

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

## TREŚĆ:

Elektrownia w Rummelsburgu (c. d.). opr. Inż. St. Zieleniewski,  
 W sprawie oceny materiału na podstawie prób mechanicznych, nap. Inż. Dr. M. T. Huber, Profesor Politechniki Warszawskiej.  
 Przerwanie przegród dolin, nap. Inż. Dr. A. Rożański, Profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego.  
 O tarciu płynnym, nap. Th.  
 Przegląd pism technicznych.

## SOMMAIRE:

La centrale électrique de Rummelsburg (suite), par M. St. Zieleniewski, Ingénieur.  
 Sur l'évaluation des matériaux d'après les résultats des essais mécaniques, par M. M. T. Huber, Dr., Professeur à l'École Polytechnique de Varsovie.  
 Les récentes ruptures des barrages, par M. A. Rożański, Dr., Professeur à l'Université de Cracovie.  
 Frottement liquide, par M. Th.  
 Revue documentaire.

## Elektrownia w Rummelsburgu.<sup>\*)</sup>

Opracował Inż. St. Zieleniewski.

### Instalacja kotłowa.

Krótką i sporadyczną praktyką z parą o wysokim ciśnieniu i przegrzaniu nie zdążyła jeszcze ustalić zdecydowanych postulatów w dziedzinie budowy kotłów wysokoprężnych, gdy firma A. E. G. (zaangażowana jako główny przedsiębiorca do budowy nowej elektrowni) stanęła wobec zagadnienia budowy instalacji kotłowej, któraby mogła, w sposób możliwie ekonomiczny i niezawodny, wytwarzać około 1300 t/h pary o temperaturze 410° i ciśnieniu 35 at abs. Wysoka sprawność kotła przy opalaniu pyłem węglowym oraz przykłady wielkich amerykańskich instalacji kotłowych, które pomimo opalania pyłem nie wzbudzą obaw o niezawodność ruchu, przesądziły zgóry, że kotły mają być opalane pyłem. Opalanie pyłem ma jeszcze te zalety, że regulacja jego jest łatwa, sprawność pozostaje prawie stałą przy zmiennym obciążeniu, a nadto pozostawia w porównaniu z paleniskami rusztowymi dużą swobodę w używaniu rozmaitych gatunków węgla, wreszcie umożliwia łatwą, w razie potrzeby, zamianę palenisk pyłowych na gazowe lub ropowe.

Względem na koszty zakładowe instalacji oraz dążenie do ogólnej zwartości elektrowni wymagały, aby instalacja kotłowa składała się z możliwie małej liczby kotłów. Określono wydajność kotła na 70 — 100 t/h. Ponieważ dotychczas w Niemczech nie wyrabiano kotłów o tak dużej wydajności, przeto zjawiała się potrzeba gruntownych studjów, poprzedzających budowę kotłów, tembardziej, że zadanie było znacznie utrudnione przez wysoką temperaturę powietrza (150°) i wody zasilającej (140°). Przy powyższych warunkach, A. E. G. ogłosiło konkurs na projekt kotła. Szereg firm nadesłał oferty, jednak żadna z nich nie wzbudzała tyle zaufania, żeby na niej oprzeć całkowite zamówienie, zaś różnorodność zgłoszo-

nych pomysłów, z których każdy wymagał innej konstrukcji kotłowni, wykluczała możliwość umieszczenia w jednym budynku kotłów, wykonanych podług różnych projektów.

Rozważenie wad i zalet poszczególnych konstrukcyj posunęło sprawę o tyle naprzód, że pozwoliło bliżej sprecyzować warunki, którym mają odpowiadać nowe oferty, mianowicie ustalono, że: kocioł ma być jednopaleniskowy, przyczem szerokość komory spalinowej nie może być większa niż 9 m; natężenie powierzchni ogrzewanej wynosić ma około 45 hg m<sup>2</sup>h, średnica walczków nie ma przekraczać 1500 mm, zaś maksymalne wymiary opłomek mogą osiągać: średnica 83 mm, długość — 9600 mm.

Zgłoszone oferty posiadały i tym razem liczne wady i nie dały pomyślnego wyniku, okazały jednak, że bez umieszczenia kominów i urządzeń do wytwarzania sztucznego ciągu na dachu kotłowni nie da się osiągnąć taniej konstrukcji i szczęśliwego umieszczenia przegrzewaczy, podgrzewaczy powietrza i wody (ekonomizerów).

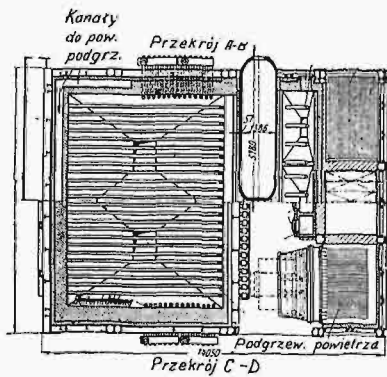
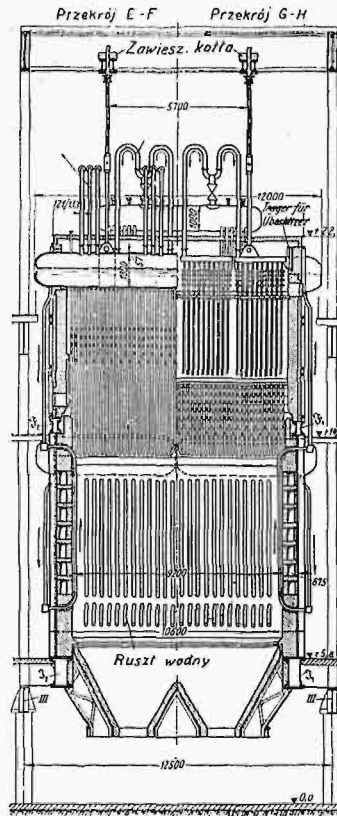
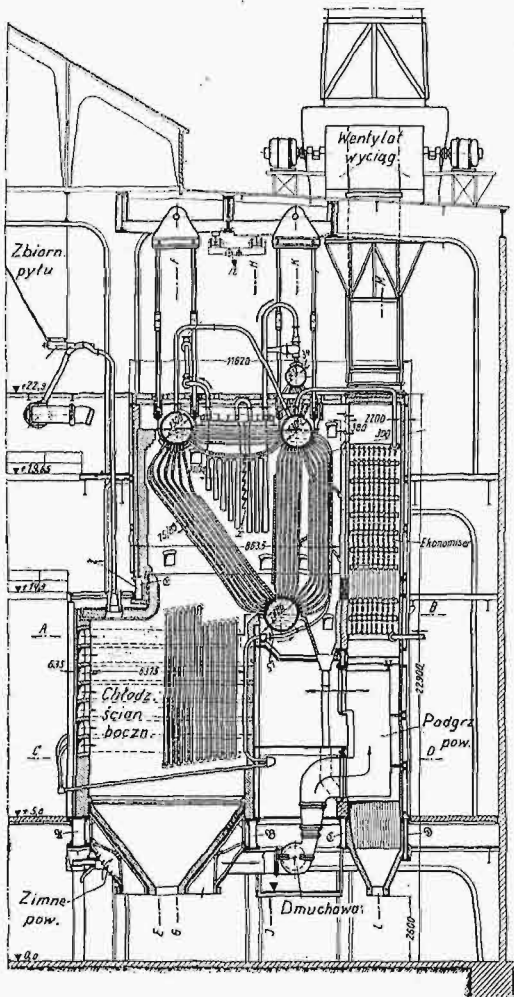
Ostatecznie inżynierom A. E. G. udało się opracować projekt, który po dwukrotnych modyfikacjach został uznany za odpowiedni. Według powyższego projektu, wykonano większość kotłów elektrowni rummelsburskiej, gdyż z ogólnej liczby 16 kotłów — 13 jest ustroju A. E. G., a tylko 3 są ustroju sekcyjnego, zaprojektowane przez firmę Borsig. Dwoistość konstrukcji kotłów miała na celu porównanie pracy kotłów stromorurkowych (A. E. G.) i sekcyjnych (Borsig). Różnice konstrukcyjne między obu ustrojami są nieznaczne, gdyż kotły Borsiga były projektowane na podstawie planów A. E. G., dzięki czemu oba systemy mają zachowany ten sam układ urządzeń pomocniczych oraz posiadają te same wymiary zewnętrzne.

Kocioł A. E. G. składa się właściwie z 3 walczków, chociaż dolny walczek stanowi dwie osobne części. Pęki połączeń opłomkowych między walczkami oraz baterje rurek chłodzących ścia-

<sup>\*)</sup> Ciąg dalszy do str. 511 Nr. 23 r. b.

ny komory paleniskowej tworzą 1750 m<sup>2</sup> powierzchni ogrzewanej. Ekonomizery i podgrzewacze po-

nisko każdego kotła ma 10 palników (rys. 16 i 17), u-



Rys. 15 a — c. Kocioł ustroju AEG o pow. ogrz. 1750 m<sup>2</sup>.

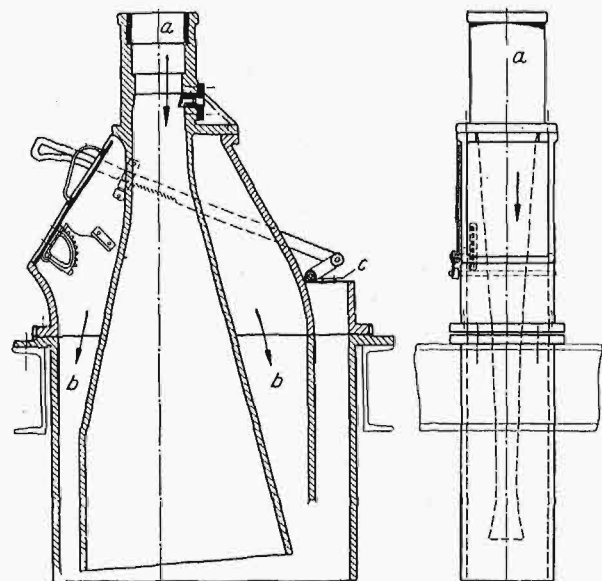
wietrza są umieszczone jeden nad drugim z boku kotła, przegrzewacz — między walczkami górnymi.

Powietrze potrzebne do spalania ogrzewa się już w drodze do podgrzewacza, chłodząc leje popielnika. Uniknięto dzięki temu strat promieniowania ciepła z dużych powierzchni lejów oraz wysokiej temperatury w suterenach pod kotłami. Powietrze, dostarczone przez wentylator do podgrzewacza, dostaje się następnie do umieszczonej za paleniskiem komory, która stanowi wejście do szeregu kanałów w bocznych ścianach obmurza. Kanały te wiodą do ściany przedniej, zaopatrzonej w liczne szpary, prowadzące do paleniska. Pale-

nisko każdego kotła ma 10 palników (rys. 16 i 17), umieszczonych w górnej ścianie komory ogniowej. Pył węglowy ze zbiorników w kotłowni dostarcza do palników dosylacz ślimakowy (rys. 18). Wdmuchiwanie pyłu przez palniki skutecznia sprężone powietrze, pobierane z komory, umieszczonej między podgrzewaczem a paleniskiem. Powietrze to ma za wysoką temperaturę, aby mogło być użyte bez dodatku powietrza zimnego, to też umieszczone po obu stronach kotła turbosprężarki zasysają jednocześnie gorące powietrze z komory i zimną przymieszkę z otoczenia. W ten sposób utworzone powietrze wdmuchowe wtłaczają turbosprężarki do rury zbiorczej. Z rury zbiorczej płynie powietrze do każdego palnika osobnym przewodem, zabierając z sobą pył węglowy z dosylacza, przez który wszystkie te przewody przechodzą. Dosylacz pyłu jest urządzony w ten sposób, że pozwala otwierać lub zamykać dopływ pyłu i powietrza do każdego z palników osobno.

Komora paleniskowa posiada tak zw. ruszt wodny, utworzony przez rurki włączone do obiegu kotła, ułożone w płaszczyźnie pochylej, aby ułatwić krążenie wody. Również powierzchnie obu ścian

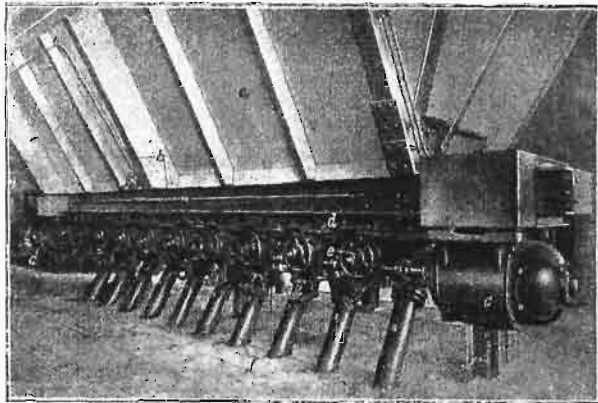
ko-



Rys. 16 i 17. Palnik do pyłu węglowego. a — wlot mieszanki pyłowej; b — płaszcz powietrzny.

bocznych i ściany tylnej komory są wyłożone rurkami kotłowymi. Obieg wody w tym układzie rur

jest widoczny z rysunku. Takie otoczenie paleniska systemem rur wodnych zwiększa powierzchnię ogrzewaną kotła, zmniejsza straty na promieniowanie i chroni obmurze od szkodliwego działania wysokich temperatur. Niewątpliwie, rurki omawianego układu są narażone na szybkie zużycie, lecz wielka przestrzeń paleniska umożliwia wygodny dostęp do rurek i pozwala na łatwą ich wymianę.



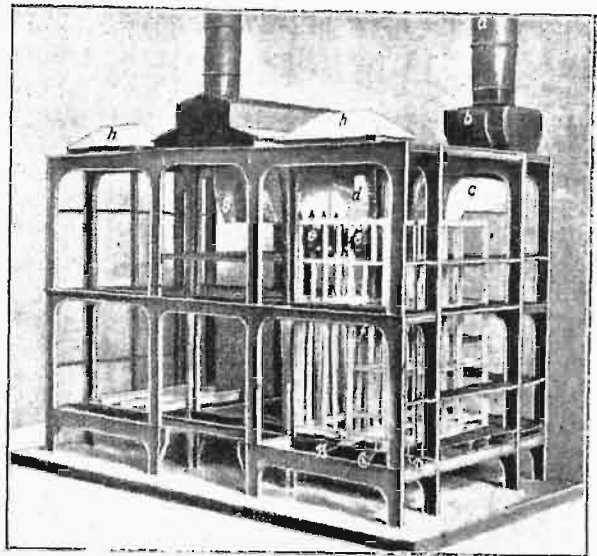
Rys. 18. Dosiłacz pyłu.

a — zbiornik pyłu w kotłowni; b — przewody do usuwania stłoczenia pyłu; c — silnik; d — zasowy odcinające dopływ pyłu; e — sprzęgła włączające poszczególne palniki; f — przewody do poszczególnych palników.

Wszystkie walczaki nie mają żadnych połączeń nitowych. Górne są odkute i rozwalcowane z jednego bloku. Zbiorniki pary i walczaki dolne są spawane wzdłuż, zaś denka jednych i drugich są „zaciągane”. Aby ułatwić rozszerzanie się kotła, nie spoczywa on na obmurzu, lecz jest zawieszony. Taśmy stalowe, na których wisi kocioł, owijają walczaki na  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{1}{5}$  ich długości, aby naprężenia gnące walczaka wypadły możliwie małe. Zawieszenie taśmy na blachownicy dachowej jest wahlwe, aby zapewnić równomierne obciążenie obu ciągów. Walczaki górne są zabezpieczone od przepalenia wyprawą diatomitową.

Wytworzone w palenisku spaliny unoszą się ku górze, zmieniając kilka razy kierunek między opłomkami, następnie płyną dwoma kanałami z góry do dołu, opływając umieszczone tam ekonomizery i podgrzewacze powietrza, w końcu podążają jednym kanałem znowu do góry i opuszczają obmurowanie kotła, dostając się do blaszanego czopucha (patrz model na rys. 19). Czopuchy dwu sąsiednich kotłów łączą się w jedno ujście do wspólnego komina blaszanego, który tworzy jedną całość z umieszczoną na dachu kotłowni urządzeniem do wytwarzania sztucznego ciągu. Do wytwarzania sztucznego ciągu służą dwa wentylatory, zwrócone częściami ssącymi do wchodzącego między nie ujścia z czopucha. Wentylatory są napędzane silnikami elektrycznymi z dwu stron wału; każdy wentylator może być dowolnie włączany do pracy dla jednego lub drugiego kotła. Ciąg wytwarzany przez napęd jednym silnikiem wystarcza do wydajności kotła 70 — 75 t/h, przy napędzie dwoma silnikami — można podnieść wydajność kotła do 90 t/h. Przy opalaniu pyłem węglowym są porywane duże ilości popiołu, które znacznie hamują działanie ciągu. Ponieważ dotychczasowe aparaty do odpopielenia spalin przed wejściem do komina pozostawiają wiele do życzenia, przeto od-

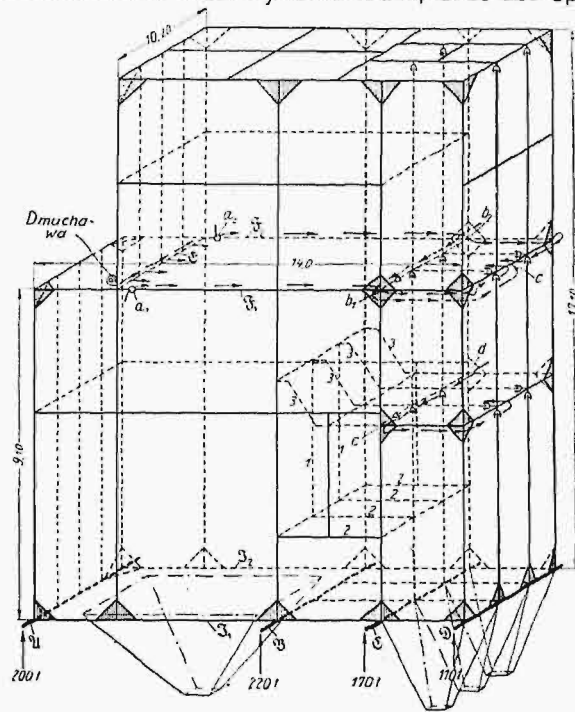
łożono ich zainstalowanie do czasu, kiedy zostaną ulepszone, a postawiono, pomimo istnienia sztucznego ciągu, wysokie kominy (70 m od ziemi).



Rys. 19. Model konstrukcji żelaznej kotłowni i szkieletu obmurza kotłowego.

a — komin; b — wentylator wyciągowy; c — czopuch; d — ciężna do zawieszania kotła; e — walczaki górne; f — walczek dolny; g — zbiornik pyłu; h — świetlik; B, C, D (gotyckie) — blachownice, na których spoczywa szkielet z obmurzem.

Obmurowanie kotła jest umieszczone na żelaznym szkielecie, przyczem obmurowany szkielet nie dźwiga walczków kotłowych, gdyż są one zawieszane na taśmach stalowych, umocowanych do blachownic dachowych kotłowni, oraz nie spo-



♠ Pion. wiązanie przegub. ← Poz wiązanie przegub  
 △ Usztywnienia węzła

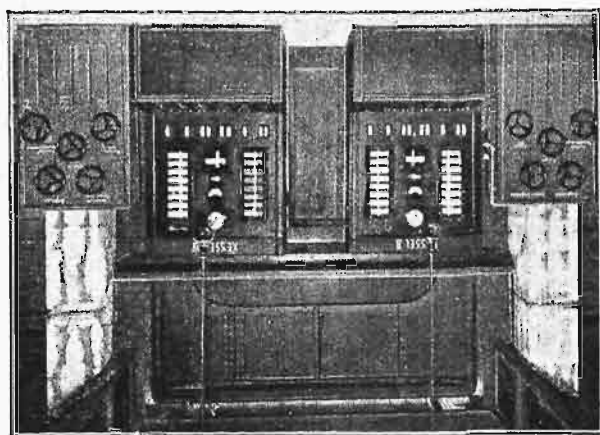
Rys. 20. Schemat żelazny szkieletu obmurza.

A, B, C, D, I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> (gotyckie) — rami podstawowe (ruszt); II — ściana tylna; 222 — dno; 333 — pokrycie komory z gorącym powietrzem; a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> — wlot powietrza chłodzącego do blachownic I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>; → → — droga powietrza chłodzącego; b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, c, d — wiązary; C (gotyckie) — blachownica, dźwigająca ścianę przednią kotła i sufit komory spaliniowej.

czywa na fundamentach, lecz na żelaznym ruszcie z dużych blachownic, stanowiących jednocześnie

belkowanie żelaznej konstrukcji budynku kotłowni. Komora paleniskowa i pozostałe obmurze kotła są tak uchwycone na żelaznym szkielecie, że stanowią odrębne części, mogące dzięki temu swobodnie rozszerzać się pod wpływem różnych temperatur, działających na nie. Rys. 20, przedstawiający schemat szkieletu obmurza kotłowego, wraz z rusztem na którym spoczywa, wskazuje, gdzie są zastosowane połączenia sztywne, a gdzie przegubowe. Hamowane wydłużenia cieplne mogą wywołać w poszczególnych belkach szkieletu duże naprężenia. W celu zabezpieczenia przed nadmiernymi naprężeniami, belki podlegające wyższym temperaturom są specjalnie chłodzone.

Np. dziesięciometrowej długości belka, dźwi-



Rys. 21. Tablice do obsługi i kontroli pracy dwu kotłów.

gająca nad komorą paleniskową czołową ścianę obmurza, wykonana jako blachownica o przekroju skrzynkowym, ma umieszczony na jednym z końców mały wentylator, tłoczący do jej wnętrza powietrze, które, przepływając wzdłuż belki, chłodzi ją, a następnie dostaje się do paleniska. Odprowadzanie powietrza z belki odbywa się w kilkunastu miejscach, aby stworzyć wewnątrz paleniska warstwę niższej temperatury w pobliżu belki. Ta chłodna stosunkowo warstwa ma chronić od przepalenia umocowane do belki liczne wsporniki żelazne, tworzące zaczepy dla wyprawy szamotowej, wiszącej nad paleniskiem. Również chłodzone są belki  $I_1$  i  $I_2$ ; belki te nie mają wentylatorów, natomiast przepływ powietrza przez ich wnętrza wywołuje ciąg kominowy.

Całkowita powierzchnia obmurza pokryta jest warstwą izolacyjną i osłonięta blachą. Odstęp między zaopatrzoną w świetlik dachem kotłowni a górną powierzchnią obmurza kotła wynosi 6,5 m, dzięki czemu kotłownia ma dosyć światła i powietrza.

Urządzenia pomocnicze kotła naogół wykonano tak, aby pozostawić możliwość przeprowadzania zmian, których potrzebę nasunąć może późniejsza praktyka. Np. ekonomizery zostały zainstalowane narazie tylko przy 2 kotłach, aby przez próby określić potrzebną ich wielkość, gdyż obliczenia firm, stawiających kotły, różniły się znacznie między sobą. Ekonomizer składa się z licznych skrzyń zbiorczych, połączonych rurkami stalowymi w kształcie litery „U”; rurki te grupują się w równoległych sekcjach i dają się łatwo wymieniać.

Podgrzewacze powietrza są obliczone z zapasem, aby móc osiągnąć przepisaną temperaturę 150° nawet wtedy, gdyby praktyka dowiodła, że temperatura wody w ekonomizerach ma być wyższa, niż początkowo przyjęta.

Również z zapasem obliczony przegrzewacz jest podzielony na szereg sekcji. Między sekcjami przednimi i tylnymi jest umieszczona zasuwka żelazna, służąca do regulacji temperatury.

Instalacja kotłowa jest wyposażona w liczne przyrządy do kontroli i kierowania ruchem. Przyrządy należące do jednego kotła są zgrupowane w jednej tablicy. Poszczególne tablice są umieszczone, podobnie jak kotły, parami naprzeciwko siebie, tak że jeden człowiek może dozorować i obsługiwać 4 kotły (patrz rys. 21). Każda tablica składa się z płyty, pulpitu i szafki. Na pulpicie są umieszczone wyłączniki wszystkich silników, napędzających urządzenia pomocnicze kotła. W środkowej części płyty umieszczone są wskaźniki przyrządów, mierzących: ciśnienie w kotle, rozchód pary i wody zasilającej oraz zawartość CO i CO<sub>2</sub> w spalinach. Lewa część płyty gromadzi wskaźniki ciśnienia, obrazujących działanie ciągu, prawa — wskaźniki wszelkich temperatur, a więc temperatury paleniska, podgrzewaczy powietrza, ekonomizerów, przegrzewaczy i t. p. Szafka mieści kółka do obsługi licznych klap dławiących, umieszczonych w kanałach spalinowych, w przewodach doprowadzających powietrze oraz w przewodach powietrza przeznaczonych do wdmuchiwanie pyłu węglowego. Ważniejsze wielkości pomiarowe, dotyczące produkcji pary, są pozatem rejestrowane na taśmach i mogą być dzięki odpowiednim przyrządom odczytywane w posterunku centralnym. W każdej kotłowni, oprócz wyżej opisanych tablic, jest umieszczona na ścianie, przylegającej do hali maszyn wielkich, główna tablica pomiarowa, na którą, podobnie jak na posterunku centralnym, są przesyłane ważniejsze wskazania przyrządów pomiarowych wszystkich 8-miu kotłów. Tablica główna daje sumaryczne zestawienie pomiarów z pracy poszczególnych kotłów, a prócz tego służy do sygnalizowania rozkazów z posterunku centralnego.

(dok. nast.).

## Nowe wydawnictwa<sup>\*)</sup>

**Aerodynamika.** Notatki z wykładów wygłoszonych w r. 1927 na wydz. mech. Politechniki Warszawskiej przez prof. Cz. Witoszyńskiego. Str. 235 ze 142 rys. Wyd. staraniem Inst. Aerodynamicznego z zapomogi Inst. Badań Techn. Lotnictwa, pod kier. inż. S. Neumarka, asyst. Politechniki. Warszawa, 1928.

**Mechanika teoretyczna.** Inż. Kaz. Bielski. Str. 286 ze 177 rys. Wyd. Instytutu Wydawn. Szkoły Morskiej w Tczewie. Tczew, 1928.

**National Physical Laboratory.** Raport for the year 1927. Str. 251 z 56 rys. Londyn, 1928.

**Mathematische Strömungslehre.** Dr. W. Müller. Str. 238 ze 137 rys. Wyd. J. Springer. Berlin, 1928.

**Taschenbuch, für Bauingenieure,** wyd. Dr. M. Foerster. T. I i II, wyd. 5-te. Str. 1115 + 1375, rys. 3238. Wyd. J. Springer. Berlin, 1928.

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

# W sprawie oceny materiału na podstawie prób mechanicznych.

Napisał M. T. Huber.

Do najważniejszych cech materiałów, stosowanych na części konstrukcyjne budowli, maszyn i innych wytworów techniki, należą własności mechaniczne. Do nich zaliczamy przede wszystkim trzy główne następujące:

1. Sprężystość, dającą się określić względnie mierzyć sprężystą sztywnością, albo sprężystą podatnością. Tę ostatnią określa wogóle stosunek przyrostu odkształcenia sprężystego do przyrostu odpowiadającego naprężenia, pierwszą zaś — stosunek odwrotny, np. moduł Young'a.

2. Plastyczność, t. j. zdolność do odkształceń trwałych, mierzoną zwykle granicą wyższą odkształcenia trwałego (plastycznego), jaką da się osiągnąć w pewnych warunkach. Rozpowszechnione również pojęcie kruchości, t. j. niezdolności do odkształceń trwałych, jest w analogicznym stosunku do „plastyczności”, jak „zimno” do „ciepła”. Ubytkowi plastyczności, odpowiada zwiększenie kruchości i nawzajem.

3. Wytrzymałość, t. j. zdolność materiału do zapewnienia trwałej równowagi sił wewnętrznych (napieć) z siłami zewnętrznymi (obciążeniami) przy pewnych granicach wartości tychże sił, właściwych danemu materiałowi. (W potocznej mowie praktyki technicznej, określa się mniej ściśle wytrzymałość, jako zdolność do stawiania oporu obciążeniom).

Własność sprężystości posiadają bez wyjątku wszystkie ciała stałe, (w temperaturze odpowiedniej ich stanowi skupienia) dlatego własnością tą zwykle interesuje się mniej inżynier przy ocenie technicznej wartości materiału. Nadto moduł sprężystości pewnych rodzajów materiału, np. stali, zmienia się zgoła nieznacznie przy bardzo wielkich nawet różnicach liczb, określających plastyczność i wytrzymałość. Przy ocenie wartości materiału zwraca się przeto uwagę przede wszystkim na jego wytrzymałość i plastyczność (wzgl. kruchość), a ponieważ nader cenną własność wysokiej wytrzymałości metali okupuje się z reguły obniżeniem także pożądanego stopnia plastyczności, więc nic dziwnego, że w warunkach dostawy dąży się do zapewnienia obu własności w mierze należytej.

Pewien niezbyt niski stopień plastyczności jest cennym z dwu powodów:

1<sup>o</sup>) Przy dostatecznej plastyczności, miejscowe przeciążenie materiału (jakie występuje np. w bezpośrednim otoczeniu małych otworów, karbów i t. p.), nie obniża bezpieczeństwa danej części konstrukcyjnej, o ile jej obciążenie jest stałe lub ulega nieznacznym zmianom.

2<sup>o</sup>) Dostateczna plastyczność zwiększa z reguły odporność na uderzenia.

Do stwierdzenia powyższych własności materiału służy w pracowniach technicznych oddawna przede wszystkim doraźna próba rozrywania lub rozciągania, zbyt dobrze znana, ażeby było potrzeba opisywać ją tutaj.

Stosowana do tej próby nazwa: „próba sta-

tyczna”, budzi zastrzeżenia natury dydaktycznej, gdyż proces rozrywania pręta próbnego siłami działającymi na jego głowy, za pośrednictwem uchwytów, nie odbywa się całkiem bez przyspieszeń, nie jest więc — biorąc ściśle — zjawiskiem statycznym

Doraźna próba rozrywania obciążeniem rosnącym od zera do wartości końcowej  $P_w$  pozwala w najprostszy sposób znaleźć następujące wielkości charakterystyczne dla badanego materiału:

1<sup>o</sup>) Granicę plastyczności (zwaną także granicą płynności lub ciastowości), t. zn. tę wartość  $Q$  naprężenia rozciągającego<sup>1)</sup>, przy której odkształcenia plastyczne nagle rosną szybko przy niezmiennym obciążeniu, a nawet przy pewnym obniżeniu jego wielkości. Zauważyć trzeba, że nie każdy materiał posiada wyraźną granicę plastyczności. Niepodobna np. dostrzec jej w twardej stali zlewnej, stali sprężystej i żeliwie. Natomiast występuje ona wyraźnie u żelaza zgrzewanego, zlewego, miękkiej stali zlewnej, odlewu stalowego, miedzi kutej i t. d.

2<sup>o</sup>) Doraźną wytrzymałość na rozciąganie, t. zn. największą wartość  $R$  naprężenia, jaka zachodziła podczas doświadczenia, mierzona ilorazem siły obciążającej  $P_w$  przez pole przekroju pierwotnego  $F$ .

3<sup>o</sup>) Wydłużenie trwałe przy rozerwaniu  $A$ , mierzone w odsetkach pierwotnej pomiarowej długości pręta próbnego.

4<sup>o</sup>) Skurczenie trwałe przekroju w „szyjce”  $C$ , mierzone również w odsetkach pierwotnego pola przekroju.

Z pośród powyższych czterech wielkości, charakteryzujących praktycznie ważne własności mechaniczne materiału, odnoszą się napozór trzy, t. j. pierwsza, trzecia i czwarta, do plastyczności, a tylko jedna, t. j. druga, do wytrzymałości. Atoli, po głębszem wniknięciu w sprawę, dochodzimy do przekonania, że granica plastyczności jest również cechą wytrzymałościową. Ten pogląd, dawno już wygłaszany przez badaczy-teoretyków, zyskuje coraz więcej zwolenników wśród praktyków, co prawda pod naciskiem innych faktów doświadczalnych, jak np. znaczenia granicy plastyczności przy t. zw. wytrzymałości „na wyboczenie” prętów podłużnie ściskanych o smukłości mniejszej od smukłości granicznej.

Granica plastyczności, obserwowana przy doraźnej próbie rozrywania materiału, nie narażonego przedtem na żadne uwagi godne obciążenia w stanie pierwotnym, stanowi niejako pierwotną wytrzymałość tego materiału. Doniosłość praktyczna tej wartości jest powszechnie znana. Obok wspomnianej już wytrzymałości na osiowe ściskanie długich prętów, wymienię nadto wytrzymałość belek żelbetowych, która jest za-

<sup>1)</sup> Stosuję tutaj rozmyślnie oznaczenia używane w pracy prof. Feszczenko-Czopińskiego: Stosunek  $B:R$  jako prawdopodobna miara dobroci stali. P. T. 66 (1928), str. 69 — 72, ażeby ułatwić Sz. Czytelnikom zorientowanie się w różnicach poglądów metalurga i mechanika na pewne kwestje wytrzymałościowe.

leżna przede wszystkim od granicy plastyczności prętów uzbrojenia.

Wszelako duże odkształcenia, pojawiające się po osiągnięciu przez naprężenie wartości  $Q$ , nie prowadzą z reguły do zerwania, dzięki rozpowszechnionemu u metali plastycznych tajemniczemu zjawisku wzmocnienia, czyli twardnienia (die Verfestigung, écrouissage).

Przebieg tego odkształcenia przypomina bowiem rozplątanie się kropli roztopionego wosku na chłodnej płycie, które kończy się rychło wskutek jego krzepnięcia.

I tutaj „płynący” metal wkrótce „krzepnie”, tężeje i zmusza do zwiększenia obciążenia nieraz dość znacznego, dla wywołania dalszych odkształceń, które w końcu prowadzą do rozerwania pręta.

Teraz mamy do czynienia z „wórną wytrzymałością” naszego materiału. Ona to dawniej wyłącznie interesowała inżyniera, według niej oceniał stopień pewności swoich konstrukcyj. Nie odmawiając tej wielkości pewnego znaczenia praktycznego, zdajemy sobie dzisiaj dobrze sprawę z tego, że właściwie ważniejszą jest wytrzymałość pierwotna, czyli granica plastyczności. Stosunek tej granicy do obranego naprężenia bezpiecznego daje bowiem, w przeważającej liczbie wypadków, znacznie dokładniejszą porównawczą miarę pewności, aniżeli stosunek wytrzymałości doraźnej do tegoż naprężenia. Przytem jest rzeczą jasną, że liczby, określające pewność w stosunku do granicy plastyczności, będą znacznie mniejsze od liczb, odniesionych do granicy wytrzymałości.

Doniosłość granicy plastyczności polega nadto na fakcie oddawna zaobserwowanym, że wytrzymałość trwała, t. j. krańcowe obciążenie, jakie znosi pręt przy bardzo wielkiej (praktycznie nieskończonej) liczbie okresowych zmian obciążenia, różni się bez porównania mniej od granicy plastyczności, aniżeli od wytrzymałości doraźnej.

Zajmując stanowisko fenomenologiczne, czyli nie wdając się w różne próby wytłumaczenia powyższych faktów doświadczalnych, zaznaczę tylko, że badanie wytrzymałości trwałej zowią często w nowszej literaturze technicznej „próbami na znużenie lub zmęczenie”, co dało powód do nieporozumień. Wyrazem bowiem „fatigue” oznaczają Francuzi i Anglicy nietylko niemieckie „Ermüdung”, a nasze znużenie lub zmęczenie, lecz także pojęcie tego, co Niemcy nazywają oddawna: „die Anstrengung”, t. j. wielkości mierzącej w każdym, nawet najogólniejszym, przypadku stanu napięcia, niebezpieczeństwo osiągnięcia granicy plastyczności, wzgl. wytrzymałości. W naszym języku, odpowiada temu pojęciu wysiłek lub wyteżenie materiału (a nie „zmęczenie”).

Nazwa „wyteżenie”, pojawiła się zresztą w naszej literaturze już przed dwoma dziesiątkami lat.

Dla lepszego objaśnienia pojęcia „wyteżenia”, niechaj posłuży przykład następujący.

Z próby rozrywania znaleziono granicę plastyczności pewnego żelaza  $Q = 2000 \text{ kg/cm}^2$ . Zachodzi pytanie, jaką wartość ma granica plastyczności tego samego materiału przy prostym „ścinaaniu” lub „skręcaniu”. Otóż, według najlepiej odpowiadającej współczesnym badaniom doświadczalnym hipotezy wytrzymałościowej dla metali

plastycznych, należy wyteżenie mierzyć właściwą pracą odkształcenia postaciowego.

Jej wielkość określa wyrażenie ogólne:

$$\Lambda_f = \frac{m+1}{6mE} \cdot [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)].$$

Przy prostym rozciąganiu jest

$$\sigma_x = \sigma, \text{ zaś } \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx} = 0;$$

a więc

$$\Lambda_f = \frac{m+1}{3mE} \sigma^2.$$

Przy prostym ścinaniu będzie

$$\tau_{xy} = \tau; \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{yz}, \tau_{zx} = 0,$$

czyli

$$\Lambda_f = \frac{m+1}{3mE} \cdot 3\tau^2.$$

A zatem wyteżenia w obu wypadkach mają się do siebie, jak  $\sigma^2$  do  $3\tau^2$ . Wyteżenia materiału będą w obu wypadkach równe, jeżeli:

$$\sigma^2 = 3\tau^2, \text{ albo } \tau = 0,58 \sigma.$$

Znaczy to, że przy skręcaniu osiągnie nasz materiał granicę plastyczności przy  $\tau = 0,58 \cdot 2000 = 1160 \text{ kg/cm}^2$ . Rzecz jasna, że wyteżenie można także mierzyć w każdym poszczególnym rodzaju stanu napięcia wielkością naprężenia spowodowanego, t. j. takiego, które prowadzi w przypadku prostego rozciągania do tej samej wartości wyteżenia, co rozpatrywany stan napięcia. W naszym przykładzie jest

$$\sigma_{red} = \sqrt{3} \cdot \tau = 1,73 \tau.$$

Wracając do „prób na znużenie lub zmęczenie”, zwrócę uwagę na prawdopodobne pochodzenie tej nazwy, trącej antropomorfizmem. Kiedy doświadczenia Fairbairn'a (1864) i Wöhler'a (1870) wykazały, że przy okresowo zmiennym obciążeniu obniża się znacznie granica niebezpieczna w porównaniu do tejże granicy przy próbie doraźnej, to ujrano w tem analogię z zachowaniem się żywego organizmu. Rozumowano mniej więcej tak: „Siły robotnika wyczerpują się, jego organizm nuży się wskutek jednorazowego wielkiego wysiłku, albo też z powodu wielokrotnych wysiłków mniejszych; podobnie wyczerpuje się wytrzymałość materiału przy próbie doraźnej pod wielkim obciążeniem, albo przy znacznie mniejszym obciążeniu, powtarzanem dostatecznie często. Materiał przeto podlega zmęczeniu, podobnie jak żywy organizm, i traci, jak tenże, zdolność do stawiania oporu siłom zewnętrznym.”

Nieco głębiej sięgały rozumowania tego rodzaju: „Zjawisko histerezy sprężystej dowodzi, że przy każdym cyklu obciążenia zmiennego zachodzi pewna, chociażby drobna strata energii, doprowadzonej przez maszynę, służącą do prób. Ta strata przyczynia się do stopniowego rozluźnienia spójności cząstek, tak, że po dostatecznej liczbie cyklów musi zajść pęknięcie.”

Tutaj analogja stopniowego rozluźniania spójności przez każdą nową porcję energii, z wyczerpywaniem energii organizmu, jest nieco wyraźniejsza; należy jednak pamiętać i o wybitnych różnicach. Przede wszystkim materiał taki, jak np. żelazo walcowane, „pracujące” przez kilkadziesiąt lat pod zmiennym obciążeniem, nie zdradza, jak poucza doświadczenie, żadnych objawów znużenia,

lub starzenia się, o ile naprężenia nie przekraczają norm zwykle przyjmowanych w konstrukcjach, a zmiany naprężeń nie są bardzo częste. Nowoczesne badania doświadczalne, zwłaszcza amerykańskie, zniewalają do przyjęcia, że pewne materiały znoszą określone wartości naprężeń przemiennych w nieograniczonej liczbie i przez czas nieograniczony (byleby oczywiście były zabezpieczone od działań chemicznych i zbyt dużych zmian temperatury). Materiały takie różnią się przeto zasadniczo od organizmów żywych tem, że pracują niejako bez zmęczenia. Kto chce mimo to dopatrzeć się analogii, to powie, że przy niezbyt częstych zmianach obciążenia materiał ma czas do wypoczynku, ale będzie to już tłumaczenie nieco naciągnięte.

Wielkości  $Q$ ,  $R$ ,  $A$  i  $C$ , mierzone przy doraźnej próbie rozrywania, nie określają jeszcze wszystkich głównych własności mechanicznych materiału, jakie decydują o jego użyteczności technicznej. Do tych własności należy jeszcze, obok wspomnianej już powyżej wytrzymałości trwałej, jeszcze twardość i odporność na uderzenia.

Doświadczalne wyznaczenie wytrzymałości trwałej zapomocą t. zw. „prób na zmęczenie” nie wyszło jeszcze z fazy studjów, w stosunkowo nielicznych zasobnych pracowniach. Każda z nich stosuje inne metody i maszyny, mniej lub więcej kosztowne i dalekie od znormalizowania. Natomiast próby twardości metodą Brinell'a i próby udarowe młotem Charpy'ego są bardzo rozpowszechnione i wszędzie stosowane do badania materiałów, od których wymagamy pewnego stopnia twardości i odporności na uderzenie.

Co się tyczy twardości  $B$ , to właśnie ta jest w najbliższem pokrewieństwie z wytrzymałością doraźną. Twardość bowiem jest pewnym rodzajem wytrzymałości, a teoria twardości, której punkt wyjścia stanowią prace H. Hertz'a i Auerbach'a, prowadzi wprost do związku  $R : B = \text{stałej}$ , potwierdzonego z pewnem przybliżeniem przez duży materiał doświadczalny licznych badaczy. Ze przybliżenie to nie jest dla niektórych metalurgów zadawalające, gdyż stosunek  $R : B$  objawia dość duże zboczenia od wartości średniej — tłumaczy się przekonywająco wpływem czasu, zazwyczaj mało uwzględnianym w laboratorjach, a niewątpliwie nader silnym. Wszak wiadomo, że otrzymuje się znaczne różnice wartości  $B$  dla tego samego materiału, zależnie od dłuższego lub krótszego trwania nacisku kulki i od szybkości wzrostu tego nacisku. Podobny wpływ ma czas i szybkość wykonania doświadczenia na wartości  $R$  przy doraźnej próbie rozrywania. Jeżeli przeto stosunki czasowe badania  $B$  i  $R$  nie odpowiadają sobie dokładnie, to niepodobna otrzymać dokładnie przewidywanej wartości stosunku  $B$  do  $R$ .

Badanie twardości zapomocą próby Brinell'a zastępuje więc (u metali) badanie doraźnej wytrzymałości na rozciąganie, i odwrotnie.

Napozór mogłoby się wydawać, że próba udarowa nie daje nic nowego, czego by nie można otrzymać z doraźnej próby rozrywania przy pomiarze granicy plastyczności, wytrzymałości i całkowitego wydłużenia trwałego. Ale bynajmniej tak nie jest, i to znowu dzięki potężnemu wpływowi czasu.

Doświadczenie wytrzymałościowe, odbywające się w ciągu drobnego ułamka sekundy, daje wyniki różniące się znacznie od otrzymanych z doświad-

czeń długotrwałych. Próba udarowa określa zatem odrębną własność materiału o wielkiej technicznej doniosłości, jakkolwiek elementami odporności na uderzenie są niewątpliwie sprężystość, plastyczność i wytrzymałość.

Wszelkie stwierdzone zapomocą prób mechanicznych własności materiału podlegają, jak wiadomo, zmianie ilościowej przez t. zw. obróbkę termiczną. Interesujące odnośnie daty doświadczalne, zawiera np. wspomniana powyżej praca prof. Feszczenko-Czopiewskiego. Z liczb zestawionych w tablicach odczyta każdy, że wyżarzanie z reguły obniża nieco granicę plastyczności  $Q$  i wytrzymałość doraźną  $R$ , zaś podwyższa wydłużenie trwałe  $A$  i odporność na uderzenie  $U$ . Natomiast ulepszenie termiczne podwyższa  $Q$ ,  $R$  i  $U$ , obniżając jednocześnie  $A$ . Szczególnie ważnym jest wpływ na  $U$  w niskich temperaturach (od  $0^\circ$  do  $-15^\circ$ ). Termiczne ulepszenie zwiększa  $U$  w stosunku do wartości w stanie surowym kilkakrotnie (6 do 9 razy). Atoli materiał doświadczalny wymienionej pracy został przez Sz. Autora użytkowany także do pewnego wniosku, który, aczkolwiek sformułowany z ostrożnością sumiennego badacza, budzi poważne wątpliwości i zastrzeżenia. Zanim je wypowiem, muszę przypomnieć, że normy dla odbioru żelaza technicznego ograniczają często nie tylko wartość  $A$  i  $B$ , lecz także wartość sumy  $R + 2A$  (lub  $R + 6A$ ). Jest rzeczą jasną, że suma ta nie ma żadnego naukowego sensu i dlatego postarałem się wspólnie z prof. Broniewskim o wyrugowanie jej z nowych przepisów dla odbioru szyn, opracowywanych w Ministerstwie Komunikacji. Pozwolę sobie tutaj przytoczyć odnośne słowa memorjału, jaki napisałem jeszcze w r. 1925 dla „Komisji szyn i złączek” w Komitecie Normalizacyjnym Ministerstwa Przemysłu i Handlu.

„Przepis ograniczający wartość sumy  $R + 2A$  jest jednym z tych pomysłów lekceważących względy naukowe, jakie popełniają empirycy w usprawiedliwionem zresztą dążeniu do prostoty rachunku. Ponieważ przez procesy termiczne jedna i ta sama stal może osiągnąć większą wytrzymałość kosztem drugiej cennej własności, jaką jest plastyczność, przeto żąda się słusznie, aby zwiększenie  $R$  nie było okupione zbyt dużym uszczerbkiem  $A$ . Sformułowanie tego warunku w postaci  $R + 2A = \text{stałej}$  jest jednakże zupełnie błędne, bo przy dostatecznie wielkiem  $R$ , wypadłoby  $A = 0$ , co jest oczywiście niedopuszczalne dla materiału, mogącego wytrzymać uderzenia. Jedynie racjonalną formułą o najprostszej postaci, wyrażającą warunek powyższy, jest  $RA = \text{stałej}$ , albowiem iloczyn  $RA$  ma jasno określone znaczenie mechaniczne pracy odniesionej do jednostki objętości materiału. Wielkość  $RA$  jest przytem z dostatecznym przybliżeniem proporcjonalna względem pola wykresu naprężeń i wydłużeń otrzymywanego przy doraźnej próbie rozrywania.”

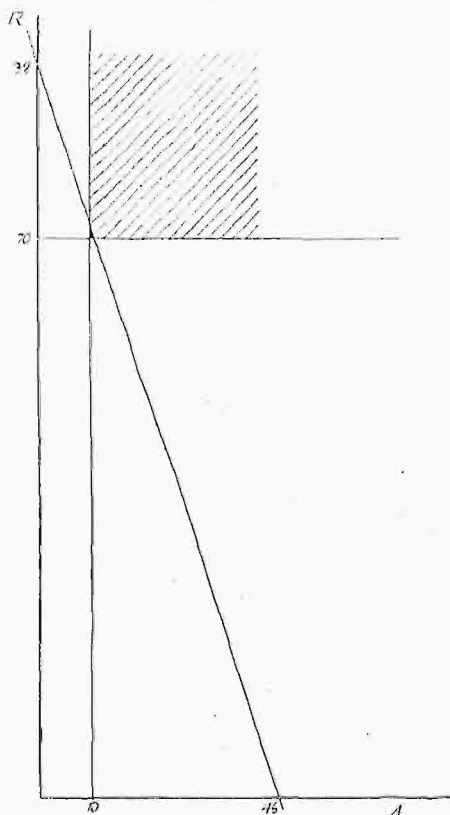
W bieżącym zaś roku, dla zademonstrowania członkom Komisji, wyłonionej z Rady Technicznej przy Ministrze Komunikacji, że pomieszczenie warunku

$$R + 2A \geq 92 \text{ obok } R \geq 70 \text{ kg/mm}^2 \text{ i } A \geq 10\%$$

nie ma także i wartości praktycznej, sporządziłem wykres (rys. 1). Na wykresie tym widać, że w zakresowanym polu leżą punkty  $(A, R)$ , spełniające

warunki  $R \geq 70$  i  $A \geq 10$ , a warunek  $R + 2A \leq 92$  wyklucza z nich tylko zaczerpnięte pole małego trójkąta, odciętego prostą  $R + 2A = 92$ .

To też z wielkim zadowoleniem przeczytałem stanowcze wystąpienie prof. Feszczenko - Czopi-



Rys. 1.

skiego przeciwko stosowaniu liczby  $R + 2A$  do oceny materiału, jakkolwiek nie mogę się dopatrzeć korzyści z proponowanej jednocześnie „miary dobroci stali” w postaci ilorazu  $B : Q$ , pomijając już niejasne znaczenie tej nazwy. Zważywszy bowiem

na proporcjonalność  $B : R$ , widzimy, że wielkość  $B : Q$  jest równoważna z wartością zaproponowanej w swoim czasie przez *Martensa* (i słusznie pogrzebanej w pyłe zapomnienia) miary „zwięzłości” (*Zähigkeit*)  $R : Q$ . Otóż pojęcie zwięzłości jest właściwie praktyczną kombinacją w umysłach inżynierów (zwłaszcza niemieckich) plastyczności z wytrzymałością. Materiał jest w owym pojęciu tem zwięźlejszy, im większy opór stawia odkształceniom trwałym i im bardziej jest zdolny do tych odkształceń, czyli krótko: im większe jest  $R$  i  $A$  (lub  $C$ ), albo im większą może być praca trwałego odkształcenia materiału, odniesiona do jednostki jego objętości. To ostatnie określenie podnosił już *L. Tetmajer*, niestety bez należytego uznania.

Pozatem techniczna wartość danego materiału nie da się określić wogóle jakakolwiek kombinacją liczb, mierzących jego różne własności mechaniczne, albowiem taka wartość jest względna i zależy w wysokim stopniu od celu tegoż materiału. Raz będzie cenniejszą dla inżyniera wytrzymałość lub twardość, przy mniejszem znaczeniu plastyczności, drugi raz żądać będzie wysokiej plastyczności, pozostawiając na boku twardość; to znowu uzna za równie cenne obie własności i będzie oceniać wartość materiału według iloczynu  $AR$  i t. d.

Jest zatem a priori nieprawdopodobnem, ażeby jakakolwiek inna kombinacja arytmetyczna liczb cechujących poszczególne główne własności mechaniczne nadawała się jako ogólna miara wartości, czy dobroci materiału<sup>\*)</sup>. Z liczb zaś znalezionych z prób powyżej wymienionych, potrafi każdy inżynier, znający się na rzeczy, ocenić tę wartość należyście.

Zastrzeżeniami powyższymi nie kwestjonuję bynajmniej wartości poważnego materiału doświadczalnego jakiego dostarcza, wymieniona praca prof. Feszczenko-Czopińskiego, świadcząca chlubnie o kierowanej przez Niego pracowni techniczno-naukowej. Ten cenny materiał i szereg innych wniosków zjedna mu uznanie polskiego świata technicznego.

## Przerwanie przegród dolin.

Napisał Dr. Inż. A. Rożański, Profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego.

W ostatnich miesiącach zdarzyły się 2 wielkie katastrofy przerwania przegród dolin, a to 26 listopada 1927 r. na rzece Habra w Algerji, a 13 marca r. b. na rzece San-Fracisquito w Kalifornji, opisana w Nr. 13 „Nowin Technicznych” z dn. 2-go maja r. b.

Przerwanie przegrrody na rzece Habra jest tem smutniejsze, że stało się już po raz trzeci.<sup>1)</sup> W latach 1869—1871 wybudowano na rzece Habra, uchodzącej do Morza Śródziemnego, kilka km poniżej miasta Perrégaux, przegrodę murowaną 33,60 m wysokości, o długości 316,60 m, nie licząc przelewu 125 m długości i 1,60 m wysokości, oraz małego muru dług. 30 m na brzegu prawym, biegnącego w górę rzeki. Zlewnia mierzy 8000 km<sup>2</sup> (rys. 1). Powódź w r. 1872 przerwała przegrodę, przyczem przelewem przeszła fala 2 m wysokości.

<sup>1)</sup> A. C. La rupture de barrage de l'Habra, près de Perrégaux. Le Génie Civil, Nr. 11 z 17.III. i Nr. 12 z 24.III. 1928.

Dolina była wówczas słabo zamieszкана, szkody więc były niewielkie. Przegrodę odbudowano, pozostawiając jednak te same wymiary przelewu.

<sup>\*)</sup> A już zgoła trudno sobie wyobrazić jakiegokolwiek znaczenie proponowanej przez innego autora t. zw. „miary zmęczenia” w postaci ilorazu  $C : A$ . Jakąż bowiem własność materiału może określać stosunek dwu liczb, charakteryzujących w nieco różny sposób jego plastyczność? Wartość tego pomysłu scharakteryzowałem dobitnie w Czasop. Techn. z marca 1926 r., co muszę przypomnieć Sz. Czytelnikom wobec niedawnej próby obrony „miary zmęczenia”. Jeżeli z niską wartością ilorazu  $C : A$  idzie rzekomo w parze mała odporność na uderzenie  $U$ , to należałoby na bardzo obfitym materiale doświadczalnym wykazać korelację liczb  $C/A$  z liczbami  $U$ . Dopóki tego nie uczyniono, niepodobna przypisywać pojęciu  $C : A$  jako „mierze zmęczenia” jakiegokolwiek wartości naukowej lub praktycznej. Wszak znaczenie i potrzebę próby udarowej uzasadnia się, jak powszechnie wiadomo, tem, że określa ona ważną własność materiału, która nie wychodzi na jaw przy doraźnej próbie rozerwania. Z tego by wynikało, że niema widoków na znalezienie ściślej korelacji wartości  $U$  z wartościami  $A$  lub  $C$ , a więc także i ze stosunkiem  $C : A$ .



Wr. 1881 przeszło wezbranie rzeki, szacowane co najmniej na  $800 \text{ m}^3/\text{sek}$ , i przerwało przegrodę, przyczem uległo zniszczeniu miasto Perrégaux, a 400 osób znalazło śmierć. Komisja, badająca powody katastrofy, uznała jako główną jej przyczynę — nie-

1,3 wskutek zabrania przez nią mulu ze zbiornika.

Dało się ustalić, że przegroda pękła w tem miejscu, gdzie mur stary stykał się z nowym murem. Nie zauważono w murze próżni licznych i poważnych, któreby wskazywały na nieodpowiednie wykonanie muru.

Próbki zaprawy wziętej z muru przegrody kruszyły się pod palcami na proch. Chlorki i siarczany miejscowych wód mogły się przyczynić do tej zmiany zaprawy.

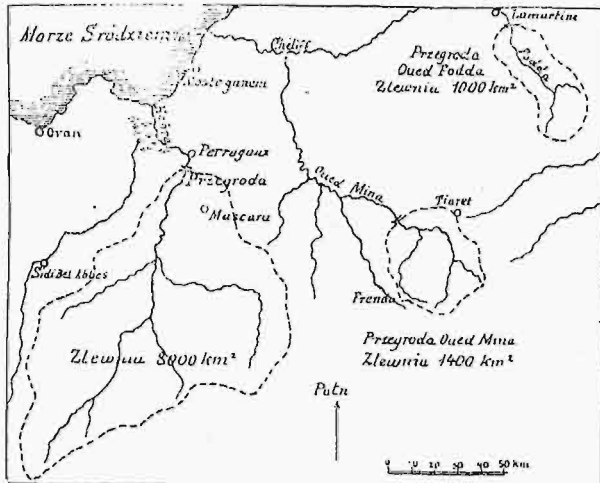
Komisja obliczyła, że przy spiętrzeniu  $35,85 \text{ m}$ , ciężarze właściwym muru  $2,090$ , bez uwzględnienia redukcji z powodu wysuszenia, i przy ciężarze właściwym mętnej wody tylko  $1,2$ , rozciąganie w górnym murze wynosiło więcej, niż  $1 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , czego zaprawa nie mogła wytrzymać.

Przekrój, nadany przegrodzie przy odbudowie w r. 1883 nie dawał dostatecznego bezpieczeństwa, a infiltracja zubożyła w przeciągu 45 lat zaprawę i zmniejszyła wytrzymałość muru. Nadto wylew był trzykrotnie większy, niż liczo, i był poprzedzony silną posuchą, która spowodowała nadzwyczajne spiętrzenie wody zamąconej gliną.

Katastrofa opisana wywołała oczywiście żywą dyskusję w technicznym świecie naukowym francuskim.

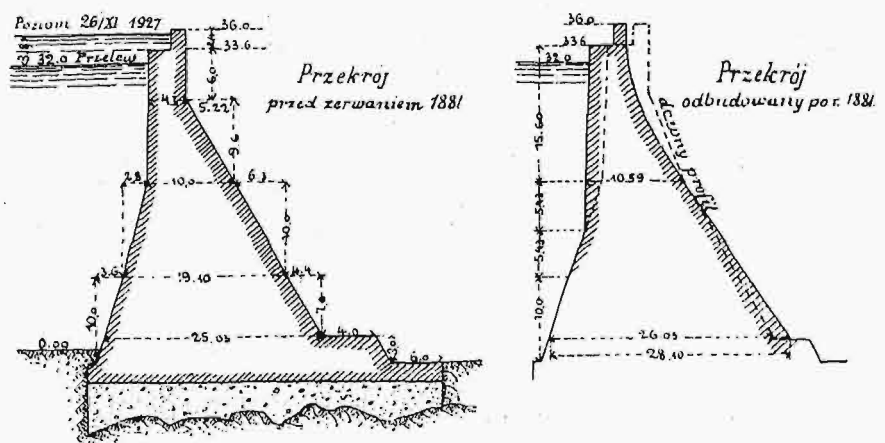
Zarzucono administracji mostów i dróg, że nie obniżono, ani nie przedłużono przelewu przy odbudowie przegrody w r. 1883, że nie wymieniono wtedy murów dawnych, które nie były bez zarzutu co do jakości, na co zwrócił uwagę insp. gen. Pochet w r. 1895.

Sprawozdawca czasop. Le Génie Civil jest zdania, że należy stosować w przegrodach mury łamane, zalecane przez inż. Mesnagera i Veyriera, a mianowicie o kombinacji przegrody sklepionej, o koronie stanowiącej przelew, z przegrodą, podzieloną na więcej murów, o coraz mniejszej wysokości, przez co powstaje szereg małych zbior-



Rys. 1. Zlewnia rzeki Habra (Algier).

dostateczność fundacji na prawym brzegu. Administracja mostów i dróg odbudowała przegrodę, przedłużając mur główny na brzegu prawym i wzmacniając nieco przekrój w części zrekonstruowanej (rys. 2). Przegrodę oddano do użytku w r. 1885. W r. 1900, podczas wezbrania podobnego do powodzi w r. 1881, wzniosła się woda do  $3,22 \text{ m}$  ponad próg przelewu, bez widocznych złych skutków. W listopadzie roku ub. okres deszczowy był bardzo gwałtowny; opady były tak wielkie, jakich nie było od czasu okupacji Algierji; w dniach 24—26 listopada wynosiły opady w pobliżu przegrody  $19 \text{ cm}$ , w Mascara  $22,6 \text{ cm}$ , a w innych miejscowościach dorzecza  $11-12 \text{ cm}$ . Dn. 25 listopada o godz. 13 zbiornik był napełniony do wysokości  $8 \text{ m}$ , w ciągu nocy woda dosięgnęła progu przelewu ( $32,00 \text{ m}$ ), 26 listopada o godz. 11 min. 20 zwierciadło wody było na wysokości  $35,85 \text{ m}$  i przegroda pękła. Przepływ średni wynosił  $1000 \text{ m}^3/\text{sek}$ , a maksymalny — w chwili pęknięcia przegrody — prawdopodobnie  $2300 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Przegrodę odbudowano w latach 1883—1885 i odtąd nie było widać na niej żadnych śladów naprężeń anormalnych. W ostatnim czasie odkryto ścianę dolną, gdyż wykazywała wapno wypłukane z zaprawy. Zarząd zaczął wtłaczać w mur cement i wyprawiać ponownie ścianę górną, aby wstrzymać infiltrację. Ilości cementu, zużyte w tym celu, były tak małe, że mczna było uważać, iż wewnątrz muru nie ma ani pęknięć, ani jam. Komisja, badająca katastrofę, podaje 2 przyczyny, które głównie działały niekorzystnie na stałość przegrody: jedna — to mniejszy ciężar muru z piaskowca porowatego, który wysechł w czasie wyjątkowo gorącego lata 1927 r., a druga — to zwiększenie ciężaru wł. wody do około



Rys. 2. Ustroje przegrody przed drugim zerwaniem i po ówczesnej odbudowie.

ników, do których woda powodziowa może spadać bez szkody.

Poruszono kwestję, czy zasady obliczeń wymiarów murów przegród stosowanych we Francji są bez zarzutu. Z dyskusji, jaką przeprowadzili inżynierowie Baticle, Pigeaud, A. Mesnager i Jakób Mesnager, wynika, że przekroje przegród ob-

liczone według francuskiej zasady Maurycego Lévy'ego są wystarczające<sup>2)</sup>.

Pigeaud przyjmuje, że ciśnienie najmniejsze  $C$  na ścianę górną, z uwzględnieniem wyporu wody  $p$ , ma wartość  $C - \frac{4}{3}p$ , a dla zwiększenia pewności można przyjąć  $C - p = C - \rho_2 p'$ , gdzie  $\rho_2 =$  objętości porowatości w murze na jednostkę powierzchni, zaś  $p' =$  ciśnienie piezometryczne. W pewnych wypadkach może  $\rho_2$  stać się prawie równe 1 i wtedy  $C - p = C - p'$ . W przekrojach typu Lévy'ego  $C - p' = 0$ , w przekrojach „ultra-Lévy”  $C > p'$ , w przekrojach „infra-Lévy”  $C < p'$ .

Zdaniem inż. Pigeaud, przegrody typu Lévy'ego i supra Lévy'ego są niezaprzeczenie lepsze niż inne, i dają pełną gwarancję. Ale byłoby przesadą twierdzić, że przegrody o przekroju infra-Lévy'ego są niebezpieczne, są bowiem środki techniczne, zapobiegające tworzeniu się szczelin, jak pokrycie M. Lévy'ego, dreny pionowe w sąsiedztwie ściany górnej, zwiększenie nieprzepuszczalności tej ściany przez wyprawę, przez bogate dozowanie, blachę zalecaną przez inż. Rabut'a, przez drenowanie dolnej części i t. p.

Odmienne od powyższych, lecz niezmiernie ważne wnioski wypowiada A. Mesnager, opierając się na wywodach Rabut'a i Baticle'a.

Zdaniem jego, dla przegrody trójkątnej o pionowej ścianie górnej, w której woda dostaje się do górnych  $\frac{2}{3}$  części przekroju poziomego, należy przyjmować

$$\frac{b}{h} = \frac{\sqrt{\delta}}{\sqrt{\Delta - \frac{4}{3}\delta}}$$

gdy M. Lévy przyjmuje

$$\frac{b}{h} \frac{\sqrt{\delta}}{\sqrt{\Delta - \delta}}$$

gdzie  $b =$  szerokość podstawy,  $h =$  wysokość spiętrzenia wody, a  $\Delta$  i  $\delta =$  ciężary właściwe muru i wody.

Przyjmując dla przegrody na rzecę Habra, według ustalenia komisji badawczej  $\Delta = 2,09$  i  $\delta = 1,3$  (woda z mułem), otrzymuje:

$$b = h \frac{\sqrt{1,3}}{\sqrt{2,09 - 1,33 \cdot 1,3}} = 1,9 \cdot h$$

Więc przegroda ciężka, murowana, mająca wytrzymać ciśnienie wody dochodzące do 35,85 m ponad podstawą, powinna mierzyć w podstawie 68 m, gdy przegroda na rzecę Habra miała zaledwie 30 m grubości.

Słusznie A. Mesnager wskazuje na niebezpieczeństwo nieuwzględnienia przez instrukcję francuską w r. 1923 wpływu wyporu wody — wbrew zasadzie M. Lévy'ego. „W przeddzień budowy wielkiej liczby przegród we Francji — powiada tenże — wobec tego, że urzędnicy Administracji mostów i dróg wszystkich stopni, z kilkoma wyjątkami, usiłują zasłaniać się regulaminem przed odpowiedzialnością, uważam za swą powinność wskazywać usilnie na niebezpieczeństwo przegród ciężkich, droższych i mniej pewnych, niż przegrody sklepieniowe, dotąd nie objęte jeszcze regulaminem”.

Czy nie byłoby wskazane u nas sprawdzenie wymiarów będącej w budowie przegrody na Sole w Porąbce, z uwzględnieniem ostatnich smutnych doświadczeń?

## O tarciiu płynnem.<sup>3)</sup>

Według panujących dzisiaj powszechnie poglądów, dzielimy tarcie na suche, półsuche, płynne i półpłynne. Tarcie suche polega na przewyciężeniu oporów, występujących w czasie przesuwania się względem siebie ruchem ślizgowym dwóch powierzchni niesmarowanych, suchych. Tarcie suche stosowane bywa w technice tam tylko, gdzie ma ono do spełnienia pewne specjalne zadania, a więc np. w sprzęgłach tarciovych, w połączeniach klinowych, w hamulcach i t. d. Tarcie półsuche występuje przy styku bezpośrednim

dwóch ślizgających się względem siebie powierzchni, zlekka jedynie zwilżonych lub posmarowanych, a więc np. w chwili rozpoczynania ruchu czopów w łożyskach i t. p. Tarcie półsuche oddziaływa niekorzystnie na stykające się ze sobą powierzchnie i stosowane być może jedynie przy bardzo małych prędkościach, a więc np. w kamieniach kulisy, w zawiasach, w przegubach oraz tam, gdzie ma do spełnienia pewne specjalne zadanie, np. w sprzęgłach tarciovych, ruszających pod pełnym obciążeniem, i t. d.

Od wymienionych rodzajów tarcia różni się zasadniczo t. zw. tarcie płynne, charakteryzujące się tem, że ślizgające się względem siebie powierzchnie nie znajdują się w styku bezpośrednim, lecz oddzielone są od siebie warstewką smaru płynnego. Opory występujące przy tarciiu płynnem spowodowane są wyłączenie przez spójność wewnętrzną oleju. Ostatni wreszcie rodzaj tarcia, a mianowicie tarcie półpłynne zachodzi wówczas, gdy błonka smaru ulega przerwaniu i następuje częściowy styk bezpośredni powierzchni smarowanych. Tarcie półpłynne tworzy w ten sposób rodzaj pośredni między tarciiem płynnem i półsuchem.

Po rozpatrzeniu wszystkich czterech rodza-

<sup>2)</sup> E. Baticle, A. Mesnager: La theorie de l'équilibre de des massifs pesants soumis à des sous-pressions, et son application à la stabilité des barrages et des talus. Le Génie Civil, Nr. 10 z 10.III. 1928.

E. Baticle: Le calcul des barrages en maçonnerie, en tenant compte des sous-pressions. Le Génie Civil, Nr. 12 z 24.III. 1928.

G. Pigeaud: Le calcul des barrages en maçonnerie. Le Génie Civil, Nr. 13 z 31.III. 1928.

E. Baticle, A. Mesnager, Jacques Mesnager: Le calcul des barrages en maçonnerie. Le Génie Civil, Nr. 14 z 7.IV. 1928.

G. Pigeaud: Le calcul des barrages en maçonnerie. Le Génie Civil, Nr. 16 z 21.IV. 1928.

<sup>3)</sup> Według artykułu E. Falz'a, Maschinenbau, zeszyt 5, t. 6 (1927).

jów tarcia, widzimy, że tylko w wypadku tarcia płynnego powierzchnie smarowane oddzielone są stale płynną warstwą smaru, przez co zmniejszają się znakomicie straty przenoszonej energii oraz zużywanie się powierzchni smarowanych; obie te cenne własności powodują, że tarcie płynne jest najlepszym i najważniejszym technicznie rodzajem tarcia.

W zastosowaniu do budownictwa maszynowego, rozpatrzymy ruch trzewika ślizgającego się po nieruchomej gładzi i dociskanego do niej z pewną siłą, przyczem krawędzie czołowe trzewika posiadają, jak zwykle w podobnych wypadkach, niewielką zbieżność, dla umożliwienia pozostawiania smaru pod trzewikiem. Zauważymy, że w czasie ruchu trzewika zostanie on całkowicie oddzielony od gładzi przez cieniutką, klinową w przekroju równoległym do kierunku ruchu warstwą smaru, tem więcej odporną na wyciśnięcie z pod trzewika, im większa jest jego prędkość i im większa jest lepkość smaru. Cieniutka warstewka smaru, oddzielającego powierzchnie smarowane, posiada grubość setnych, a nawet tysięcznych tylko części milimetra, a jednak zapewnia niezawodność ruchu poszczególnych mechanizmów maszynowych, ogranicza straty przenoszonej energii i zmniejsza do minimum zużywanie się współpracujących ze sobą powierzchni. Dla wykazania, że w dążeniu do zastąpienia tarcia półpłynnego przez tarcie płynne nie chodzi nam o jakieś błahe polepszenie ruchu, ale o całkiem zasadnicze korzyści, przytoczymy następujące porównanie: w budowanych dawniej łożach stopowych stosowano do przejmowania nacisków osiowych wału 4, 6, 8 lub więcej pierścieni; naciski jednostkowe na pierścieniu nie przekraczały 3—6  $kg/cm^2$ , a jednak pierścienie zażywały się, mimo obfitego smarowania, — należało stosować chłodzenie wodne i częstą wymianę szybko zużywających się pierścieni.

Nowoczesne łoża stopowe zaopatrzone są przy równie wielkich obciążeniach w jeden tylko pierścień, co w wielkiej mierze przyczynia się do skrócenia i potania budowy; chłodzenia wodnego z reguły nie stosuje się, a jednak i po wieloletniej pracy powierzchnia pierścienia nie wykazuje żadnych uszkodzeń. Obciążenie jednostkowe pierścienia wynosi ok. 30  $kg/cm^2$ , w razie potrzeby jednak naciski te mogą być powiększone do 300  $kg/cm^2$ . Badania firmy Brown, Boveri & Cie wykazały, że nawet przy ogromnych naciskach jednostkowych 750  $kg/cm^2$ , które przekraczały już granicę płynności białego metalu, nie zauważono zażywania się lub nadgryzania powierzchni łożyska. W ten sposób jednopierścieniowe łoża stopowe przenoszą 10-krotnie i aż do 100-krotnie większe naciski jednostkowe, niż łożyska grzebieniaste, zapewniając jednocześnie większą niezawodność ruchu i powodując 10 do 20 razy mniejsze straty przenoszonej energii. Powyższe zestawienie wykazuje wyraźnie, jak wielkie postępy osiągnięto w budowie łożysk, przez umożliwienie tarcia płynnego.

Podobnie jak przy powierzchniach płaskich, również i przy ruchu ślizgowym względem siebie powierzchni cylindrycznych, a więc np. w łożyskach szybkowych, tarcie płynne osiągnąć można jedynie wówczas, gdy grubość warstewki smaru

jest zmienna i w danym wypadku posiada kształt klina nawiniętego na walcu. Klinowatość błonki smaru uskutecznia się przez zaprojektowanie pewnych określonych luzów między średnicą czopa i wewnętrzną średnicą panewki łożyska, oraz przez odpowiednie ustosunkowanie nacisku czopa, jego ilości obrotów, średnicy i lepkości smaru.

Przy zachowaniu powyższych warunków, środek czopa przesunie się w czasie ruchu względem środka geometrycznego panewki w ten sposób, że nie będzie już jego rzutem pionowym, przyczem wielkość tego wychylenia, uzależniona funkcjonalnie od ilości obrotów czopa, będzie malała przy wzrastającej ilości obrotów, nie osiągając praktycznie nigdy wartości zerowej. Pionowe i poziome przesunięcia czopa, pomierzone optycznie przez V. Vieweg'a, wykazały dostateczną zgodność z obliczeniami teoretycznymi toru środka czopa, wykonanymi przez prof. Gumbel'a.

Warunkiem koniecznym dobrego smarowania czopa łożyskowego jest udzielenie pewnej swobody łożyskom (np. tak, jak w łożyskach Sellersa), w celu umożliwienia dostosowania się panewki łożyska do nowego położenia czopa po ugięciu wału. W stosowanych dawniej powszechnie łożyskach stałych następowało zawsze lokalne powiększenie nacisków jednostkowych w pobliżu krawędzi panewek, powodujące tarcie półpłynne. Jeżeli ze względów konstrukcyjnych nie można stosować łożysk wahliwych, to dla ograniczenia szkodliwego wpływu ugięcia wału należy budować łożyska krótkie, o dużej średnicy panewek.

Od dawien dawna kwestją sporną w budowie łożysk jest sprawa rowków do smaru. Dzisiaj stwierdzić już można, tak na podstawie doświadczeń, jak i rozważań teoretycznych, że wszelkiego rodzaju rowki do smaru, wykonane na powierzchni nośnej panewki łożyska, nie tylko nie przyczyniają się do polepszenia smarowania, ale są wręcz szkodliwe.

Zdolność przenoszenia przez warstewkę smaru znacznych nacisków jednostkowych zanika w razie stosowania podłużnych, ukośnych lub krzyżujących się rowków do smaru, w tym bowiem wypadku miejsca największego ciśnienia połączone są jak gdyby „na krótko” z miejscami o niewielkim ciśnieniu jednostkowym. Jedynym czynnikiem rozprzeczającym prawidłowo smar po powierzchni panewki jest właśnie sam czop, którego prędkość ślizgowa względem panewki, przyleganie smaru do powierzchni czopa i panewki oraz kohezja smaru powodują utworzenie klinowatej warstewki smaru, oddzielającej czop od panewki. Zgodnie z powyższym, doświadczenia Kammerera wykazały, że łożyska, w których przewidziane były rowki do smaru, grzały się o ok. 50% więcej, niż takie same łożyska bez rowków.

Co się tyczy obróbki powierzchni ślizgowych, to odgrywa ona również ważną rolę, szczególnie w łożyskach silnie obciążonych. Gdyby powierzchnie smarowane mogły być wykonywane jako zupełnie gładkie, to we wszystkich łożyskach mogłoby być osiągnięte tarcie płynne, gdyż całkowite wyciśnięcie smaru z pod czopa wymagałoby praktycznie nieskończenie wielkich nacisków jednostkowych. Wiadomo jednak, że najstarszemu nawet wygładzone powierzchnie przedstawiają pod mikrosko-

pem szereg nierówności, możemy więc jedynie powiedzieć, że im bardziej zbliżamy się do powierzchni idealnie gładkiej, tem większe mogą być dopuszczalne naciski jednostkowe; znaczenie staranności obróbki będzie zatem wzrastało w miarę powiększenia nacisków jednostkowych oraz w miarę zmniejszania prędkości poślizgu czopa względem panewki.

Naturalnym środkiem pomocniczym, wpływającym dodatnio na wzrost dopuszczalnego nacisku jednostkowego, jest samoczynne docieranie powierzchni panewki przez obracający się czop, który szlifuje albo zgniata poszczególne drobne nierówności, pozostałe jeszcze po obróbce powierzchni ślizgowej panewki. Stosowane w nowszych czasach dodawanie grafitu do smaru (Kolloidalgraphit) polepsza wyniki docierania, polegające w tym wypadku nie tylko na wyrównaniu drobnych wyniosłości, ale również i na wypełnieniu grafitem nieznacznych zagłębień i rysek w powierzchniach czopa i panewki. Stosowanie grafitu przy docieraniu umożliwia więc dalej idące, niż przy zwykłym docieraniu, wygładzenie powierzchni ślizgowych czopa i panewki, zwiększając kilkakrotnie dopuszczalne obciążenie łożyska.

Spółczynnik tarcia w łożysku przy tarcia płynnym może być obliczony z dużą dokładnością, jeżeli dane jest ciśnienie jednostkowe, luzy między czopem i panewką, ilość obrotów czopa i lepkość smaru. Tarcie płynne, jak już wspomniano, ma miejsce dopóty, dopóki ciągła warstewka smaru nie ulegnie przerwaniu. Z chwilą gdy to nastąpi, t. j. gdy czop zbliży się (np. po zmniejszeniu il. obr. czopa) o tyle do panewki, że zaczną się obcierać punkty krańcowe tych dwóch powierzchni, tarcie przechodzi w półpłynne. Przy dalszem obniżaniu ilości obrotów (albo wzroście obciążenia), współczynnik tarcia ciągle wzrasta, aż wreszcie tarcie przechodzi w półsuche i wówczas wielkość jego zależy od materiału i stanu obu powierzchni trących. Według mniemania E. Falz'a i innych, najmniejszy współczynnik tarcia zachodzi nie przy wyłącznie płynnym tarcia, ale na granicy tarcia płynnego i półpłynnego, kiedy zaczyna już występować bezpośrednie obcieranie poszczególnych punktów czopa i panewki; charakterystyczny ten fakt komplikuje sprawę wyznaczenia najlepszych warunków pracy łożyska, w praktyce bowiem nie tyle nam chodzi o minimalne różnice w pracy tarcia, ile o zupełną niezawodność ruchu i powolne zużywanie się współpracujących ze sobą powierzchni, co jest niemożliwe przy tarcia półpłynnym, a więc przy najmniejszym współczynniku tarcia.

Zgoła odmienne zjawiska występują w łożyskach wahliwych, w których czopy nie robią pełnego obrotu<sup>1)</sup>. łożyska wahliwe, w których kierunek nacisku jest zmienny, a więc np. w łabach wodzikowych, winny spełniać także rolę tłumika uderzeń, wymierzanych kolejno według różnych tworzących panewek, przyczem rolę czynnika tłumiącego odgrywa warstewka smaru. Podczas oddalania się powierzchni czopa od powierzchni panewki,

<sup>1)</sup> W łożyskach wahliwych, a więc np. przy czopach wodzikowych, próbowano zmniejszyć szybkie zużywanie się powierzchni trących przez sztuczne wytworzenie ciągłej warstewki smaru i umożliwienie w ten sposób tarcia płynnego, zapomocą wytworzenia większej ilości obrotów czopa przez napęd zewnętrzny.

następuje zasysanie smaru do zwiększającej się szczeliny i, jeżeli wówczas smar nie zostanie doprowadzony w dostatecznej ilości, nastąpi zassanie powietrza od krawędzi panewki, w wyniku zaś — suche uderzenie przy najbliższej zmianie kierunku nacisku czopowego. Z tego też powodu, w łożyskach wahliwych o zmiennym kierunku nacisku czopa, smar winien być doprowadzony w miejscu największego zasysania i możliwie szybko rozprowadzany po współpracujących ze sobą powierzchniach.

W łożyskach wahliwych o jednostronnym kierunku nacisku czopa, a więc np. w jednostronnie działających maszynach tłokowych, warunki dobrego smarowania są nadzwyczaj niekorzystne; tutaj bowiem nie występuje już przewietrzanie czopa i samoczynne odnawianie smaru, lecz powierzchnia czopa obciera się bezpośrednio o powierzchnię panewki, przy znacznym ciśnieniu jednostkowym. Przy takich warunkach pracy łożyska wahliwego, można mieć do czynienia w najlepszym razie z tarcia półpłynnym i należy wykonywać w obciążonej połowce panewki rowki podłużne do smaru, ażeby choć niewielką jego ilość wprowadzić między ślizgające się po sobie powierzchnie. Rowki do smaru winny posiadać płasko zakończone krawędzie, działanie ich wówczas będzie przypominało smarowanie rozpatzonego wyżej trzewika. Luzów tego rodzaju, jak w łożyskach sztykowych, w łożyskach wahliwych stosować nie należy.

Co się tyczy rodzajów smarowania, to smarowanie olejem świeżym (obieg otwarty oleju), a więc np. smarowanie kropelkowe jest naogół dalekie od doskonałości, gdyż z powodu skąpego doprowadzania smaru, wywołanie tarcia płynnego jest niemożliwe, a więc straty przenoszonej energii są większe i szybsze jest zużywanie się części smarowanych.

Najkorzystniejsze warunki pracy i największą niezawodność ruchu zapewnia pełne smarowanie, t. j. takie, przy którym doprowadza się do łożyska tyle smaru, ile w szczelinie utworzonej między czopem i panewką może się pomieścić. Smarowanie pełne można osiągnąć najłatwiej i najtaniej przez stosowanie smarowania obiegowego (zamknięty obieg oleju), a więc smarowania pierścieniowego, pod ciśnieniem i t. d.

Znaczenie smarowania pod ciśnieniem jest znane powszechnie; prócz niewielkich strat tarcia i dużych obciążeń dopuszczalnych, wielką zaletą smarowania pod ciśnieniem jest dobre odprowadzanie ciepła i skuteczne tłumienie uderzeń, w łożyskach o zmiennych naciskach czopowych. Z wymienionych powodów, stosowanie smarowania pod ciśnieniem posiada ogromne znaczenie w nowoczesnej budowie turbin i maszyn tłokowych. Przy smarowaniu obiegowym zapomocą pomp, koniecznym warunkiem ograniczenia zużywania się czopów jest jak najstaranniejsze filtrowanie smaru, puszczanego ponownie do obiegu. W silnikach spalinowych, prócz nadzwyczaj starannego filtrowania smaru doprowadzanego pod ciśnieniem, stosuje się również filtry powietrzne dla zasysanego powietrza, które — poza innymi — spełniają również zadanie konserwacji smaru, utrudniając jego rozkład przez zatrzymywanie zanieczyszczeń mechanicznych.

Stopień lepkości używanego smaru zależy od ciśnienia jednostkowego, prędkości poślizgu i wielkości luzów między czopem i panewką. Im większa

jest ilość obrotów czopa, im mniejsze ciśnienie jednostkowe i luzy, tem bardziej płynny może być gatunek stosowanego oleju; odwrotnie, przy powolnym ruchu czopa i dużych naciskach jednostkowych i luzach, smar winien być bardziej lepki i gęsty.

Co się tyczy wyboru materiałów, z których wykonane są czop i panewka, to przy tarceniu płynem, w czasie ruchu normalnego, nie odgrywa on prawie żadnej roli, mając jedynie znaczenie przy rozruchu i zatrzymywaniu mechanizmu, kiedy może wystąpić tarcie półpłynne, a nawet półsuche. To

też w łożyskach, które rozpoczynają pracę przy dużym obciążeniu, dla zabezpieczenia powierzchni czopa od uszkodzenia, panewki muszą być wylane białym metalem, tam zaś, gdzie ciśnienie jednostkowe jest małe, wystarczą panewki żeliwne, jednakże pierwoszorządnie obrobione.

Prawidłowo zbudowane łożyska żeliwne nie wykazują nawet po 15-letniej pracy żadnego zużycia, co jest najlepszym dowodem, jak podstawowe znaczenie dla ruchu ma sprawa dobrego smarowania.

*Th.*

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

### METALOZNAWSTWO.

#### Korozja glinu.

Streszczana praca jest wynikiem badań komisji do spraw korozji glinu „Aluminium-Untersuchungs-Ausschuss“, którego członkami są związki: producentów glinu, producentów blachy glinowej, wytwórców wyrobów glinowych i wytwórców urządzeń browarnych. Prace tej komisji są wykonywane częściowo w zakładach przemysłowych poszczególnych członków powyższych związków, częściowo w zakładach naukowych: w Politechnice Berlińskiej w pracowni prof. Guertler'a, w Chemisch-Technische-Reichsanstalt, w pracowni prof. Maass'a i w Monachjum u prof. v. Schwarz'a.

Artykuł omawiany jest sprawozdaniem prof. Guertler'a z prac wykonanych dotychczas.

#### Teoria korozji glinu.

Glin należy do metali stosunkowo nieszlachetnych i łatwo łączy się z tlenem, chlorem, fluorem i t. d. Jednakże w niektórych wypadkach tworzą się ochronne błonki powierzchniowe, które, dzięki swej odporności, ochraniają wnętrze metalu. Na glinie, pod wpływem tlenu powietrza, wytwarza się właśnie taka bardzo ściśle przylegająca, trwała i wysokotopliwa błonka tlenku glinowego  $Al_2O_3$ .

We wszystkich tych wypadkach, gdy taka błonka nie jest naruszona i pokrywa w sposób ciągły przedmiot, korozja glinu nie następuje. O ile jednak, pod wpływem odczynników działających na glin, wytwarza się nie tlenek glinowy, albo inna sól nierozpuszczalna, lecz jakakolwiek rozpuszczalna sól glinowa, np.  $AlCl_3$ , albo aluminaty, to wówczas nagryzanie jest bardzo szybkie. A więc w tym wypadku, gdy się ma do czynienia z takimi czynnikami, glinu nie można stosować.

Istnieje pozatem możliwość, że niektóre czynniki chemiczne wytwarzają warstwę ochronną, lecz z biegiem czasu warstwa ta przetwarza się lub powoli rozpuszcza. W tym wypadku o użyciu glinu lub innego materiału decydują względy ekonomiczne.

Do grupy pierwszej należą wody naturalne, skoncentrowany kwas azotowy, wiele płynów organicznych, jak piwo, mleko, wino, i t. p. Ma się rozumieć, że warunkiem nieodzownym i koniecznym jest ciągłość warstwy ochronnej. Najmniejsza nieciągłość tej błonki ochronnej powoduje miejscowe przeżarcie, czasem więcej niebezpieczne i kosztowne, niż równomierne rozpuszczenie (ma się rozumieć powolne) całej powierzchni.

#### Materiał.

Z tego powodu należy rozpatrzyć przyczyny, które mogą spowodować nieciągłość tej warstwy, względnie niemożność jej utworzenia w pewnych miejscach.

Zasadniczo mogą mieć na to wpływ trzy czynniki:

- 1) skład materiału,
- 2) fizyczny stan materiału,
- 3) stan powierzchni.

#### Wpływ składu chemicznego.

Glin handlowy nigdy nie jest czysty i zawiera domieszki krzemu i żelaza oraz czasem i innych metali, jak miedź, cynk i t. p., w niewielkich ilościach (setnych lub dziesiątych procentu) oraz niemetaliczne inkluzje — żuźle, brud i t. p.

Krzem znajduje się w ilościach mniejszych niż 1%.

Przy 576° glin może utrzymać w roztworze do 1,7% krzemu, przy 400° — tylko 0,5%, a przy 300° — około 0,1%. Ponieważ mamy przeważnie około 0,5% Si, więc nagrzanie gotowego wyrobu (względnie blachy „twardej“ przed jej cstatniem walcowaniem) do temperatury powyżej 400° i zahartowanie w zimnej wodzie powoduje zniknięcie krzemu, jako oddzielnego składnika glinu handlowego. Zasadniczo obecność swobodnych kryształów krzemu na powierzchni nie powinna działać szkodliwie, gdyż na nich wytwarza się analogiczna warstwa tlenku krzemowego, równie odporna, jak tlenek glinowy, i cała powierzchnia jest pokryta błonką tych tlenków.

Jednakże, gdy kruche kryształy krzemu (powstałe z powodu nadmiernej ilości krzemu i wadliwej obróbki termicznej), znajdujące się na powierzchni, pocruszą się pod wpływem obróbki mechanicznej, wówczas w powstałych szczelinach, względnie zagłębieniach, powstałych przez wypadnięcie tego materiału skruszonego, łatwo mogą się skupić zanieczyszczenia (smary, brud i t. p.), które nie dopuszczają do utworzenia się tej błonki i będą służyć, jako punkty wyjścia korozji.

Żelazo tworzy z glinem związek chemiczny  $Al_3Fe$ , który, z powodu nierozpuszczalności (ewentualnie znikomej rozpuszczalności) w glinie, występuje nawet przy bardzo małych ilościach żelaza, pod postacią stosunkowo dużych (w porównaniu z kryształami krzemu) kruchych płytek. Przy walcowaniu, obawa wytworzenia szczelin i otworów jest większa, a więc i większa łatwość korozji.

Wwalcowane (z powierzchni) kawałeczki żelaza w kontakcie z glinem szybko ulegają korozji, i, o ile powstałe zagłębienie nie jest zanieczyszczone, jak wspomniano wyżej, to materiał taki będzie w tem miejscu odporny.

Miedź w glinie handlowym znajduje się w znikomych ilościach, o ile nie jest to glin otrzymany przez przetopienie z odpadkami (glin wtórny, a nie hutniczy). Obecność więc miedzi w większych ilościach świadczy o użyciu tego wtórnego glinu.

Zasadniczo, z powodu rozpuszczalności miedzi w glinie do 5,5% na gorąco i 1,5% w zwykłej temperaturze (ilości niespotykane w glinie handlowym), obecność miedzi nie

wpływa niekorzystnie na odporność chemiczną tego glinu. Jednakże przy nieumiejętnym otrzypywaniu glinu wtórnego mogą powstać inne przyczyny zmniejszenia odporności, o których będzie mowa przy żuźlach.

Wwalcowane cząstki miedzi metalicznej, w przeciwieństwie do analogicznych cząstek żelaza, są bardzo szkodliwe, gdyż wywołują miejscowe przeżarcia glinu.

Cząsteczki te można usunąć albo przez wyskrobywanie podczas fabrykacji, albo przez bejcowanie w kwasie azotowym aż do zupełnego rozpuszczenia miedzi, poczem musi nastąpić dokładne zmycie wodą.

Cynku — w glinie hutniczym nie ma. Spotyka się go tylko w glinie wtórnym w bardzo małych ilościach. Z powodu znacznej rozpuszczalności w glinie, nie występuje jako oddzielny składnik.

Cząsteczek metalicznych cynku, wwalcowanych do powierzchni blach glinowych, dotychczas nie obserwowano. Prawdopodobnie z tego powodu, że nie ma takich walcowni, gdzieby te materiały przerabiano razem.

Żuźle i t. p. tworzą nieciągłości materiału, jak również i błonki ochronnej. Drobne szczeliny w nich istniejące oraz wytworzone przez walcowanie są naczyniami włoskowymi, które wciągają wszelkie brudy i zanieczyszczenia. Z tego względu miejscowa korozja takiego materiału może być ogromna. Żuźle takie spotyka się prawie wyłącznie w nieumiejętnie przetopionym glinie.

#### Stan fizyczny materiału.

a) Wielkość ziarn odgrzywa stosunkowo małą rolę, jednakże spotkano wypadek, że materiał bardzo grubo kryształiczny (z powodu wadliwej obróbki termicznej) był przyczyną rozjadania granic kryształów.

b) Naprężenia wewnętrzne. Teoretycznie takie naprężenia winny powodować zmniejszenie odporności chemicznej, jednakże w praktyce dla wyrobów glinowych nie dało się tego stwierdzić, o ile nie wchodziły w grę jeszcze i inne czynniki.

#### Stan powierzchni.

Im gładsza powierzchnia tem lepsza odporność.

#### Czynniki chemiczne.

##### Szkodliwe:

- a) Ługi i chlorki.
- b) Wapno i cement.

##### Nieszkodliwe:

- a) Smoła (ter) i gudron, o ile nie zawierają śladów kwasu solnego.
- b) Woda naturalna, mleko, wino, piwo.

Na granicy zetknięcia powietrza z wilgocią (płynem) zjawiska korozji występują najszybciej.

Prądy błędzące mogą być przyczyną zniszczenia instalacji, — należy więc doskonale izolować elektrycznie zbiorniki glinowe.

Stosowanie termometrów rtęciowych jest zupełnie niedopuszczalne, ze względu na możliwość ich rozbicia i natychmiastowego prawie przeżarcia glinu w kontakcie z rtęcią.

#### Wskazówki praktyczne.

Dla otrzymania materiału bez zarzutu, należy:

1) Używać glinu hutniczego, który obecnie posiada czystość 99,5% Al, oraz racjonalnie przetopionego glinu wtórnego.

2) Odlewać bloki i platyny, o ile tylko możliwe, stojąco, tak aby nadlew wypadł u góry przy jednym z naroży, przez co unika się przenikania jamy usadowej do wnętrza bloku. Przy odlewie płyt „leżąco”, należy obydwie powierzchnie zestrugać lub obrobić frezami, aby wykryć ewentualną jamę usadową.

3) W walcowniach zachowywać największą czystość,

aby cząstki innych metali oraz brud (z dachów, mioteł i t. p.) nie dostały się na blachę i nie wwalcowały (przy jednoczesnym walcowaniu miedzi i jej stopów konieczne są osobne walce, conajmniej wykańczające, dla glinu).

Wszelkie zauważone, choćby najmniejsze, rysy (zbyt gorący lub zimny materiał, za energiczny zgniot, niedostatecznie częste wyżarzanie pomiędzy walcowaniami) należy wyskrobywać wzgl. miejsc tych unikać.

#### 4) Wyżarzanie.

a) Do usunięcia naprężeń wewnętrznych, wystarcza nagrzewanie do około 200°, co jednakże powoduje gruboziarnistość.

b) Skłonność do powstawania grubych ziarn jest tem większa, im większa jest temperatura wyżarzania i im mniej był zgniot po ostatnim wyżarzeniu na miękko. Nie należy nigdy poddawać miękkiego materiału małemu zgniotowi (wyprostowywanie i t. p.) i potem ponownie wyżarzać na miękko.

c) Wyżarzanie przy 400° (po dostatecznym stopniu zgniotu!) i następne hartowanie w wodzie przeprowadza obecny krzem w roztwór. Narazie nie ustalono, czy ta obrotka jest konieczna.

5) Bejcowanie winno być związane z dokładnym zmyciem, aby usunąć wszelkie ślady środka nadgrzyzającego. O ile są rysy mikroskopowe i nadpęknięcia, to żadne normalne zmywanie nie osiągnie celu i dlatego często omija się bejcowanie, które zasadniczo tylko upiększa materiał. Jednocześnie jednak, w razie istnienia takich nadpęknięć, są one łatwiejsze do wykrycia po bejcowaniu.

6) Spawanie, o ile jest dobrze wykonane, nie daje powodów do narzekań (1 wypadek na 100).

Przy pracy z urządzeniami glinowymi należy uważać, aby:

1) Urządzenia zmontowane nieruchomo w ziemi (kadzie i t. p.) były doskonale odizolowane elektrycznie, przez użycie produktów smołowych, wolnych od kwasu solnego! Dna winny posiadać pewną pochyłość, aby przy opróżnianiu cały płyn ściekał dokładnie i nie pozostawiał kałuż, które wysychając mogłyby spowodować miejscową korozję. Kontakt bezpośredni z cementem i wapnem, oraz z innymi metalami (miedź i jej stopy, lutowia miękka i t. p.) jest niedopuszczalny.

2) Nie czyścić wyrobów aluminjowych roztworami ługów i sodą. W razie użycia sody, dodawać do niej około 0,5% szkła wodnego, co niszczy jej szkodliwy wpływ na glin. Zawsze zmywać potem dokładnie wodą i osuszać, chociażby przez odwrócenie przedmiotu dla spłynięcia wody. (Guertler, Z. f. M k u n d e, 1928, Nr. 3, str. 104—112).

W. Ł.

### Reakcja pomiędzy roztopioną cyną a stałym magnezem.

W dyskusji nad jedną z prac autora, Hanson poruszył sprawę, czy reakcja perytektyczna może nastąpić w nieobecności roztworów stałych.

Reakcja taka może być przedstawiona wzorem:

płynny stop + ciało stałe X = ciało stałe Y,

inaczej mówiąc, pierwotne wydzielone z cieczy ciało X reaguje z cieczą i wytwarza nowe ciało (wtórne) Y.

Reakcja taka rozpoczyna się na powierzchni ciała X i Hanson twierdzi, że, o ile wtórne ciało nie jest w stanie rozpuszczać któregośkolwiek ze składników, to reakcja zatrzyma się w chwili utworzenia się na powierzchni ciała X ciągłej warstwy ciała Y. Autor niniejszej pracy dopuszczał możliwość dalszej reakcji, dzięki procesowi kolejnego rozpuszczania się i wydzielania. Jednakże, wobec braku danych doświadczalnych, postanowił sprawdzić, który z tych poglądów jest słuszny. Równocześnie sprawa ta jest inte-

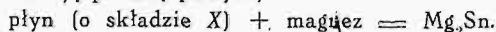
resująca i z punktu widzenia praktycznego, ponieważ wyjaśnia zjawiska, zachodzące podczas lutowania, cementacji i t. p.

Jako przykład, wybrano układ cyna-magnez, w którym występuje związek chemiczny  $Mg_2Sn$  (autor przypuszcza, że  $Mg_4Sn_2$ ), który nie tworzy żadnych roztworów stałych z czystymi metalami.

Próby prowadzono w sposób następujący. Do tygla, zawierającego ograniczoną ilość roztopionej cyny, wstawiono pręt magnezowy (odpowiednio oczyszczony) i nagrzewano przez pewien czas przy pewnej temperaturze (250 — 350° C — 7 dni lub mniej).

Początkowo pewna ilość magnezu rozpuszczała się w roztopionej cynie, dopóki ciecz ta nie została nasycona magnezem. Koncentracja w cieczy zależy od temperatury.

Z cieczą tą znajduje się w równowadze, jako ciało stałe, związek chemiczny  $Mg_2Sn$ , który też musiał się wytworzyć na powierzchni pręta magnezu. Mamy więc rzeczywiście reakcję podaną powyżej



Pod mikroskopem stwierdzono, że na powierzchni magnezu istnieje cienka, mniej lub więcej regularna błona związku  $Mg_2Sn$ , ale przenikania tego związku wgłąb nie zaobserwowano nigdzie, a więc przy nietworzeniu się roztworów stałych przenikania związku chemicznego wewnątrz metalu nie ma.

Potwierdza to w zupełności poglądy Hanson'a z jednej strony, a z drugiej stwierdza fakt, że związki chemiczne nie zawsze są otoczone roztworami stałymi, który to pogląd czasem się spotyka.

Jednakże autor przypuszcza, że przy wyższych temperaturach i odpowiednich warunkach takie przetwarzanie się może w pewnym stopniu zachodzić. (Hume-Rotherg, J. Inst. Met. 1927, II, 27 — 131).

W. Ł.

## TECHNIKA SANITARNA.

### Rozwój kanalizacji Berlina.

1 stycznia r. b. upłynęło pół wieku od czasu uruchomienia kanalizacji w Berlinie. Poprzednio ulice Berlina, z otwartymi rynsztokami, przedstawiały zewnętrznie taki sam widok, jaki obecnie spotkać można w Warszawie, nawet niedaleko śródmieścia.

Sprawą projektu kanalizacji Berlina zajęto się dopiero w r. 1860. W r. 1861 ukończono projekt, pod kierownictwem ówczesnego ministra przemysłu i handlu Edwarda Wiebe'go po zbadaniu urządzeń kanalizacyjnych w Hamburgu, Paryżu, Londynie oraz innych miastach angielskich. Projekt przewidywał dwa główne kanały, po obydwu stronach rz. Szprewy, łączące się w jednym punkcie, skąd ścieki miały być przepompowywane do wspólnego kolektora i wpuszczane do Szprewy poza granicami miasta. Powierzchnia kanalizowana obejmowała 2553 ha. Projekt nie był przyjęty i w r. 1867 wybrano komisję, pod kierownictwem dr. Rudolfa Virchowa, do rozpatrzenia zagadnienia kanalizacji pod względem higienicznym, technicznym i gospodarczym. Prace komisji ukończono w r. 1872. Opierając się na zebranych danych i wskazaniach komisji, sporządził inż. Hobrecht projekt kanalizacji ogólnospławnej. Miasto podzielono na 12 niezależnych od siebie obszarów kanalizacyjnych (system radialny), każdy z nich posiada stację pomp, do której spływają ścieki grawitacyjnie. Pompy przetłaczają ścieki za pośrednictwem przewodów żeliwnych na pola irygacyjne, odległe od miasta o 15—20 km. Projekt obejmował obszar miejski 6000 ha.

Za przykładem Berlina poszły i przedmieścia, zaprowadzając kanalizację i oczyszczając ścieki przeważnie na polach nawadnianych. Z przyłączonych do Berlina w 1920 r. 48 przedmieść, tylko 6 oczyszczало wody brudne w inny sposób.

Obecnie Berlin podzielony jest na 78 obszarów kanali-

zacyjnych, z taką liczbą stacji przepompowywań. 63 główne stacje pompują bezpośrednio na pola irygacyjne, składające się z 20 pól większych i mniejszych, okrążających Berlin, 15 stacji pośrednich przetłacza ścieki do kanałów ulicznych sąsiednich obwodów. Stary Berlin i 6 przedmieść posiadają kanalizację ogólnospławną, w pozostałych miejscowościach wprowadzono kanalizację rozdzielczą. Z 87 000 ha całkowitego obszaru Berlina, skanalizowanych jest 23 500 ha i taką powierzchnię ma się skanalizować w krótkim czasie. Pozostałe 40 000 ha nie będzie w bliższej przyszłości skanalizowane, ponieważ na obszar ten składają się lasy, pola irygacyjne, parki, place do gier i sportów i t. d. Sieć kanałów ściekowych ma około 4500 km długości, liczba posesyj, połączonych z kanałami, wynosi 82 000.

Berlin posiada 27 500 ha terenów irygacyjnych, gospodarzożytkowanych, przeważnie leżących poza granicami miasta, z których 4500 ha jest zalesionych. Obszar irygowany zajmuje 11 000 ha. Pozostałość, 12 000 ha, są to tereny naturalne, obecnie jeszcze nie nawadniane. Grunty irygowane nadają się do prowadzenia kultur warzywnych i łukowych, które mogą wchłaniać bez szkody większe ilości wody. Rośliny łądługowe i ziemniaki nie wytrzymują dłuższego nawadniania, są jednak konieczne do prowadzenia całego gospodarstwa, a więc muszą być hodowane na terenach naturalnych przy polach irygacyjnych.

Zadania, które ma dzisiejsza kanalizacja do rozwiązania, są b. obszerne i wielostronne. Zagadnienie zasadnicze, polegające na odprowadzeniu i sklarowaniu ścieków z posesyj, w sposób odpowiadający wymogom higienicznym, a również polegające na szybkim usunięciu z ulic i placów silnych opadów deszczowych, pozostało niezmiennione, lecz z biegiem czasu przybyły nowe zagadnienia, jak wzmoczony ruch miejski i rozwój dalszych osiedli, a także konieczność utrzymania w należytej czystości odbiorników ścieków.

Co się tyczy ulicznej sieci kanalizacyjnej, to wynikała potrzeba przebudowy i budowy nowych kanałów, wskutek zaprowadzenia kolei podziemnych, zajmujących dużo miejsca podulicznego, tak że przewody kanalizacyjne i inne muszą być usuwane. Ponieważ części składowe sieci kanalizacyjnej tworzą rury kamionkowe i budowle murowane lub betonowe, które nie są tak elastyczne, jak przewody żelazne gazowe i wodociągowe, kable telefoniczne i kable urządzeń elektrycznych, które przeważnie można przeprowadzić nad tunelami, więc przy sieci kanalizacyjnej jest się zmuszonym budować obejścia kilometrowych długości, przechodzić pod posesjami i budować kosztowne syfony, jeżeli nie uważać, że tunel tworzy nowy rozdział wód i część odciętego obszaru skanalizować w taki sposób, ażeby jego wody brudne spływały do zakładu pompowego obszaru sąsiedniego. Na przebudowę urządzeń kanalizacyjnych, wywołaną budową kolei podziemnych, wydano w Berlinie 12 milj. marek, (ok. 25 milj. złotych) i przewiduje się jeszcze wydatek 6 milj. mk. Obecnie berlińska sieć kanalizacyjna posiada 70 syfonów pod kolejami podziemnymi.

Szczegółnej uwagi wymagają w czasach terażniejszych garaże samochodowe i wysokie domy. Chociaż odprowadzania cieczy wybuchowych, spływających z garaży do kanałów ulicznych, zabraniają przepisy policyjne, to jednak trzeba się starać, ażeby odpowiednia konstrukcja oddzielnicy benzyny zapobiegała przedostawaniu się tego rodzaju płynów do kanałów. W przeciwnym razie, przy zaniedbaniu tej sprawy, personelowi, pracującemu w kanałach, grozi niebezpieczeństwo utraty życia. Eksplozje i pożary, spowodowane wpuszczeniem do kanałów płynów łatwopalnych, były w Berlinie dosyć częste.

Duże znaczenie dla kanalizacji berlińskiej mają budowane w ostatnich latach wysokie wielopiętrowe domy, wpuszczające do kanałów z małej przestrzeni znaczne ilo-

ści wody brudnej; ponieważ sieć kanalizacyjna jest obliczona na określoną największą ilość wód kanałowych, więc w niektórych razach trzeba było z tego powodu powiększać przewody, a nawet i zakłady przepompowywania.

Zmiany, jakie wprowadzono w ciągu lat w sposobie uruchomienia pomp, wywarły wpływ na stronę gospodarczą. Stare, o powolnym biegu, pompy tłokowe, z kłapami obciążonemi, zastąpiono szybkobieżnemi pompami z zaworami sterowanemi, które znowu zamieniono na zawory sprężynowe. Gdy poprzednio poruszano pompy tylko silnikami parowemi, obecnie, zależnie od warunków, jakie spełniać mają pompy, używa się równoległe silników parowych, elektrycznych lub spalinowych. W razie konieczności szybkiego uruchomienia pomp, najodpowiedniejsze są dwa ostatnie rodzaje silników. Pompy odsrodkowe znalazły duże zastosowanie w zakładach berlińskich, szczególnie do przetłaczania wód deszczowych.

Działanie zakładów pompowych musi być dostosowane do zmiennego dopływu wody i do zmiennej ilości wody, jaką mogą przyjąć pola nawadniane. Szczególniej podczas deszczów pola są przesycone ściekami i trudno rozwiązać tę sprawę zadawalniająco.

Obciążenie ściekami oddzielnych pól zależy od wielu okoliczności: wysokości potażenia, warunków odpływu, rodzaju gruntu i upraw rolnych; zmienia się od 40 do 160 m<sup>3</sup> na 1 ha na dobę. Przy równomiernym rozdziale ścieków, wypadłoby średnio 60 do 80 m<sup>3</sup>/ha, co trudno byłoby zachować w ciągu całego roku. Z tego powodu niektórzy uważają, że liczby powyższe powinny być obniżone do 1/3 ich wartości.

Wprowadzenie zraszania zamiast irygowania wymagałoby co najmniej 100 000 ha, a biorąc pod uwagę dodatkowe potrzeby, byłby niezbędny obszar 180 000 ha, t. j. podwójny obszar dzisiejszego Berlina. Zważywszy powiększanie się ilości ścieków wraz z wzrostem liczby mieszkańców, do zraszania trzeba by mieć w rozporządzeniu 360 000 ha. O ile obecnie można przewidzieć, to zupełnie jest wyłączone, żeby zyski z gospodarstwa rolnego, prowadzonego przy stosowaniu zraszania, mogły pokryć w znacznie większym stopniu koszt dostarczania ścieków i ich rozdział na tak obszernych przestrzeniach. Chociaż zraszanie, prowadzone na niewielkich obszarach w wyjątkowo dogodnych warunkach, może dawać dobre wyniki, to jednak nie nadaje się do oczyszczania wód kanałowych w dużych ilościach.

Ścieki, zanim będą oddane polom irygacyjnym, powinny być w wysokim stopniu odmulone mechanicznie, ponieważ wówczas gleba może ich przyjąć więcej, niż gdy zawierają szlam, zasklepiający pory gruntu. Co się tyczy oczyszczania mechanicznego, to odbywa się ono już częściowo w osadnikach płaskich i głębokich. Jeden z nich zbudowano do klarowania 100 000 m<sup>3</sup> ścieków na dobę, przyczem wytwarzany wskutek gnicia gaz (metan), w ilości 6000 m<sup>3</sup> dziennie, używa się do ruchu pomp, ogrzewania budynków, należących do oczyszczalni i t. p.; inne urządzenia są projektowane nie tylko w tym celu, ażeby odbywało się wstępne oczyszczanie, lecz żeby służyły do zupełnego oczyszczenia, odciażyłoby to bowiem pola irygacyjne. Jest więc zamiar zastosowania rozpowszechnionego w Ameryce i Anglii sposobu oczyszczania za pomocą „osadu czynnego”<sup>1)</sup>. (V. D. I., 72, (1928) str. 66—76, z 29 rysunkami).

Dla porównania przytaczamy kilka danych o kanalizacji Warszawy.

Pierwszy projekt kanalizacji Warszawy opracował w 1857 r. (o 5 lat wcześniej, niż powstał pierwszy projekt Wie-

<sup>1)</sup> Przegl. Techn. 1927, str. 413—17, 442—45 i 464—67.

be'go dla Berlina), inż. Ratyński. Drugim projektodawcą był inż. angielski Hawskly. Następnie, w 1864 r., przedstawili zarządowi miejskiemu wspólny projekt inżynierowie Majewski, Sporny i Surzycki, potem Dessauskie Towarzystwo Gazowe, a wreszcie inż. Lèveque. Wszystkie te projekty nie były przyjęte. Dopiero projekt z 1878 r. inż. W. Lindley'a, obejmujący obszar 1535 ha ze 145 km kanałów, po zatwierdzeniu w 1881 r. przez cesarza Aleksandra III, podczas jego pobytu w Warszawie (władze petersburskie zwlekały z zatwierdzeniem), zaczęło urzeczywistniać w 1883 r., a w 1886 r. zaczęła działać część nowych kanałów. Projekt kanalizacji przedmieścia Pragi, inż. W. H. Lindley'a, z 1900 r., obejmował 650 ha. Razem więc te dwa ostatnie projekty przewidywały skanalizowanie 2185 ha, z 3441 ha, które znajdowały się naówczas w granicach miasta. Po przyłączeniu do Warszawy w 1916 r. przedmieść, obszar miasta powiększył się do 11 483 ha (bez Wisły).

Ponieważ podczas wykonywania robót kanalizacyjnych pierwotne projekty rozszerzono i przez wybudowanie wielu kanałów na przedmieściach (Wola, Mokotów) przesądzono kierunek wód brudnych z obszaru 1260 ha, pozostawało zatem 8138 ha, dla których trzeba było zaprojektować kanalizację, uzgadniając ją z istniejącą. Z braku planu regulacyjnego, można było przystąpić do tej pracy dopiero w 1922 r.; wykonanie jej powierzył zarząd miejski prof. dr. inż. Karolowi Pomianowskiemu, który ukończył generalny projekt kanalizacji Wielkiej Warszawy w 1926 r. Widzimy więc, że pierwszym i ostatnim projektodawcą kanalizacji stolicy są Polacy, a i w międzyczasie powstawania tych projektów i inni polscy inżynierowie zajmowali się tą sprawą.

Obecnie długość ogólnospławnej sieci kanalizacyjnej wynosi 234 km. Przy budowie kanałów starano się uniknąć syfonów kanałowych; głębokie rowy, okalające cytadelę, przeszło się akweduktami w dwóch miejscach, trzeci akwedukt zbudowano dla kolektora bieleńskiego, przy skrzyżowaniu się tegoż ze strumieniem w Marymoncie. Ze względów konstrukcyjnych, musiano jednak zbudować jeden syfon na Pradze, wskutek zaś przecięcia się tunelu kolejowego pod Aleją Jerozolimską z głównym kanałem, ułożonym pod ul. N. Świat, wypadło również w tem miejscu zbudować syfon; z tej samej przyczyny będzie budowany w b. b. syfon dla kanału głównego, przechodzącego pod ul. Marszałkowską. Prawdopodobnie przy urzeczywistnianiu miejskiej kolei podziemnej trzeba będzie w wielu miejscach przeprowadzać ścieki syfonami.

Chociaż system radialny, zastosowany w Berlinie, jest podatny do rozszerzenia sieci kanalizacyjnej, lecz niedogodności, jakie się przytem pojawiają, wskutek zakładania wielu stacyj przepompowywania ścieków, nie są bez ujemnego znaczenia dla gospodarki miejskiej. W Warszawie dotychczas są tylko dwie takie stacje, wywołane warunkami, których uchylić nie było można: jedna z nich przetłacza ścieki z lewobrzeżnego powiśla do kanału górnego miasta, druga, prowizoryczna, obsługuje Pragę. Podług projektu generalnego z r. 1926, przewiduje się budowę paru innych tego rodzaju stacyj, koniecznych ze względów topograficznych i niemożności spuszczenia ścieków do Wisły w obrębie miasta, chociażby nawet starannie oczyszczonych: dla Siekierki i Czerniakowa, części Mokotowa, osiedli poza cytadelą, Saskiej Kępy.

Z ogólnej ilości 11 577 nieruchomości zabudowanych (6835 w śródmieściu, komisaryjaty I—XV, i 4742 na przedmieściach, kom. XVI—XXIV) połączono z kanałami miejskiemi 4800.

Ścieki kanałowe wypuszcza się do Wisły bez oczyszczania.

Ig.