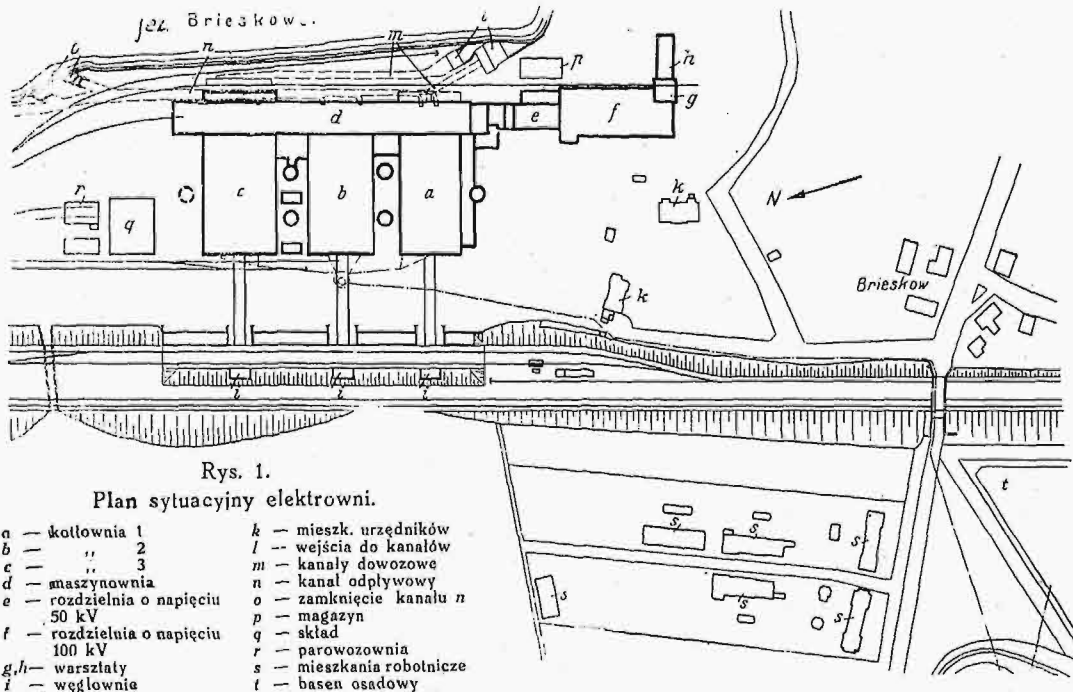
Jedną z większych elektrowni niemieckich na węglu brunatnym jest zakład Finkenheerd, którego budowę rozpoczęto w r. 1921 w bezpośrednim sąsiedztwie pokładów węgla brunatnego, położonych na południe od Frankfurtu nad Odrą. Pola węglowe, zakupione przez elektrownię w r. 1921, obejmowały około 8400 ha; w następnych latach dokupiono obszary sąsiednie, tak że powierzchnia ich wzrosła do przeszło 11 000 ha. Są to pokłady poprzednio niemal zupełnie nieeksploatowane i zapewniające na szereg lat wystarczający zasób paliwa dla elektrowni.

Węgiel wydobywany jest częściowo odkrywkowo, częściowo w kopalniach podziemnych. Przy średniej zawartości wody 52%, dolna jego wartość opałowa wynosi ok. 2 250 Kal/kg.

Pierwotny projekt, według którego w r. 1921 przystąpiono do budowy, przewidywał, że budowa będzie się odbywała pięcioma etapami w odstępach mniej więcej dwuletnich, przyczem każdorazowo moc maszyn będzie zwiększana o 30 000 kW; rozplanowanie ogólne przewidywało możliwość stawiania również jednostek do 40 000 kW i rozbudowę elektrowni aż do 200 000 kW.

W pierwszym okresie ustawiono dwie jednostki maszynowe i dziesięć kotłów; w następnych dwóch — po jednej maszynie i po cztery kotły; w czwartym okresie ustawiono już maszynę o mocy 40 000 kW; również o 40 000 kW ma być zwiększona moc w okresie piątym, mianowicie dwie ustawione w pierwszym okresie jednostki maszynowe mają być zastąpione przez dwie inne o podwójnej mocy, a kotły, budowane zresztą z dużym zapasem, mają być przystosowane do większej wydajności przez przebudowę palenisk.

Przy opracowywaniu projektu brano pod uwagę możliwość i korzyści spalania węgla brunatnego w postaci pyłu,



Rys. 1.

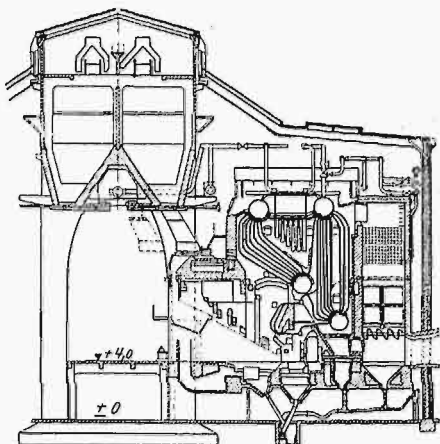
Plan sytuacyjny elektrowni.

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| a — kotłownia 1 | k — mieszkanie urzędników |
| b — " 2 | l — wejścia do kanałów |
| c — " 3 | m — kanały dowozowe |
| d — maszynownia | n — kanał odpływowy |
| e — rozdzielnia o napięciu 50 kV | o — zamknięcie kanału n |
| f — rozdzielnia o napięciu 100 kV | p — magazyn |
| g, h — warsztaty | q — skład |
| i — węglownia | r — parowozownia |
| | s — mieszkania robotnicze |
| | t — basen osadowy |

Niemieccy statystycy obliczają, że całkowity zasób dającego się wyzyskać węgla kamiennego w Niemczech wynosi 23 miljarde t, a zatem, wzięwszy pod uwagę roczne wydo-

jednak, po dłuższym namyśle, uznano, że nie byłoby to wskazane. Natomiast, w dążeniu do osiągnięcia większych sprawności i wydajności kotłów, postanowiono zastosować pod-

grzewanie powietrza i ruszty mechaniczne. W r. 1921 nie rozporządzano jeszcze w tej dziedzinie dużym doświadcze-



Rys. 2. Przekrój poprzeczny nowej kotłowni.

niem, o ile chodzi o mokry węgiel brunatny; odnoszono się do tego nowego wówczas pomysłu dość ostrożnie i dlatego

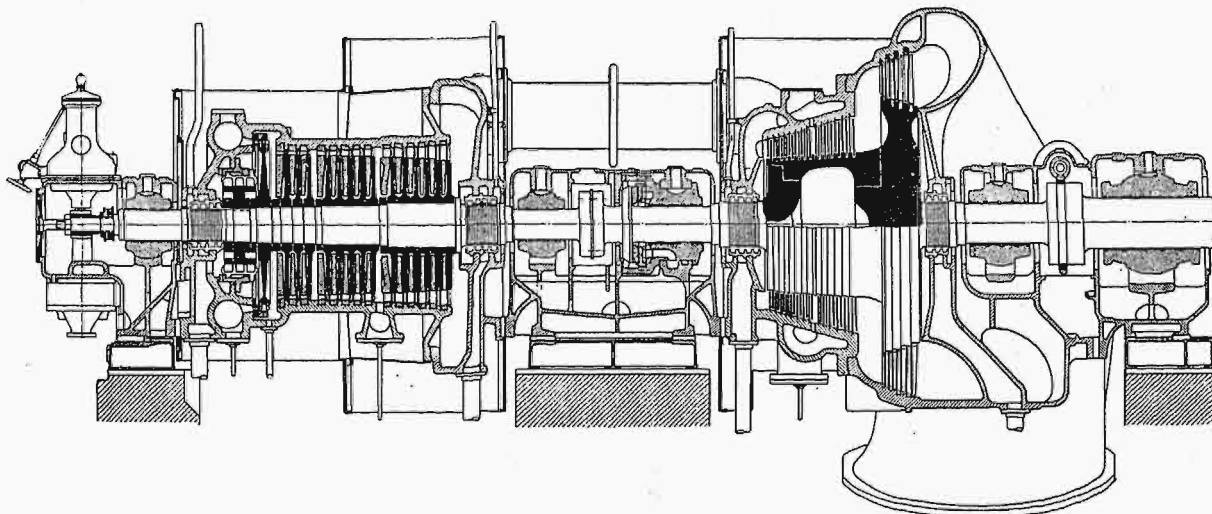
c) zastosowane ruszty podsuwowe dają równomierne zasilanie i oczyszczanie od żużla przy wszelkich stopniach obciążenia; w połączeniu z podgrzewaniem powietrza jest ruszt bardzo elastyczny, tak że obciążenie kotła może być zmieniane w ciągu kilku minut od zera do maximum i odwrotnie.

d) zawartość CO₂ wynosić może 15—16% przy nieznacznych stratach w niespalonych gazach.

e) przy natężeniu powierzchni ogrzewanej 30 kg/m²h sprawność kotła wynosi 88% i nie spada poniżej 84% przy zmianach natężenia do 16 kg/m² w dół i do 45 kg/m² w górę.

f) natężenie paleniska można utrzymać do ok. 3 t/h lub 6 750 000 Kal h.

Jakkolwiek zalety wysokich ciśnień i temperatur przegrzania pary znane były w chwili przystąpienia do budowy (1921), to jednak nie dowierzano wytrzymałości materiałów, jakimi rozporządzano, o tyle, aby zdecydować się na ciśnienie wyższe niż 20 at; jako temperaturę przegrzania, obrano 375°. Były to zresztą wartości, przewyższające już o 25% podówczas stosowane w elektrowniach na węglu brunatnym.



Rys. 3. Nowoustawiona turbina wysokoprężna (AEG), 2-kadłubowa, o mocy max. 40 000 kW, na ciśnienie dolotowe 35 at i temp. 435°.

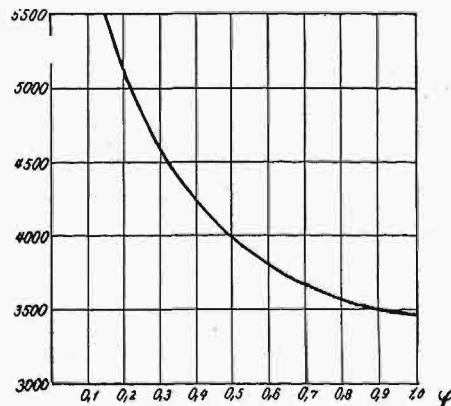
z dziesięciu kotłów (ustawionych w pierwszym okresie robót) jeden tylko został wyposażony w ruszty mechaniczne z podgrzewaniem powietrza.

Obawa rozpadu węgla przy podgrzewaniu wstępnym i pogorszenia przez to przepływu powietrza nie sprawdziła się, natomiast osiągnięto wysoką sprawność i wydajność kotła i rusztu. Zastosowano ruszt schodkowy podsuwowy typu Steinmüllera. Wiele jednak pracy trzeba było w to włożyć, zarówno ze strony firmy kotłowej, jak i elektrowni, by udoskonalić konstrukcję rusztu i paleniska do stanu dzisiejszego tej dziedziny techniki. Wnioski z obserwacji pracy kotła były m. in. następujące:

a) szybkość spalania rośnie ze wzrostem temperatury powietrza; do 175° nie zauważa się żadnego wpływu szkodliwego podgrzewania powietrza; przy 185° wzrasta temperatura spalania do 1200° i łatwotopliwy popiół tworzy narosty na ścianach paleniska i kotła; ograniczenie temperatury paleniska uskutecznia się najłatwiej przez rury ochładzające na tylnej ścianie komory.

b) szybkie spalanie i wysoka temperatura prowadzą do wysokich i szerokich palenisk, umożliwiających spalanie się cząsteczek gazów przed osiągnięciem powierzchni ogrzewanej; najmniejsza wysokość komory powinna być 5 m.

W r. 1923, w krótkim czasie po uruchomieniu pierwszej grupy maszyn, nastąpił okres dużego powszechnego zainteresowania wysokimi ciśnieniami.



Rys. 4. Rozchód energii w Kal/kWh w zależności od stopnia obciążenia φ elektrowni.

Zdecydowano się wówczas na zastosowanie przy dalszej rozbudowie elektrowni Finkenheerd ciśnienia 40 at i temperatury przegrzania 425°, a potem 450°.

Stosownie do 3-ch stadjów rozbudowy, kotły znajdują się w trzech kotłowniach; w jednej jest 10 kotłów (20 at, 375°), w drugiej 8 (40 at, 425°), w trzeciej narazie 4 (40 at, 450°). Wydajność normalna pierwszej grupy kotłów wynosi 18,5 t/h, najwyższa 25 t/h, kotły drugiej i trzeciej kotłowni wytwarzają odpowiednio: normalnie 38,5 t/h i 50 t/h pary, max. 55 i 83 t/h. Ustrój kotłów (o walczakach \varnothing 1230 mm, dług. 11,4 m, z dennicami odkutymi, spawanych z blachy o grub. 49,5 mm, poddawanych następnie ciśnieniu aż do granicy plastyczności i wreszcie ulepszonych termicznie) wiadać na rys. 2.

Każda kotłownia wyposażona jest we własną nastawnię, zawierającą wszelkie przyrządy kontrolujące i regulujące jej pracę. Podgrzewacze wody są wykonane z żeliwa perlitycznego, podgrzewacze powietrza są typu t. zw. „kieszonowego” (Taschenlufferhitzer) i wobec częściowego obiegu powrotnego powietrza gorącego temperatura doletowa wynosi w nich nie mniej niż 45°, dla uniknięcia oziębienia poniżej punktu skraplania się wody zawartej w spalinach (40°).

Tak, jak i kotły, turbiny i maszyny elektryczne, ustawione w pięciu okresach robót, odzwierciedlają do pewnego stopnia postęp w dziedzinie ich budowy. W r. 1921 ustawiono największe na owe czasy turbogeneratory o 3000 obr./min. Były to mianowicie dwa turbozespoły z samoczynnym regulowaniem ilościowym i podwójnymi łopatkami w ostatnich stopniach niskiej prężności.

Moc tych (obecnie już przestarzałych) maszyn wynosi 16 000 kW, moc przy największej sprawności — 12 500 kW. W następnych okresach ustawiano wysokoprężne turbogeneratory dwa razy większej mocy na 35 atn, 420 do 435° przegrzania pary, piąta zaś turbina, jak już wspominaliśmy, ma moc 40 000 kW. Wszystkie te turbiny wykonywają 1500 obr./min. Ostatnia turbina jest dwukadłubowa; część wysokoprężna ma 16 stopni, część niskoprężna — 18 stopni. Do podgrzewania wody zasilającej pobierana jest para za dziesiątym stopniem części niskoprężnej, pomiędzy częścią wysokoprężną i niskoprężną, oraz za dziewiątym stopniem części wysokoprężnej. Moc generatora tego turbozespołu jest 46 800 kVA, napięcie 6000 V; generator ma chłodzenie obiegowe, przyczem powietrze jest chłodzone zasadniczo zapomocą kondensatu, w razie potrzeby również zapomocą świeżej wody.

Napięcie 6000 V jest transformowane na 110 000 V w celu zasilania sieci dalekonośnej.

Turbiny (wszystkie AEG) ustawione są w szeregu wzdłuż maszynowni, co — jak twierdzi autor — umożliwia dogodny układ rurociągów.

Autor podaje na zakończenie, iż rozchód ciepła przy pełnym obciążeniu i przy korzystnych warunkach ruchu wynosi 3475 Kal/kWh. Przeciętna roczna cyfra wynosi 3990 Kal/kWh. Ponieważ w ostatnich jeszcze latach rozchód ciepła w elektrowniach na węglu brunatnym wynosił do 5 500 Kal/kWh, przeto elektrownia Finkenheerd może poszczycić się osiągnięciem istotnie b. dodatnich wyników. Jak oblicza autor — gdyby całkowita ilość zużywanego w Niemczech do wytwarzania energii elektrycznej węgla brunatnego była spalana w równie ekonomiczny sposób, jak się to dzieje w opisaną tu elektrowni, to z węgla tego dałoby się uzyskać o 3½ miljarda kWh więcej, niż to ma miejsce obecnie. (G. Warrelmann, VDI-Zft, zesz. 22, 1930).

KOTŁY PAROWE.

Rozwój kotłów dla siłowni.

Omawiając postępy budowy kotłów w ubiegłym 50-leciu, podaje H. Webster następujące interesujące liczby (Mech. Engg, kwiecień 1930):

	1905	1925	1930
Średnia pow. ogrzewana m ²	232	1 114	1 610
Pow. ogrzewana największego kotła . . . m ²	560	2 690	3 600
Ciśnienie robocze . . at	15,75	24,5—84	24,5—100
Najwyższa t-ra pary . °C	330	380—400	450
Najwyższe obciążenie pow. ogrzewanej . . kg/m ² h	24,4	39—73,5	240
Najwyższe odparowanie t/h	13,6	136	226
Największa wys. do środka górnego walczaka . . m	5,8	16,8	21,3
Stosunek pow. ogrzewanej do max. mocy maszyny m ² /kW	0,65	0,14	0,022

Nowe wydawnictwa^{*)}

Rocznik statystyczny przewozu towarów na Polskich Kolejach Państwowych według poszczególnych rodzajów towarów za rok 1929. Cz. I. Węgiel kamienny i brunatny, koks węglowy, miął węglowy i koksowy, torf i brykiety. Nakł. M-stwa Komun. Warszawa, 1930.

Sprawozdania i prace Polskiego Towarzystwa Fizycznego. T. V, zesz. 1, str. 140. Wyd. z zasiłku M-stwa W. R. i O. P. Warszawa, 1930.

Sprawozdanie z działalności Funduszu Bezrobocia za rok 1929. Str. 62. Tablic 70. Wykresów tablic 6. Nakł. Fund. Bezrobocia. Warszawa, 1930.

Report for the year 1929. National Physical Laboratory. Str. 298, rys. 58. Londyn 1930.

Werkstoff-Fragen des heutigen Dampfkesselbaues. Max. Ulrich. Str. 180 (papier kred.), rys. 163. J. Springer Berlin 1930.

Wirtschaftlichkeit der Energiespeicherung für Elektrizitätswerke. Dr.-Ing. L. Musil. Str. 143, rys. 89. J. Springer. Berlin 1930.

Die Kraftwirtschaft. Dr.-Ing. H. Balcke. Tom. I. Str. 680, rys. 393. Wyd. R. Oldenbourg. Monachjum 1930.

Eignungsprüfung, Berufsberatung, Berufsfreude. Dr. Werner Horn. Str. 159. Wyd. R. Oldenbourg. Monachjum 1930.

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