

PRZEGLĄD TECHNICZNY

TYGODNIK POŚWIĘCONY SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU.

TREŚĆ:

Utrzymanie mocy silnika lotniczego na dużych wysokościach, napisał Inż. K. Księski.
Przemycanie piasku na filtrach powolnych (dok.), nap. Inż. A. Szniolis.
Zastosowanie smoły węglowej do wzmocnienia nawierzchni dróg bitych, nap. M. S. O.
Przeгляд pism technicznych.
Bibliografia.

SOMMAIRE:

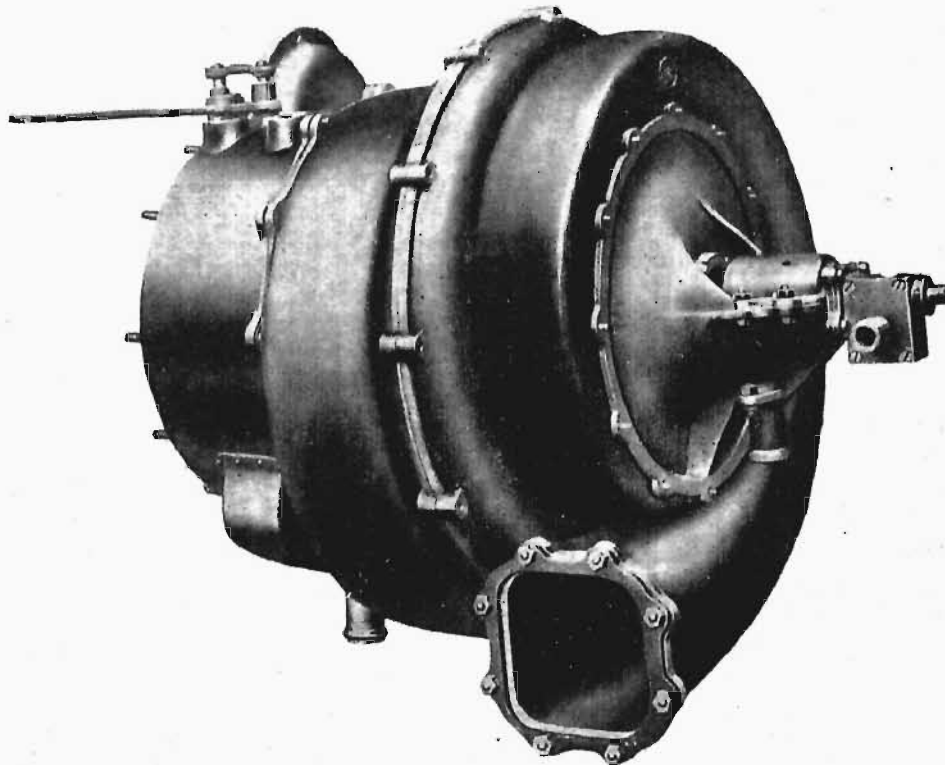
La suralimentation des moteurs d'aviation à grandes altitudes, par M. K. Księski, Ingénieur.
Lavage du sable aux purgeoirs (suite et fin), par M. A. Szniolis, Ingénieur.
L'application du goudron pour renforcement du revêtement des routes empierrées, par M. S. O.
Revue documentaire.
Bibliographie.

Utrzymanie mocy silnika lotniczego na dużych wysokościach.

Napisał Inż. K. Księski.

Moc silnika lotniczego jest mniej więcej proporcjonalna do ciężaru powietrza zasysanego do cylindrów silnika na jednostkę czasu, przyjmując, że tworzenie mieszanki jest naregulowane zawsze w ten sam sposób. Moc rzeczywista, t. j. ta, którą pobieramy na wale, mniejsza jest od indykowanej o straty własne silnika, jak straty tarcia, drga silnika, oraz o moc, rozchodowaną na napęd mechanizmów pomocniczych, pompki wodnych i oliwnych, magneto i t. p. Wobec zbyt wielu czynników, które warunkują wielkość strat własnych silnika, jest rzeczą niemożliwą ustalić ścisłą, a prostą formułę, któraby określała zależność mocy rzeczywistej silnika od ilości zasysanego powietrza. Z pewnym przybliżeniem możnaby przyjąć, że współczesne silniki lotnicze dają moc 1 KM na każdy gram powietrza zasysanego na sek, jeżeli

pracują przy normalnem ciśnieniu atmosferycznem. Zaznaczyć jednak należy, że od tej średniej cyfry mogą zachodzić duże odchyłki, zależnie od mniej lub bardziej udanej konstrukcji silnika, od regulacji, stopnia sprężania, smarowania i t. p.



Rys. 1. Turbospężarka o napędzie mechanicznym do silnika 450 — 550 KM.

Moment M silnika, prawie niezależny od prędkości kątowej wału — w zakresie liczby obrotów stosowanych praktycznie (przynajmniej w odniesieniu do silników stałych — nierotacyjnych), możemy z grubsza określić następującym prostym wzorem:

$$M = \rho (\omega - v),$$

przyczem ρ = współczynnik właściwy każdemu silnikowi, ω = ciężar właściwy powietrza zasilającego,

v = stała charakterystyka dla każdego silnika wynosząca ok. 0,12.

Widzimy odrazu z powyższego równania, że gdy, w miarę wznoszenia się samolotu, gęstość po-

Z KSIĘGOCZBIORU
LABORATORIUM WYTRZYMAŁOŚCI
TWORZYW
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
J.Nr. VII-689

wietrza się zmniejsza, moment i moc silnika maleje szybciej niż ω . Na wysokości np. 6500 m, gdzie ω spada do połowy, moment wynosi tylko 44% swej pierwotnej wartości przy ziemi. Stosując powyższy wzór w dalszym ciągu, otrzymalibyśmy moment równy zeru, jeżeli ω obniżyłoby się do 0,12, co miałyby miejsce na wysokości 18 000 m ponad ziemią.

Tak silne zmniejszanie się momentu silnika wywołuje spadek liczby obrotów śmigła i prędkości wznoszenia się samolotu, oraz ogranicza jego pułap. Przy stałym momencie, natarcie lotu zostałyby to samo, podobnie jak moc i opór śmigła, podczas gdy liczba obrotów wzrastałaby proporcjonalnie do odwrotności $1/\omega$ i praktycznie pułap byłby ograniczony jedynie prędkościami, dopuszczalnymi ze względu na wytrzymałość mechanizmów silnika.

Zapobieganie zbyt szybkiemu spadkowi momentu jest w niektórych wypadkach, zwłaszcza w samolotach wojskowych, rzeczą niesłychanie ważną, wobec konieczności utrzymania odpowiedniej prędkości postępowej i wznoszenia się samolotu na znacznie wyższych wysokościach, oraz celem uzyskania wysokiego pułapu. Technika lotnicza usiłuje rozwiązać to zagadnienie, budując silniki przystosowane specjalnie do pracy na dużych wysokościach. Silnik taki musi jednak pracować i na ziemi bez nadmiernego obciążenia mechanizmów. Zdolność silnika do pracy w atmosferze rozrzedzonej uzyskuje się albo wpływając na działanie samego silnika przez zmianę stopnia sprężania, zasilania, regulacji i t. p., często w połączeniu z mniej lub dalej idącymi przekształceniami w budowie jego części, albo dodając do silnika zbudowanego normalnie — mechanizm specjalny, sprężający powietrze zasilające silnik i stwarzając mu tem samem warunki pracy, zbliżone zawsze do warunków pracy przy ziemi.

W pierwszym wypadku, t. j. w zakresie silników, przystosowanych a priori do pracy na dużych wysokościach, rozróżniamy dwa główne typy: silniki przepiężone i silniki z częściowym napełnieniem cylindrów.

Silniki przepiężone różnią się tem od zwyczajnych, że stopień sprężania $\frac{V+v}{v}$ jest tu

większy niż normalnie, większy nawet, niż to jest dopuszczalne ze względu na detonację mieszanki. Skutkiem tego silnik przepiężony może pracować na ziemi jedynie przy napełnieniu częściowym, to znaczy przy kłapie karburatora częściowo przymkniętej. Napełnienie całkowite dopuszcza się dopiero na pewnej określonej wysokości, gdzie nie zachodzi już niebezpieczeństwo detonacji, ani też zbyt dużego obciążenia części silnika. Dzięki podwyższeniu sprężania, zwiększa się sprawność teoretyczna silnika, tak że przy dobrem gazowaniu oraz doskonałej szczelności pierścieni tłokowych zysk na mocy może dojść do 20% — 25%. Stopień sprężania silników przepiężonych waha się w granicach $\frac{V+v}{v} = 7 \div 8$.

Konstrukcyjnie uzyskuje się przepiężenie, zmniejszając przestrzeń dawkową w silniku

normalnym, najczęściej przez zastosowanie wyższych tłoków. Urządzenia służące do zmiany przestrzeni dawkowej w czasie ruchu silnika, celem dokładniejszego przystosowania tegoż do każdej wysokości, nie zdobyły dotychczas zastosowania praktycznego wskutek swego ciężaru i zawłości budowy, tem większej, że muszą przenosić zazwyczaj całkowity nacisk tłokowy i część przynajmniej sił bezwładności. Wymienimy tu parę przykładów, jak: przesuwanie równoległe wału korbowego, osadzenie głowicy korbowodu w nastawianej, mimośrodowej panewce, tłoki rozprężne i t. p.

Gdybyśmy w silniku normalnym napełniali podczas biegu przy ziemi tylko część cylindra mieszanką wybuchową i zwiększali napełnienie w miarę wznoszenia się samolotu, uzyskalibyśmy moc silnika stałą aż do tej wysokości, gdzie osiągnęlibyśmy napełnienie całkowite. Silnik byłby jednak w tym wypadku niewyzyskany, gdyż obciążenie jego byłoby znacznie mniejsze od dopuszczalnego. Aby podwyższyć obciążenie, musimy zwiększyć siłę działającą na tłok. Wobec niemożności podniesienia sprężania, a więc i ciśnienia jednostkowego podczas wybuchu, pozostaje drugie rozwiązanie, t. j. zwiększenie powierzchni tłoka, a co za tem idzie, objętości cylindra. Na tem opiera się zasada silników z napełnieniem częściowym. Objętość cylindrów jest tu większa w stosunku do wielkości i wytrzymałości pozostałych części, niż w silniku normalnym, natomiast skutkiem częściowego tylko napełniania cylindrów przy małych wysokościach, sprężanie, a więc i siła wybuchu będzie tu odpowiednio mniejsza, tak że obciążenie poszczególnych organów pozostanie w granicach przewidzianych. Regulowanie napełnienia cylindrów odbywać się będzie albo przez dławienie powietrza w rurach dolotowych, albo przez wcześniejsze przymknięcie zaworu ssącego.

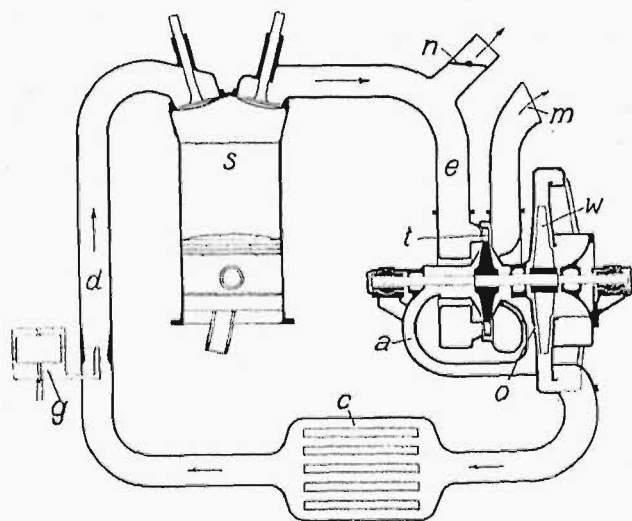
W obu wypadkach silnik posiadać musi, jako uzupełnienie regulacji ręcznej, urządzenie automatyczne, ograniczające ciśnienia końcowe w końcu suwu sprężania, by nie dopuścić w razie nieuwagi pilota do zbyt wielkich napełnień w pobliżu ziemi. Przeoczenie zaś byłoby tu tem łatwiejsze, że w silniku z częściowym napełnieniem nie mogą nastąpić uderzenia, spowodowane detonacją mieszanki, które to uderzenia w silniku przepiężonym są ostrzeżeniem dla pilota, że dopuszczalne sprężanie zostało przekroczone.

Silniki o napełnieniu częściowym nie są pozbawione wielu wad, jakimi są przede wszystkim: zawiła budowa mechanizmów do regulacji automatycznej, trudność zapalania mieszanki o niskim stopniu sprężania, a więc zimnej, większy rozchód benzyny wskutek większych oporów własnych silnika, a wreszcie większy ciężar jednostkowy maszyny.

Drugi sposób zapobiegania spadkowi mocy silnika na znacznie wyższych wysokościach polega na sprężnięciu silnika ze sprężarką powietrza zasilanego przez silnik. Konstrukcja sprężarki, przystosowanej do wymagań lotnictwa, nastęrcza nader poważne trudności, które jeszcze do dziś dnia w znacznej części nie zostały usunięte i ograniczają zastosowanie sprężarki, przynajmniej w lotnictwie francuskim, do nielicznych stosunkowo wypadków. W rachubę wchodzić tu mogą jedynie tur-

bosprężarki o dużej liczbie obrotów. Sprężarki tłokowe nie nadają się zupełnie dla lotnictwa, ze względu na duży ciężar oraz znaczne siły bezwładności, występujące w mechanizmach.

Sprzęgnięcie silnika ze sprężarką stanowi samo przez się zagadnienie nader skomplikowane. Sprzęgnięcie trwałe, aczkolwiek proste pod względem konstrukcyjnym, nie jest celowe, gdyż silnik zużywałby bezużytecznie moc na napęd sprężarki na małych wysokościach, rozruch byłby utrudniony, a ponadto nieregularności biegu silnika przy małej liczbie obrotów odbijałyby się szkodliwie na trwałości sprężarki. Z drugiej strony, sprzęgła wyłączalne są konstrukcjami dość ciężkimi i delikatnymi w działaniu, podobnie — przekładnia zwiększająca liczbę obrotów sprężarki. Gdybyśmy chcieli utrzymać stałe ciśnienie powietrza, zasilającego silnik, przy różnych wysokościach samolotu, liczba obrotów sprężarki musiałaby wzrastać znacznie szybciej, niż silnika, conajmniej w stosunku 1 : 2,5, co pociągałoby konieczność zastosowania przekładni ciągłej, ciężkiej i zawilej. Na szczę-



Rys. 2. Schemat sprężenia silnika z turbosprężarką Rateau.

ście ten ostatni postulat nie jest konieczny i napędzanie sprężarki przekładnią, zwiększającą liczbę jej obrotów w stosunku stałym do liczby obrotów silnika, w praktyce zupełnie wystarcza.

Nader pomysłową konstrukcję sprężarki dla silnika lotniczego, opartą na odmiennych nieco zasadach, zawdzięczamy A. Rateau, najwybitniejszemu we Francji specjalistom w dziedzinie turbin i turbosprężarek. Rateau połączył sprężarkę z turbiną, napędzaną gazami wydechowymi z silnika. Przez wyzyskanie tej części energii, która normalnie bezużytecznie ulatuje w powietrze, otrzymał Rateau znaczne powiększenie pola pracy użytecznej w wykresie mocy silnika, kosztem stosunkowo niedużych strat, wynikających z powiększenia przeciwcisnienia na wydechu. Poza to uzyskał mechanizm o liczbie obrotów niezależnej od obrotów silnika, sterowanej jedynym zaworem, który skierowuje gazy wydechowe silnika do turbiny, lub też wypuszcza je w powietrze. Dzięki zastosowaniu bardzo dużej liczby obrotów, turbosprężarka jest lekka i mała.

Zrealizowanie sprężarki, napędzanej gazami wydechowymi silnika, możliwe byłoby jedynie pod

tym warunkiem, że w gazach tych znajduje się wystarczająca ilość energii. Zagadnienie było tem trudniejsze, że dla uniknięcia większych oporów wydechu i uzyskania dobrego usuwania spalin z cylindrów, nie było możliwe dopuszczanie do turbiny gazów o tej prężności, jaką posiadały w chwili wydechu z cylindra silnika (ok. 4,5 at), lecz należało rozprężyć je do pewnego stopnia bez pobierania pracy i wykorzystać dopiero energję pozostałą. Ponieważ pożądane było stworzyć silnikowi warunki pracy, zbliżone możliwie do warunków pracy na ziemi, energia, która pozostawała do dyspozycji wahała się w granicach między 1 at, a ciśnieniem powietrza otaczającego.

Energja zawarta w gazach wydechowych, rozprężających się od ciśnienia 1 at do jakiegokolwiek ciśnienia niższego, wystarcza, przy uzyskanej sprawności urządzenia, na sprężenie powietrza w tych samych granicach ciśnień. Wykazuje to zresztą bardzo proste rozumowanie. Przy założeniu zupełnej szczelności pierścieni tłokowych i przewodów, ciężar spalin jest nieco większy, niż gazów zassanych, na skutek dodania do tych ostatnich 5 — 6% benzyny.

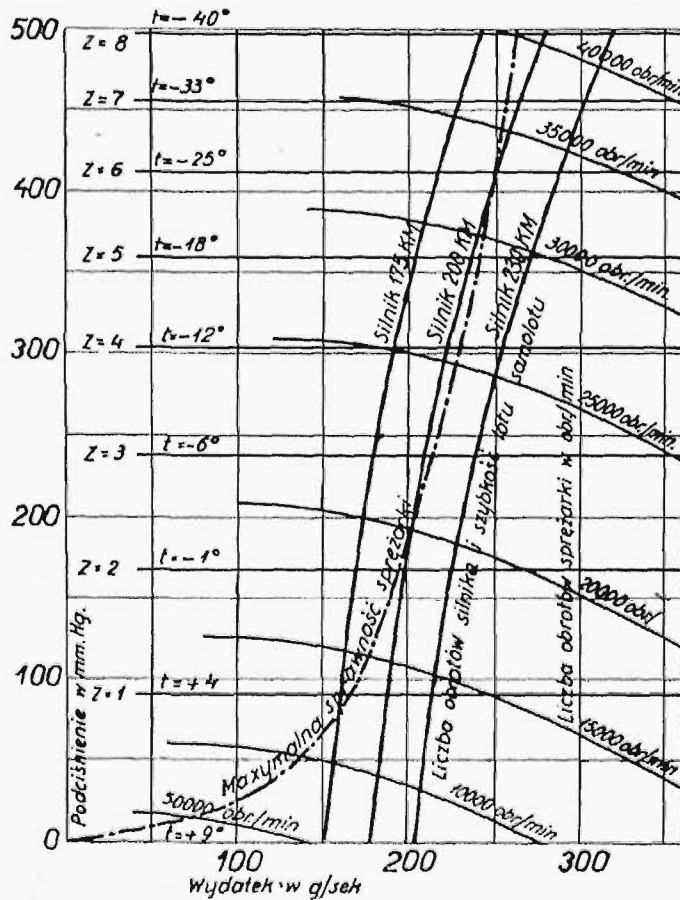
Temperaturę spalin przy pracy silnika w okolicy ziemi możemy ocenić na 800° C, gazy zaś dopływające do turbiny mogą mieć, po ochłodzeniu się w przewodach doprowadzających, temperaturę około 750° C, czyli 1023° C w absolutnej skali temperatur. Jeżeli samolot znajduje się na takiej wysokości, gdzie temperatura powietrza otaczającego wynosi —20° C, czyli 253° abs., objętość spalin będzie $\frac{1023}{253} = 4$ razy większa, niż objętość powietrza wchodzącego do cylindrów, przy założeniu tych samych ciśnień (około 1 at). Łatwo zrozumieć, że spaliny, rozprężające się w turbinie od ciśnienia około 1 at do ciśnienia powietrza otaczającego, zdolne będą teoretycznie dać pracę ok. czterokrotnie większą, niż praca potrzebna do sprężenia powietrza zasilającego silnik od ciśnienia początkowego do ciśnienia również 1 at. Wystarczy więc, by zespół turbina - sprężarka posiadał sprawność 25%. Sprawność agregatu Rateau przekracza 27%, będzie przeto zupełnie dostateczną dla tych warunków.

Rozumowanie nasze było przybliżone, gdyż nie uwzględniało zmian temperatury, które zachodzą zarówno podczas rozprężania się gazów w turbinie, jak i podczas sprężania powietrza w sprężarce. Rachunek zupełnie ścisły wykazuje, że dla wysokości nie przekraczających 5000 — 6000 m, wyniki niewiele się różnią od uzyskanych powyżej. Tak np., aby sprężarka spełniła swe zadanie na wysokości 5400 m, należy zwiększyć tylko o 9% ciśnienie gazów przy wejściu do turbiny. Przy znacznie większych wzniesieniach, warunki ruchu się pogarszają i dla poprawienia sprawności urządzenia — należałoby uciec się do sprężarki dwustopniowej i chłodzenia powietrza między stopniami.

Praktyczne wykonanie turbosprężarki Rateau pociągało za sobą nowe i poważne trudności.

Aby sprężyć powietrze do ciśnienia 1 at np. na wysokości 5400 m, to znaczy podwoić ciśnienie powietrza, doprowadzanego do cylindrów silnika, należało wieńcu wirnika sprężarki nadać prędkość 380 m/sek, co przy średnicy wirnika 24 cm odpo-

wiadało 30000 obr./min. Przy tej liczbie obrotów siła odśrodkowa jest olbrzymia. Przytem temperatura, w której turbina pracuje, wynosi około 650—700°, jest to więc temperatura czerwonego żaru, gdzie wszystkie metale tracą znaczną część swej wytrzymałości. Równocześnie zaś wirnik sprężarki osadzony na tym samym wale, co turbina, wystawiony jest na dużych wysokościach na bardzo niskie temperatury, dochodzące do — 55°, w których metale używane powszechnie stają się nader kruche.



Rys. 3. Charakterystyki turbosprężarki Rateau, zastosowanej do silnika 175 KM i sprężającej powietrze do ciśnienia 760 mm Hg, przy różnych liczbach obrotów.

Wał turbosprężarki będzie z jednej strony ogrzewany do czerwoności, z drugiej — intensywnie chłodzony. Wyważenie musi być bez zarzutu, wobec przekroczenia prędkości krytycznych.

Dzięki długoletniemu doświadczeniu w dziedzinie budowy turbosprężarek i dzięki zastosowaniu materiałów specjalnych, udało się Rateau pokonać piętrzące się trudności i stworzyć mechanizm silny i niezawodny w działaniu.

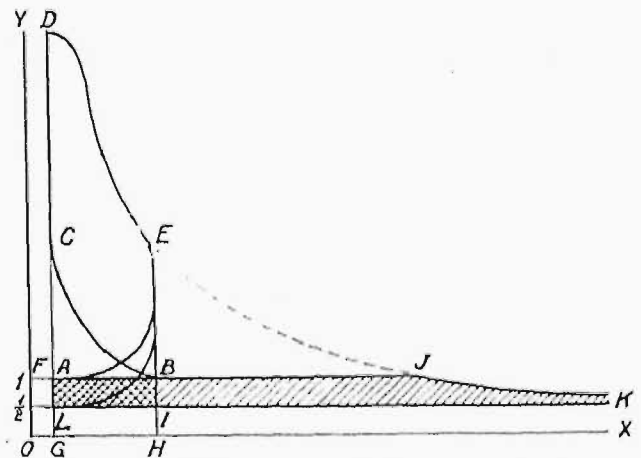
Turbosprężarka Rateau (rys. 2) składa się z dwu części: reakcyjnej, szybkobieżnej turbiny osiowej, oraz wirnikowej sprężarki osiowo-promieniowej, osadzonej na tym samym wale, co wirnik turbiny. Wirnik t oraz kierownice turbiny wykonane są ze stali wolframowej (18% Wo), zachowującej wytrzymałość w wyższych temperaturach i niewrażliwej na działanie gorących gazów. Wirnik w sprężarki wycięty jest z jednego kawałka stali niklowej, skrzydełka w liczbie 9 ułożone są promieniowo i ukształtowane według profilu o jednakowej wytrzymałości. Powietrze uchodzące z obrotu wirnika wpada do spirali, a stamtąd

przez chłodnicę c do karburatora g . Włączenie chłodnicy w obwód przewodów zasilających jest konieczne, ze względu na znaczne podwyższenie temperatury powietrza podczas sprężania. Tak np. przy dwukrotnym sprężaniu przyrost temperatury wynosi ok. 90° C, co odbiłoby się ujemnie na stopniu napełnienia cylindra i regularności biegu silnika. Pewna ilość powietrza wydostaje się ze sprężarki przez drobne otworki o i prowadzona przewodami a chłodzi łożyska, wał i wirnik turbiny. Łożyska osadzone są na czopach kulistych, by umożliwić swobodne ustawianie się wału. Smarowanie jest obiegowe w łączności ze smarowaniem silnika, lecz pod ciśnieniem zmniejszonym 0,1 — 0,5 at. Pierwsza krytyczna ilość obrotów turbosprężarki wynosi 8000 obr./min, druga — 27000 obr./min, a więc w sąsiedztwie biegu normalnego. Sterowanie turbosprężarki dokonywa się przy pomocy kłapy n , regulującej ilość gazów dopływających do turbiny, przez wypuszczenie ich nadmiaru w powietrze. Przy całkowitem otwarciu kłapy, t. j. wydmuchu wolnym, drobna część gazów przynika jednak do turbiny i obraca ją wolno, co jest korzystne ze względu na zmniejszenie oporów zasysania powietrza, odbywającego się stale przez wirnik turbosprężarki.

Pierwsza turbosprężarka Rateau, wypuszczona w r. 1917, dostosowana była do silnika o mocy 175 KM i utrzymywała do wysokości 4000 m ciśnienie powietrza dolotowego 1 at. W następnych latach zrealizowano typy sprężarek przeznaczone dla silników 300 KM i 450 KM i utrzymujące stale ciśnienie do wysokości 5400 m.

Ciężar turbosprężarki dla silnika 300 KM wynosi wraz ze wszystkimi akcesorjami około 80 kg.

Prędkość samolotów zaopatrzonych w turbosprężarkę Rateau jest przy ziemi nieco mniejsza, niż normalnie, stosuje się bowiem śmigła o większym skoku, aby utrzymać liczbę obrotów silnika w granicach dopuszczalnych. Różnica ta znika jednak przy wzniesieniu się powyżej 2000 m.



Rys. 4. Wykres pracy silnika sprzęgniętego z turbosprężarką.

Wykres na rys. 3 wskazuje, jaką liczbę obrotów winna posiadać turbosprężarka (typ 175 KM), by utrzymać na różnych wysokościach ciśnienie powietrza sprężanego — 1 at. Na osi odciętych mamy zaznaczony wydatek sprężarki w gramach powietrza na sekundę, moc silnika jest proporcjonalna do tego wydatku. Na osi rzędnych odniesiono wartość ciśnienia atmosferycznego w mm Hg.

Linje poziome odpowiadają wzniesieniom w *km* w atmosferze normalnej, a temperatury zaznaczono na boku. Z wykresu widać, że dla utrzymania stałego ciśnienia 1 *at* powietrza zasilającego, dla silnika np. 200 KM, sprężarka musi wykonywać:

na wysokości $Z = 1 \text{ km}$	—	13300	obr./min
2 "	—	18500	"
3 "	—	22220	"
4 "	—	25400	"
5 "	—	29400	"
6 "	—	33100	"

Jako maksymalną liczbę obrotów sprężarki, należy jednak przyjąć 30 000 obr./min, by nie dopuścić do zbytniego obniżania się stopnia bezpieczeństwa konstrukcji.

Jeżeli porównamy sprawność zespołu silnika z turbosprężarką napędzaną spalinami ze sprawnością takiegoż zespołu, w którym jednak sprężarka napędzana jest mechanicznie, spostrzeżemy, że sprawność pierwszego układu jest znacznie wyższa, wskutek wyzyskania energii spalin, rozprężających się do ciśnienia powietrza otaczającego, podczas gdy w drugim wypadku energia ta ginie bezpowrotnie.

Widzimy to wyraźnie na rys. 4, przedstawiającym wykres pracy silnika, gdzie zaznaczono, jakiej ilości pracy możemy użyć na napęd sprężarki w jednym i drugim wypadku, przy zachowaniu niezminionej mocy rzeczywistej silnika. Na wykresie tym odcięto na osi *OX* objętości, na osi *OY* ciśnienia. Ciśnienie 1 *at* oznacza tu linja *FJ*, skok tłoka lub objętość użyteczną cylindra — odległość *GH*, przestrzeń martwą — odcinek *OG*. Wykres jest nieco zdeformowany, w celu ograniczenia jego rozmiarów. W rzeczywistości punkt *D* powinien być znacznie wyżej, gdyż prężność przy wybuchu mieszanki wynosi 25 *at*.

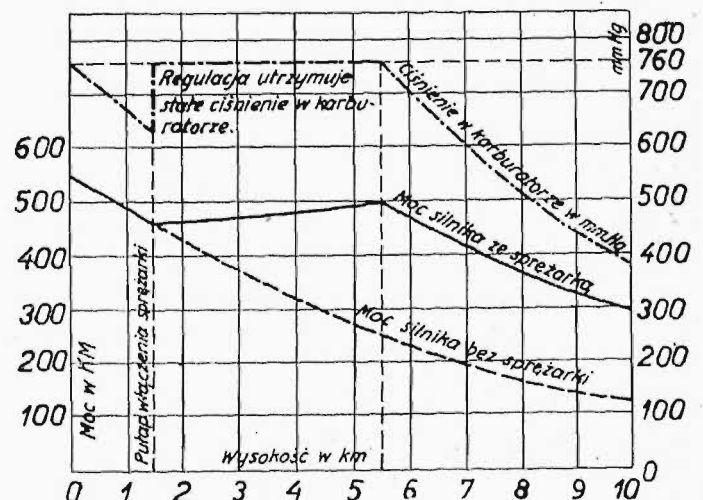
Jeżeli silnik pracuje na wysokości np. 5400 *m*, gdzie ciśnienie atmosferyczne jest zredukowane do połowy, to w razie sprzęgnięcia go ze sprężarką napędzaną mechanicznie, a więc przy ciśnieniu powietrza wlotowego 1 *at* i wydmuchu swobodnym, pole wykresu pracy silnika powiększy się o prostokąt *ABIL*. Prostokąt *ABIL* przedstawi zarazem pracę przeznaczoną na napęd sprężarki. W rzeczywistości tylko 85% tej pracy będziemy mogli użyć na wale sprężarki, a to wskutek strat oporów biernych, intensywniejszego falowania gazów przy zaworze wydechowym, większej różnicy ciśnień, wreszcie z powodu strat tarcia przekładni sprężarki.

Przy napędzaniu turbosprężarki według metody Rateau, spaliny rozprężają się wprawie swobodnie wedle linii *EJ*, która wobec niezmiennej prawie temperatury gazów przy tym rodzaju rozprężania będzie odcinkiem hyperboli. Ponieważ ciśnienie końcowe w cylindrze silnika wynosi ok. 1,5 *at*, odległość *FJ = 4,5 FB*, czyli *AJ = 5,4 AB*. W końcu nastąpi rozprężenie w turbinie według politropy *JK*, przyczem punkt *K* znajdzie się na przedłużeniu linii *LI* w odległości od *L* prawie o podwójną długość *AJ*. Trapez *AJKL* przedstawi tu pracę teoretyczną, przeznaczoną na napęd turbosprężarki. Przy sprawności turbiny 0,5 (w rzeczywistości jest nieco więcej), praca rzeczywista przeniesiona na wał sprężarki wyniesie tylko połowę powierzchni trapezu *AJKL*. Mimo to, z porównania pól pracy użytecznej w obu systemach napędu

sprężarki, widzimy, że 1/2 powierzchni *AJKL* 4^0,85 powierzchni *ABIL*, czyli, że w systemie Rateau będziemy dysponować na napęd sprężarki energią przynajmniej czterokrotnie większą, niż przy napędzie mechanicznym, mimo że praca użyteczna silnika w obu wypadkach będzie ta sama. Wynika stąd teoretycznie wyższość systemu Rateau.

Niestety wyniki praktyczne nie zupełnie odpowiedziały oczekiwaniom. Przy rozlicznych swych zaletach, napędzanie sprężarki według systemu Rateau obfituje również w niedogodności, dotyczące się zwłaszcza zbytniego nadwyższania części silnika, co też w znacznej mierze ograniczyło stosowanie na szerszą skalę tego wynalazku. W poszukiwaniu najlepszego rozwiązania trudnego problemu sprężania powietrza doprowadzanego do silnika, zwrócono się znów do zarzuconej pierwotnie koncepcji — turbosprężarki sprzężonej mechanicznie z silnikiem; w ostatnich miesiącach „T-wo Rateau” wypuściło nowy typ tego rodzaju sprężarki dwustopniowej, połączonej z silnikiem sprzęgłem wyłączalnym (rys. 1). Sprężarka ta zastosowana do silnika 500 KM umożliwia mu rozwinięcie mocy 460 KM, na wysokości 5400 *m*. Mechanizm turbosprężarki mieści się w osłonie odlanej z alpacu i zawierającej kanały kierujące powietrze kolejno na oba koła wirnikowe. Wirniki osadzone są na wale sztywnym, podpartym na obu końcach w łożyskach smarowanych pod ciśnieniem 2 — 3 *at*, łącznie ze smarowaniem silnika.

Sprzęgnięcie sprężarki z silnikiem oraz przekładnia obrotów nasuwały poważne trudności techniczne, ze względu na dużą moc przenoszoną (około 80 KM) oraz liczbę obrotów sprężarki ok. 20 000 obr./min. Zastosowano tu sprzęgło wyłączalne, automatyczne, zupełnie nowego typu. Sprzęgło to składa się: 1) z tarczy połączonej stale



Rys. 5. Wykres ciśnienia w karburatorze oraz spadku mocy silnika, sprzęgniętego z turbosprężarką napędzaną mechanicznie, w porównaniu z silnikiem bez sprężarki.

i elastycznie z wałem korbowym silnika zapomocą czopa z naciętymi rowkami, wchodzącego z pewnym luzem w rowkowane wydrążenie wału korbowego; 2) z dwu krążków obejmujących, które po włączeniu sprzęgła zaciskają między sobą tarcze napędzające i przenoszą ruch zapomocą tarcia. Na

jednym z tych krążków osadzony jest ruchomo szereg ciężarków, które w czasie obrotu sprzęgła odchylają się pod wpływem siły odśrodkowej i za pośrednictwem dźwigni i cięgieł ściskają krążki sprzęgła, wzmacniając ich przyleganie do tarczy napędzającej.

W chwili włączania, słaba sprężyna przyciska krążki do tarczy napędzającej. Krążki zaczynają wirować z początku wolno i z dużym poślizgiem. W miarę zwiększania ich liczby obrotów, rośnie siła odśrodkowa, ciężarki zaciskają sprzęgło coraz silniej, aż wreszcie, po ustaleniu się tarcz względem siebie, sprzęgło jest ostatecznie włączone. Dla wyłączenia, spycha się ciężarki ku środkowi specjalnym pierścieniem, siła dociskająca ustaje i sprzęgło się rczluźnia.

W sprzęgle tego typu wszystkie siły odśrodkowe są wyrównoważone i nie dają wypadkowej obciążającej panewki łożyska. Niema tu również sił osiowych, a nacisk zewnętrzny występuje tylko w czasie wyłączenia.

Zauważyć należy, że moment zaciskający sprzęgło jest tu proporcjonalny do kwadratu liczby obrotów i wzrasta w tym samym stopniu, co moment oporowy sprzężarki. Dzięki temu zdolność sprzęgła do pochłaniania drgań i nieregularności momentu napędzającego silnika pozostaje niezmienną przy każdej liczbie obrotów. Ma to duże znaczenie, zwłaszcza przy małych obrotach, gdzie sprzęgło nie zaciskając się zbyt silnie umożliwia pewien poślizg tarcz między sobą i łatwo absorbuje nieregularności, występujące tu szczególnie wyraźnie.

Zwiększenie liczby obrotów sprzężarki uzyskuje się zapomocą planetarnej, czołowej przekładni zębatej. Na tym samym krążku, który dźwiga ciężarki, umieszczone są osie trzech kółek planetarnych, które z zewnątrz toczą się po obwodzie nieruchomego wieńca zębatego, a od strony we-

wnętrznej ząbują się z kołem, osadzonym na wale sprzężarki, nadając tej ostatniej liczbę obrotów 7 razy większą od prędkości wału korbowego silnika. Istnieje również możliwość sprzęgnięcia bezpośredniego wału korbowego z wałem sprzężarki. Stosuje się to na małych wysokościach w celu wytwarzania wirów w strumieniu mieszanki i ujednorodnienia jej składu na wejściu do cylindrów.

Wykres rys. 5 podaje ciśnienia powietrza w karburatorze i moc silnika, zaopatrzonego w sprzężarkę, w porównaniu z tym samym silnikiem bez sprzężarki. Widzimy, że przy włączeniu sprzężarki na wysokości np. 1500 m ciśnienie w karburatorze (włączonym tu, jak w większości wypadków, między sprzężarkę a silnik) wzrasta gwałtownie do ciśn. 1 at i pozostaje stałe aż do wysokości prawie 5500 m, dla której obliczona była sprzężarka. Moc rzeczywista silnika nie zmienia się wyraźnie w chwili włączenia sprzężarki, gdyż nadwyżka jej zostaje użyta na napęd sprzężarki. Widzimy to zresztą wyraźnie z wykresu pracy silnika (rys. 4). Przy dalszym wznoszeniu się samolotu, moc rzeczywista wzrasta nieco, zwiększa się bowiem liczba obrotów silnika, dzięki mniejszemu oporom, jakie napotyka śmigło w coraz rzadszej atmosferze; wreszcie, po przekroczeniu 5500 m, moc silnika opada w sposób normalny.

Oprócz sprzężarek w ścisłym tego słowa znaczeniu, stosuje się dość często wirniki, wbudowane w karter silnika i napędzane bądź z tą samą prędkością, co wał korbowy, bądź 2 lub 3 razy prędeż. Wirniki te mają za zadanie homogenizowanie mieszanki wybuchowej i równomierne rozdzielanie jej do cylindrów. Ponadto, jeśli liczba obrotów jest dostatecznie wielka, zwiększają nieznacznie ciśnienie doprowadzanego powietrza (np. ciśn. 40 cm słupa wody przy 5000 obr./min wirnika), zapewniając w ten sposób całkowite napełnienie cylindrów, przez co zwiększa się moc silnika.

Przemywanie piasku na filtrach powolnych.*)

Napisał Inż. A. Szniolis.

Oddział Inżynierji Sanitarnej Państwowej Szkoły Higjeny.

Opisany wyżej sposób przemywania piasku stosowany jest na bardzo starych filtrach.

W nowszych stosuje się obecnie przemywanie piasku na samym filtrze, tak że piasek wraca w stanie przemytym z powrotem na filtr, wobec czego grubość warstwy filtracyjnej zawsze jest ta sama.

Sposób ten ma wiele zalet: 1) przemywanie może być dokonywane z jednakową łatwością w ciągu całego roku; 2) warstwa złoża piaskowego na filtrze pozostaje zawsze tej samej grubości; 3) mniejszy jest koszt przemywania, gdyż odpada transport piasku; 4) niema potrzeby budowania kosztownych zbiorników do przechowywania piasku i t. d.

Przemywanie piasku na samym filtrze może odbywać się: za pomocą 1) płóćki Nichols'a przy ręcznym skrobaniu piasku i ponownem układaniu warstwy; 2) maszyny Nichols'a, która — poruszana

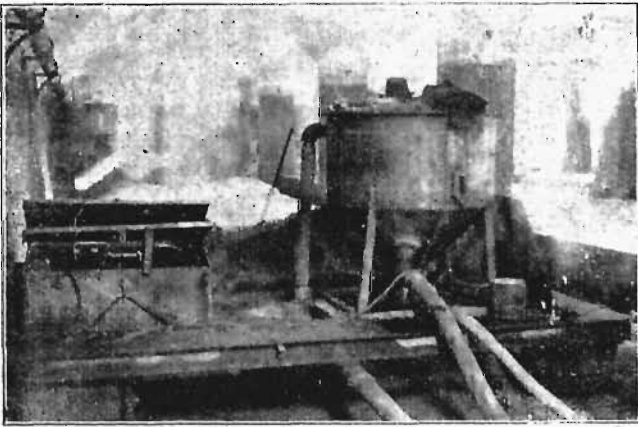
elektrycznością — ścina górną warstwę piasku pożądanęj grubości i przemywa go; 3) maszyn Blaisdell'a, które przemywają piasek na samem złożu. Maszyna Nichols'a przedstawiona jest na rys. 7, 8 i 9. Prąd do uruchamiania maszyny i ślimaka dostarcza powietrzny przewód elektryczny, umieszczony w filtrze. Ślimaki ścinają warstwę piasku i wgniatają go do pudełka A (rys. 9), gdzie jest umieszczony inżektor, który przerzuca piasek do separatora Nichols'a, umieszczonego na pomoście maszyny. Przemyty piasek odpływa rurą poza maszynę. Maszynę obsługuje 2 ludzi — jeden na pomoście maszyny, drugi rozrzuca piasek przemyty. Wydajność maszyny wynosi 7,5 m³/h przemytego piasku.

Maszyna Blaisdell'a przemywa piasek w samem złożu. Zasadniczą częścią tej maszyny jest żelazna skrzynia, obrócona dnem do góry, wewnątrz której znajdują się mieszałki, podobne do

*) Dokończenie do str. 14 w Nr. 1—2 r. b.

mieszadeł używanych w szybkobieźnych filtrach starego typu.

Skrzynia ta umieszczona jest na ramie żelaznej, związanej z tem lub innym urządzeniem mechanicznem do poruszania mieszadeł, przesuwania całej maszyny i innych czynności. Przy przemy-

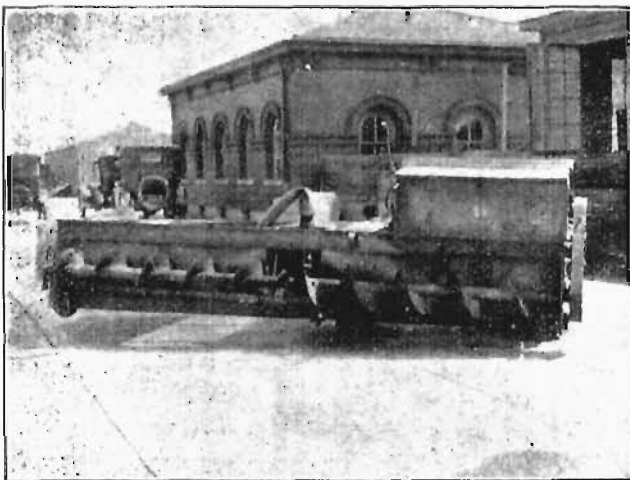


Rys. 7. Maszyna Nichols'a do przemywania piasku podczas pracy na filtrze

waniu, zanurza się skrzynię do piasku i puszcza się w ruch mieszadła. Mieszadła są wykonane w postaci rurek, przez które wtlacza się wodę do przemywania piasku.

Pod działaniem tej wody, jak również pod wpływem mechanicznego działania samego mieszadła, które przegrzebuje górną warstwę piasku, piasek przemywa się bardzo energicznie. Specjalna pompa, umieszczona na ramie maszyny, ssie ze skrzyni brudną wodę, pochodzącą z tego przemywania, i odprowadza ją do specjalnych kanałów, lub nazewnątrz filtra. Przytem więcej się ssie wody z pod skrzyni, aniżeli się jej wtlacza (filtr w czasie przemywania jest wypełniony wodą).

Mieszadła mogą być poruszane z kilku szybkościami oraz mogą być opuszczane lub podnoszone, w zależności od tego, jakiej grubości warstwę piasku trzeba poddać przemyciu. Maszyny Blais-



Rys. 8. Maszyna Nichols'a z przodu.

dell'a wykonywa się albo w postaci wózka, który toczy się na szynach, albo w postaci osobnego wozu, tak jak na rys. 12.

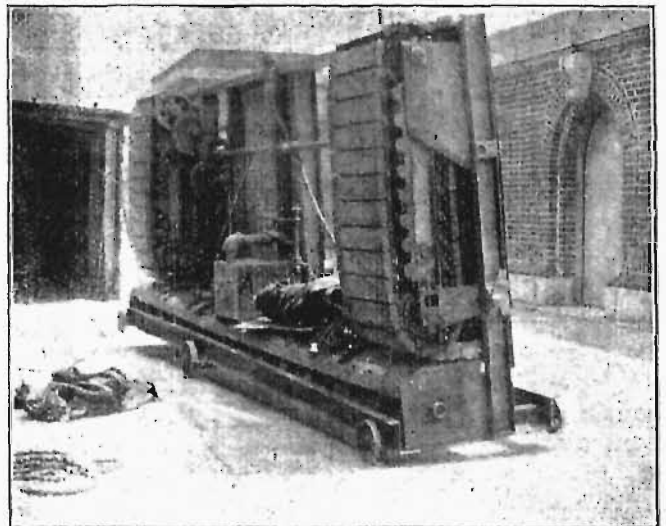
Ten ostatni typ wprowadzony jest od paru lat na filtrach Jonesdale Plant (Philadelphia). Koszt maszyny wynosi 16 000 dol.

Koszt przemywania piasku przy eksploatacji tej maszyny jest znacznie mniejszy, niż koszt innych sposobów przemywania piasku, mianowicie wynosił we wspomnianym zakładzie 13 centów od każdego przemytego m^3 piasku, wówczas gdy przy zastosowaniu maszyny Nichols'a — 39 centów, a przy ręcznym zeszkrobywaniu piasku i przemywaniu nazewnątrz — 65 centów. W Waszyngtonie koszt przemywania piasku w sposób stosowany u nas wynosił 1,80—2,20 dol. od $1 m^3$ piasku. Przy wprowadzeniu zaś transportu hydraulicznego i przemywania nazewnątrz filtra, koszt przemywania $1 m^3$ wynosił:

zeszkrobywanie i wyrównywanie	10,2 cent.
injektor	18,2 "
przemywanie	5,2 "
przechow. i wznawianie złoża	20,8 "
	<hr/> 54,4 cent.

Obliczanie płóczek.

Obliczanie wymiarów płóczek i niezbędnego przepływu wody przez płóczkę, w celu usunięcia



Rys. 9. Maszyna Nichols'a.

wraz z odpływającą wodą drobnych cząsteczek do pewnej pożądanej ich wielkości, oparte jest na teorii sedymentacji Allen'a Hazen'a.

Teoria ta jest niezmiernie ciekawą próbą matematycznego ujęcia zjawisk, które zachodzą przy sedymentacji.

Hazen, we wstępie do swej teorii, mówi: „Zjawiska, jakie zachodzą przy procesie sedymentacji, są bardzo złożone. Rozpatrywanie wszystkich tych zjawisk jednocześnie wydaje się być beznadziejnym trudem”.

Wobec tego wydzielił Hazen tylko część zjawisk i oparł swe obliczenia na następujących założeniach:

1) każda cząsteczka, która opadła na dno, już więcej nie podnosi się;

2) wszystkie cząsteczki posiadają tę samą szybkość opadania, czyli tę samą „wartość hydrauliczną”, jak mówi Hazen:

3) wszystkie cząsteczki opadają w jednakowym stosunku.

Badania jego dotyczą cząsteczek mineralnych o cięż. własc. 2,65.

Nie podając całego szeregu twierdzeń matematycznych, które służyły Hazenowi do rozwiązania tego trudnego zdania, podam ostateczny wynik jego dociekań.

Jest on uwidoczniiony na rys. 10, którego po-

wo na podstawie doświadczeń, częściowo na podstawie obliczeń teoretycznych.

Hazen podaje wzór dla cząstek większych od 0,03 mm:

$$d = 0,01v \dots \dots \dots (I)$$

Wiley ustala dla cząstek mniejszych od 0,03 mm:

$$d = 0,0255 v \dots \dots (II)$$

Interesujące nas obliczenia wynikają z jednego z twierdzeń teorii Hazena, stanowiącego podstawę do wyprowadzenia niezbędnych wzorów.

Twierdzenie. Stopień klarowania wody zależy od wymiaru powierzchni osadnika, „wartości hydraulicznej” cząstek (v) i ilości wody poddanej sedymentacji w jednostce czasu, natomiast nie jest zależny od głębokości zbiornika.

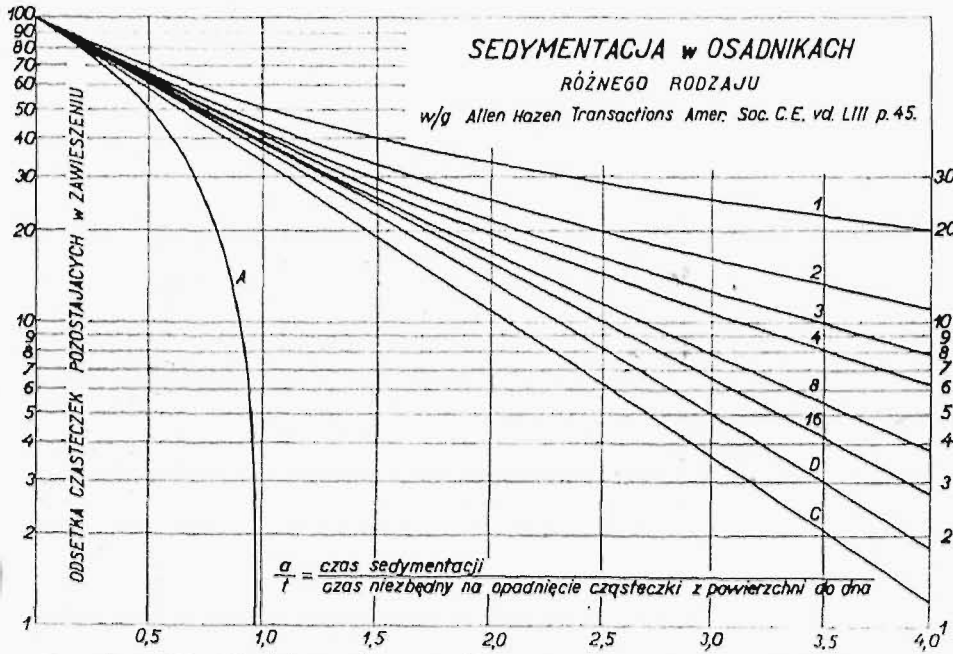
Przypuśćmy, że posiadamy pewien osadnik, którego powierzchnia = b , pojemność użyteczna = c , głębokość użyteczna = d .

Oznaczmy:

ilość wody, poddanej sedymentacji w jednostce czasu = e ,

szybkość opadania cząstek = v ,

czas niezbędny do opadania cząsteczki od powierzchni do dna = t ,



Rys. 10. Przebieg sedymentacji w różnego rodzaju osadnikach.

(szczególne krzywe charakteryzują przebieg sedymentacji w różnego rodzaju osadnikach (przy założeniach, postawionych przez Hazena).

t — oznacza czas, w jakim cząsteczka opadnie od powierzchni do dna,

a — czas opadania (sedymentacji),

x — stosunek ilości zawieszin pozostających w wodzie do ilości zawieszin przed rozpoczęciem sedymentacji.

Linja A przedstawia teoretyczny przebieg sedymentacji, t. zn. taki, jaki mógłby być, gdyby wszystkie cząsteczki wody pozostawały w stanie bezwzględnej spoczynku — wypadek praktycznie nieosiągalny.

Linja C wykazuje przebieg sedymentacji w osadniku, działającym okresowo (wypełnianie, sedymentacja, opróżnianie), przyczem te dane odnoszą się tylko do czasu sedymentacji.

Linja D — teoretyczny przebieg sedymentacji w osadniku przepływowym.

Linja 1 — przebieg rzeczywisty sedymentacji w jednym przepływowym osadniku,

Linja 2 — to samo w dwu osadnikach w szeregu,

Linja 3 — to samo w 3 osadnikach w szeregu,

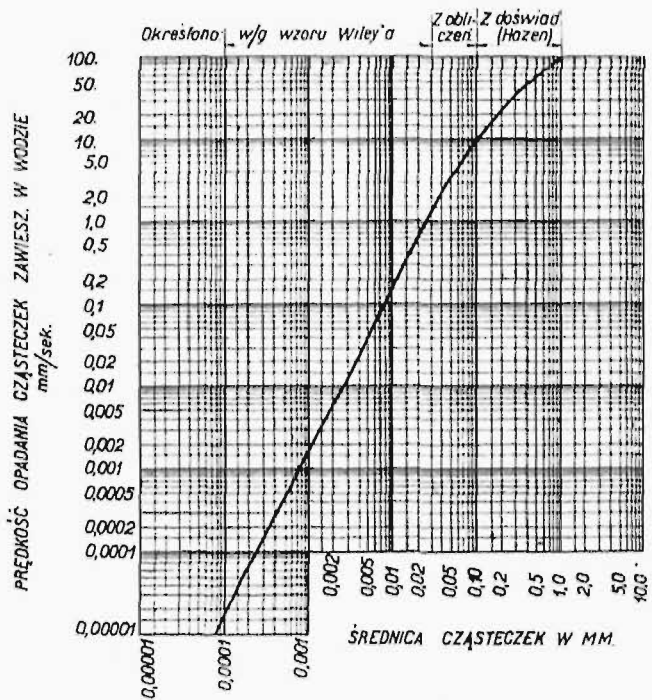
Linja 4 — w osadniku przepływowym z przegrodami,

Linja 8 — w osadniku przepływowym z wielu przegrodami,

Linja 16 — w warunkach zbliżonych do D.

Podane krzywe są jedną z podstaw do obliczania urządzeń do przemywania piasku, jak to zobaczymy niżej.

Drugą podstawą jest zależność pomiędzy szybkością opadania cząstek v , a wielkością cząstek (średnica d). Na wykresie rys. 11 krzywa, przedstawiająca tę zależność, jest ułożona części-



UWAGA: Woda znajduje się w stanie spoczynku. Ciężar gatunkowy cząstek = 2,65.

Rys. 11. Zależność między szyb. opadania a wielk. cząstek

czas sedymentacji = a .
Wówczas możemy napisać równania:

$$(1) c = bd$$

$$(2) a = \frac{c}{e}, \text{ czyli } a = \frac{bd}{e} \dots \dots (2')$$

$$(3) t = \frac{d}{v}$$

Po podzieleniu równania (2') przez (3), otrzymujemy

$$\frac{a}{t} = \frac{bd}{e} = \frac{b \cdot v}{e} \dots \dots \dots (III)$$

czyli stopień sklarowania się $\left(\frac{a}{t}\right)$ nie jest zależny od głębokości¹⁾.

Na podstawie tego wzoru (III) i wzoru Hazen'a (I), można ustalić wzór do obliczenia płótczek.

Przemywanie piasku czyli usuwanie drobniejszych cząstek z wodą odpływającą, a pozostawianie grubszych cząstek w zbiorniku—jest właściwie tą samą sedymentacją, jaka odbywa się w osadnikach, z tą tylko różnicą, że są inne prędkości przepływu.

W piasku używanym do filtrów posiadamy ziarenka > 0,1 mm, wobec czego do nich stosuje się wzór Hazen'a:

$$d = 0,01 v \dots \dots \dots (I)$$

Pozatem ze wzoru (III) otrzymujemy

$$v = \frac{a \cdot e}{t \cdot b} \dots \dots \dots (IV)$$

$$\text{czyli } d = 0,01v = 0,01 \cdot \frac{a \cdot e}{t \cdot b} \dots \dots \dots (V)$$

Wyrażając d — w mm, e — w $\frac{m^3}{min}$, b — w m^2 ,

$$\text{otrzymamy } d = 0,1666 \frac{a \cdot \frac{m^3/min}{t}}{m^2} \dots \dots \dots (VI)$$

$$\text{Oznaczając } \frac{a}{t} = F, \text{ otrzymamy } d = 0,1666 F \frac{m^3/min}{m^2} \dots \dots \dots (VI)$$

Dla zatrzymania 75% cząstek o średnicy d , w wypadku zwykłej skrzyni płótkowej, $F = 3,0$ (linja 1 na wykresie rys. 10).

Dla zatrzymania 75% cząstek o średnicy d przy użyciu specjalnie projektowanej skrzyni, gwarantującej równomierny przepływ wody, $F = 1,5$ (linja 8 na wykresie 10).

Na podstawie wzoru (VI) można obliczyć powierzchnię skrzyni w m^2 i niezbędny przepływ wody w m^3/min , dla zatrzymania 75% cząstek o pożądanej średnicy.

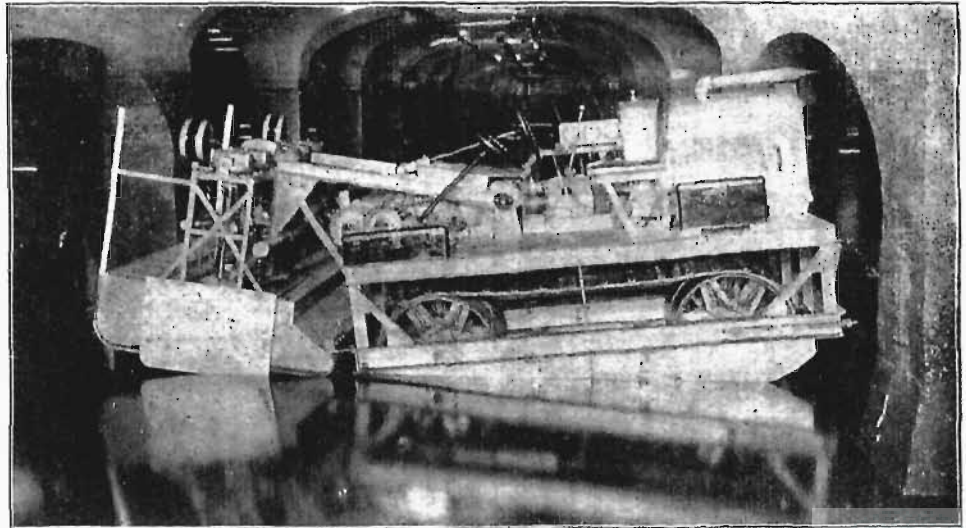
Ponieważ piasek zawiera cząsteczki rozmaitej wielkości, można obliczyć, ile pozostanie w piasku przemytym cząsteczek innej średnicy wówczas, gdy cząstek o wybranej średnicy d pozostanie 75%.

Dla obliczenia posługujemy się następującymi wzorami:

$$a) \quad d_1 = d \sqrt{\frac{t}{t_1}} = d \sqrt{\frac{a/t_1}{a/t}} \quad \text{dla cząstek } < 0,03 \text{ mm,}$$

$$b) \quad d_1 = d \frac{a/t_1}{a/t} \quad \text{dla cząstek } > 0,03 \text{ mm,}$$

które otrzymujemy w sposób następujący: oznaczamy czas niezbędny do opadania cząstek o średnicy d przez t , o średnicy d_1 przez t_1 ;



Rys. 12. Maszyna Blaisdell'a do przemywania piasku podczas pracy na filtrze.

$$\text{Wówczas } \left. \begin{aligned} \frac{a}{t} &= \frac{bv}{e} \\ \frac{a}{t_1} &= \frac{bv_1}{e} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\text{w wypadku a) } \frac{t_1}{t} = \frac{v}{v_1} = \frac{d^2}{d_1^2} \\ &\text{b) } \frac{t_1}{t} = \frac{v}{v_1} = \frac{d}{d_1} \end{aligned}$$

$$\text{skąd } d_1 = d \sqrt{\frac{t}{t_1}} = d \sqrt{\frac{a/t_1}{a/t}}$$

$$\text{,, } d_1 = d \frac{a/t_1}{a/t}$$

Przykład d. Oznaczmy przez d średnicę cząstek, które przy pewnym przepływie pozostają w ilości 75% (przy $\frac{a}{t} = 3$).

Wówczas z krzywej 1 na wykresie rys. 10 otrzymamy, że przy $\frac{a}{t} = 4$ pozostanie ich 80%,

„ $\frac{a}{t} = 1,5$ „ „ 60%;

„ $\frac{a}{t} = 1$ „ „ 50%;

$$d_1 = d \sqrt{\frac{a/t_1}{a/t}} = \sqrt{\frac{4}{3}} = d \cdot 1,13,$$

$$d_2 = d \sqrt{\frac{a/t_2}{a/t}} = \sqrt{\frac{1,5}{3}} = d \cdot 0,71,$$

$$d_3 = d \sqrt{\frac{a/t_3}{a/t}} = \sqrt{\frac{1}{3}} = d \cdot 0,58;$$

czyli, że w tym czasie, gdy cząsteczki o średnicy = 1 pozostaną w ilości 75%, cząsteczki o średnicy (w stosunku do powyższej)

$$d_1 = 1,13 \text{ pozostaną w ilości } 80\%,$$

$$d_2 = 0,71 \text{ „ „ „ } 60\%,$$

$$d_3 = 0,58 \text{ „ „ „ } 50\%.$$

Dotyczy to cząstek mniejszych niż 0,03 mm.

¹⁾ W praktyce zjawisko nie jest tak proste i głębokość wywiera pewien wpływ na sedymentację, a przedewszystkiem wpływa na zmniejszenie szybkości przepływu przy dnie, co zmniejsza porywanie z dna cząstek, które już opadły.

Dla cząsteczek 0,1, otrzymamy:

$$d_1 = d \frac{4}{3} = 1,33 d - 80\%,$$

$$d_2 = d \frac{1,5}{3} = 0,50 d - 60\%,$$

$$d_3 = d \frac{1}{3} = 0,33 d - 50\%.$$

Pozostaje jeszcze jedno ciekawe zastosowanie płóćek, t. j. doprowadzanie naturalnego piasku do pożądanego składu mechanicznego, o ile niema piasku odpowiedniego.

Przypuśćmy, że posiadamy piasek naturalny o składzie mechanicznym:

$$W. Cz. = 0,28 \text{ mm}, \text{ a S. R.} = 3,0.$$

$$\text{Potrzebny zaś jest piasek o składzie } W. Cz. = 0,30 \text{ mm}, \text{ S. R.} = 2,5.$$

Przypuśćmy, że z krzywej składu mech. piasku wynika, że

cząsteczek $< 0,30 \text{ mm}$ jest $x\%$, potrzeba zaś 10% , a cząsteczek $< 0,75 \text{ mm}$ (t. zn. $0,30 \times 2,5$) — $y\%$, potrzeba zaś 60% ,

to znaczy, że mamy $(y-x)\%$ cząsteczek pomiędzy $0,30 \text{ mm}$ i $0,75 \text{ mm}$, zamiast 50% , czyli ilość piasku, która może być zyskana, jest

$$W = 2 (y-x) \%$$

Ilość piasku naturalnego, jaką trzeba użyć do otrzymania jednostki obj. piasku o pożądanym

$$\text{składzie} = \frac{100}{2 (y-x)}$$

Ilość piasku zbyt drobnego, który trzeba usunąć przez przemywanie, jest

$$U\% = \frac{1}{5} (6x - y)^2$$

Ilość piasku zbyt grubego

$$V\% = 100 - \frac{1}{5} (9y - 4x)^2$$

Po ustaleniu U , zwracamy się do krzywej piasku naturalnego i otrzymujemy średnicę ziarna, od której drobniejsze cząstki winny być usunięte.

Odpowiednio do tego obliczamy ilość wody we wzorze (VI), ilość, przy której zastosowaniu 75% ziarnek o podobnej średnicy zostanie w płóćce.

Ze względów ekonomicznych niewygodnie jest stosować piasek naturalny, który wymaga odrzucenia więcej, niż 10% drobnego piasku na wagę.

Powyżej opisane sposoby transportu hydraulicznego piasku i przemywania oraz sposoby obliczania mogą znaleźć zastosowanie u nas nie tylko w zakładach do filtrowania wody, lecz również w budownictwie i przemyśle.

$$^2) \quad x \frac{100}{2 (y-x)} - U \frac{100}{2 (y-x)} = 10; \quad U = x - \frac{10}{100} \\ 2 (y-x) = \frac{1}{5} (6x - y).$$

$$^3) \quad 2 (y-x) + U + V = 100; \quad 2(y-x) + \frac{1}{5} (6x-y) = \\ = 100 - V; \quad v = 100 - \frac{1}{5} (9y - 4x).$$

Zastosowanie smoły węglowej do wzmocnienia nawierzchni dróg bitych.

W nowoczesnej technice drogowej posiada smoła węglowa pierwszorzędne znaczenie; zastosowanie jej daje bardzo dobre wyniki zarówno przy najtańszych sposobach wzmocnienia nawierzchni dróg bitych przez smołowanie powierzchniowe, jak i przy użyciu bardziej kosztownych smołowań wgłębnych lub do przygotowania specjalnych nawierzchni smołowych; świadczy o tem stan dróg w Anglii i Niemczech, gdzie smoła węglowa, zwana smołą drogową, jest na wielką skalę stosowana.

Wielkie rozpowszechnienie używania smoły w Anglii tłumaczy się tem, iż nie potrzeba jej sprowadzać, jak bitumów, z poza kraju, gdyż jest to produkt krajowy, na który przed rozpoczęciem stosowania go do dróg nie było nawet dostatecznego popytu. Do spopularyzowania smoły przyczyniło się w Anglii w dużej mierze stowarzyszenie „The British Road Tar Association”, które postawiło sobie za zadanie szeroką propagandę smoły wyrobu krajowego do ulepszania szos, jako lepsza niezawodnie dobrego, pod warunkiem należytego przygotowania takiej smoły i umiejętności jej zastosowania.

Nie tylko jednak w Anglii, również i w Niemczech smoła węglowa zaczyna odgrywać coraz większą rolę, a technika jej zastosowania dosięgła dużej doskonałości. Zwłaszcza wielkie znalazła zastosowanie smoła drogową do smołowania powierzchniowego, a więc do jednego z najtańszych sposobów wzmocnienia nawierzchni, które jednak wła nie, zawdzięczając swojej taniości, coraz bardziej się rozpowszechnia wszędzie tam, gdzie ruch nie jest nadmiernie ciężki. Można uważać za ustalony pogląd, że przy ruchu do 1000 tonn dziennie smołowanie powierzchniowe jest wystarczające, o ile tylko, jak to zaznaczono wyżej, jest należyte wykonane. Pod tym ostatnim właśnie względem bardzo cenne są opublikowane przez Stowarzyszenie do badania dróg samochodowych w Niemczech wskazówki co do sposobu smołowania powierzchniowego dróg bitych, ogłoszone w osobnych broszurach i podane w całości w „Asphalt und Teer” Nr. 1 oraz w „Der Strassenbau” Nr. 2 r. ub. a streszczone w Nr. 15 „Wiadomości Stowarzyszenia Członków Polsk. Kongresów Drogowych”.

Podane niżej wiadomości są oparte na wspomnianych wyżej źródłach.

I. Smołowanie powierzchniowe polega na

utworzeniu wierzchniej powłoki nawierzchni drogowej zapomocą warstwy smoły odpowiednio przygotowanej, zwanej smołą drogową, w którą jest wciśnięty aż do stanu nasycenia grysik kamienny.

II. Smołowanie powierzchniowe wiąże powłokę drogi i chroni ją od przenikania wilgoci oraz od uszkodzeń wskutek rozluźnienia się poszczególnych części składowych nawierzchni pod wpływem ruchu.

Smołowanie powierzchniowe zwiększa kilkakrotnie okres wytrzymałości zwykłej nawierzchni szosowej i zapobiega tworzeniu się kurzu.

III. Do wykonania smołowania powierzchniowego jest potrzebny następujący sprzęt:

zwykły kocioł do gotowania smoły, z którego czerpie się smołę przy pomocy polewaczki, ręczny wózek do smoły oraz duży wóz do smoły, konny lub mechaniczny.

Przy smołowaniu małych nawierzchni, pokrywa się je smołą ręcznie przy pomocy szczotek oraz zgarniaczek z gumą; na duże powierzchnie wylewa się smołę maszynowo pod ciśnieniem lub bez ciśnienia.

nym tłuczniem lub grysikiem, stosując taki sposób łatania na gorąco lub na zimno.

4. Powierzchnię drogową można tylko wtedy smołować z dodatnim wynikiem, jeżeli się ją uprzednio zupełnie oczyści z błota, kurzu i mialu kamiennego. Czyścić należy zapomocą mocnego piasawy lub włosia. Skrzyżnięte błoto należy usuwać skrobaczkami, a w razie potrzeby zmyć nawierzchnię strumieniem wody pod ciśnieniem.

5. Przy smołowaniu powierzchniowym, nawierzchnia drogowa powinna być zupełnie sucha. W razie deszczu, robotę należy przerwać do czasu, kiedy nawierzchnia ponownie zupełnie wyschnie.

VI. Smoła, nadająca się do smołowania powierzchniowego, musi posiadać następujące własności:

1. Należy używać tylko specjalnie w tym celu przygotowanej smoły drogowej. Surowej smoły nie można użyć do smołowania dróg.

2. Każda dostawa smoły drogowej powinna być należycie zbadana. Próbkę należy przechowywać.

Tablica I.

Warunki, które podczas badania powinny być zachowane	Smoła drogową I	Smoła olejowo-antracenowa 50/50	Smoła olejowo-antracenowa 60/40
Ciężar właściwy do 15° C nie większy niż	1,225	1,225	1,225
Wody nie więcej niż	1,0% wagi	1,0% wagi	1,0% wagi
Innych dystalatów (olei lekkich — temperatura dystalowania poniżej 170° C) nie więcej niż . .	1,0% wagi	1,0% wagi	1,0% wagi
Dystalatów pomiędzy 170°—270° C (olei średnich w granicach . .	12 - 24,0% wagi	1,0—15,0% wagi	1,0—10,0% wagi
Dystalatów pomiędzy 270°—300° C (olei ciężkich) w granicach . .	4,0—12,0% wagi	4,0—12,0% wagi	4,0—12,0% wagi
Fenoli nie więcej niż	5,0% objętości	3,0% objętości	3,0% objętości
Naftaliny nie więcej niż	5,0% wagi	3,0% wagi	3,0% wagi
Węgla wolnego	5,0—18,0% wagi	5,0—18,0% wagi	5,0—18,0% wagi
Wisność według Hutchinson'a . .	30 15,0 sek	1,0—15,0 sek	20,0 - 80,0 sek
Paku	55—65% wagi	45—55% wagi	55—65% wagi

IV. Smołowanie powierzchniowe można wykonywać w okresie od marca do października, lecz tylko podczas suchej i ciepłej pogody. Ostrożność należy zachować ze względu na nocne przymrozki.

V. Nawierzchnia drogi, mająca być powierzchniowo smołowaną, musi być doprowadzona do nast. stanu:

1. Spadek poprzeczny nie może wynosić więcej niż 3%, spadek podłużny nie więcej jak 12%.

2. Nowe nawierzchnie wałowane, mające otrzymać powłokę smołową, powinny być wykonane z materiałów nie zawierających gliny. Przed smołowaniem powierzchniowym winny być takie nawierzchnie wystarczająco związane, a więc powinny zostać uprzednio otwarte dla ruchu w przeciągu kilku tygodni.

3. Stare nawierzchnie należy uprzednio doprowadzić do dobrego stanu. Nierówności i wyboje należy załatać i zawałować przynajmniej na 3 tygodnie przed smołowaniem, względnie przynajmniej na tydzień przedtem wypełnić smołowa-

3. Próbkę mają odpowiadać przeciętnym własnościom dostawy; w tym celu należy:

a) pobierać próby zapomocą lewarka, mianowicie rurki, którą się wolno opuszcza w smołę, a następnie po zakorkowaniu górnego otworu wyciąga napełnioną smołą;

b) pobierać próby przy $\frac{1}{3}$ do $\frac{2}{3}$ opróżnienia kotła smołowego.

4. Do smołowania powierzchniowego są odpowiednie:

a) smoła drogową Nr. 1;

b) smoła olejowo-antracenowa (mieszanka paku z olejem antracenowym).

Smoły te powinny odpowiadać warunkom podanym w tablicy.

5. Niezależnie od powyższych warunków, smoła drogową może być użyta, jeżeli wytrzyma próbę „przylepności”. W tym celu, suchą płytkę szklaną o wymiarach 6×9 cm zanurza się na 8 cm w badaną smołę, która musi posiadać temperaturę 20° C. Po spłynięciu smoły, pozostawia się płytkę

w pomieszczeniu bez przeciągów w temperaturze 20° w ciągu 24 godzin. Po upływie tego czasu sprawdza się przez dotknięcie suchym palcem, czy i w jakiej mierze nastąpiło stwardnienie smoły. Smoła, która wówczas nie będzie posiadać żadnej kleistości, a mieć będzie wygląd zeschniętej farby lakowej, musi być przed użyciem chemicznie zbadana co do obowiązującej zawartości składników.

VII. Przed użyciem, smoła drogowa powinna być tak ogrzana, aby była łatwo płynna, to znaczy, że w zależności od temperatury powietrza, musi być ogrzana do 100, a najwyżej do 180° C.

VIII. Do smołowania powierzchniowego zwykłej nawierzchni szosowej zużywa się w zależności od ścisłości i szorstkości nawierzchni 1,5 do 3,0 kg/m²; na starych, ścisłych, smołowanych szosach 0,5 do 1 kg/m².

IX. Świeżo polaną nawierzchnię, dopóki smoła jest jeszcze miękka, należy pokryć gęsto grysikiem kamiennym o wielkości ziarn od 2 do 15 mm; grysik powinien być suchy, czysty, bez kurzu, bez żadnej domieszki gliny lub iłu; grysik ze zwietrzałych kamieni i odkrywek zwietrzałych na słońcu nie nadaje się do użytku. Grysik rozpościera się zapomocą łopaty lub rozsypuje się wprost ze specjalnych wozów (w rodzaju siewników). Natychmiastowe zawałowanie tego pokrycia wałem 0,5 — 5,0-tonnowym zapobiega marnowaniu się grysiku i przyczynia się do nasycenia smoły materiałem kamiennym, nie jest jednak warunkiem niezbędnym. Zużywa się 1 m³ grysiku na pokrycie 100 — 150 m² smołowanej powierzchni.

X. Jezdnia smołowana powierzchniowo wymaga stałego dozoru.

Miejsca gdzie powłoka została przetarta lub ma mniej niż 1 mm grubości, jak również te miejsca, które po deszczu pozostają dłuższy czas wilgotne, należy jak najrychlej zasmołować ponownie. Gdyby wykonanie tej roboty napotykało na trudności wskutek zimna lub wilgotnej pogody, to należy miejsca wymagające zafatania osuszyć przy pomocy piecyka przenośnego. Miejsca ponownie smołowane oraz tak zwane gniazda smołowe, to jest zbyt tłuste miejsca, gdzie powłoka smołowa po upływie czterech tygodni jest jeszcze miękka, należy jak najprędzej pokryć ponownie grysikiem.

XI. Smołowanie powierzchniowe należy powtarzać:

a) na drogach z dużym ruchem w pierwszym roku należy smołowanie powtórzyć, a w następnych latach naogół wystarcza jednorazowe smołowanie, w zależności jednak od ścierania się powłoki;

b) na drogach z małym lub średnim ruchem — w miarę potrzeby.

Dalej przepisy powyższe zawierają uzupełnienie, w którym są wskazane sposoby badania, czy dana smoła odpowiada warunkom, wymienionym w podanej wyżej tablicy. Są one następujące:

1. Ciężar właściwy. Ciężar właściwy określa się zapomocą areometru przy temperaturze 15°. Dla obliczenia ciężaru właściwego przy innej temperaturze, należy dodać, względnie odjąć po 0,0007 na każdy stopień powyżej lub poniżej temperatury normalnej 15°.

2. Zawartość wody. Do 100 g wziętej na próbę smoły dodaje się 100 cm³ przesyconego wodą

ksylolu, umieszcza w bańce metalowej lub kolbie szklanej i dystyluje do 180°. Dystylat zbiera się we wzorcowanym cylindrze. Zawartość wody można wprost odczytać w ilości procentowej do wagi.

3. Dystylacja. Kolbę frakcyjną o pojemności 1 litra bez dodatkowej nadstawki napełnia się do połowy lub dwóch trzecich odważoną ilością badanej smoły. Kolba jest zaopatrzona w termometr wzorcowany od 70 do 360° C. Górna powierzchnia kulki termometru dochodzi do dolnej krawędzi otworu bocznej rurki nasadowej. Jako rurka ochładzająca służy szklana rurka o otworze 20 mm i długości 800 mm, która jest pochylona w taki sposób, żeby wylot znajdował się o 100 mm niżej niż wlot. Dystylację należy tak uregulować, żeby na sekundę przechodziły dwie krople. Poszczególne frakcje chwyta się oddzielnie i waży. Zmiana zbierainików następuje przy przepisanych temperaturach bez przerywania procesu dystylacji.

4. Fenole. Określa się fenole w ten sposób, że całą frakcję w granicach 170 i 270° C (oleje średnie) sprowadza się do temperatury 40 do 50° C. Następnie dodaje się 20-procentowego ługu sodowego o ciężarze właściwym 1,20 i starannie wstrząsa się co 5 minut tę mieszanekę, utrzymując temperaturę 40° do 50° C, a po 15 minutach wylewa się do lejka. Ług sodowy osiada, poczem wypuszcza się go do cechowanego cylindra. Ten sam proces należy powtórzyć z taką ilością wodorotlenku sodu, poczem warstwę ługową wypuszcza się do tegoż cylindra, który już zawiera poprzedni ług. Zawartość cylindra nieco się okwasza przez dodawanie stopniowe kwasu solnego. Zachodzi przytem proces wydzielania się fenoli, które się określa objętościowo i zapisuje w formie procentowej objętości smoły.

5. Naftalina. Dla określenia naftaliny należy frakcję w granicach 170 i 270° C (oleje średnie), po wydzieleniu fenoli, zważyć, podgrzać w wystarczającej mierze dla rozpuszczenia całej zawartej naftaliny, dobrze zmieszać i wziąć na próbę nie mniej niż 20 g. Ilość wziętą należy ostudzić do 15° C i utrzymywać w tej temperaturze w ciągu pół godziny. Naftalinę oddzieloną odfiltrowywuje się zapomocą lewarka, a następnie wyciska przez bibułę dla całkowitego usunięcia oleju. Pozostałą naftalinę waży się i oblicza potem jej wagę procentowo w stosunku do smoły.

6. Węgiel wolny. Dwa gramy smoły należy zmieszać z zimnym benzolem. Po oddzieleniu się węgla należy ostrożnie odlać benzol przez zważony przednio filtr. Wolny węgiel starannie się potem przemycza benzolem przez wielokrotne zlewanie benzolu; następnie umieszcza się go na filtrze i zmywa zapomocą 500 cm³ gorącego benzolu. Całkowita ilość benzolu użytego dla odciążenia wolnego węgla, ma wynosić 1 litr. Filtr należy wraz z całym osadem wysuszyć, poczem waży się wolny węgiel.

7. Wisność albo przyczepność. Wisność można określić zapomocą czasu w sekundach, potrzebnego na to, żeby przyrząd systemu Hutchinson'a z wagą Nr. 2 mógł się pogrążyć w smołę od znaku dolnego do górnego. Temperatura smoły powinna być jednostajna i ma wynosić dokładnie 25° C. Smoła ma się znajdować w naczyniu cylindrycznym o wysokości około 250 mm i wewnętrznej średnicy 95 do 102 mm.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH.

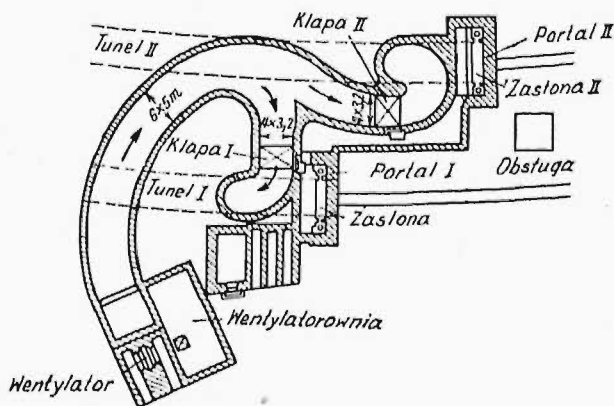
BUDOWNICTWO.

Przewietrzanie tunelu Simplońskiego.

W ostatnich latach zastosowano z dobrym skutkiem nowy sposób przewietrzania tuneli, polegający na tem, że wentylator, umieszczony w pobliżu jednego wylotu tunelu, włącza do niego powietrze w stronę drugiego wylotu; niezbędne jest więc zamknięcie tunelu od strony, w której jest czynny wentylator. Tego rodzaju przewietrzanie, zastosowane między innymi i w tunelu Simplońskim, posiada zasłony ruchome, umieszczone w pobliżu portali. Zasłony składają się z ram metalowych, w dolnej części otwartych, obciążonych płótnem żaglowym. Jeżeli, wskutek pomyłki, zasłona nie byłaby podniesiona, lokomotywa rozzerwie ją bez szkody dla siebie. Jeżeli, przeciwnie, zasłona jest podniesiona, to musi być zamknięty dostęp powietrza, doprowadzanego przez wentylator, co się odbywa zapomocą kłapy obrotowej, wstawionej w przewód powietrzny do tunelu.

Urządzenie zasłon w tunelu Simplońskim uwidocznił plan, podany na rys. 1. Jest ono interesujące i z tego względu, że w tym razie ma się do czynienia z dwoma równoległymi tunelami.

Pomiędzy dwoma torami, bezpośrednio przed wejściem do tuneli, znajduje się domek wartowniczy, w którym, za przyciśnięciem guzika, można wprowadzić w ruch lub wstrzymać działanie całego urządzenia. Wentylacja działa w ten sposób, że obydwa wentylatory, osobno lub razem, włączają powietrze do głównego kanału o przekroju 5×6 m. Od tego kanału odgałęziają się mniejsze kanały o przekroju $4 \times 3,2$ m, łączące obydwa tunele. Każdy z tych dwu kanałów może być zamknięty zapomocą kłap obrotowych. Urządzenia w tunelu I i II są jednakowe i obydwa są niezależne jedno od drugiego.

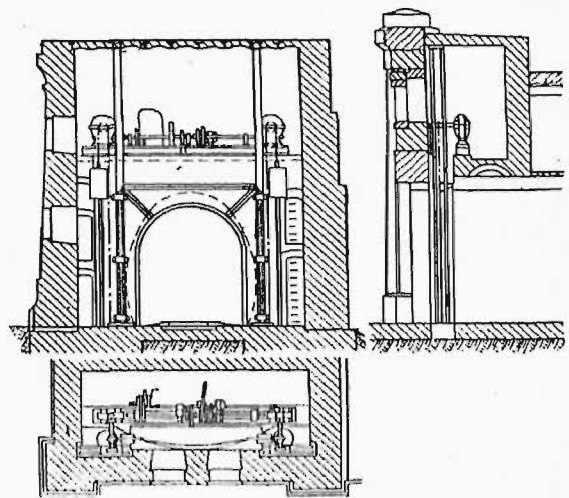


Rys. 1. Plan urządzenia zasłon w tunelu Simplońskim

Rys. 2 przedstawia urządzenie zasłony. Rama jest zawieszona na łańcuchu, u dołu z każdej strony i można ją podnosić lub opuszczać zapomocą rolek łańcuchowych. Przewodzenie jest zabezpieczone krążkami, toczącymi się w rowkach. Ciężar własny zasłony jest zrównoważony przeciwwagami. Ruch zasłony odbywa się zapomocą windy silnikowej, ustawionej powyżej zasłony i działającej jednocześnie na obydwie strony ramy, tak, że nie może nastąpić nierównomierne podnoszenie lub opuszczanie zasłony. Jeżeli zasłona ma być podniesiona do przepuszczenia pociągu, zamyka się odpowiedni kanał przewietrzający zapomocą kłapy obrotowej, przyczem nie potrzeba zatrzymywać silnika, wprowadzającego w ruch wentylator. Obsługa kłapy obro-

lowej odbywa się z domku wartowniczego w sposób następujący: przez nacisk guzika zamyka się kłapę odpowiedniego tunelu; po zamknięciu kłapy włącza się samoczynnie silnik windy i zasłona się podnosi. Dopiero po całkowitem jej podniesieniu, silnik, również samoczynnie, zatrzymuje się.

Jak tylko wyjeżdżający lub wjeżdżający pociąg przejdzie przez portal tunelowy, nacisk na drugi guzik wprawia w ruch silnik windy i następuje opuszczenie zasłony. W chwili, gdy ta ostatnia dosięgnie szyn, samoczynnie wprowadza się w ruch silnik kłapy obrotowej, który otwiera ją



Rys. 2. Urządzenie zasłony do wentylacji tunelu Simplońskiego.

i powietrze wentylacyjne może wchodzić do tunelu. Zamknięcie kłapy i podniesienie zasłony odbywa się w ciągu 60 sekund.

Podobne urządzenie przewietrzające zbudowano i w tunelu przez Grechen z równie dobrymi wynikami. Dotychczas nie zdarzyły się żadne uszkodzenia zasłon. (Die Bau-technik, 1928 r. str. 289).

I. g.

GOSPODARKA ENERGETYCZNA.

Przesyłanie gazów przemysłowych na duże odległości.

Zagadnienie przesyłania gazu, poruszane już niedawno w naszym piśmie (Przeł. Techn., 66 (1928), str. 1026) zostało również oświetlone przez innego autora z nowego punktu widzenia (Le Génie Civ. 93 (1928) str. 473). Autor omawia mianowicie zastosowanie gazu sprężonego do 200 at do napędu samochodów, wykazując, iż zagadnienie to może być rozwiązane dogodniej, niż napęd gazem generatorowym otrzymywanym z węgla drzewnego¹⁾. Zbiorniki gazu powinny być metalowe (podczas wojny próbowano stosować w Anglii i Francji balony gumowe), i to nie ze zwykłej blachy ze stali miękkiej, gdyż byłyby zbyt ciężkie ($10-11 \text{ kg/m}^3$), lecz w postaci szeregu rur ciągniętych ze stali elektrolitycznej, wyposażonych w uzwojenie podłużne i poprzeczne²⁾ z drutu o wytrzymałości 250 kg/mm^2 . Zbiornik taki, o pojemności 55 m^3 (założenie: 1400 l gazu koksowniane-

¹⁾ Przeł. Techn. t. 62 (1924) str. 181.

²⁾ Tak zw. rury electro-frettés, o których wyrobie zamieścimy wkrótce bliższe szczegóły. (Przyp. Red.).

go odpowiada 1 l benzyny), wystarczającej na przebieg 160 km, ważyłby 250 kg, gdy generator gazu waży (dla samochodu 4½ t-wego) 400 kg. Oczywiście, dla mniejszych przebiegów dziennych (np. 60 km) ciężar zbiornika będzie mniejszy (150 kg). Zastosowanie do tegoż celu metanu umożliwiłoby obniżenie pojemności zbiornika do połowy (700 l tego gazu odpow. 1 l benzyny), a zatem i jego ciężaru, zaś przy ciężarze dopuszczalnym dla generatora dałoby możliwość przejazdu 350 km bez dobierania paliwa. Ciężar zbiornika rurowego wynosi 5 kg/m³. Widzimy stąd, iż omawiane paliwo daje dość interesujące możliwości w zastosowaniu do samochodów ciężarowych, autobusów, autocarów i t. p.

Liczba rur zbiornika może być ograniczona do dwóch, umieszczonych w podwoziu. Napełnianie ich jest zupełnie łatwe. Rozchód paliwa, przy dobrze wyregulowanym silniku, nie powinien przekraczać 2500 kal/KMgodz. Ciężar instalacji obrazuje zestawienie poniższe:

Gaz	Wart. opałowa	Liczba KMgodz. z 1 m³	Ciężar martwy na 1 KMgodz.
Z gazowni	4500 Kal	1,8	2,2 kg
Metan (gaz ziemny)	9000 „	3,6	1,1 „

Dalej porusza autor zagadnienie przesyłania gazu na duże odległości drogą przewozu w zbiornikach rurowych.

Nasuwa się tu trzy rozwiązania: 1) Przesyłanie prosto w stanie sprężonym do 200 at w zbiornikach powyższych; 2) przesyłanie w stanie sprężonym i przy temperaturze obniżonej do — 70°, utrzymywanej sztucznie w czasie ładowania i transportu; 3) przesyłanie gazów w stanie płynnym (pomysł Claude'a).

O ile sposób pierwszy wydaje się realnym, o tyle drugi nasuwa duże wątpliwości; byłby bowiem skomplikowany i kosztowny w eksploatacji, a nadto istnieją obawy co do zachowania się stali w tej temperaturze.

Co się tyczy przewozu gazu w stanie płynnym, to służą do tego specjalne zbiorniki o podwójnych ścianach: wewnątrz znajduje się gaz przesyłany, zaś w przestrzeni między ścianką wewnętrzną i zewnętrzną krąży ciekłe powietrze; przestrzeń ta komunikuje się z atmosferą; ciekłe powietrze, odparowując, utrzymuje temperaturę na stałym poziomie. Sposób przesyłania gazów w stanie płynnym ma tę zaletę, że, przy odp. niskiej temperaturze, może wewnątrz zbiornika panować ciśnienie atmosferyczne; natomiast nie nadaje się on do przesyłania gazów zawierających węglowodory lekkie lub wodór (np. gaz świetlny), bowiem temp. wrzenia tych węglowodorów jest niższa od temp. wrzenia powietrza. Można by im wprawdzie pozwolić odparowywać, jednak byłoby to nieekonomiczne, wobec ich wysokiej ceny w stos. do ceny ciekłego powietrza. Dla gazów ciężkich jednak metoda ta, zdaniem autora, nadaje się dobrze. Weźmy np. metan w stanie ciekłym; jego ciepło parowania wynosi 51 Kal/kg; przy średniej temp. otoczenia 15° C, należy przyjąć, że odparuje 10% metanu w ciągu 24 godzin, co dla zbiornika o pojemności 1000 kg stanowiłoby 2550 Kal i stratę 50 kg metanu (ok. 70 m³ przy ciśnieniu atmosferycznym). Ciepło parowania powietrza wynosi 125 Kal, więc licząc, że okrążyło ma ono odebrać 3000 Kal, należy go zużyć 24 kg na 1000 kg metanu i dobę; przy cenie ciekłego powietrza 2 fr. za 1 kg, stanowi to 48 fr. na dobę, powodując oszczędzenie 70 m³ metanu. Przy przewozie koleją na odległość 250 km, który trwać może 7—8 godzin, koszt ciekłego powietrza wyniesie 16 fr. na 1000 kg metanu. Wobec tak niskiej ceny, autor wyraża pogląd, że nie można twierdzić, iż przesyłanie gazów zapomocą rurociągów dalekooszczędnych jest najekonomiczniejsze. Niemiecka sieć rurociągów dalekooszczędnych, mająca punkt wyjścia w zagłębiu Ruhry i obejmująca ogromny obszar Niemiec aż po Berlin i Hamburg, przewidziana na transport 200 000 m³ gazu na dobę na odl. 300 km, wymaga początkowego ciśnienia 50 at i powoduje

roczną stratę 15 milj. m³ gazu z powodu nieszczelności. Jeżeli się więc uwzględni wysokie koszty zakładowe, koszty utrzymania przewodów, koszty ruchu (przy tak wysokim ciśnieniu początkowym) oraz straty przez nieszczelność, być może, że sposób przewożenia gazów w stanie płynnym okaże się ekonomiczniejszym.

METALOZNAWSTWO.

O graficie w żeliwie szarem i jego wpływie na własności wytrzymałościowe.

Już dawniej stwierdzono, że żeliwo zawierające stosunkowo mało grafitu posiada lepsze własności wytrzymałościowe, niż takie, w którym grafit występuje w dużych ilościach. Również bardzo ważną jest postać grafitu, a więc wielkie kryształy lub nawet gniazda, czy też grafit zupełnie rozdrobniony, gdyż wpływa to bardzo na jednolitość tworzywa. Trzeba sobie tylko wyobrazić, że 3% ciężar, odpowiadają 10,7% objętościowym, ażeby zrozumieć, jakie rozluźnienie między kryształami żelaza może nastąpić. Zupełnie trafnie porównywa P. Goerens (St. u. E. 1906, str. 397) żeliwo, zawierające dużo wolnego grafitu, z sitem, w którym próżne miejsca odpowiadają grafitowi, a drucziki stanowią właściwy materiał.

Większe postępy w dziedzinie uszlachetnienia odlewów żeliwnych zrobiono dopiero w ostatnich latach, ponieważ dopiero po ścisłym zapoznaniu się z teorią powstania drobnego grafitu w odlewach przystąpiono do wyzyskania praktycznego tych wiadomości i celowego przeprowadzenia badań nad odlewami o strukturze perlitycznej. Dopiero jednak po przeprowadzeniu badań żeliwa wysoko przegrzanego, roztopionego, udziło się wpłynąć dodatnio na sposób wydziałania się i rodzaj wydzielonego grafitu, ponieważ stwierdzono, że ze stopniem przegrzania żeliwa grafit częściowo, a czasem nawet całkowicie znika ze struktury tworzywa.

Celem badania rozpuszczalności grafitu w żeliwie roztopionem, użyto następujących gatunków surowca:

Surowce te zostały przegrzane do 1600° C, później szybko ochłodzone do 1250° C na powietrzu i odlewane do specjalnych kokil miedzianych o kształcie klina, ażeby stygnięcie przyspieszyć. W szlifach tych szybko zastygniętych odlewów, można było skonstatować zupełnie wyraźnie pewne rozdrobnienie grafitu, spowodowane oczywiście większą rozpuszczalnością węgla w żelazie. Ilościowo zauważono więcej grafitu w dolnej, większej części odlewu klinowego (przy próbie 3-ej zauważono miejscami nawet gniazda grafitowe), niż w szerokiej, górnej. Z powyższego można wnioskować, że celem całkowitego rozpuszczenia się grafitu w żeliwie z żeliwiaka wymagana jest wyższa temperatura przegrzania, niż przy surowcach wielkopieczowych.

W dalszym ciągu badano wpływ przegrzania na sposób wydziałania się i rodzaj grafitu przy powolnym stygnięciu odlewów. Zastosowano piec próżniowy (próżnia wynosiła 0,03 mm Hg) i piec otwarty Tamann'a.

Surowce ogrzewano bardzo powoli od 1200 do 1800° C i po 15 minutach ochłodzone w piecu do 500° C, później ochłodzone już na powietrzu. W szlifach skonstatowano również daleko idące rozdrobnienie grafitu, które przy próbach z pieca próżniowego jest wyraźniejsze, niż przy innych odlewach. Ten sam cel osiągnięto w piecu próżniowym, lecz przy niższych temperaturach. Również zauważono występowanie ledeburytu. Dowiedziono, że przez roztopienie surowca w piecach próżniowych już przy niższych temperaturach przegrzania, a w zwykłych piecach przy wyższych temperaturach z późniejszym powolnym chłodzeniem, występuje dążenie do t. zw. białego stygnięcia, które oczywiście wzrasta

w miarę przegrzania, począwszy od 1500° C. Jedynie w warstwach zewnętrznych, gdzie był bezpośredni kontakt ze ścianami tygla, występował w większej ilości zupełnie rozdrobniony grafit.

Celem ustalenia wpływu rodzaju wydzielonego grafitu na własności mechaniczne surowca, użyto następujących jego gatunków:

Do prób wytrzymałościowych na zginanie używano pręta 30 mm, długości 600 mm, do prób na rozerwanie zaś — 18 mm. Okazało się, że przy zwykłych odlewach w piasku wyniki prób wytrzymałościowych polepszają się z zawartością węgla do 2,68%, a powyżej tej wartości znów spadają. Wytrzymałość na zginanie, jak również na uderzenie, prawie się nie zmienia, gdyż twardość znów wzrasta.

Nr próbki	C ogólne	C związ	Grafit %	Si %	Mn %	P %	S %	Rodzaj surowca
1	2,95	1,29	1,66	1,74	0,08	0,025	0,013	Żeliwo wytopione z wielkiego pieca
2	3,45	1,41	2,04	1,59	0,04	0,034	0,012	
3	3,69	0,68	3,01	1,63	0,68	0,60	0,061	

Przy odlewach w kokilach i w próbach wyrzniętych, podnoszą się również własności mechaniczne do 2,68° C, natomiast twardość jest stosunkowo dosyć niska. W każdym razie istnieje wielka różnica między próbkami odlanymi w piasku i próbkami z kokila. Wytrzymałość na zginanie i uderzenie tych ostatnich jest prawie o 100% wyższa. Również i tu wytłumaczyć można zjawisko to tylko rozdrobnieniem i rozmieszczeniem grafitu oraz zależnością od rodzaju, w jakim on występuje. Wyniki optymalne są następujące:

wytrzymałość na zginanie: 109,9 kg/mm²
 „ „ rozerwanie: 50,4 „
 wydłużenie 2,4%

Nr. próbki	C ogóln.	C związ	Grafit %	Si %	Mn %	P %	S %	Rodzaj pieca
4	2,99	0,71	2,28	1,75	0,91	0,068	0,024	Piec próżniowy
5	3,38	0,81	2,57	1,69	0,67	0,440	0,078	„ Tamann'a
6	3,47	—	3,47	3,22	0,55	0,050	0,023	„ zwykły

Próbka, zawierająca 3,31% C, osiągnęła nawet strzałkę zginania 148 mm. W szlifach próbek odlewnych w piasku obserwowano prawie wszędzie czysty perlit, zaś w odlewach z kokila i wyrzniętych, zawierających dużo rozpuszczonego lub rozdrobnionego grafitu, pojawia się znów ferryt, przy mniejszej zawartości węgla — perlit i ferryt. Z tego

N. próbki	Si %	Mn %	P %	S %
10	1,7—1,9	0,6—0,8	0,3—0,5	0,06—0,10
11	1,6—1,9	0,8—1,0	0,1—0,3	0,01
12	3,5	0,6	0,05	0,01

wnioskować można, że dodatni wpływ perlitu na własności mechaniczne występuje dopiero wtedy, gdy unika się przerwania ciągłości struktury tworzywa wskutek wydzielania nadmiernej ilości dużych płatków grafitu. To zaś następuje tylko wówczas, gdy grafit znajduje się w stanie częściowo rozpuszczonym, a częściowo rozdrobnionym.

Dalej badano wpływ wyżarzania na żeliwo przy tem-

peraturach około i powyżej punktu perlitycznego. Biało zastygnięty metal trzeba, celem ulepszenia, wyżarzać dłużej i przy temperaturze ponad 800° C. Wywołanie zmiany budowy ledeburytowej na ferrytowo-perlityczną, drogą wyżarzania, nie udało się.

Wpływ temperatury odlewania na własności żeliwa uważano jedynie przy próbkach nieprzeznaczonych.

Reasumując badania P. Bardenheuera i K. L. Zeyen'a, można powiedzieć, że:

1) Przegrzanie roztopionego żeliwa wywołuje daleko idące rozdrobnienie grafitu, zapobiega powstawaniu szkodliwych gniazd grafitowych oraz jest przyczyną dążenia do skrzepnięcia karbidowego.

2) Optymalne wyniki co do własności mechanicznych

osiągnięto przy próbach odlanych w piasku, zawierających 2,5—2,7% C i 1,5% Si. Wyniki z próbkami o zawartości 3,5% Si były niezadawalające. Znaczne ulepszenie własności następuje dopiero przez odlanie w kokilach i późniejsze wyżarzanie, co polega jedynie na rodzaju i rozdrobnieniu wydzielonego grafitu. Jeżeli uniknie się powstania większych kryształów lub gniazd grafitu przez przegrzanie materiału, to budowa będzie jednolita. W ten sposób można wpłynąć dodatnio na podniesienie własności mechanicznych, a tem samem ulepszyć odlew. (Mitt. aus d. K. W. Inst. f. Eisenforschung, 1928, X, 23—54).

Inż. E. Dworzak.

Własności mechaniczne drutów ciągnionych przy wyższych temperaturach.

Liczne badania dotychczasowe zmian własności wytrzymałościowych drutów były wykonywane na drutach ciągnionych, jak to w praktyce powszechnie przyjęto, przy t. zw. temperaturach otoczenia. A. Pomp i W. Knackstedt przeprowadzili szereg doświadczeń z drutami ciągnionymi również przy wyższych temperaturach, mianowicie 20°, 50°, 100°, 150°, 200° i 300° C. Jako materiału wyjściowego, użyli autorzy drutu o małej zawartości węgla (0,03%), wyżarzonego, i trzech drutów stalowych (0,35, 0,70 i 0,84% C), ulepszonych („patentowanych”). Druty te miały początkową średnicę 5 mm, były przeciągane przy podanych wyżej temperaturach, przy czym zmniejszenie przekroju w jednym przeciągnięciu wynosiło 20%. Żadna pośrednia obróbka termiczna nie była stosowana. Drut z małą zawartością węgla wykazał przy wyższych temperaturach przeciągania wyższą wytrzymałość, granicę plastyczności i sprężystości, a niższe wydłużenie. Zmiany te nie mają jednak znaczenia praktycznego, wobec małych wymagań co do wytrzymałości, jakie stawiamy drutom z materiału małowęglatego.

Ulepszone druty stalowe wykazują już przy nieznacz-

nem podniesieniu temperatury przeciągania znaczny wzrost wytrzymałości i granicy plastyczności, a szczególnie granicy sprężystości, przyczem ciągliwość pozostaje zadawalającą. Ma to zwłaszcza duże znaczenie przy wyrobie drutów, którym stawiamy szczególnie duże wymagania co do bezpieczeństwa i znoszenia dużych obciążeń bez odkształceń trwałych, jak np. w budowie samolotów. Ciągnięcie przy podwyższonej temperaturze da również prawdopodobnie korzyści przy wyrobie lin stalowych i drutów na struny fortepianowe, wreszcie pozwala osiągnąć tę samą granicę sprężystości i wytrzymałość zapomocą mniejszej ilości przeciągnięć, niż w temperaturze otoczenia.

(Mitteil. d. K. W. Inst. f. Eisenforsch. u. n. g., tom X, 117 — 174).

T. M.

OBRÓBKA METALI.

Próba obrabialności stali.

E. G. Herbert wygłosił w komisji badań narzędzi (Cutting Tools Research Committee) Amer. Stow. Inż. Mechaników sprawozdanie o swych pracach nad obrabialnością rozmaitych gatunków stali. Próbkę, w kształcie wałków o średnicy 38,1 mm, były toczony z prędkością skrawania 18,59 m/min przy posuwie 0,462 mm/obr. i głębokości skrawania 6,35 mm. W stosunku do średnicy była to głębokość b. duża, jednak obniżano ją, jak również i prędkość skrawania, tylko przy obróbce stali szczególnie twardych. Przy wszystkich próbach używano noży tych samych kształtów i wymiarów, nie bacząc na rodzaj skrawanego metalu. Przy końcu toczenia, zostawiono ostatni wiór nie oderwany od próbki, odcinano pilką ręczną krążek z końca wałka i badano twardość wałka i wióra zapomocą wahadła Herbert'a z kulka djamentową o średn. 1 mm.

Na podstawie tych badań stwierdza autor, że twardość wióra jest miarą obrabialności; zarazem zaznacza: ponieważ utwardnianie metali na zimno, przy odkształceniach plastycznych, jest różne, zaś metody obróbki różnią się wywoływaniem przez nie odkształceniach plastycznych, przeto obrabialność nie jest żadną własnością szczególną metali, mogącą być przedmiotem pomiarów przy poszczególnych przebiegach obróbki (A m. M a c h i n i s t, wyd. europ., 1928, 22 grudnia 1928).

TELETECHNIKA.

Postępy niemieckiej telegrafii i telefonji dalekoosnej w r. 1927.

Telefonja kablowa. Telefoniczna sieć kablowa w Niemczech okazała się w r. 1927 najbardziej rozbudowaną ze wszystkich sieci europejskich (og. długość linii wynosiła 7600 km), przytem współpraca niemieckich państwowych urzędów telefonicznych w „Comité Consultatif International” (CCI) doprowadziła do uzyskania połączenia z sieciami telefonicznymi Austrii, Francji, Danii, Belgji, Węgier i Czechosłowacji. Połączenie telefoniczne z innymi państwami, sąsiadującymi z Rzeszą, istniało już dawniej. Oprócz istniejących w Niemczech linii telefonicznych lądowych i morskich (z morskich kabli wymienić należy kable między Stralsundem i Malmö, Cuxhaven i Helgolandem, Emden i Borkum oraz kabeł łączący Rzeszę z Gdańskiem i Królewcem, z pominięciem Pomorza polskiego), cały szereg linii znajduje się w budowie lub w projekcie.

Dzięki zastosowaniu uproszczeń technicznych stacyj samoczynnych, wzrosła się ostatnio liczba tych stacyj, zastępując istniejące stacje, obsługiwane ręcznie.

Telegrafja drutowa. W dziedzinie telegrafji drutowej wprowadzono szereg ulepszeń i rozszerzono sieci telegrafji słuchowej (o częstotliwości słyszalnej).

Radjotelegrafja. Ostatnio wykonano dla Rzymu wielką 400kW stację długofalową, zaś stacja 600 kW dla Japonji jest w budowie. Zaczęły się również postępy w dziedzinie radjotelegrafji na falach krótkich i najkrótszych (11—12 metrów); zastosowano z powodzeniem anteny promieniujące kierunkowo (tak nadawcze, jak i odbiorcze); nawiązano ostatnio komunikację z New-Yorkiem, Buenos Aires, Filipinami i in.

Radjotelefonja. Nawiązano komunikację radjotelefoniczną z Buenos Aires i Rio de Janeiro. Włączono niemiecką sieć telefoniczną do linii radjotelefonicznej Anglja — Ameryka Półn.

Nawiązano między Wiedniem i Berlinem nadawanie obrazów drogą radjotelegraficzną.

Radjofonja. Liczba zarejestrowanych radjoodbiorników przekroczyła na początku r. 1927 2 miliony; w ciągu roku przyrost wyniósł ok. 50 proc. (V. d. I., t. 72 (1928) zesz. 22, str. 743).

B. S.

Bibliografja.

Les ponts, „Hier. Aujourd'hui. Demain”, Inż. St. Kozierski. Z. „Moniteur des Travaux Publics” (1928).

Pod tytułem powyższym wyszedł we wrześniu r. ub. w Paryżu (z okazji mającego się odbyć w Wiedniu drugiego Międzynarodowego Kongresu Budowy Mostów) zeszyt specjalny pisma francuskiego „Le Moniteur des Travaux Publics, de l'Entreprise et de l'Industrie”, poświęcony wyłącznie rozwojowi budowy mostów.

Monografię tę napisał nasz rodak, inżynier komunikacji Stanisław Kozierski, mieszkający obecnie stale w Paryżu i należący do zespołu redakcji „Moniteur des Travaux Publics”.

W pracy tej, oprócz niektórych danych historycznych o rozwoju budowy mostów z rozmaitych materiałów i różnych systemów, podane są wiadomości o najnowszych postęпах techniki w tej dziedzinie, z wielką ilością interesujących fotografii mostów oraz niektórych katastrof budowlanych (mianowicie załamania się Quebec-Bridge w Kanadzie na rz. Św. Wawrzyńca, mostu na Woldze w Symbirsku, mostu Nussy-Vé na Madagaskarze).

Praca podzielona jest na osiem rozdziałów, mianowicie:

1) Systemy mostów. Ich przeszłość. Ich przyszłość.
2) Rola materiałów naturalnych i sztucznych w sztuce budowania mostów.

3) Budowa mostów: Fundamenty. Budowa wierzchnia. Jezdnia.

4) Wypadki i katastrofy podczas budowy i po ukończeniu budowy mostów.

5) Projekty znacznych mostów.

6) Konkursy międzynarodowe i ich wyniki.

7) Dodatkowe informacje o niektórych wielkich mostach już wykonanych lub obecnie wykonywanych.

8) Międzynarodowe kongresy budowy mostów.

Omawiana monografja daje w krótkiej formie (71 str.) ilustrowany obraz budowy mostów, ze szczególnem uwzględnieniem najnowszych konstrukcyj, uzupełniony fachowymi uwagami doświadczonego w budowie mostów inżyniera, który długo pracował w Rosji, w Indo-Chinach i w Chinach przy wykonywaniu tego rodzaju budowli, i wielką ilością danych cyfrowych oraz spostrzeżeń praktycznych.

Obszerniej potraktowane są najnowsze mosty żelazobetonowe łukowe (np. most na Sekwanie w Saint-Pierre du Vauvray, $l = 1318$ m; $f = 25$ m; most przerzucany przez kanał morski Elorn w Plougastel (w pobliżu Brest'u we Francji), $l = 186$ m; $f = 36,5$ m, oraz mosty wiszące (jak Filadelfijski $l = 533$ m i most na Hudson-River koło New-Yorku, $l = 1067$ m) i wspornikowe.

Szata zewnętrzna wydawnictwa przedstawia się naderzycząj dodatnio.

Prof. Dr. Inż. St. Kunicki.