

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Laboratorium Metalograficzne Politechniki Warszawskiej (dok.), nap. Prof. Dr. W. Broniewski.
Koszty transportu na drogach wodnych, nap. Inż. M. Rybczyński, Profesor Politechniki Warszawskiej.
Synteza alkoholu etylowego, nap. T.
Przeгляд pism technicznych.
Wiadomości Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

SOMMAIRE:

Laboratoire métallographique de l'École Polytechnique de Varsovie (suite et fin), par M. W. Broniewski, Dr., Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.
Les prix de revient de transport par la Vistule, par M. M. Rybczyński, Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.
Le synthèse d'alcool éthylique, par M. T.
Revue documentaire.
Bulletin du Comité Polonais de Standardisation.

Laboratorium Metalograficzne Politechniki Warszawskiej.^{*)}

Napisał Prof. Dr. W. Broniewski.

II. Prace Dyplomowe i Doktorskie.

Dopiero po wprowadzeniu w życie ćwiczeń studenckich, niezbędnych dla normalnego funkcjonowania Wydziału Mechanicznego, można było zająć się organizacją prac dyplomowych, pożądanym dla Grupy Technologicznej.

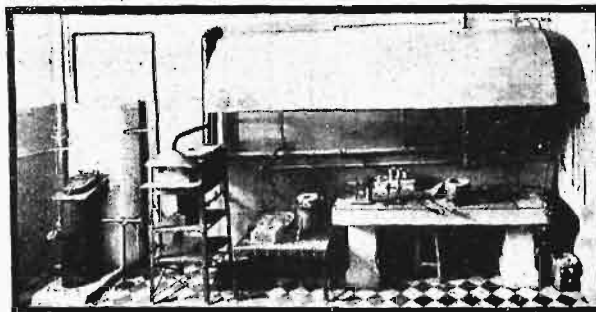
Regulaminowo, prace dyplomowe wykonane być winny w ciągu 6 miesięcy, pochłonać więc mogą około 1000 godzin rzeczywistej pracy studenta już obeznanego, przez ćwiczenia, z metodami metalografii.

Pożądanem się wydaje, by praca dyplomowa zawierała pierwiastki naukowe nowe, wyniki te zostaną jednak osiągnięte przez stosowanie metod uprzednio starannie opracowanych.

Pod tym względem różnią się zasadniczo prace dyplomowe od doktorskich, w których nieodzownym warunkiem jest umiejętność samodzielnego stosowania nowych metod dla właściwego rozwiązania nasuwających się zagadnień naukowych,

W Laboratorium Metalograficznym, prace dyplomowe dotyczą badań nad budową podwójnych układów metali. Stosowane są przytem metody elektryczne, analiza termiczna i mikrografia, badana jest rozszerzalność i jej zmiana z temperaturą oraz

twardość stopów. Wszystkie te badania, z wyjątkiem analizy termicznej, dwukrotnie odbywają się na tych samych próbkach, mianowicie po odlaniu i po odpowiednim wyżarzeniu. Niejednokrotnie zachodzi potrzeba badań punktów przełomowych elektrycznych, magnetycznych, termicznych lub objętościowych. Badania takie wykonywane są zazwyczaj zapomocą aparatów samoczynnie rejestrujących.



Rys. 9. Piec gazowe.

Od lewej strony widać kolejno: duży piec mekerowski, piec muflowy do ogrzewania przed walcowaniem, piec mekerowski, tygły i kokile, niewielki piec mekerowski (Nr. 10 na planie).

Przygotowanie próbek. Normalne wymiary próbek wynoszą 15 cm długości przy 5 mm średnicy. Są one odlewane w żelaznej kokili. Rzadziej warunki badań wymagają próbek w kształcie drutu; są one wtedy, po odlaniu w kokili, walcowane i przeciągane.

Topienie stopu przed odlewem odbywa się zazwyczaj w mekerowskich piecach gazowych, mogących dać temperaturę do 1500° (rys. 9).

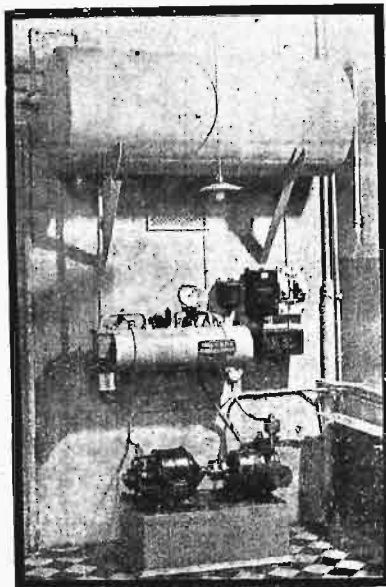
Powietrze wtlaczane jest do pieców mekerowskich pod ciśnieniem od 1,5 do 2 atmosfer. Dostarcza je sprężarka przedstawiona na rys. 10.

W wypadkach gdy stopienie odbywać się musi w próżni lub powyżej temperatury 1500°, użyty być musi piec o prądach szybkozmiennych systemu prof. Ribaud'a (rys. 11).

Napięcie prądu sieci miejskiej podniesione zostaje przez przetwornicę z 220 do 12 000 V. Wolty,

^{*)} Dokończenie do str. 956 w Nr. 48 r. b.

ampery i watty zużytego prądu miejskiego podawane są przez przyrządy tablicy pomiarowej, zaś



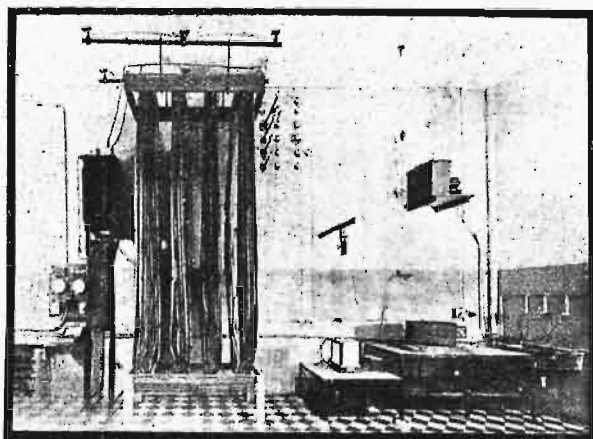
Rys. 10.

Sprężarka wirnikowa systemu Planche'a, dająca 80 m³ powietrza na minutę.

Silnik elektryczny 3 KM zaopatrzony jest w automatyczny przyrząd regulujący ciśnienie (Nr. 10 na planie)

natężenie jego regulowane jest przez zmienną samoindukcję. Przetworzony na wysokie napięcie prąd ładuje kondensatory o pojemności 0,1 mikrofarada, które rozładowują się iskrowo zapomocą przerwacza obrotowego. Prąd o częstotliwości zbliżonej do 10 000 wytwarza szybkozmienne pole magnetyczne w solenoidzie, stanowiącym istotną część pieca. Metal, lub inny przewodnik elektryczny, umieszczony w tym polu, stanie się więc siedliskiem prądów Foucaulta, które mogą podnieść nieograniczenie jego temperaturę. Tygiel w tym piecu zimniejszy jest od metalu w nim zawartego, co pozwala na osiągnięcie wysokich temperatur; sam zaś piec pozostaje zimny i jego solenoid chłodzony jest prądem wody.

Przeróbkę stopu na drut rozpoczyna walcowanie, redukujące średnicę odlanej próbki z 15 do

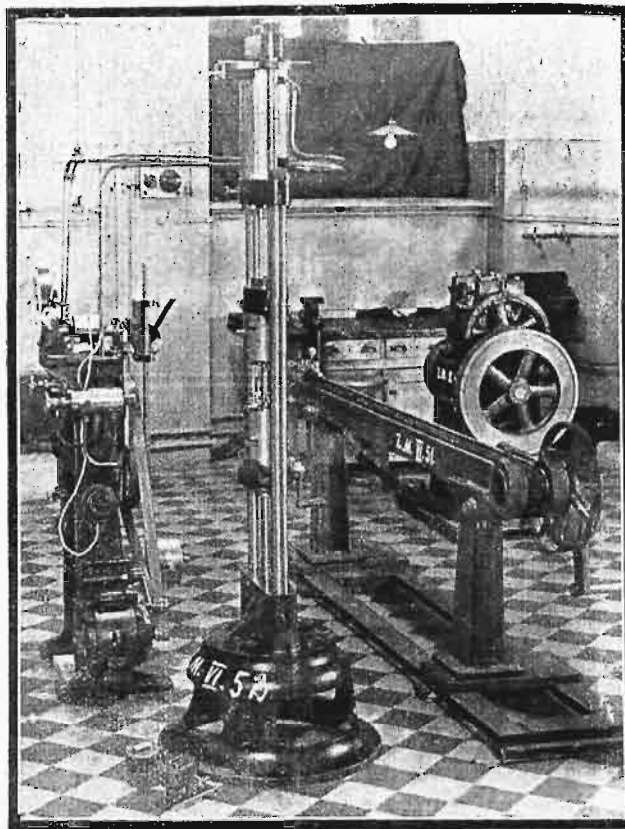


Rys. 11. Piec o prądach szybkozmiennych.

Od lewej strony widać kolejno: tablicę pomiarową, zmienną samoindukcję, a nad nią przewrotnicę, kondensatory, piec ze skierowanym na niego piro-metrem opłycznym i pompą próżniową pod nim; przyrząd rejestrujący Rengada do analizy termicznej, powyżej zaś przerwacz prądu do pieca (Nr. 10 na planie).

6 mm. Służy do tego walcarka laboratoryjna, poruszana silnikiem elektrycznym (3 KM) lub ręcznie.

W razie potrzeby, próbki przed walcowaniem są podgrzewane w mufłowym piecu gazowym. Poniżej 6 mm zredukowana jest średnica drutów zapomocą przeciągarki, poruszanej ręcznie lub za pośrednictwem tegoż silnika, który służy do wprawiania w ruch walcarki (rys. 12).



Rys. 12. Fragment laboratorium z maszyną wytrzymałościową i maszynami do przygotowywania próbek.

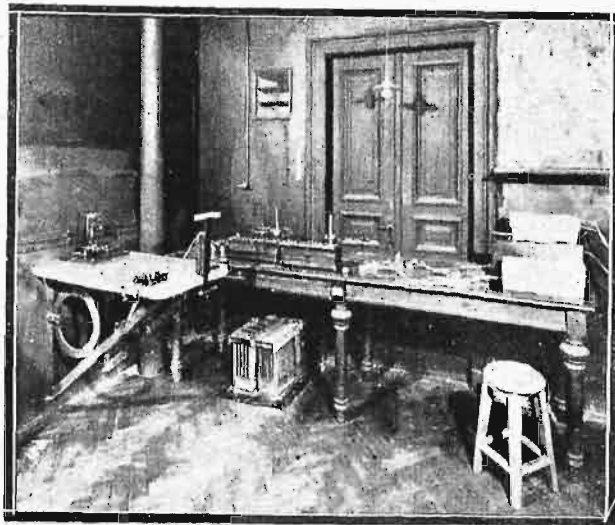
Od lewej strony widać kolejno: 10-cio tonnową maszynę wytrzymałościową Amslera z dynamometrem, przeciągarkę i walcarkę (Nr. 10 na planie).

O ile drut ma podlegać próbom wytrzymałościowym, średnicę jego doprowadza się do 5 mm. Do prób wytrzymałościowych służy 10-tonnowa Amslerowska prasa wytrzymałościowa nowego modelu, zaopatrzona w jednotonnowy tłok dodatkowy (rys. 12). Całkowita skala dynamometru może być przy tem urządzeniu wyzyskana przy ciśnieniach 10 t, 5 t, 2 t, 1 t, 500 kg, 200 kg i 100 kg. Pompa zasilająca prasę poruszana jest małym silnikiem elektrycznym.

Wyżarzanie próbek odbywa się w elektrycznych piecach oporowych. O ile przytem próbka ulec może utlenieniu powierzchniowemu, wyżarzanie odbywa się w próżni, w przeciwnym wypadku wyloty pieca zostają jedynie zamurowywane gliną ogniotrwałą. Temperatura pieca ustalana jest zapomocą pary termoelektrycznej; gdy osiągnie stan równowagi, pozostaje bez zmiany niekiedy całymi miesiącami. Naprzykład wyżarzanie niektórych stopów miedzi z cyną trwało 42 tygodnie przy 200° C.

Pomiar oporu elektrycznego. Opór elektryczny próbek wynosi zazwyczaj od 0,0001 do 0,01 oma i jest mierzony przy 0 i 100° C. Prób-

ki stopów, otoczone rurką szklaną, umieszczone zostają kolejno w topniejącym lodzie i we wrzącej wodzie, gdzie pozostają około godziny dla przyjęcia temperatury otoczenia. Temperatura ta spraw-



Rys. 13. Instalacja do pomiaru oporu elektrycznego.

Od lewej strony widać: galwanometr i pomiarowe kontakty, opornice obu obwodów, próbki w lodzie i we wrzącej wodzie, pod stołem akumulatory (Nr. 6 na planie).

dzona zostaje termometrem rtęciowym z dokładnością $\frac{1}{20}$ stopnia.

Pomiar oporu elektrycznego odbywa się metodą kompensacyjną. Badana próbka oraz opór wzorcowy 0,001 oma znajdują się w obwodzie, przez który przechodzi prąd z akumulatorów. Stałe natężenie, w przybliżeniu 6 amperów, warunkowane jest wstawionym do obwodu oporem manganinowym. Spadek napięcia na próbce i na jednostce oporu kompensowany zostaje kolejno przez napięcie wytworzone w obwodzie wtórnym. Obwód ten zawiera normalny element Westona, opór 100 000 omów i dwie opornice po 20 000 omów. Kompensacja odbywa się przez zmianę oporu jednej opornicy kosztem drugiej, tak że suma oporów w obwodzie pozostaje stałą. Bardzo czuły galwanometr Molla (Cambridge) wskazuje osiągnięcie równowagi. Pomiar daje więc stosunek badanego oporu do jednostki oporowej, znajdującej się z nią w obwodzie, i to z dokładnością zbliżoną do 0,2%. Przy odpowiednich środkach ostrożności, metoda ta może być zaliczona do najdokładniejszych (rys. 13).

Znając długość i średnicę próbek, można obliczyć, na podstawie tych pomiarów, odnośne przewodnictwo właściwe przy 0° i współczynnik zmiany oporu elektrycznego pomiędzy 0 i 100°. Obie te wartości użyte zostają do wykresów.

Pomiar zdolności termoelektrycznej. Siła termoelektryczna próbek badana jest pomiędzy 0 i 100° oraz pomiędzy 0 i -79° (CO₂ w acetonie). Siła termoelektryczna mierzona jest w stosunku do miedzi elektrolitycznej, lecz następnie, przy obliczeniach, odnoszona zostaje do ołowiu.

Pomiar odbywa się zapomocą metody kompensacyjnej z przyrządami służącymi do pomiaru oporu elektrycznego. Obwód kompensacyjny równoważy napięcie pary termoelektrycznej, które daje się obliczyć przy znajomości siły elektromotorycznej elementu oraz oporów całego obwodu i opornicy kompensacyjnej.

Dwa pomiary, wykonane na każdej próbce, pozwalają na obliczenie dla niej wzoru 2-go stopnia na siłę termoelektryczną w zależności od temperatury, oraz pochodną tej funkcji, która daje zdolność termoelektryczną przy 0° i jej zmianę z temperaturą.

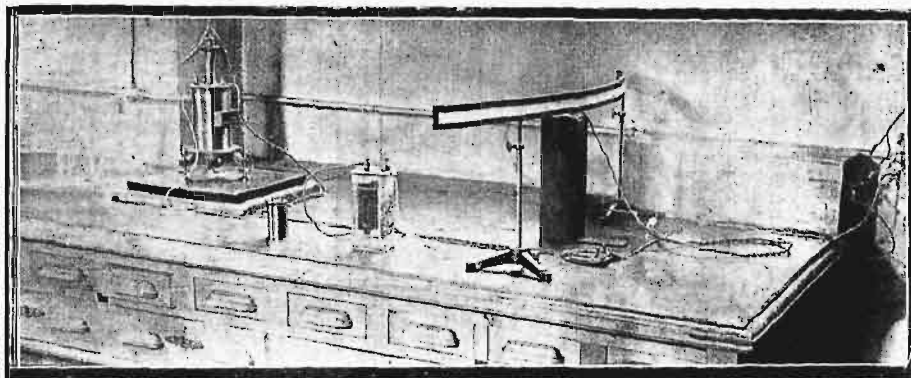
Wykresy, oparte na pomiarach oporu elektrycznego i zdolności termoelektrycznej, dają nader cenne wskazówki przy badaniu budowy stopów. Wykazują one zwłaszcza położenie związków chemicznych otoczonych roztworami stałymi, trudne do ustalenia innymi metodami.

Pomiary napięcia elektrolitycznego. Gdy w stosie elektrycznym jedna z elektrod, dodatnia lub ujemna, pozostaje niezmienną, drugą zaś zastępują kolejno próbki danej serji stopów, siła elektromotoryczna stosu utożsamia się z napięciem elektrolitycznym próbek.

Używany w L. M. stos ma stałą grafitową anodę, depolaryzowaną dwutlenkiem manganu. Jako elektrolit, służy azotan amonowy ze słabym dodatkiem azotanów obu metali, wchodzących w skład badanych stopów.

Do pomiarów napięcia elektrolitycznego stosowany jest elektrometr kwadrantowy, gdyż prąd przechodzący przez galwanometr powoduje pracę stosu i zmienia przez to skład stopu na powierzchni badanej próbki.

Elektrometr kwadrantowy jest typu stosowa-

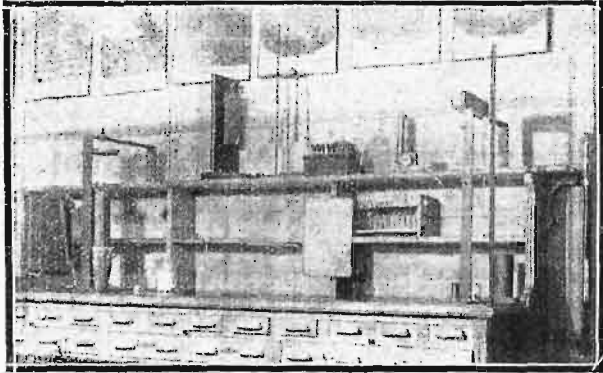


Rys. 14. Instalacja do pomiarów napięcia elektrolitycznego.

Od lewej strony widać: elektrometr kwadrantowy, element Westona, stos pomiarowy, lampę, podziałkę i baterję akumulatorów (Nr. 5 na planie).

nego przy pomiarach radioaktywności. Właściwy ładunek daje mu 100-woltowa baterja akumulatorów; kalibrowanie odbywa się przed każdym pomiarem zapomocą normalnego elementu Westona (rys. 14).

Pierwszy pomiar odbywa się po zanurzeniu próbki, ostatni po 24 godzinach. Daje to możliwość ustalenia maksymalnej i minimalnej siły elektromotorycznej, wyobrażonej następnie na wykresach, które wskazują głównie związki chemiczne otoczone mieszaninami.

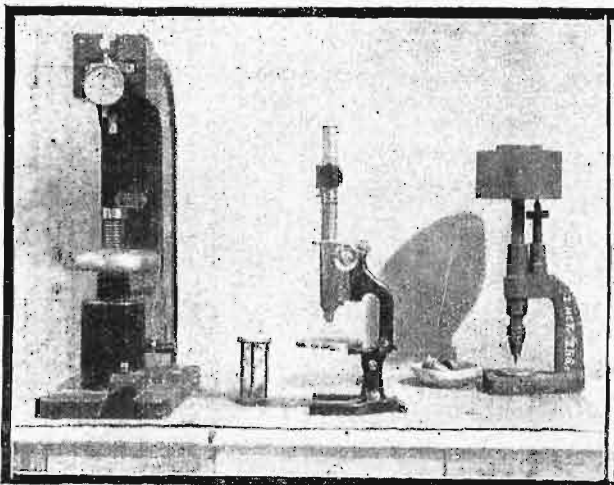


Rys. 15. Instalacja do pomiaru rozszerzalności.

Od lewej strony widać opornicę do regulowania temperatury piecyka, przyrząd do pomiaru rozszerzalności, instrukcję oraz podziałkę z umieszczoną nad nią lampą. Na górnej półce ustawione są przyrządy do pomiaru w ciekłym powietrzu (N. 4 na planie).

Pomiary rozszerzalności. W Laboratorium Metalograficznym pomiary rozszerzalności wykonywane są jedynie przy temperaturach stałych, co znacznie zwiększa dokładność stosowanej metody.

Badana próbka (10 cm) umieszczona zostaje na dnie dość długiej (50 cm) pionowej rurki ze szkła kwarcowego. Rozszerzalność próbki powoduje wznoszenie się spoczywającego na niej kwarcowego pręta, odchylającego małe zwierciadło. Promień od niego odbity pada na oddaloną o dwa metry podziałkę pionową; tworzy się w ten sposób dźwignia optyczna o przeszło 600-krotnej zdolności powielającej (rys. 15).



Rys. 16. Instalacja do pomiaru twardości.

Od lewej strony widać: aparat Rockvella wykonany przez szwedzką firmę „Alpha”, mikroskop pomiarowy i aparat Le Grix (Nr. 5 na planie).

Pomiar odbywa się pomiędzy temperaturą otoczenia, dokładnie sprawdzoną, i dwiema innymi temperaturami. Jedną z nich jest zazwyczaj tem-

peratura wrzenia naftaliny (około 218°), drugą albo temperatura wrzenia siarki (około 444°) albo temperatura wrzenia ciekłego powietrza (od —184° do —186°). Dla naftaliny i dla siarki dokładne temperatury ich wrzenia zostają obliczone na podstawie każdorazowego ciśnienia barometrycznego. Temperaturę ciekłego powietrza ustala się pomiarem uprzednio skalibrowanego elektrycznego termometru oporowego.

Odchylenie promienia świetlnego odczytuje się dopiero po zupełnym ustaleniu temperatury próbki, co wymaga od 20 minut w ciekłym powietrzu do 100 minut we wrzącej naftalinie lub siarce. Dwukrotny pomiar pozwala na obliczenie współczynnika rozszerzalności przy 0° i jego zmiany z temperaturą.

Metoda rozszerzalności może dać dla stopów dużo nowych wyników, gdyż współczynnik rozszerzalności był mierzony tylko dla nielicznych stopów, zaś zmiana współczynnika rozszerzalności u stopów dotąd wogóle systematycznie badana nie była.

Pomiar twardości. Twardość mierzona jest na 10 mm odcinkach próbek, które służyły do badań innych własności fizycznych. Inkludowane są one po trzy w szellaku, wypełniającym pierścieni mosiężny o 15 mm średnicy, poczem ulegają polerowaniu, jak do mikrografji.

Odciski twardości wykonywane zostają aparatem Le Grix pod ciśnieniem 12 kg; dla rozmaitych gatunków stali, używana jest kulka 1 mm, dla innych stopów — kulka 3 mm średnicy. Średnica odcisku mierzona jest zapomocą mikroskopu metalograficznego, zaopatrzonego w okular podziałowy, którego każda podziałka odpowiada 0,005 mm, tak że odczyt skuteczniejszy być może w tysięcznych częściach mm.

Metoda ta nie może być stosowana do stali hartowanej, gdyż ślad odcisku jest wtedy zbyt słaby. Znajduje wówczas zastosowanie odcisk stożkiem djamentowym o kącie 120° pod ciśnieniem 150 kg na maszynie Rockvellowskiej (rys. 16). W tym jednak przypadku ciśnienie jest zbyt silne, by próbki mogły być inkludowane.

Mikrografja i makroskopja. Próbki użyte do pomiarów twardości służą również do mikrografji. Ponowne ich polerowanie odbywa się na polerce elektrycznej. Do obserwacji służy duży mikroskop metalograficzny Leitz'a (rys. 17), rozporządzający następującymi obiektywami: Mikrosommar $f = 42$ mm, Mikrosommar (Zeiss) $f = 35$ mm, Apochromat $f = 14$ mm, Apochromat $f = 4$ mm i Apochromat immersyjny $f = 2$ mm.

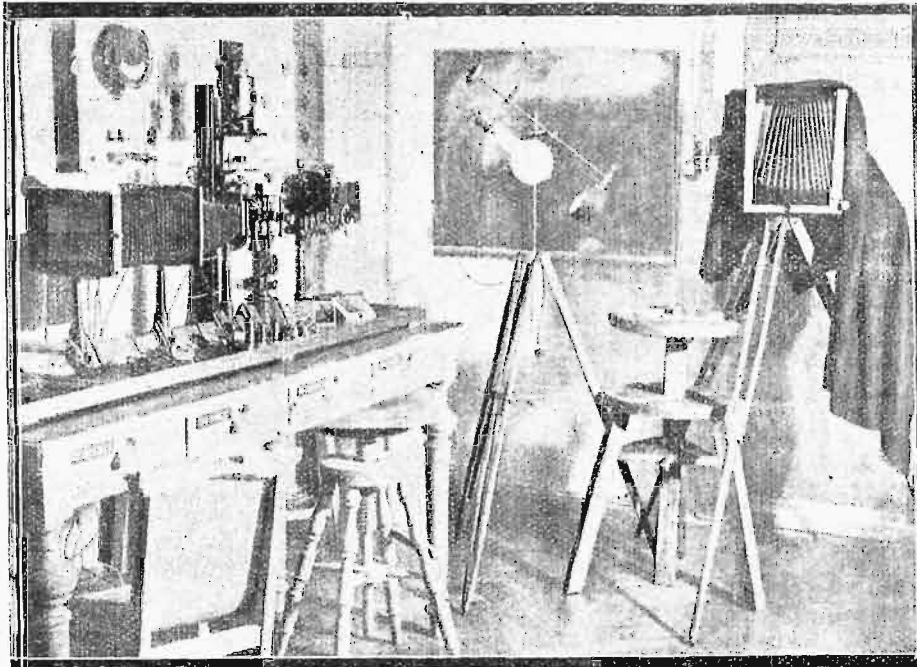
Przy fotografowaniu próbek, czas naświetlania zostaje ustalony zapomocą „Justophotu” D-ra Mayera. Po ustawieniu obrazu mikrografji na matówce, zastępuje się ją Justophotem i mierzy czas ekspozycji dla dowolnie przyjętej fikcyjnej siły świetlnej obiektywu. Współczynnik proporcjonalności, wyznaczony doświadczalnie dla danego gatunku płyt, daje istotny czas potrzebny na ekspozycję.

Do makroskopji używany jest aparat fotograficzny, mogący dać zdjęcia do 24 × 30 cm (rys. 17) i zaopatrzone w następujące obiektywy: „Dagor”

Goerza, $f = 27 \text{ cm}$, Planistigmat „Phos”, $f = 21 \text{ cm}$, „Summar” Leitz $f = 11,5 \text{ cm}$.

Analiza termiczna. Próbkki stopu, używane przy analizie termicznej, mają w przybliże-

Objętościowe punkty przełomowe. Zmiany objętości, towarzyszące częstokroć wszelkim przemianom, uwidocznione być mogą na krzywej rozszerzalności.



Rys. 17. Instalacja do mikrografji i do makroskopji.

Od lewej strony widać mikroskop Leitz'a i aparat fotograficzny do makroskopji (Nr. 4 na planie).

niu 5 cm^3 objętości. Topienie i krzepnienie stopów odbywa się przeważnie w gazowym piecyku mekserowskim lub w oporowym piecu elektrycznym; do pomiarów temperatury, używa się wtedy pary termoelektrycznej. Dla stopów trudno topliwych, przewidywana jest instalacja w piecu o prądach szybko-przebiegających, przy czem temperatury bywają wtedy mierzone; zapomocą pirometru optycznego.

Krzywe topliwości, względnie krzepnięcia, rejestrowane są automatycznie przez aparat p. Rengada (rys. 11). Promień świetlny odbija się w nim od lusterka galwanometru i pada na cylinder owinięty papierem bromożelatynowym. Odchylenia galwanometru, połączonego z parą termoelektryczną lub z pirometrem, wskazują temperaturę; obrót cylindra regulowany być może hamulcem elektromagnetycznym, w obrębie od 4 minut do 4 godzin. Przyrząd daje więc fotograficznie nakreślone krzywe temperatury w zależności od czasu. Dla ustalenia temperatur, zaznaczane są na tym samym papierze temperatury wrzenia naftaliny, siarki i cynku.

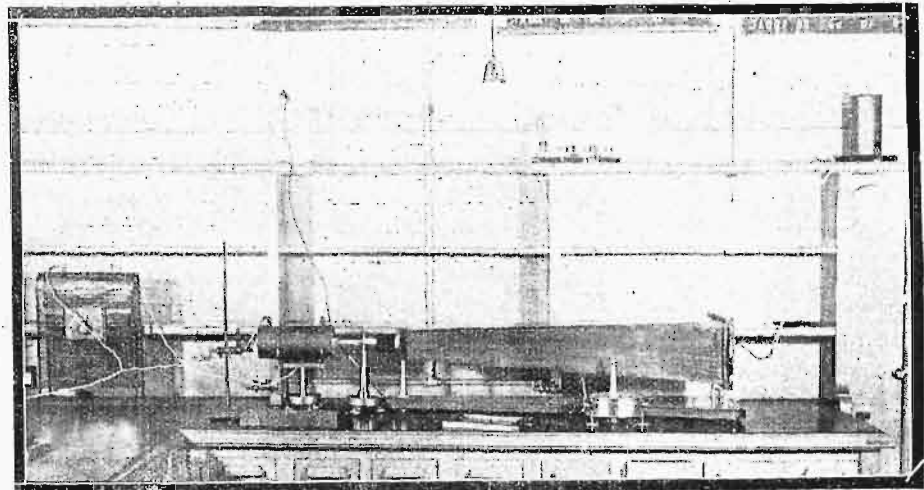
Objętościowe punkty przełomowe. Zmiany objętości, towarzyszące częstokroć wszelkim przemianom, uwidocznione być mogą na krzywej rozszerzalności.

W aparacie rejestrującym, próbka badana i próbka stopu wzorcowego, zwanego „pyrrosem”, umieszczone są poziomo w rurkach ze szkła kwarcowego i ogrzewane w oporowym piecyku elektrycznym.

Promień świetlny, zanim padnie na płytę fotograficzną, odbija się od pionowego lusterka pośrednio opartego na obu tych próbkach, gdy trze-

cim jego punktem oparcia jest nieruchoma armatura aparatu (rys. 18).

Poziome odchylenie promienia świetlnego, spowodowane przez rozszerzalność pyrrosu, wskazuje temperaturę; natomiast pionowe jego odchylenie odpowiada różnicy rozszerzalności pyrrosu i badanego stopu. Tę różnicę rozszerzalności, w



Rys. 18. Instalacja do badania objętościowych punktów przełomowych.

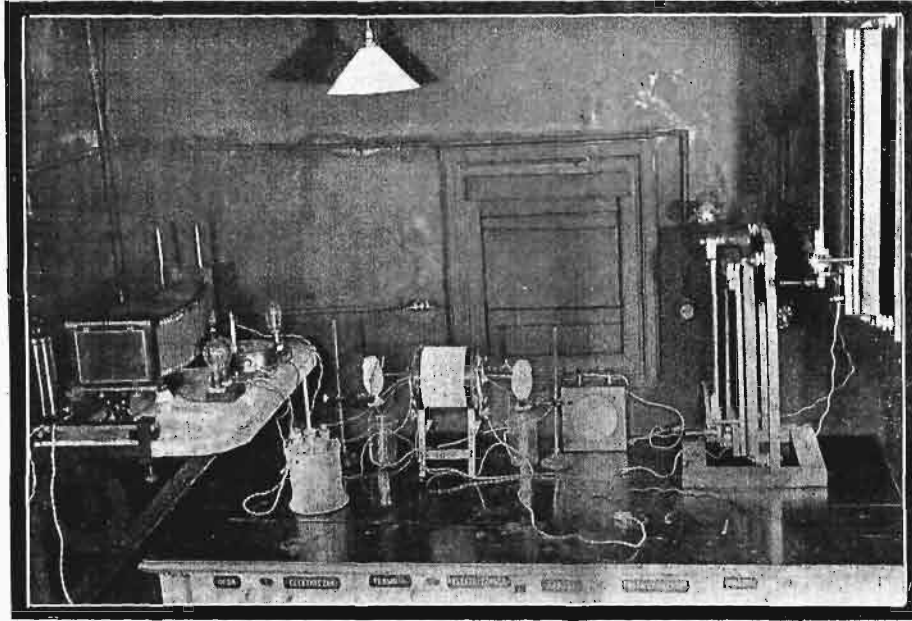
Od lewej strony widać piecyk elektryczny z opornicą, aparat rejestrujący i galwanometr kontrolujący temperaturę piecyka zapomocą termopary (Nr. 5 na planie).

zależności od temperatury, kreśli więc samoczynnie aparat.

Punkty przełomowe elektryczne, magnetyczne i termiczne. Wszystkie

te punkty przełomowe rejestrowane być mogą automatycznie aparatem Le Chatelier-Saladin.

W aparacie tym część zasadniczą stanowią dwa sprzężone ze sobą optycznie galwanometry. Promień świetlny odbija się od lusterka pierwszego galwanometru, przechodzi przez nachylony pod 45° pryzmat całkowicie odbijający, który zmienia poziomy ruch promienia na pionowy, odbija się od wydłużonego lusterka drugiego galwanometru i pada na papier światłoczuły.



Rys. 19. Instalacja do rejestrowania zmiany oporu elektrycznego z temperaturą.

Od lewej strony widać aparat rejestrujący, piec elektryczny z próbką o końcach chłodzonych, amperomierz i opornice, regulujące przepływ prądu w próbce i w piecu.

Ten drugi galwanometr, dający poziome odchylenie, wskazuje temperaturę zapomocą pary termoelektrycznej. Natomiast pierwszy galwanometr podawać może, przez pionowe odchylenie punktu świetlnego, zmiany własności fizycznej ujawniającej punkty przełomowe.

Gdy tą własnością fizyczną jest opór elektryczny, galwanometr rejestruje spadek napięcia na końcach ogrzanej próbki, przez którą przepływa prąd o stałym natężeniu (rys 19). Prosta, w zasadzie, instalacja komplikuje się koniecznością wyeliminowania prądów pasożytniczych o charakterze termoelektrycznym, przyczem stosowane być winne próbki, przekraczające długość 50 cm.

Przy rejestrowaniu siły termoelektrycznej, instalacja upraszcza się, gdyż badana próbka tworzy wtedy z nichromem lub platyną parę termoelektryczną, której siłę notuje pierwszy galwanometr aparatu, gdy drugi wskazuje temperaturę.

Punkt przełomowy Curie'ego, odpowiadający zanikowi ferromagnetyzmu, również może być samoczynnie rejestrowany. Badana próbka upodabnia się wówczas do rdzenia transformatora. Gdy zwój pierwotny zasilany jest prądem przemiennym z sieci miejskiej, zwój wtórny daje prąd o napięciu zależnym od przenikliwości magnetycznej próbki. Ten prąd przemienny zmieniony zostaje na stały, zapomocą krzyża termoelektrycznego, by mógł być zarejestrowany przez pierwszy galwa-

nometr aparatu. Osiągnięcie punktu Curie'ego przejawia się gwałtownym spadkiem napięcia.

Nareszcie, termiczne punkty przełomowe rejestrowane są zapomocą metody różnicowej (ćwiczenie 9-e serji I-ej). Pierwszy galwanometr notuje przy tem różnicę temperatur pomiędzy próbką badaną i próbką wzorcową, drugi zaś wskazuje temperaturę.

Biblioteka podręczna. Biblioteka ta jest nieliczna i wymaga gruntownego uzupełnienia.

Z polskich pism zawiera „Przegląd Techniczny”, „Przegląd Górniczo-Hutniczy”, „Mechanika”, „Przemysł Chemiczny” i „Wiadomości Związku Polskich Hut Żelaznych”.

Z pism zagranicznych prenumeruje biblioteka „La Revue de Métallurgie”, Journal of the Institute of Metals”, „Metall und Erz” i „Zeitschrift für Metallkunde”. Z tych pism jedynie „Journal of the Institute of Metals” i „La Revue de Métallurgie” stanowią komplety.

Wydawnictwa.

Pierwsze prace wyszły z Laboratorium Metalograficznego miały charakter teoretyczny, z powodu braku doświadczalnego warsztatu pracy. Dopiero w zeszłym roku ukończono instalacje,

niezbędne do wykonania prac dyplomowych i doktorskich, zaś w roku bieżącym ukazały się pierwsze wyniki prac doświadczalnych.

Ogłoszone zostały drukiem następujące prace:

Broniewski W. — Opór elektryczny i rozszerzalność metali, Akad. Nauk Techn. Zeszyt I, 1925 r.

To samo po francusku, Rapports du 4-me Conseil de Physique, tenu en 1924 sous les auspices de l'Institut International de Physique Solvay. Conductibilité électrique des métaux et problèmes connexes. Paris, 1927, str. 185.

Krupkowski A. — Własności fizyczne pierwiastków w świetle kinetycznej teorii ciepła, Sprawozdania i prace Warszawskiego Towarzystwa Politechnicznego, t. 2, Nr. 12, 1927 r.

Broniewski W. i Śliwowski L. — Sur la structure des alliages étain-antimoine. Comptes Rendus Acad. des Sciences t. 186, str. 1615, 1928 r., „Revue de Métallurgie”, t. 25, str. 312, 1928 r.

Broniewski W. i Śliwowski L. — Sur la structure des alliages plomb-antimoine, „Revue de Métallurgie”, t. 25, str. 397, 1928 r.

Broniewski W. i Hackiewicz B. — „Sur la structure des alliages cuivre-étain”, Comptes Rendus Acad. des Sciences, t. 187, str. 651, 1928 r.

Krupkowski A. — Badania nad stopami miedzi z niklem (Rozprawa doktorska), Warszawa, Nakładem A. N. T., 1928.

Pozatem ogłoszone zostały dość liczne artykuły i referaty w „Przeglądzie Technicznym” i w „Mechaniku”.

Obecnie jest w druku jedna praca (stopy miedzi z cyną); na ukończeniu są prace nad stopami miedzi z cynkiem i miedzi ze srebrem, zaś w toku są badania stopów cynku z kadmem, glinu z krzemem i glinu z cynkiem.

Przy organizowaniu Laboratorium Metalograficznego, brał czynny udział cały personel, zarówno przez swą inicjatywę, jak i przez swą pracę, która trwała częstokroć znacznie ponad normę godzin obowiązujących.

Na pierwszym miejscu, wśród moich najbliższych współpracowników pozostaje od lat 7-miu Adjunkt Laboratorium Metalograficznego, p. Dr. Inż. A. Krupkowski.

Z wielkiem również oddaniem się brali udział w pracach organizacyjnych i bieżących pp. asystenci W. Domański (pierwszy asystent), I. Feszczenko-Czopiowski, Br. Hackiewicz, St. Makowski († w 1925 r.), J. Obrębski, Piechowski, M. Sieńkowski i A. Wojtkiewicz (tablice wykładowe).

Organizacji Zakładu Metalurgicznego niepodobna uważać za skończoną. Prace dyplomowe odbywają się w ciasnocie, nie pozwalającej na przyjęcie ponad paru dyplomantów. Prace naukowe z dziedziny metalurgii, zastosowane do potrzeb polskiego przemysłu hutniczego, wogóle z powodu braku pomieszczenia wykonywane być nie mogą. Zmiany tych warunków na lepsze spodziewać się jednak należy po ukończeniu budowy nowego gmachu Chemii i po przeniesieniu tam zakładu, prowizorycznie mieszczącego się w obrębie Laboratorium Metalograficznego.

Koszty transportu na drogach wodnych.^{*)}

Napisał Inż. Mieczysław Rybczyński, Profesor Politechniki Warszawskiej.

CZĘŚĆ I.

Wisła dolna i środkowa.

Wojna celna z Niemcami i zakaz przywozu węgla polskiego do krajów Rzeszy, obowiązujący od roku 1925, zmusił kopalnie polskie do szukania zbytu w krajach bałtyckich. Zdobycie jednak nowych rynków nie obyło się bez ciężkich ofiar, do których przyczynić się musiały i koleje polskie, przewożąc węgiel według specjalnej taryfy, pokrywającej zaledwie koszty ruchu.

Będąc podówczas kierownikiem Ministerstwa Robót Publicznych, poleciłem przestudować możliwość przerzucenia transportów na drogę wodną, z zużytkowaniem linii kolejowych Strzemieszyce — Kielce — Radom — Dęblin — Warszawa wschodnia — Modlin — Toruń, przyczem jako punkty przeładunkowe na wodę mogłyby być wzięte stacje: Dęblin, Warszawa wschodnia, Modlin i Toruń, a silnie obciążona linja Warszawsko-Wiedeńska, oraz Bydgoszcz — Gdańsk, mogłyby być od pewnej ilości transportów węglowych zwolnione. Wyładunek w Dęblinie pozwoliłby na zużytkowanie 575 km drogi wodnej, atoli stan Wisły między Dęblinem a Warszawą, oraz zupełny brak urządzeń przeładunkowych w Dęblinie kazał wykluczyć ten punkt z dalszych rozważań.

Dość daleko posunięta budowa portu na Saskiej Kępie umożliwiała przystosowanie go w krótkim czasie i niewielkim kosztem do przeładunku węgla; długość drogi wodnej wynosiłaby wówczas 454 km. Rokowania jednak przeprowadzone z Towarzystwami żegludowymi i rozmowy ze związkami właścicieli kopalń nie doprowadziły do celu. Towarzystwa żegludowe obliczały fracht wodny Warszawa — Gdańsk, przy obecnym stanie swego taboru i stanie drogi wodnej, na około 12 zł., a więc wyżej niż wynosiła wyjątkowa taryfa na przewóz

węgla z Zagłębia do Gdańska, a właściciele kopalń woleli pójść drogą najmniejszego oporu i zażądali od Rządu dalszego obniżenia frachtu za węgiel eksportowy. Zniżkę tę uzyskali w rzeczywistości, i to aż do kwoty 6 złotych, zmienioną później na 7 zł., która do dziś się utrzymuje.

Tak daleko idące obniżenie frachtu uczyniło dalszą kalkulację przy wzięciu pod uwagę Modlina lub Torunia, jako punktu przeładunkowego, bezprzedmiotowym, tem bardziej, że w obu tych portach musiałyby być wykonane poważne inwestycje dla usprawnienia i potanienia przeładunku.

Dopiero podniesienie ceny węgla na rynkach bałtyckich, skutkiem strajku w kopalniach angielskich w roku 1926, i niemożność przepuszczenia całej możliwej do sprzedaży ilości węgla przez urządzenia portowo-kolejowe w Gdańsku, zmusiły kopalnie do szukania *coûte que coûte* innych dróg transportu. To też w ciągu roku 1926-go zjawiają się, jako porty przeładunkowe węgiel eksportowy: Toruń (70 438 t), Kapuścińska przy ujściu Brdy (61 875 t), Solec nad Wisłą (10 089 t) oraz Tczew (187 765 t). Największy ruch w Tczewie, przy zaledwie kilkudziesięciu km drogi wodnej, wykazuje, że przejście na drogę wodną nie odbyło się z powodu jej taniości, ale dla ułatwienia przeładunku. Ten sam charakterystyczny fakt można zauważyć na naszych drogach wodnych na wschodzie. Odgrywają one tam rolę arterij dojazdowych do kolei, zwłaszcza tam, gdzie niema innego środka komunikacyjnego, podczas gdy normalnie powinna raczej kolej być arterją dowozową do drogi wodnej.

W Tczewie rozwinął się ruch dwojakiego rodzaju: część węgla ładowano wprost na małe statki morskie (lichtery), ciągnięte holownikiem morskim. W ten sposób przewieziono w roku 1926: 61 500 tonn, zaś w roku 1927, mimo zlikwidowania strajku angielskiego — 118 284 t. Znacznie jednak więcej węgla przewieziono w roku 1926 berlinkami z Tczewa do Gdańska (prócz węgla, także drze-

^{*)} Z prac Komisji Transportowej P. K. En.

wó i inne towary) i tam przeładowano na statki morskie bez użycia obrzeży.

Z chwilą spadku cen na rynkach bałtyckich, skutkiem zaostrzenia się walki konkurencyjnej, łamany transport kolejowo-wodny utracił swe znaczenie, utrzymał się jeszcze jakiś czas ruch statkami morskimi w Tczewie tylko dzięki tańszemu przeładunkowi, bo taryfa kolejowa do Tczewa nie była niższą niż do Gdańska.

W roku 1923, z nastaniem niskich stanów wód, zamarł ruch statków morskich w Tczewie w zupełności, a Towarzystwo Wisła-Bałtyk, mimo poczynionych wielkich inwestycji, ma zamiar zlikwidować zupełnie swe przedsiębiorstwa.

Fakty te domagają się wyświetlenia i zbadania przyczyn, dla których główna nasza arterja wodna — Wisła nie może spełniać swego zadania i przyczynić się do rozwoju gospodarczego państwa, a w pierwszej linii do ułatwienia eksportu.

Nie ulega wątpliwości, że stan samej rzeki, zupełnie nieuregulowanej w biegu środkowym, a nieprzystosowanej do wielkiej żeglugi w biegu dolnym, odgrywa tu bardzo poważną i może najważniejszą rolę, atoli tej wielkości rzeka, co Wisła, nawet bez regulacji, mogłaby spełniać zadanie arterji komunikacyjnych wcale znośnie; zresztą, gdybyśmy sprawę żeglugi na Wiśle mieli odłożyć do czasu jej uregulowania, to musielibyśmy się liczyć z okresem prawdopodobnie kilku dziesiątków lat, na które życie gospodarcze państwa czekać nie może.

Możliwość użycia jakiegokolwiek środka komunikacyjnego określa się najczęściej stosunkiem jego kosztów do kosztów transportu najbardziej w danym kraju rozpowszechnionego. Nie ulega wątpliwości, że z wyjątkiem niektórych może okolic w województwach wschodnich — najbardziej rozpowszechnionym w Polsce rodzajem transportu jest kolej żelazna. Od możliwości więc utrzymania się poniżej kosztów transportu koleją wraz z należyciami ubocznymi, jak przeładunek, dojazd, dostawa i t. p., zależy będzie użycie innego środka transportowego. Ponieważ obok kosztów odgrywa zwykle dużą rolę czas, a także stopień bezpieczeństwa, wpływ środka komunikacyjnego na jakość towaru i t. p., przeto — w szczególności transporty wodne — muszą wykazywać koszty dość znacznie niższe od kolejowych. Dość powszechnie przyjmuje się, że różnica ta w kosztach całkowitych (dostawa, przeładunek, asekuracja) nie powinna być niższą niż 15%. Nasze towarzystwa żeglugowe, ze względu na duży koszt przeładunku przy prymitywnych urządzeniach portów i przystani, kalkulują koszt transportu wodnego około 30% poniżej frachtu kolejowego. Rzecz naturalna, że chcąc porównać opłacalność różnych rodzajów transportów, należy porównywać nie taryfy, na których wysokość wpływają najróżnorodniejsze czynniki, ale koszty rzeczywiste transportu, czyli t. zw. koszty własne.

I tu znajdujemy się wobec dużych trudności. Sprawa obliczenia kosztów własnych transportów kolejowych w zależności od towarów jest we wszystkich państwach dopiero w zacytunku. W Polsce

zapoczątkowali ją inż. Czapski, Dobrzycki i Sztolcman. Praca p. Sztolcmana (Przeгляд Techn. Nr. 17, 1923), rzuca wiele światła na to zagadnienie i daje możność porównania, posiada jednak tę wadę, że oparta jest na danych eksploatacyjnych z roku 1925 i 1926, a więc z okresu wahań walutowych i niestabilnej wartości złotego. Przypuszczalnie dopiero dalsze obliczenia, za rok 1927 i 1928, będą mogły dać wyniki lepiej przystosowane do obecnych warunków.

Ponieważ koszty eksploatacji niewątpliwie wzrosły do chwili obecnej, z powodu wzrostu cen węgla, smarów i płac personelu, ilość zaś masowych ładunków, a w szczególności węgla, nie o wiele się zwiększyła, zatem w rezultacie koszty przewozu 1 tkm będą przypuszczalnie wyższe niż w roku 1926 i zbliżać się będą raczej do kosztów z roku 1925. Dlatego podaję poniżej wyniki obliczeń inż. S. Sztolcmana z obu lat 1926 i 1925. *)

Koszt 1 tkm	w r. 1926	1925
	w groszach	
Wywóz węgla przez Gdańsk	1.88	2.07
„ drzewa (w całych pociągach)	2.03	2.36
„ innych towarów	3.68	4.54
Przewóz wewnątrz kraju:		
Węgiel w ładunkach masowych	2.22	2.48
„ „ „ drobnych	3.82	4.28
Inne towary w ładunkach wagonowych	4.42	4.89
„ „ „ niepełnowagonowych	8.89	9.78
Przywóz z Gdańska	3.74	4.37

Koszty powyższe obejmują wyłącznie koszty eksploatacji, bez obliczenia funduszu odnowienia, amortyzacji, a tem bardziej bez procentu od kapitału włożonego w linje kolejowe i tabor. Dlatego, obliczając koszty ruchu na drogach wodnych, należy traktować również osobno wydatki czysto eksploatacyjne od wydatków na amortyzację oraz oprocentowanie taboru i ewentualnie drogi wodnej, gdyż tylko wydatki eksploatacyjne można porównać z cyframi wyprowadzonymi przez inż. Sztolcmana, chcąc się przekonać, czy dana droga wodna posiada znaczenie ekonomiczne.

Jeżeli ustalenie kosztów własnych na podstawie faktycznych rozchodów przy przewozach kolejowych jest rzeczą trudną, to niemożliwą się staje przy drogach wodnych. Nietylko bowiem często rozdziela się ten koszt ruchu między właściciela łodzi i holownika, ale i ilość właścicieli jest znaczna, poczynając od właścicieli poszczególnych szkut — do wielkich towarzystw transportowych, operujących poważną ilością taboru, bardzo rozmaitość jednak administrowanych. Nadto na Wiśle mamy do czynienia z taborem przeważnie przestarzałym, niedostosowanym do warunków żeglugi na tej rzece, dającym skutkiem tego ujemne wyniki eksploatacyjne. Dlatego z konieczności uciec się należy do analizy kosztów, która, jak każda analiza,

*) Cyfry poniższe odnoszą się do przeciętnych albo do określonych (kopalnia — Gdańsk) odległości transportu, zmieniają się zaś w zależności od odległości wedł. wzoru: $\frac{A}{L} + B$.

łędzie tylko przybliżonym obrazem rzeczywistości, nie jest bowiem w stanie uwzględnić najrozmaitszych czynników, wpływających na koszt ruchu.

Ponieważ to przybliżenie można jednak porównać z doświadczeniami eksploatacyjnymi przy najmniej większych firm, zatem można mieć sprawdzian należytego obliczenia.

Dla stosunków przedwojennych, obliczał Sympher koszty transportu na Wiśle pomorskiej, jak następuje:

$$\begin{aligned} \text{dla łodzi 400-tonowej } & \frac{115}{L} + 0,74 \text{ fen., zaś} \\ \text{„ „ 150 „ } & \frac{175}{L} + 1,38 \text{ fen.,} \end{aligned}$$

biorąc za podstawę 230-dniowy okres żeglugi, w którym tylko w ciągu 3-ch miesięcy kursować mogą łodzie pełnoładowne, przyjmując $\frac{1}{5}$ frachtu powrotnego i ruch tylko dzienny. Koszty przeładunku, opłat portowych, rzecznych i t. p. nie są wliczone.

Przerachowane na złote obiegowe, wzory Symphera dałyby następujące wartości:

$$\begin{aligned} \text{dla łodzi 400-tonowej } & \frac{237}{L} + 1,52 \\ \text{„ „ 150 „ } & \frac{361}{L} + 2,85. \end{aligned}$$

Wzorów tych nie można użyć na Wiśle środkowej, a nadto wzięte za podstawę dane są już dziś nieaktualne. Ani płace załogi, ani stopa procentowa (4%), ani koszt statku i berlinki nie odpowiadają dzisiejszym warunkom. Nadto już dziś mamy jednostki ładujące znacznie więcej towaru niż 400 t (t. zw. Torunki 1000-tonnowe).

We wzorach swych Sympher nie odróżnia ruchu w górę i w dół rzeki, a przyjęte 20% powrotnego ładunku również nie odpowiadają dzisiejszym koniunkturam.

Nie pozostaje zatem nic innego, jak przeanalizować ponownie koszty ruchu na całej przestrzeni od Gdańska do Warszawy, względnie Dębłina, dla różnych warunków żeglowności i odległości oraz kierunków transportu.

Z pierwszą trudnością spotykamy się już przy określeniu jakości łodzi i holowników.

Z końcem roku 1927 zarejestrowano na Wiśle, poza ogromną masą małych łodzi (538 sztuk poniżej 100 tonn pojemności):

20 łodzi o pojemności	101 — 200 tonn
116 „ „	201 — 300 „
19 „ „	301 — 400 „
19 „ „	401 — 500 „
16 „ „	501 — 600 „
2 „ „	601 — 800 „
2 „ „	801 — 1000 „

Poza tem kursują łodzie zarejestrowane na kanale bydgoskim i w Gdańsku, przeważnie typu odrzańskiego (Breslauer Mass) o pojemności 400 — 560 tonn.

Wobec tego, obliczenie przeprowadziłem dla trzech typów łodzi: jednej — przeważającej na

Wiśle — o nośności 270 tonn, jednej typu kursujących na Odrze i kanale bydgoskim i jednej zaprojektowanej specjalnie dla Wisły, o następujących wymiarach charakterystycznych:

Długość użyteczna	. 54,5 (ogólna 66,00)
szerokość	. . . . . 11,0
wysokość burt	. . . . . 2,1
zagłębienie próżnej	. 0,235; waga 125 t
„ pełnej	. 1,75 ładunek 857 t (brutto 982 t)
normalne zagłębienie	1,50 „ 707 t („ 832 t).

Jeszcze większą trudność stanowi dobór typowego holownika. Wśród kursujących na Wiśle statków, spotykamy typy najrozmaitsze; od kilkudziesięcio-konnych statków motorowych, do kilkuset-konnych silnych parowców, wszystkie przeważnie starej konstrukcji, bardzo nieekonomicznie pracujące. Przeciętna moc silników w 72 obiektach wynosi 100 KM, wobec jednak wliczenia tu i większych motorówek, przyjąłem do analizy typ statku 180 KM, zużywający 1,3 kg węgla na koniogodzinę.

Dla nowoczesnego ruchu łodziami 700-tonnowymi, przyjąłem holownik 250-konny, zużywający najwyżej 0,9 kg węgla na koniogodzinę, który będzie w stanie holować 2 pełnoładowne łodzie.

Dla obliczenia kosztów ruchu należy odróżnić Wisłę pomorską, Wisłę dolną między ujściem Bugu a Toruniem i Wisłę powyżej Modlina. Właściwie należałoby osobno traktować odcinek Wisły poniżej śluzy na Nogacie, gdzie wytwarzają się znacznie większe głębokości, atoli ze względu na małą odległość od Gdańska (76 km), można ten podział pominąć; ma on zresztą znaczenie raczej dla transportów, idących tranzytem do Prus Wschodnich.

Poza tem należy odróżnić, ze względu na głębokość zanurzenia, stan koryta w roku przeciętnym taki, jak on się obecnie przedstawia oraz stan, jaki możnaby wytworzyć przy stałej pracy pogłębiarek na całej przestrzeni Wisły do śluzy na Nogacie.

Dla otrzymania zupełnego obrazu, należałoby obliczyć koszty ruchu w wyjątkowo niekorzystnym roku o długo-trwających niskich stanach (np. 1904, 1907, 1911, 1921, 1928).

Opierając się na dotychczasowych doświadczeniach, należy przypuścić, że stała praca pogłębiarek potrafiłaby zapewnić stałą głębokość powyżej Modlina 1,15, poniżej Modlina 1,40 m, zaś poniżej Torunia 1,65 m, co pozwoliłoby na zanurzenie statków 1,00, 1,25, względnie 1,50 m.

Obliczenie dla łodzi t. zw. Saalemass 50 × 6 × 1,25 z ładunkiem netto 270 tonn:

opór obliczony wzorem Gebersa*)	wynosi:
dla łodzi pełnej na głębokiej wodzie	88 $v_r^{2,25}$
„ „ „ „ płytkiej	145 $v_r^{2,25}$
„ „ „ „ próżnej	50 $v_r^{2,25}$

*) $W = (kf + \zeta_1 P_b + \zeta_2 P_d) v_r^{2,25}$, gdzie $k = 1,7$ do $3,5$
 $\zeta_1 = 0,14$ do $0,28$
 $\zeta_2 = 0,14$ do $0,35$.

Przyjmując 20% wyzyskania mocy indykowanej, otrzyma się siłę pociągową:

$$\frac{180 \times 75 \times 0,2}{v} = \frac{2700}{v} \text{ kg.}$$

Holownik tego typu przewiezie w górę rzeki 2 pełne łodzie z prędkością 4 km/godz., zaś w dół — z prędkością około 10 km/godz., próżnych łodzi przewiezie z tą samą chyżością 6.

Obecny koszt 180-cio konnego holownika wynosi 270 000 zł., skąd koszt roczny:

utrzymanie 5%	. . . . .	13 500
załoga ze świadczeniami	. . . . .	24 000
administracja	. . . . .	2 400

Razem . . . 39 900 złotych.

Przy 250 dniach pracy, koszt dzienny stanowi 159,60 zł. bez oprocentowania i amortyzacji.

Licząc oprocentowanie i amortyzację 10%, to jest 27 000 złotych, czyli dziennie 108 zł., otrzymujemy pełny koszt dzienny 267,60 zł.

Koszty ruchu na 1 godzinę:

węgiel $1,3 \times 180 \times 0,05$	. . . . .	11,70
30% smary, światło i t. p.	. . . . .	3,51

Razem . . . 15,21 złotych.

Przy prędkości 4 km/godz., przypada na 1 km koszt ruchu 3,80 zł., przy 40 km utrzymanie holownika wyniesie na dzień $\frac{159,60}{40} = 3,99$ zł.

Razem za 1 km holowania w górę rzeki 7,79 zł., względnie 10,49 zł. z procentem i amortyzacją; w dół rzeki otrzymamy 3,12 złotych, względnie 4,20 zł. z oprocentowaniem i amortyzacją za 1 km holowania.

Strata czasu holownika w drodze oraz przy zestawianiu pociągów na przestrzeni Warszawa (Dęblin, Modlin) — Gdańsk — 2 dni, zaś Toruń-Gdańsk 1 dzień.

Stąd wynikają koszty holowania:

w górę rzeki bez powrotnych ładunków:

$$\frac{2 \times 15 960}{L \times 2 \times 270} + \frac{779}{5 \times 270} + \frac{312}{7 \times 270}$$

względnie:

$$\frac{2 \times 26 760}{L \times 2 \times 270} + \frac{1049}{2 \times 270} + \frac{420}{6 \times 270}$$

z oprocentowaniem i amortyzacją.

Na Wiśle pomorskiej pierwszy wyraz będzie o połowę mniejszy.

W dół rzeki:

$$\frac{2 \times 15 960}{L \times 2 \times 270} + \frac{312}{82 \times 270} + \frac{799}{6 \times 270}$$

względnie:

$$\frac{2 \times 26 760}{L \times 2 \times 270} + \frac{420}{2 \times 270} + \frac{1048}{6 \times 270}$$

z oprocentowaniem i amortyzacją.

Jeżeli łodzie wracają z ładunkiem 20%, 50% lub 100%, wówczas trzeci wyraz zmniejsza się do $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{2}$, względnie odpada zupełnie.

Koszt łodzi podaje Lloyd bydgoski na 60 000 zł., wobec tego roczny wydatek:

5% na utrzymanie	. . . . .	4 000
załoga ze świadczeniami	. . . . .	5 000
administracja	. . . . .	500

Razem . . . 9 500

Koszt dzienny:

$$\frac{9,500}{250} = 38 \text{ zł.}$$

Amortyzacja i oprocentowanie 10% = 8 000, t. j. dziennie 32 zł., łącznie 70 złotych.

Czas naładowania lub wyładowania w portach wiślanych trwa 3 do 6-ciu dni, w Gdańsku — 2 dni, czas oczekiwania zależny jest od konjunktury, w sumie można przyjąć przeciętny czas próżnostania łodzi 270-tonnowej — 10 dni, zaś dzienny ruch, jak przy holowniku, 40, względnie 100 km.

Stąd otrzymuje się koszt łodzi przy jeździe w górę:

$$\frac{10 \times 3800}{270 L} + \frac{3800}{40 \times 270} + \frac{3800}{100 \times 270} \text{ bez oprocentowania i amortyzacji, zaś}$$

$$\frac{10 \times 7000}{270 L} + \frac{7000}{40 \times 270} + \frac{7000}{100 \times 270} \text{ z oprocentowaniem i amortyzacją.}$$

Przy ruchu w dół — drugi i trzeci wyraz mają kolejność przeciwną.

Stąd wynikają następujące koszty transportu ładunkiem 270-tonnową, przy pełnym ładunku (cyfry w nawiasach odnoszą się do kosztów wraz z oprocentowaniem i amortyzacją):

w górę rzeki | w dół rzeki

Łodzie wracają próżne:

$$\frac{200}{L} + 2,12 \left[\frac{358}{L} + 3,11 \right] \quad \left| \quad \frac{200}{L} + 1,56 \left[\frac{358}{L} + 2,34 \right] \right.$$

Powrotny ładunek wynosi 20%:

$$\frac{200}{L} + 2,06 \left[\frac{358}{L} + 3,02 \right] \quad \left| \quad \frac{200}{L} + 1,39 \left[\frac{358}{L} + 2,08 \right] \right.$$

Powrotny ładunek wynosi 50%:

$$\frac{200}{L} + 1,96 \left[\frac{358}{L} + 2,85 \right] \quad \left| \quad \frac{200}{L} + 1,14 \left[\frac{358}{L} + 1,69 \right] \right.$$

Powrotny ładunek wynosi 100%:

$$\frac{200}{L} + 1,79 \left[\frac{358}{L} + 2,59 \right] \quad \left| \quad \frac{200}{L} + 0,72 \left[\frac{358}{L} + 1,04 \right] \right.$$

(d. n.)

Synteza alkoholu etylowego w skali przemysłowej.

Zbytecznym byłoby udawadniać znaczenie alkoholu etylowego w gospodarstwie narodowym, a więc jego rolę, jako rozpuszczalnika i jako surowca w przemyśle chemicznym, a w bliskiej już może przyszłości — olbrzymie jego zastosowanie — jako paliwa, względnie składnika paliwa silnikowego.

Alkohol etylowy fermentacyjny — jest kosztowny, i dziś w wielu krajach znacznie droższy jeszcze od benzyny, być może jednak, że synteza alkoholu z węgla, po niskich cenach i w skali przemysłowej, stanie się już, przynajmniej w niektórych krajach, zagrożeniem lat najbliższych.

Węgiel zdobywa coraz to większe znaczenie, nie tylko jako zwykły, bezpośrednio wykorzystywany materiał opałowy, lecz jako źródło najrozmaitszych, cennych nieraz, związków organicznych. Ich zastosowanie umożliwiające będzie w coraz szerszym zakresie, przez rozpowszechnianie się odpowiednich procesów i zabiegów (dystylacja w wysokiej i niskiej temperaturze, uwodornianie i t. p.), które dzisiaj już zaczynają wypierać powoli spalanie bezpośrednie.

Syntezę alkoholu etylowego uskutecznił po raz pierwszy Berthelot, który do retorty wypełnionej etylenem nalał kwasu siarkowego o 66° Bé i, po dłuższym wstrząsaniu powstałej w tej sposób mieszaniny, stwierdził, że etylen został absorbowany przez kwas, jako kwaśny siarczan etylu. Po zmydleniu wodą tego produktu, otrzymał on alkohol. Nieco później Berthelot dokończył syntezy alkoholu, wychodząc, tym razem — z acetyleny. Badania te nie zwróciły uwagi przemysłu; przeciwnie, w dalszym ciągu wyrabiano etylen wychodząc z alkoholu. Nie licząc kilku początków odosobnionych, dopiero wojna wpłynęła na rozpoczęcie syntezy alkoholu etylowego (w Szwajcarii i w Niemczech), w skali przemysłowej. Pierwsze wytwórnie wyrabiały alkohol, wychodząc z acetyleny, co jednak nie dało się utrzymać z powodu zbyt wielkich kosztów własnych wytwarzania. Obecnie używa się, jako produktu wyjściowego, etylenu, który jest jednym z gazów, otrzymywanych przy dystylacji węgla.

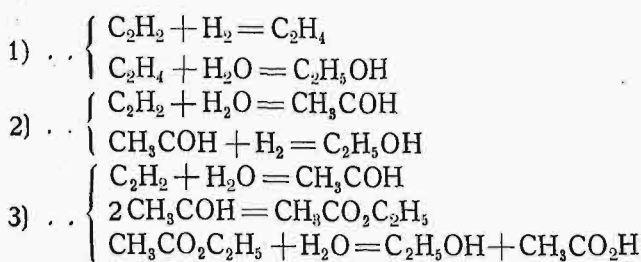
Poniżej opiszemy pokrótce obie te metody.

I. Produkt wyjściowy — acetylen.

Acetylen możemy otrzymywać w dużych ilościach i po cenach dość niskich. Wychodząc z acetyleny przy produkcji alkoholu etylowego, można również otrzymywać takie produkty, jak kwas octowy, aldehyd octowy i jego pochodne, aceton i t. d., przy niewielkich stosunkowo zmianach w fabrykacji. Pominiemy tutaj wyrób wszystkich innych (poza alkoholem etylowym) produktów końcowych, zaznaczając jedynie pokrewieństwo zachodzących procesów.

Z acetyleny, otrzymywanego zazwyczaj z karbidu, można wytwarzać spirytus trzema metoda-

mi, które znajdują wyraz w następujących reakcjach:



Z procesów powyższych, znaczenie przemysłowe posiada jedynie drugi, to też pozostałe opiszemy jedynie w paru słowach.

Przejsięcie od acetyleny do etylenu uskutecznione zostało po raz pierwszy przez Berthelot'a; obecnie dokonywa się często zapomocą przepuszczania mieszaniny acetyleny i wodoru przez odpowiedni katalizator, którym może być nikiel, kobalt, miedź, sole miedziawe i t. d.

Reakcja 2¹, t. j. przejście acetyleny w aldehyd etylowy, była tematem wielu prac i wielu patentów. Sama reakcja wywołana być może dość łatwo. Desgrez uskutecznił ją bezpośrednio, w retorcie ogrzanej do 300°, trudność natomiast powoduje nietrwałość aldehydu etylowego, w tych warunkach, w których powstaje; mianowicie aldehyd etylowy posiada tendencję przechodzenia w aldol (C₂H₅O)₂, który z kolei pozbywa się części wodoru, tworząc C₄H₈O.

We wszystkich metodach, acetylen przeprowadzany jest przez kąpiel kwaśną, zawierającą sole rtęciowe (tlenki, chlorki, bromki), które odgrywają rolę katalizatora.

Uwodornianie aldehydu etylowego (reakcja 2²) odbywać się może dwoma sposobami:

1) Przez połączenie bezpośrednio aldehydu i wodoru, przepuszczanych nad katalizatorem. Aldehyd jest uprzednio zredukowany w celu odwodnienia; wódór, biorący udział w reakcji, stosowany jest w wielkim nadmiarze; katalizatorem jest nikiel ogrzany do 140° C. Reakcja jest odwracalna, wydajność jej po pierwszym przejściu sięga 80%. Gazy, które biorą udział w przemianie, winny być nader czyste; po pierwszym przejściu, tworzą się w niewielkich ilościach CH₄, CO₂ i CO, które usuwa się przez dodanie 0,3% tlenu. (Société La Lonza). Katalizator winien być co pewien czas odnawiany.

2) Przez zredukowanie paraldehydu w wannie elektrolitycznej, zawierającej 10-procentowy roztwór kwasu siarkowego lub fosforowego. Proces przebiega przy temperaturze 40° C, przy gęstości prądu 2—3 A/dm², katoda jest z ołowiu, anoda zaś z ołowiu lub węgla; wydajność sięga 90%. Należy używać wanny elektrolitycznej z djafragmą, inaczej bowiem, jako produkt ostateczny, otrzymalibyśmy octan etylowy.

Grupa równań 3 przedstawia reakcje, w których aldehyd polimeryzuje się na octan etylu w obecności etylanu glinu (Titschenko). Następnie octan jest zmydlany przez dodanie alkoholu i kwasu.

Zastosowanie przemysłowe tego procesu wydaje się wątpliwym. Wychodząc z acetyleny przy produkcji alkoholu etylowego, należy zużyć na 1 t alkoholu 2 t karbidu, na którego wytworzenie rozchodzi się 8000 kWh, oraz 500 m³ wodoru, na którego otrzymanie rozchodzi się 3000 kWh; razem więc 11 000 kWh. Ta wielka ilość energii tłoczy, dla czego metoda wytwarzania alkoholu z acetyleny nie znalazła szerszego zastosowania.

Zaznaczyć jeszcze należy, że z 1-ej t alkoholu etylowego otrzymuje się przy spalaniu $7080 \times 10^3 \text{ Kal} = 869 \text{ kWh}$, a przyjmując sprawność ogólną silnika spalinowego 0,3, otrzymamy pracę 260 kWh.

II. Produkt wyjściowy — etylen.

Proces ten, dzisiaj jedynie stosowany, przebiega według reakcji odkrytych przez Berthelota.

- 1) . . . $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SO}_4\text{HC}_2\text{H}_5$
- 2) . . . $\text{SO}_4\text{HC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.

Etylen potrzebny do wyrobu alkoholu otrzymujemy:

1) Przez syntezę, bądź wychodząc z acetyleny (p. wyżej), bądź przez połączenie katalityczne mieszaniny tlenku węgla i wodoru (Orlof-Patart).

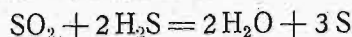
2) Z gazów ziemnych, których zasoby znajdują się w różnych krajach.

3) Przez dystalację węglowodorów nafty, olejów łupkowych i t. d.

4) Głównym jednak sposobem otrzymywania etylenu jest dystalacja węgla. Zawartość etylenu w gazach otrzymywanych przy dystalacji węgla koksujących się z zagł. francuskich wynosi 0,80—3,68%, średnio 2—3%. Powyższe dane dotyczą jedynie dystalacji węgla w wysokiej temperaturze — w koksowniach i gazowniach; stwierdzono zresztą, że etylen wywiązuje się tylko w temperaturach 500 — 600° C, w wyższych zaś temperaturach ulega w znacznej mierze rozkładowi. Przy dystalacji węgla w niskiej temperaturze, zawartość etylenu wynosi 7 — 12%, i ta właśnie metoda, która była już przedmiotem wielu prac, stanie się zapewne najlepszym sposobem wydobywania etylenu. Zaznaczyć należy, że po dodaniu do węgla, który ma ulec dystalacji, oleju ciężkiego, zawartość etylenu wzrasta i, przy odpowiedniej proporcji obu składników, sięga 17%.

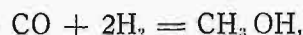
Oczyszczanie etylenu. Etylen biorący udział w reakcjach, mających na celu otrzymanie alkoholu, pomieszany jest z różnymi innymi, szkodliwymi w następnym częściach procesu, składnikami, które wobec tego należy usunąć. Do składników tych należą: woda i amoniak, które rozcieńczają kwas, siarkowodor — rozkładający kwas lub tworzący z niem połączenia cuchnące, tlenek węgla — oddziaływający na katalizatory, wreszcie węglowodory nienasycone, inne niż etylen, które prowadzą do produktów skażających alkohol. Amoniak pozostaje w płóczkach, wodę odcią-

ga się po skropleniu, względnie absorbuje się w 78% (60° Bé) kwasie siarkowym; siarkowodor może być również absorbowany przez kwas siarkowy lub przez wodę wapienną. Niektórzy badacze radzą doprowadzać do zbiornika z gazem dwutlenek siarki, w celu wywołania reakcji:



i odzyskać w ten sposób siarkę. W rzeczywistości jednak tworzy się również w tym procesie kwas $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$, i cel zabiegu osiągnięty nie będzie.

Tlenek węgla usuwa się przez połączenie katalityczne z niewielką ilością powietrza, względnie wodoru:



przyczem ostatnia reakcja zachodzi przy użyciu odpowiedniego katalizatora, nawet w gazach bardzo rozrzedzonych. Węglowodory nienasycone pochłaniane są przez kwas siarkowy 60° Bé w temperaturze otoczenia.

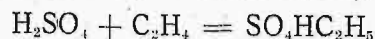
Zmydlając wreszcie ten kwas nasycony i rektyfikując go, otrzymuje się alkohole wyższego rzędu, w szczególności zaś cenny alkohol izopropylowy.

Innym sposobem oczyszczania etylenu jest płókanie go w odpowiednim rozpuszczalniku, nie mieszającym się z wodą (C-ie de Béthune); do tego samego celu wreszcie prowadzi ochładzanie etylenu przez rozprężanie (G. Claude).

Etylen znajduje się w gazie w stanie znacznego rozcieńczenia, co powoduje konieczność operowania dużymi objętościami w dużych i kosztownych aparatach, które muszą być poza tem ogrzewane, przy znacznym rozchodzie ciepła. Aby uniknąć tych kosztów, robione są próby zwiększenia stężenia etylenu. W Skinningrove, w Anglii, pp. Bury i Ollander absorbują selekcyjnie gaz, oczyszczony dokładnie z H_2S i CO_2 , zapomocą węgla drzewnego lub koksu torfowego. Następnie gaz jest ogrzewany w kąpieli łożniowej. Według samych autorów tej metody, następuje ona tak wielkie trudności, że wątpliwym jest jej rozpowszechnienie się.

G. Claude rozdziela składniki gazu przez skroplenie i dystalację cząstkową. Synteza alkoholu etylowego jest tu podobna do syntezy amoniaku, gdzie (również według Claude'a) oddzielenie wodoru od innych gazów otrzymywanych w piecach koksownianych, następuje przez skroplenie i dystalację. W ten sposób można otrzymać, względnie dość prostymi środkami, gaz o znacznym stężeniu etylenu, mianowicie ok. 20 — 30% (C-ie de Béthune). Metoda Claude'a opłaca się nawet wówczas, gdy nie ma związku z produkcją amoniaku, wystarcza bowiem sprężanie gazu do 7 kg/cm², a różne ciała uboczne (benzol), oddzielone w czasie procesu, zwiększają jeszcze jego rentowność.

Pochłanianie etylenu przez kwas siarkowy według reakcji:



jest tematem wielu prac, które mają na celu przyspieszenie przebiegu reakcji i umożliwienia stosowania jej w skali przemysłowej.

Reakcja jest ograniczona przez stan równowagi, który praktycznie następuje po wchłonięciu przez kwas siarkowy 20% etylenu w stosunku do wagi własnej, co odpowiada 75% kwaśnego siarczanu etylu. Przemiana siarczanu kwaśnego na siarczan obojętny jest endotermiczna i charakteryzuje się obniżeniem temperatury. (Damiens i de Loisy). Kolejność faz reakcji jest następująca: z początku roztwór etylenu w kwasie, następnie kwaśny siarczan i wreszcie siarczan obojętny (Plant i Sidwick).

Warunki fizyczne wpływają na długotrwałość reakcji, przyczem powolna dyfuzja gazu w kwasie, spowodowana jest przez małą ruchliwość kwasu i szczupłość powierzchni kontaktu. Z korzyścią stosować można płótki rotacyjne (Tidman) lub kolumny z pierścieniami Raschig'a. Okolicznością sprzyjającą jest to, że, po utworzeniu się kwaśnego siarczanu etylu, przyspiesza on w znacznym stopniu absorbcję etylenu. Wystarczy więc, zwłaszcza przy pracy z gazem stężonym, absorbować etylen we wstrząsanej odpowiednio mieszance, której stały skład zachowany jest przez dopływ świeżego kwasu siarkowego i ciągłe odprowadzanie kwaśnego siarczanu etylu do górnej części urządzenia, w którym zachodzi reakcja. Urządzenie takie składa się z cylindrycznego kotła, z dnem półkulistym i z podwójnymi ściankami, umożliwiającymi ogrzewanie parą (C-ie de Béthune).

Stężenie kwasu, używanego w procesie, ma duże znaczenie; stężenie to winno być między 95% i 100% (66° Bé). Absorbacja gazu ustaje w praktyce, gdy stężenie kwasu wynosi 77% (60° Bé), jednakże prędkość przebiegu reakcji zmniejsza się gwałtownie przy minimalnem chociażby rozcieńczeniu kwasu, tak np. po dodaniu 2% wody do kwasu, czas trwania reakcji wzrasta dwukrotnie. Obecność SO_2 w kwasie jest szkodliwa, gdyż tworzy się wówczas $(\text{SO}_3)_2\text{C}_2\text{H}_4$ oraz $\text{SO}_4\text{C}_2\text{H}_6$, które nie dają alkoholu po zmydleniu.

Wzrost ciśnienia sprzyja absorbcji, szczególnie zaś wpływa pomyślnie na bardziej intensywne tworzenie się obojętnego siarczanu etylu, co w rezultacie zmniejsza rozchód kwasu siarkowego. Przy prężności 10 at, tworzy się 62% siarczanu etylu, rozchód zaś kwasu siarkowego na 1 kg alkoholu wynosi 1,39 kg, bez stosowania zaś nadciśnienia — 1,5 kg.

Również wzrost temperatury sprzyja reakcji. Zazwyczaj proces odbywa się między 60° a 80°C. Począwszy od 90°, rozpoczyna się redukcja kwasu przez składniki smołowe, znajdujące się w gazie, oraz powstawanie SO_2 . W razie stosowania katalizatorów, temperatura nie jest niższa od 40°C.

Prace pp. Lebeau, Damiens i Loisy wykazują znaczne przyspieszenie reakcji przy zastosowaniu odpowiednich katalizatorów. Badacze ci stwierdzili skuteczne oddziaływanie niektórych podtlenków, np. żelaza, tworzących zawiesinę w kwasie siarczanym. Najczęściej jednak stosowane są tlenki oraz siarczany i chlorki miedziawe, które w ilości 4—5% tworzą zawiesinę w kwasie siarkowym o stężeniu 60° Bé, w temperaturze ok.

35°C. Te same katalizatory ogrzane łącznie z kwasem, poczem oziębione, przekształcają etylen po dodaniu soli rtęciowych, w rodzaj biało-żółtawej nafty, wrzącej przy 110°C, tworzącej mieszaninę węglowodorów nasyconych.

Badacze niemieccy zbadali wpływ mniej ważnego technicznie siarczanu srebra — w ilości 1% (Glund i Schneider oraz Lommel i Engelhardt), a nawet srebra koloidalnego tworzącego mieszaninę z emulsją kwasu siarkowego i oleju rycynowego, chloroformu i tetraliny (Bayer).

Inni wreszcie autorzy (Damiens i Loisy, Lommel i Engelhardt) zalecają używanie kwasu fosforowego i kwasu chlorosulforowego, który absorbuje momentalnie etylen, dając: $\text{Cl} - \text{SO}_2 - \text{OC}_2\text{H}_5$.

Zmydlając ciało to gorącą wodą otrzymamy alkohol oraz kwasy: solny i siarkowy, przyczem tworzy się również nieco chlorku metylu.

Stosowanie katalizatorów umożliwiło względnie ekonomiczną absorbcję etylenu, bez uprzedniego zwiększenia jego stężenia w gazach i przyczyniło się do powstawania zakładów, wytwarzających alkohol, o skali pół-przemysłowej.

Powyżej mówiliśmy już o absorbcji etylenu o wyższym stężeniu. W razie stosowania gazów surowych, t. zn. o niskiej zawartości etylenu, nie tylko wzrastają wymiary urządzenia, lecz również cała aparatura staje się bardziej zawiła, po dodaniu przyrządów, które mają na celu zmniejszenie strat ciepła. W procesie tego rodzaju, gaz czerpany ze zbiornika piecowego chłodzi się w specjalnej chłodnicy, następnie przechodzi szereg aparatów oczyszczających, gdzie traci smołę, amoniak, siarkowodor i wodę, poczem, podgrzany w grzejniku, wchodzi do absorberów, wyprawionych materiałem odpornym na gorące kwasy. Kwas zawierający już siarczan etylenu przechodzi bezpośrednio do urządzeń zmydlających, gaz zaś pozbawiony etylenu kierowany jest do oddziałów dalszej przeróbki. W razie stosowania katalizatorów, urządzenia absorbcyjne wypadają mniejsze, dodać natomiast należy wirówki, mieszadła i t. p.

Zmydlenie kwasu dokonywa się bardzo prosto i polega na dodaniu wody i dystalowaniu utworzonego alkoholu. Reakcja jest odwracalna i ułatwiona przez dodawanie wody i usuwanie alkoholu. W praktyce, stężenie kwasu obniża się do 66% (52° Bé) i ogrzewa się piec zapomocą pary przegrzanej. Lepsze rozwiązanie polega na przepuszczeniu w kierunkach przeciwnych w kolumnie płóczkowej kwaśnego siarczanu etylu i pary przegrzanej; w ten sposób otrzymuje się bezpośrednio alkohol o stężeniu 40% (Loisy i Damiens). Wreszcie, jeżeli produkcja alkoholu odbywa się łącznie z wyrobem amoniaku syntetycznego, do pary można dodawać amoniaku, co przyczynia się do opóźnienia stanu równowagi reakcji, a ciepło połączenia z kwasem może być wykorzystane do zrektyfikowania alkoholu, tak, że dalsze ogrzewanie staje się zbyteczne i otrzymuje się bezpośrednio alkohol o stężeniu 30 do 66°.

Rozchód kwasu siarkowego stanowi poważny udział w kosztach fabrykacji; kwas wprowadzony do obiegu posiada stężenie 95—100%, wychodzący zaś — stężenie znacznie mniejsze, gdyż zaledwie ok. 60%. W celu ponownego użycia, kwas winien zostać stężony ponownie zapomocą znanych procesów Gaillard'a, Kessler'a, Pauling'a i t. d., przyczem można do tego wykorzystać ciepło odpadkowe z pieców, względnie stosować nowoczesne oszczędne palniki na pył węglowy. Przy stężaniu należy zwracać uwagę, czy kwas nie jest obciążony domieszkami smołowymi, pochodzącymi z gazów źle oczyszczonych, te bowiem przyczyniłyby się w czasie stężania do rozkładu znacznej części kwasu. W niektórych wypadkach, kwas o stężeniu wyjściowym z aparatów absorbcyjnych może być dalej użytkowany do wysycenia amoniaku i fabrykacji siarczanu amonowego, wówczas oczywiście odpada całe urządzenie koncentracji wtórnej.

Produkcja alkoholu z 1 t węgla zmienia się w zależności od zawartości w nim etylenu i od rodzaju stosowanego procesu. Średnio liczyć można 10 l spirytusu z jednej t węgla, względnie 40—60 g z 1 m³ gazu (Valette).

Pp. Loisy i Damiens określili w r. 1923 koszt ruchu przy wyrobie alkoholu syntetycznego, na ok. 60 fr/hl. Cyfra ta (która wydaje się zbyt niska), odnosi się do instalacji produkującej spirytus bez zastosowania wyższego stężenia etylenu, przy użyciu katalizatorów i przy produkcji dziennej 17,6 do 19 hl.

P. M. Valette podał w r. 1925 kilka cieka-

wych szczegółów, odnoszących się do wyrobu alkoholu syntetycznego w C-ie de Béthune, która pracuje ze stężonym etylenem, łącznie z produkcją amoniaku syntetycznego. Zakłady przerabiają (dziennie) 30 000 m³ gazu, otrzymywanego z dystalacji 100 t węgla. Gaz zostaje sprężony do 7 at, poczem ponownie rozprężony; rozchód energii wynosi 100 kW na 1 000 m³ gazu, co pociąga za sobą dość znaczne koszty dodatkowe, jednakże umożliwia odzyskanie 750 kg benzolu i 1000 kg alkoholu, gazy zaś pozostałe są czyste. Wartość benzolu pokrywa całkowicie koszt energii zużytej na sprężanie.

III. Synteza bezpośrednia.

Rozważmy następujące dwa równania:

- 1) . . . $C_2H_4 + H_2O = C_2H_5OH + 13,1 \text{ Kal}$,
- 2) . . . $2CO + 6H_2 = C_2H_5OH + H_2O + 65,7 \text{ Kal}$.

Reakcje powyższe przebiegają z wywiązywaniem się ciepła, aby je otrzymać bezpośrednio, należy zastosować odpowiedni katalizator. Widzimy od razu, jak wielkie korzyści przyniosłaby produkcja według równań powyższych, z których pierwsze umożliwia przejście od etylenu do alkoholu etylowego, bez używania kwasu siarczanego, drugie zaś — posługuje się surowcem, który możemy otrzymać w dowolnych ilościach, tanio i bez żadnych trudności. Według powyższych zależności, wykonał już Patard syntezę alkoholu metylowego, są jednak pewne dane, aby przypuszczać, że uda się otrzymać jego wyższe związki homologiczne.

T.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

BUDOWNICTWO.

Przegroda Lake-Pleasant.

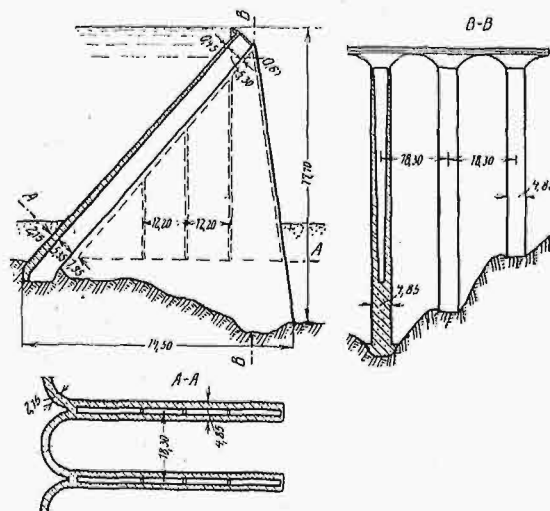
Niedawno ukończono przegrodę na rzece Agua Fria, na terytorjum Arizona, najwyższą dotychczas przegrodę sklepieniową. Przegroda ta tworzy zbiornik 13 km długości, o zawartości 213 680 000 m³ i zaopatruje w wodę obszar 16 200 ha, nadający się do hodowli drzew owocowych i bawełny. Pomiedzy dwoma słupami przegrody urządzono mały zakład wodny.

Szczegóły konstrukcji uwiadcniają rys. 1 a do c. Całkowita wysokość przegrody wynosi 77,7 m, ogólna długość budowli — 663,6 m, właściwego zaś muru zagrodowego — 475,5 m. W odległości około 400 m od muru zagrodowego, znajduje się przewal do odprowadzania 3824 m³/sek wody. Do budowy zużyto 78 790 m³ betonu, 2160 t żelaza okrągłego i 167 220 m² szalowania. Wykonanie trwało 18 miesięcy, koszt wyniósł 3 milj. dol.

Budowla przedstawia rząd sklepień, opierających się na słupach wewnątrz pustych. Odległość między środkami słupów wynosi 18,3 m; cały mur zaporowy składa się z 26 sklepień i 27 słupów; boczne ściany słupów są pionowe, co stanowiło dużą wygodę przy szalowaniu. (rys. 2).

Największe naprężenie w łuku sklepień pod wpływem parcia wody i zmian temperatury wynosi 45,71 kg/cm², zaś w słupach 31,64 kg/cm². Mieszanina betonu użytego na skle-

pienia była 1 : 2 : 4, na słupy — 1 : 2,5 : 5. Skład betonu był kontrolowany na miejscu budowy na podstawie 28-dniowych prób; wytrzymałość przepisowa wynosiła 140 kg/cm² dla łuków i 126 kg/cm² dla słupów.

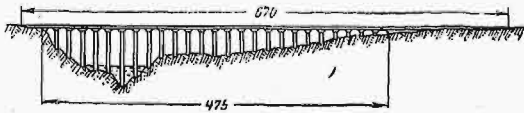


Rys. 1. a — c.

Przekrój poprzeczny przegrody oraz przekroje A — A i B — B.

Grunt budowli stanowił bazalt; w niektórych miejscach warstwy popiołu, lawy i tuf, wymagały głębszego kopania,

do skał, w najgorszym razie do 27 m. Tam, gdzie napotkano na rysowany grunt skalisty, uszczelniano go, wtlaczając



Rys. 2. Rzut pionowy przegrody.

jąc cement przez otwory wiertnicze, 3 do 6 m głębokości, pod ciśnieniem 9 kg/cm^2 .

Beton układano warstwami 2,4 m wysokości; szalowanie, składające się z oddzielnych tafli, było używane wielokrotnie, 6 — 8 razy, słupy były wznoszone o 6 m wyżej sklepień i mogły służyć jako podpora do oszalowania, do czego używano usztywnionych blach żelaznych.

Urządzenie do mieszania znajdowało się pośrodku przegrody, piasek i żwir wydobywano poniżej miejsca budowy z łóżyska rzeki i dokładnie je oczyszczano. Dostarczanie betonu do miejsca zużycia odbywało się zapomocą urządzenia transportowego kablowego, umieszczonego na całej długości przegrody, do którego trzech wież, o wysokości 93,4 i 87 m, mieszanina była podnoszona bezpośrednio z miejsca przygotowania, zapomocą wciągu. (Die Bautechnik, 1928 r., str. 213—214).

METALOZNAWSTWO.

Nowy sposób nakrzemowywania żelaza.

Dotychczas używane sposoby nakrzemowywania żelaza wymagają wysokiej temperatury. Konieczność wysokiej temperatury jest spowodowana prawdopodobnie brakiem dobrego kontaktu między żelazem a krzemem, wzgl. żelazo-krzemem.

W celu ułatwienia przebiegu cementacji żelaza krzemem, proponują autorzy używać do cementacji mieszaninę 71,1%-go żelazo-krzemu w roztopionej mieszaninie z Na_2SiF_6 , K_2SiF_6 , BaSiF_6 , NaF , KF , CaF_2 i NaCl . Do badania brano żelazo elektrolityczne (99,98% Fe). Bez użycia powyższych topników, żelazo przyjmuje do roztworu przy 850° bardzo mało krzemu. Przy użyciu topnika, składającego się z 10 g żelazo-krzemu i 3 g NaCl , w tejże temperaturze powstaje na powierzchni żelaza tylko słabo nakrępowana warstewka. Żelazo elektrolityczne, nakrępowane w topniku z 6 g Na_2SiF_6 i 24 g żelazo-krzemu, zawiera na powierzchni 2,14% Si. W temperaturach wyższych, dyfunduje krzemu więcej; blacha z elektrolitycznego żelaza o grub. 0,5 mm, cementowana przez 3 godz. przy 1100° , w topniku zawierającym 10 g Na_2SiF_6 i 20 g żelazo-krzemu, była nakrępowana aż do środka i zawierała 18,2% Si, przytem grubość jej zwiększyła się o 0,5 mm. Kawałek żelaza elektrolitycznego, żarzony 10 godz. w topniku z 3 g Na_2SiF_6 i 17 g żelazo-krzemu, zwiększył swój ciężar o 13%, a objętość o 10%.

Ponieważ powierzchnia materiału staje się przy nakrzemowywaniu zwykle chropowata, przeto badano, w jakich warunkach powierzchnia zostanie gładką. Najlepsze wyniki osiągnięto przy użyciu 7,5 do 15% Na_2SiF_6 , w temperaturze 1000° i przy 4-godz. wyżarzaniu.

Szybkość nakrzemowywania żelaza handlowego jest nieco mniejsza, niż elektrolitycznego. Przy nakrzemowywaniu surowców odlewniczych, powstaje między warstwą nakrępowaną a właściwym jądrem surowca — warstwą, zawie-

rająca dużo grafitu, skutkiem czego warstwa nakrępowana łatwo odskakuje.

Odporność nakrępowanego żelaza na działanie kwasów była badana przy 30° w HCl . Dla porównania wzięto nienakrępowane żelazo elektrolityczne i żelazo elektrolityczne nakrępowane w ciągu 20 godz. przy 950° w topniku z 18 g żelazo-krzemu + 2 g Na_2SiF_6 + 2 g NaCl . Wyniki są podane w następującej tabeli:

		Strata ciężaru w %.	
		Żelazo nienakrępowane	Żelazo nakrępowane
Po	1 dniu	1,9	2,6
"	2 dniach	4,0	3,9
"	3 "	6,2	4,5
"	4 "	10,1	4,9
"	5 "	15,0	5,2
"	6 "	21,0	5,4
"	7 "	—	5,6
"	8 "	—	5,7
"	9 "	—	—
"	10 "	—	5,8

(Stahl u. Eisen, 1928, str. 1009).

Inż. M. Zinzenko.

Wpływ tlenu zawartego w stali na przebieg cementacji.

W dłuższej pracy (Mem. College of Engineering V, 1928, str. 1—69) stara się K. Inouye rozwiązać tak ważne techniczne zagadnienie, jakim jest wpływ tlenu na wielkość ziarna, opór elektryczny i przebieg cementacji stali. Zawartość tlenu zmienia się bowiem zależnie od różnych warunków wyrobu stali.

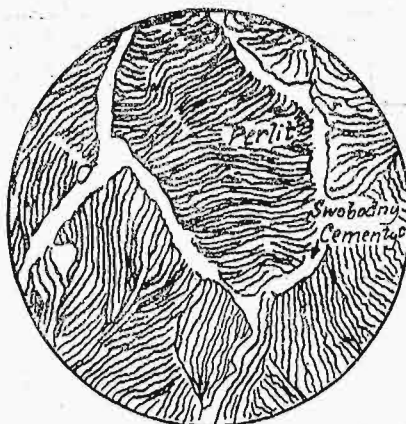
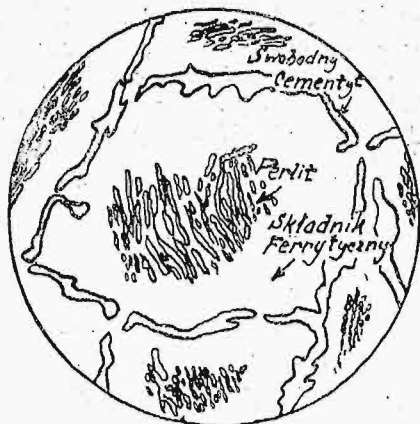
Praca dzieli się na 2 części, z których pierwsza jest poświęcona opisowi metody analitycznej, stosowanej dla określenia zawartości tlenu, druga zaś przedstawia wyniki obserwacji nad przebiegiem cementacji w stalach, zawierających tlen. Dla określenia zawartości tlenu, stosował Inouye metodę Ledebura, redukcji wodorem, udoskonaloną przez Oberhoffera.

Stopy zawierające tlen przygotowywano w piecu próżniowym z żelaza o składzie 0,08% C, ślady Si, 0,38% Mn, 0,040% P i 0,033% S, oraz tlenku żelaza, zawierającego 0,12% P i 0,004% S. Badanie cementacji (mieszanina 60% węgla drzewnego, 40 węgla baru) przeprowadzono częściowo na tych stopach, częściowo na próbkach materiału technicznego, branych przed i po odtlenieniu. Zawartość tlenu w badanym materiale wynosiła od 0,042% do 0,232%. Badanie punktów przełomowych metodą dilatometryczną i różnicową nie wykazało ich zależności od zawartości tlenu. Pomiary oporu elektrycznego, wykonane na 10 stalach zawierających od 0,4% do 0,14% O, wykazują pewien, choć niezbyt duży, wzrost oporu ze wzrostem zawartości tlenu w porównaniu ze stalami odtlenionymi. Dla stopów zawierających ponad 0,14% O pomiarów przeprowadzić się nie udało, z powodu dużej kruchości na gorąco tych materiałów.

Przeciętna wielkość ziarna wzrastała wraz z zawartością tlenu od $5,5 \times 10^{-4} \text{ mm}$ (względnie po 3-godzinnym żarzeniu przy 1000° — $7,2 \times 10^{-4} \text{ mm}$) przy 0,042% O do $116,5 \times 10^{-4} \text{ mm}$ ($121,3 \times 10^{-4} \text{ mm}$) przy 0,232% O.

Przy badaniu przebiegu cementacji, wpływ zawartości tlenu wyraził się w sposób następujący: ze wzrostem zawartości tego pierwiastka, siatka cementytowa stawała się

coraz więcej poszarpana, t. zn. wzrastała zdolność skupiania się cementytu swobodnego i perlitycznego.



Rys. 1 i 2. Zmiana struktury w stopach żelaza, zawierającego tlen przy zmniejszeniu zawartości tlenu.

Rys. 1 i 2 przedstawiają schematycznie charakterystyczną zmianę struktury w stopach żelaza zawierających tlen. Rys. 1 odnosi się do zawartości 0,165% O, a rys. 2 do 0,049% O. Granica pomiędzy temi rodzajami budowy przypada na około 0,070% O. Inouye, wychodząc z założenia, że powyżej A_3 cementyt znajduje się w jednorodnym roztworze koloidalnym w żelazie γ , objaśnia powstanie tej struktury w sposób następujący: obecność tlenu działa na cementyt podobnie, jak dodatek elektrolitu, sprzyjający skupianiu się koloidu. Dalej przyjmuje autor, że tlen tworzy z austenitem roztwór stały i powoduje, podobnie jak nikiel i krzem, przesunięcie linii ES układu żelazo-węgiel w lewo. Przy stygnięciu cementowanych stopów żelaza bogatych w tlen, wydziela się najpierw cementyt, potem składnik ferrytyczny, zawierający zarówno tlen, jak i węgiel, a w końcu perlit, przy przekroczeniu linii $P-S-K$. Tego rodzaju strukturę przedstawia rys. 1.

Z doświadczeń wynika, że zjawiska te występują tylko przy stosunkowo powolnym stygnięciu. Ciekawem jest, że dłuższe żarzenie przed cementacją, w temperaturze $850^\circ - 950^\circ C$, sprzyja powstawaniu normalnej struktury, składającej się z pól perlitycznych, poroździelanych siatką cementytową. Autor sądzi, że przez takie żarzenie tlen, początkowo rozproszony po całej masie w postaci ultramikroskopowych cząsteczek, skupia się w większe, i umożliwia przez to powstanie normalnej struktury. Zatem budowa anormalna, obserwowana często podczas cementacji, zależy nie tylko od ilości, lecz także i od wielkości cząsteczek tlenu obecnego w materiale.

Próby kucia przed cementacją do 60, 70 i 85% zmniejszenia przekroju nie wykazały żadnego wpływu na ostateczną strukturę po cementacji. Zatem szczególna budowa, występująca w miarę wzrostu zawartości tlenu w cementowanych próbkach, jest w związku ze sposobem wyrobu stali i nie da się usunąć środkami czysto mechanicznymi.

W technicznych gatunkach żelaza, jeżeli chodzi o cementację, dużą rolę odgrywa rodzaj środka odtleniającego. Tak więc okazało się, że próbki odtleniane krzemem i manganem posiadały normalną budowę materiału cementowanego, podczas gdy takie same próbki, odtlenione glinem, wykazywały po cementacji opisaną wyżej budowę anormalną. Wydaje się to niezrozumiałem, gdyż glin odtlenia 90 razy silniej niż mangan, a 17 razy silniej niż krzem. Inouye tłumaczy to nadzwyczajnym rozdrobnieniem produktu odtleniania—tlenu glinowego, co utrudnia mu skupianie się i wypływanie do góry, w przeciwstawieniu do krzemionki i tlen-

ku manganu. Dalszą przyczyną ma być lepkość tlenku glinowego. Ponieważ, jak to już poprzednio wspomniano, na przebieg cementacji wpływa nie tylko ilość, lecz także i stopień rozdrobnienia cząsteczek tlenowych, własności tlenku glinowego wyjaśniłyby zachowanie się podczas cementacji stali odtlenianych glinem.

Przy końcu swej pracy opisuje Inouye wpływ tlenu na głębokość cementacji. Doświadczenia z czystymi stopami żelazo-tlen wykazały, że przy jednakowej temperaturze i w jednakowym czasie głębokość cementacji wzrasta nieznacznie wraz z zawartością tlenu. Działanie tlenu jest w tym wypadku, według autora, tylko pośrednie. Mianowicie ze wzrostem zawartości tlenu wzrasta wielkość ziarn, co ma zmniejszać opory dyfuzji. (Stahl u. Eisen, 1928, 1411—13).

T. M.

Nekrologja.

Ś. p. Profesor W. E. Grum-Grzymajło.

Z początkiem listopada r. b. zmarł w Moskwie światowej sławy metalurg rosyjski prof. Włodzimierz Grum-Grzymajło, znany ze swych prac nad teorią ruchu gazów spalinowych w piecach płomiennych. Prace prof. Grum-Grzymajły o teorii hydraulicznej gazów przetłómaczono na języki: niemiecki, angielski i francuski, sama zaś teoria oddawna stała się częścią składową kursów metalurgii żelaza. Prof. Grum-Grzymajło jest znany, jako profesor Politechniki Petersburskiej i jako jeden z założycieli wydziału metalurgicznego tej politechniki. W roku 1918 przeniósł się na Ural, z którym łączyła go poprzednia praca, przez pewien czas był profesorem Instytutu górniczego w Jekaterynburgu, a w roku 1923 przeniósł się do Moskwy, gdzie jako „spec” pracował w licznych instytucjach technicznych.

Prof. Grum-Grzymajło łączył w swej osobie wiedzę teoretyczną z umiejętnością praktyczną, posiadał nadzwyczajną zdolność szybkiego orjentowania się w najtrudniejszych zagadnieniach natury technologicznej. Jako profesor i uczyony, cieszył się wielkim uznaniem, i to nie tylko społeczeństwa rosyjskiego, zaś jako człowiek i nauczyciel — był ukochany przez młodzież akademicką.

Prof. Grum-Grzymajło zmarł wskutek ataku sercowego podczas śledztwa w lokalu „czrezwyczajki” w Moskwie. Kilka dni przedtem ogłoszono bardzo poważną opinię zasłużonego metalurga o obecnej gospodarce rządów bolszewickich w dziedzinie wielkiego przemysłu (metalurgii). Jest rzeczą zrozumiałą, że dowcipna, prawdziwa i ostra ocena tej gospodarki, a głównie wnioski, wynikające z powyższej oceny, nie były pochlebne dla bolszewickich rządów obecnej Rosji, i stary, załuzony i uczciwy profesor musiał stanąć przed wszechwładną moskiewską czrezwyczajką. Widocznie „badania” były nie do wytrzymania i wielkie, szlachetne serce pękło. W parę godzin po ataku sercowym Uczony zmarł.

Wśród polskich metalurgów, znajduje się wielka liczba faktycznych i duchowych uczniów Zmarłego, którzy powiedzą wraz z autorem niniejszego komunikatu: „Cześć Jego pamięci”.

Prof. Dr. Inż. I. Feszczenko-Czopitowski.

POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO

BULLETIN DU COMITÉ POLONAIS DE STANDARDISATION

T R E Ś Ć:

Projekty norm polskich śrub
i nakrętek (dok.).

WARSZAWA

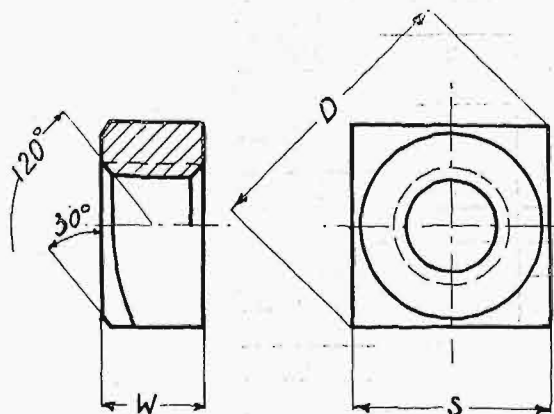
5 GRUDNIA
1928 r.

S O M M A I R E:

Projets des normes polonaises des
boulons filetés et des écrous
(suite et fin).

Termin zgłaszania sprzeciwów: 1 marca 1929 r.

Polskie Normy

Nakrętki czworokątne
z gwintem metrycznym.PN
G—927
ProjektPrzykład oznaczenia czworokątnej nakrętki dla gwintu, np. M 20 z¹⁾:
Nakrętka czworokątna M 20 PN, G — 927 z¹⁾.

Gwint	w_{min}	S	D
(M 5)	4,5	9	12,7
(M 5,5)	5	10	14,1
M 6	5,5	11	15,5
(M 7)	5,5	11	15,5
M 8	6,5	14	19,8
(M 9)	8	17	24
M 10	8	17	24
(M 11)	9	19	26,9
M 12	11	22	31,1
M 14	11	22	31,1
M 16	13	27	38,2
M 18	16	32	45,2
M 20	16	32	45,2
M 22	18	36	50,9
M 24	18	36	50,9
M 27	20	41	58
M 30	22	46	65
(M 33)	25	50	70,7
M 36	28	55	77,5
(M 39)	30	60	84,8
M 42	32	65	91,9
(M 45)	35	70	99
M 48	38	75	106,1

¹⁾ Przy zamówieniu należy podać materiał.

Gwint metryczny według PN, G—205 i 206.

Wykonanie: surowe.

Tolerancje szerokości nakrętek (S) według PN, G—902.

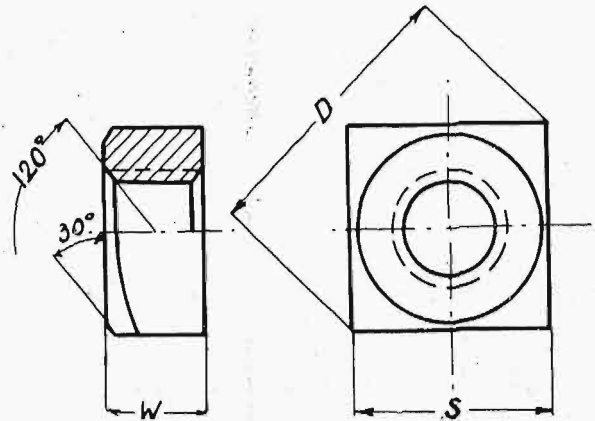
Wymiarów w nawiasach należy unikać.

Termin zgłaszania sprzeciwów: 1 marca 1929 r.
Polskie Normy.

Nakrętki czworokątne z gwintem Whitworth'a.

PN

G — 928

Projekt 2-gi
uzupełniony

Przykład oznaczania czworokątnej nakrętki dla gwintu, np. $1\frac{1}{2}''$ z¹⁾:

Nakrętka czworokątna $1\frac{1}{2}''$ PN. G — 928 z¹⁾.

G w i n t	W_{min}	S	D
$\frac{3}{16}''$	4,5	9	12,7
$\frac{1}{4}''$	5,5	11	15,5
$\frac{5}{16}''$	6,5	14	19,8
$\frac{3}{8}''$	8	17	24
($\frac{7}{16}''$)	9	19	26,9
$\frac{1}{2}''$	11	22	31,1
$\frac{5}{8}''$	13	27	38,2
$\frac{3}{4}''$	16	32	45,2
$\frac{7}{8}''$	18	36	50,9
1''	20	41	58
$1\frac{1}{8}''$	22	46	65
$1\frac{1}{4}''$	25	50	70,7
($1\frac{3}{8}''$)	28	55	77,7
$1\frac{1}{2}''$	30	60	84,8
($1\frac{5}{8}''$)	32	65	91,9
$1\frac{3}{4}''$	35	70	99
($1\frac{7}{8}''$)	38	75	106,1
2''	40	80	113,1

¹⁾ Przy zamówieniu należy podać materiał.

Gwint Whitworth'a według PN. G — 240 i 241.

Wykonanie: surowe.

Tolerancje szerokości nakrętek według PN. G—902.

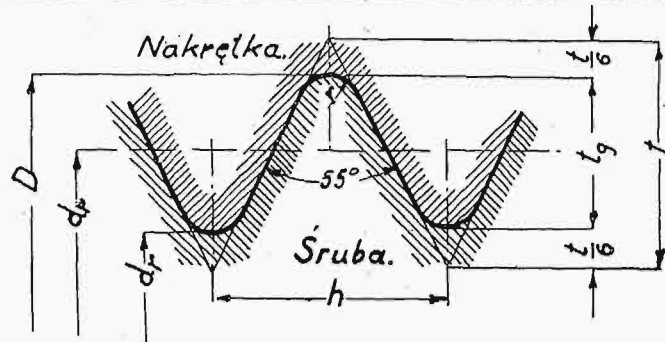
Wymiarów w nawiasach należy unikać.

Termin zgłaszania sprzeciwów: 1 marca 1929 r.

Gwint rurowy Whitworth'a

Pełny.

PN
G — 301
Projekt



$$h = \frac{25,40095}{z}$$

$$r = 0,13733 h$$

$$t = 0,96049 h$$

$$t_g = 0,64033 h$$

Przykład oznaczenia pełnego gwintu rurowego Whitworth'a (np. dla średnicy otworu $\frac{3}{4}$ "): $R \frac{3}{4}$ ".

1) Gwint	Średnica			Głębokość gwintu t_g	Promień zaokrąglenia r	Skok gwintu h	Liczba skoków na 1" ang. z
	gwintu D	rdzenia i otworu d_r	podziałowa d_p				
$R \frac{1}{8}$ "	9,729	8,567	9,148	0,581	0,125	0,907	28
$R \frac{1}{4}$ "	13,158	11,446	12,302	0,856	0,184	1,337	19
$R \frac{3}{8}$ "	16,663	14,951	15,807	0,856	0,184	1,337	19
$R \frac{1}{2}$ "	20,956	18,632	19,794	1,162	0,249	1,814	14
$R \frac{5}{8}$ "	22,912	20,588	21,750	1,162	0,249	1,814	14
$R \frac{3}{4}$ "	26,442	24,119	25,281	1,162	0,249	1,814	14
$R \frac{7}{8}$ "	30,202	27,878	29,040	1,162	0,249	1,814	14
$R 1$ "	33,250	30,293	31,771	1,479	0,317	2,309	11
($R 1 \frac{1}{8}$ "	37,898	34,941	36,420	1,479	0,317	2,309	11
($R 1 \frac{1}{4}$ "	41,912	38,954	40,433	1,479	0,317	2,309	11
($R 1 \frac{3}{8}$ "	44,325	41,367	42,846	1,479	0,317	2,309	11
$R 1 \frac{1}{2}$ "	47,805	44,847	46,326	1,479	0,317	2,309	11
$R 1 \frac{3}{4}$ "	53,748	50,791	52,270	1,479	0,317	2,309	11
$R 2$ "	59,616	58,659	58,137	1,479	0,317	2,309	11
$R 2 \frac{1}{4}$ "	65,712	62,755	64,234	1,479	0,317	2,309	11
$R 2 \frac{1}{2}$ "	75,187	72,230	73,708	1,479	0,317	2,309	11
$R 2 \frac{3}{4}$ "	81,537	78,580	80,058	1,479	0,317	2,309	11
$R 3$ "	87,887	84,930	86,409	1,479	0,317	2,309	11
$R 3 \frac{1}{4}$ "	93,984	91,026	92,505	1,479	0,317	2,309	11
$R 3 \frac{1}{2}$ "	100,334	97,376	98,855	1,479	0,317	2,309	11
$R 3 \frac{3}{4}$ "	106,684	103,727	105,205	1,479	0,317	2,309	11
$R 4$ "	113,034	110,077	111,556	1,479	0,317	2,309	11
$R 4 \frac{1}{2}$ "	125,735	122,777	124,256	1,479	0,317	2,309	11
$R 5$ "	138,435	135,478	136,957	1,479	0,317	2,309	11
$R 5 \frac{1}{2}$ "	151,136	148,178	149,657	1,479	0,317	2,309	11
$R 6$ "	163,836	160,879	162,357	1,479	0,317	2,309	11
$R 7$ "	189,237	185,984	187,611	1,627	0,349	2,540	10
$R 8$ "	214,638	211,385	213,012	1,627	0,349	2,540	10
$R 9$ "	240,039	236,786	238,412	1,627	0,349	2,540	10
$R 10$ "	266,440	262,187	263,813	1,627	0,349	2,540	10
$R 11$ "	290,841	286,775	288,808	2,033	0,436	3,175	8
$R 12$ "	316,242	312,176	314,209	2,033	0,436	3,175	8
$R 13$ "	347,485	343,419	345,452	2,033	0,436	3,175	8
$R 14$ "	372,886	368,820	370,853	2,033	0,436	3,175	8
$R 15$ "	398,287	394,221	396,254	2,033	0,436	3,175	8
$R 16$ "	423,688	419,622	421,655	2,033	0,436	3,175	8
$R 17$ "	449,089	445,023	447,056	2,033	0,436	3,175	8
$R 18$ "	474,490	470,424	472,457	2,033	0,436	3,175	8
²⁾ $R 1 \frac{5}{8}$ "	51,990	49,032	50,511	1,479	0,317	2,309	11
$R 2 \frac{5}{8}$ "	69,400	66,443	67,921	1,479	0,317	2,309	11

1) Wartości podane w calach oznaczają odpowiednie średnice otworów rur gwintowanych.

2) Tych gwintów należy unikać jako niezawartych w angielskim oryginale.

Gwintów podanych w nawiasach, jako stosowanych jedynie w rurach miedzianych na wysokie ciśnienie, poleca się możliwie unikać.

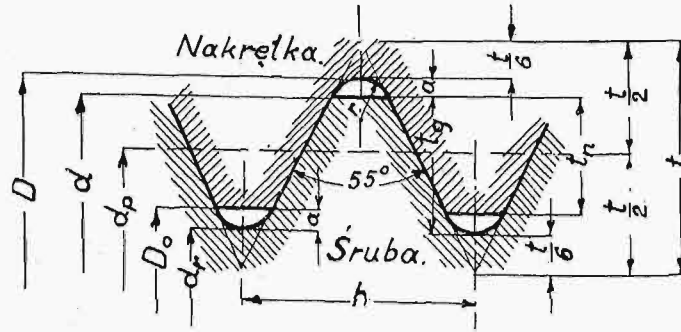
Wymiary podane w tablicy dają teoretyczny profil gwintu przy temperaturze 20° i są podstawą do wykonania sprawdzianów gwintu.

Wymiary praktyczne i tolerancje dla różnych klas gwintu są podane w tablicach PN...

Termin zgłaszania sprzeciwów: 1 marca 1929 r.

Gwint rurowy Whitworth'a Przytępiony.

PN
G — 302
Projekt



$$h = \frac{25,40095}{z}$$

$$a = 0,074 h$$

$$r = 0,13733 h$$

$$t = 0,96049 h$$

$$t_g = 0,56633 h$$

$$t_n = 0,49233 h$$

Przykład oznaczenia przytępiętego gwintu rurowego Whitworth'a (np. dla średnicy otworu $\frac{3}{4}$ "): $R^{\frac{3}{4}}/4$ Pt.

1) Gwint	Nakrętka		Śruba		Głębokość		Promień zaokrąglenia r	Średnica podziałowa d _p	Skok gwintu h	Liczba skoków na 1" ang. z
	Średnica		Średnica		gwintu t _g	nośna t _n				
	gwintu D	otworu D ₀	gwintu d	rdzenia d _r						
R 1/8"	9,729	8,701	9,594	8,567	0,514	0,447	0,125	9,148	0,907	28
R 1/4"	13,158	11,643	12,960	11,446	0,757	0,658	0,184	12,302	1,337	19
R 3/8"	16,663	15,149	16,465	14,951	0,757	0,658	0,184	15,807	1,337	19
R 1/2"	20,956	18,901	20,687	18,632	1,028	0,893	0,249	19,794	1,814	14
R 5/8"	22,912	20,857	22,643	20,588	1,028	0,893	0,249	21,750	1,814	14
R 3/4"	26,442	24,387	26,174	24,119	1,028	0,893	0,249	25,281	1,814	14
R 7/8"	30,202	28,147	29,933	27,878	1,028	0,893	0,249	29,040	1,814	14
R 1"	33,250	30,634	32,908	30,293	1,308	1,137	0,317	31,771	2,309	11
(R 1 1/8")	37,898	35,283	37,556	34,941	1,308	1,137	0,317	36,420	2,309	11
(R 1 1/4")	41,912	39,296	41,570	38,954	1,308	1,137	0,317	40,433	2,309	11
(R 1 3/8")	44,325	41,709	43,983	41,367	1,308	1,137	0,317	42,846	2,309	11
R 1 1/2"	47,805	45,189	47,463	44,847	1,308	1,137	0,317	46,326	2,309	11
R 1 3/4"	53,748	51,133	53,407	50,791	1,308	1,137	0,317	52,270	2,309	11
R 2"	59,616	57,001	59,274	56,659	1,308	1,137	0,317	58,137	2,309	11
R 2 1/4"	65,712	63,097	65,371	62,755	1,308	1,137	0,317	64,234	2,309	11
R 2 1/2"	75,187	72,571	74,845	72,230	1,308	1,137	0,317	73,708	2,309	11
R 2 3/4"	81,537	78,922	81,195	78,580	1,308	1,137	0,317	80,058	2,309	11
R 3"	87,887	85,272	87,546	84,930	1,308	1,137	0,317	86,409	2,309	11
R 3 1/4"	93,984	91,368	93,642	91,026	1,308	1,137	0,317	92,505	2,309	11
R 3 1/2"	100,334	97,718	99,992	97,376	1,308	1,137	0,317	98,855	2,309	11
R 3 3/4"	106,684	104,068	106,342	103,727	1,308	1,137	0,317	105,205	2,309	11
R 4"	113,034	110,419	112,692	110,077	1,308	1,137	0,317	111,556	2,309	11
R 4 1/2"	125,735	123,119	125,393	122,777	1,308	1,137	0,317	124,256	2,309	11
R 5"	138,435	135,820	138,093	135,478	1,308	1,137	0,317	136,957	2,309	11
R 5 1/2"	151,136	148,520	150,794	148,178	1,308	1,137	0,317	149,657	2,309	11
R 6"	163,836	161,221	163,494	160,879	1,308	1,137	0,317	162,357	2,309	11
R 7"	189,237	186,360	188,861	185,984	1,439	1,251	0,349	187,611	2,540	10
R 8"	214,638	211,761	214,262	211,385	1,439	1,251	0,349	213,012	2,540	10
R 9"	240,039	237,162	239,663	236,786	1,439	1,251	0,349	238,412	2,540	10
R 10"	265,440	262,563	265,064	262,187	1,439	1,251	0,349	263,813	2,540	10
R 11"	290,841	287,245	290,371	286,775	1,798	1,563	0,436	288,808	3,175	8
R 12"	316,242	312,645	315,772	312,176	1,798	1,563	0,436	314,209	3,175	8
R 13"	347,485	343,889	347,015	343,419	1,798	1,563	0,436	345,452	3,175	8
R 14"	372,886	369,290	372,416	368,820	1,798	1,563	0,436	370,853	3,175	8
R 15"	398,287	394,691	397,817	394,221	1,798	1,563	0,436	396,254	3,175	8
R 16"	423,688	420,092	423,218	419,622	1,798	1,563	0,436	421,655	3,175	8
R 17"	449,089	445,492	448,619	445,023	1,798	1,563	0,436	447,056	3,175	8
R 18"	474,490	470,893	474,020	470,424	1,798	1,563	0,436	472,457	3,175	8
2) R 1 5/8"	51,990	49,374	51,648	49,032	1,308	1,137	0,317	50,511	2,309	11
R 2 5/8"	69,400	66,785	69,058	66,443	1,308	1,137	0,317	67,921	2,309	11

1) Wartości podane w calach oznaczają odpowiednie średnice otworów rur gwintowanych.

2) Tych gwintów należy unikać jako nie zawartych w angielskim oryginale.

Gwintów podanych w nawiasach, jako stosowanych jedynie w rurach miedzianych na wysokie ciśnienie, poleca się możliwie unikać.

Wymiary podane w tabelicy dają teoretyczny profil gwintu przy temperaturze 20° i są podstawą do wykonania sprawdzianów gwintu.

Wymiary praktyczne i tolerancje dla różnych klas gwintu są podane w tablicach PN...

Przedruk dozwolony tylko za zgodą Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, Warszawa, Elektralna 2. Copyright by P. K. N.