



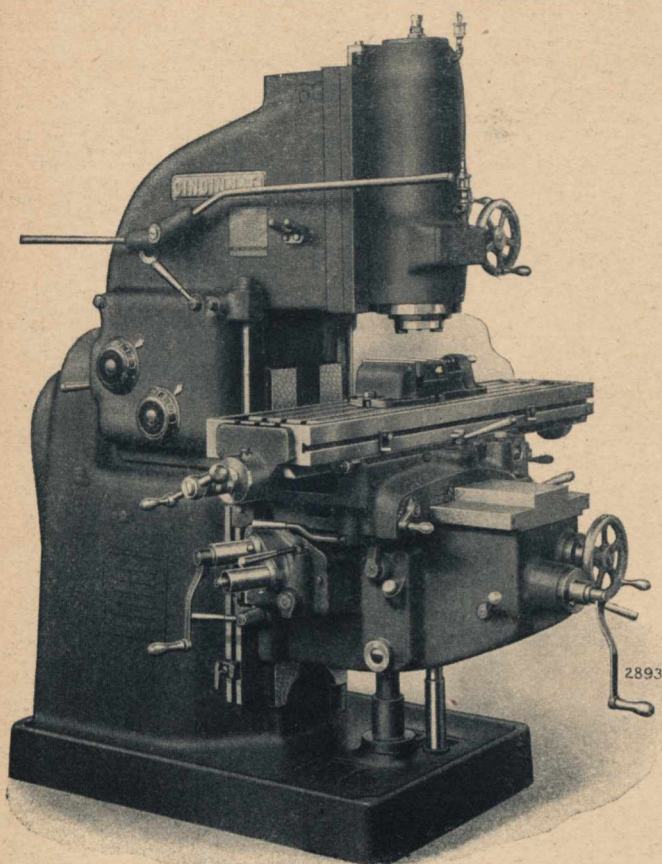
PRZEGLĄD MECHANICZNY

IX ZJAZD INŻYNIERÓW MECHANIKÓW POLSKICH: LWÓW 8-11.VI 1935

ROK 1935

Nr. 10

MASZYNY ŚWIATOWEJ SŁAWY



CINCINNATI MILLING MACHINE
I CINCINNATI CRINDERS INC.

Frezarki poziome, uniwersalne, pionowe
oraz hydrauliczne. Szlifierki uniwersalne,
bezkłowe i narzędziowe.

THE HEALD MACHINE COMPANY

Szlifierki do otworów, szlifierki powierzch-
niowe, precyzyjne wytaczarki „Bore-Matic“.

BLANCHARD MACHINE COMPANY

Szlifierki powierzchniowe ze stołem obro-
towym.

THE BULLARD COMPANY

Karuzelówki i tokarnie pionowe.

JONES & LAMSON MACHINE COMPANY

Rewolwerówki i tokarnie automatyczne
„Fay“.

LEEDS & NORTHRUP COMPANY

Potencjometry, pirometry i specjalne piece
hartownicze.

JEN. REPR.

ING. M. KOCIAN & G. NEDELA,

PRAGA, Č. S. R.

INŻ. KAZIMIERZ SKARŻYŃSKI

WARSZAWA, UNIWERSYTECKA 1
TEL. 8-22-26.

SPRĘŻARKI (KOMPRESORY)

Wszelkich typów na wysokie ciśnienie o wy-
dajności od 10 do 10000 M³/godz.

AGREGATY KOMPRESOROWE

do malowania natryskiem

MOTOPOMPY AUTOPOMPY

i wszelki sprzęt pożarniczy

TURBINY WODNE

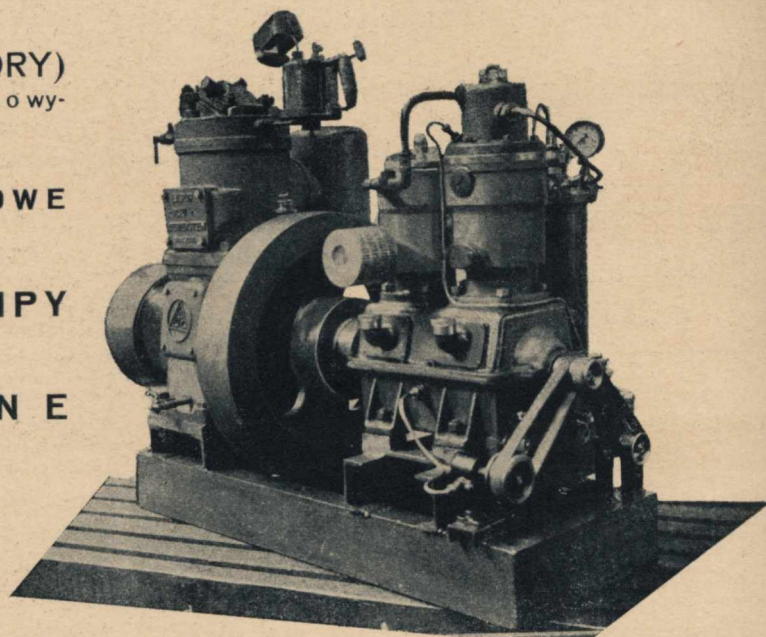
MASZYNY PAROWE

MASZYNY PRALNICZE

Kompletne urządzenia pralni mech.

ODLEWY z ELEKTROSTALI

zwykle stopowe i manganowe



Jeden z agregatów kompresorowych wykonanych przez
nasze Zakłady dla nowobudującego się okrętu polskiego M/S „Piłsudski“

WYKONYWA

TOWARZYSTWO PRZEMYSŁOWE ZAKŁADÓW MECHANICZNYCH

LILPOP RAU I LOEWENSTEIN Sp. Akc.

Warszawa, ul. Bema Nr. 65.

Biuro sprzedaży tel. №№ 275-43, 246-42, 505-94

Rok założenia 1818

Wodzowi Narodu
Pierwszemu Marszałkowi Polski
Józefowi Piłsudskiemu
w hołdzie

W DZIEJOWEJ
CHWILI

W DZIEJOWEJ chwili, która Naród cały pogrążyła w najgłębszej żałobie, która odwróciła jedną z wielkich kart naszej historii, musimy w skupieniu zajrzeć w siebie i odnaleźć tam obraz drogi minionej, — musimy z uwagą spojrzeć przed siebie, by wzrokiem ogarnąć przestrzenie przed nami leżące, które w pochodzie czasu przemierzyć mamy.

Droga przed nami jest olbrzymia i na niej „czeka nas jeszcze ogrom pracy, jesteśmy bowiem dopiero u jej początku”.

Mamy wszelkie prawo, by z dumą patrzeć na szlak przebytej w ciągu piętnastolecia. Pozostawiliśmy na nim wielkie pomniki zwycięstw orężnych, które zaważyły na dziejach nie tylko Polski, lecz cywilizacji ogólnoludzkiej, a Naród nasz okryły wiekopomną chwałą, — i większych jeszcze zwycięstw nad sobą, których wynikiem był cud zespolenia Narodu, przez wieki niewoli rozdartego, zespolenia tak żywiołowego i całkowitego, iż dziś bardziej, niż kiedykolwiek w dziejach Polski, stanowimy jeden, jednolity, niepodzielny, żywy twór.

Poza zwycięstwami oręża i ducha, z których jedno z drugiego wypływa, mamy za sobą również wielkie zwycięstwa pracy, — pracy we wszystkich jej dziedzinach. Odbudowaliśmy ze zgliszcz i rozwinęli nasz przemysł, — położyliśmy trwałe podwaliny pod nasze życie gospodarcze, od którego ciężny siła Państwa w pierwszej linii zależy.

.....
*Ci, którzy mn'ie kochali, niechaj mi przebaczą śmierć i niechaj prowadzą dalej to, com zaczął.
A ci, których nienawiść pełziła za mną cierniem, jak śmierć — nieunikniona i jak miłość — wierna, niech przekują miecz, strzały i noże na lemiesz;
a gdy będą orali nademną, jak w ziemi, ucieszę się ich orką, nie poweźmę złości, nawet gdy pług niebacznie zaczepi o kości.*
.....

— proszę was tchu resztkami,
który na wysokościach w Milczeniu zastyga,
o, weźcie na się sami
ten ciężar, którym za was dźwiga!
Weźcie go razem, spolem,
niech jeden drugiego nie odpycha...

.....
KAZIMIERA IŻŁAKOWICZÓWNA

Tak, — możemy być dumni, lecz tylko tą dumą, z której rodzi się niczem nieodparta wola czynu, — wola, ażeby zadania przyszłe mierzyć uwielokrotnioną miarą rzeczy już dokonanych. Takie jest bowiem prawo bytu, iż w wyniku ostatecznym zwycięża tylko ten, który idzie naprzód, — idzie szybciej, niż jego współzawodnicy. Ta nieprzerwana nigdy walka, w większości bezkrwawa, — która w chwilach wojny jeno wybucha w postaci krwawej błyskawicy, — walka, odbywająca się na wszystkich polach pracy, nade wszystko zaś w dziedzinie techniki i w jej ucieleśnieniu — przemyśle — ma dla naszego kraju znaczenie szczególne. Mocni bogactwem dóbr duchowych, jesteśmy, w porównaniu z naszymi sąsiadami, o wiele zbyt mało zasobni w dobra materialne, — zbyt bowiem słaby jest nasz przemysł, najszerszej rozumiany, to narzędzie, którym dobrobyt ów się zdobywa, — zbyt słabe ramię, które nim kieruje — nasza technika. I oto stajemy tu twarzą w twarz wobec tego olbrzymiego zadania, które nas — inżynierów — czeka, tego najelementarniejszego obowiązku, jaki ciąży na nas

głędem naszej Ojczyzny. Na Jej obszarze my i tylko my jesteśmy kapłanami owej techniki, która stała się jednym najważniejszych czynników materialnej i orężnej potęgi państwa. Orężnej — mówimy, podkreślić to chcemy, z otwarciem bowiem czołem oświadczyć możemy, iż oręż nasz — to jest broń, dla obrony odzyskanej Niepodległości, a nie dla obywateli przeznaczona.

Nikt lepiej niż my nie rozumie i nie jest zdolny ocenić, jak wiele, jak bardzo wiele jest do zrobienia, by technikę naszą dźwignąć na należyty jej poziom, by przemysł nasz przystąpił do właściwych rozmiarów. Wiemy, iż armja, choć najpotężniejsza, najlepszym duchem owiana, w zmaganiach na dzisiejszą miarę, bez oparcia o równie, jak ona, tętny przemysł, duchem technicznej wiedzy ożywiony, — nie może jedna zwycięstwa odnieść nie zdoła. Znaczenie techniki i przemysłu dla zdolności obronnej Państwa jest rozstrzygające. Przemysł ten musi istnieć i żyć pełnią swych możliwości, pracując w pierwszej linii na potrzeby obywateli tego kraju. Aby to było możliwe, należy ze wszystkich dążyć do podniesienia dobrobytu wśród wielkich mas społecznych. Dojść do niego możemy jedynie przez wielką pracę, bo „tylko praca, praca i jeszcze raz praca stwarza prawdziwe wartości”.

Czegóż nam trzeba, by stworzyć potrzebne ku temu warunki? Wszak w Polsce dla pracy mamy nieograniczone zdolności. Czegóż nam brak, by pokonać bezwład ten wielkiego, zamkniętego koła przyczyn i skutków, jakim jest życie gospodarcze kraju w całej złożoności swej budowy? Brak było dotychczas należytego zespolenia woli nas wszystkich, brak wiary we własne siły i możliwości, a przede wszystkim brak jedności ducha. Byliśmy skłóceni, nie umiemy się wzajemnie, nieprzejednani w takim właśnie tylko takim, jak nasze, pojmowaniu dobra kraju, niezdolni ani o zdźbło od swego odstąpić, nieufni w stosunku do przywódców innych zapatrywań, — niezdolni, by starać się je rozumieć i je uszanować.

Wszakże często słyszy się zarzuty braku planowości w wieloletnim stylu, braku śmiałości i inicjatywy, o ile chodzi o wielozagadnienia gospodarcze. Tak. Zarzuty niezawodnie słuszne. Lecz w czym leży tego przyczyna? W natarciu, gdy jest pewien swych żołnierzy, może się ważyć na rzewielkie, brawurowe uderzenie zmieść wielokrotnie liczniejsze wrogie zastępy. Historia naszego oręża daje tego dowody wspaniałe przykłady. To samo dzieje się w życiu gospodarczym, lecz i tu wódz musi być pewien wszystkich, aż do najmniejszego ze swoich żołnierzy, iż na jego wezwanie spełnią swój obowiązek. Jeżeli pewności tej niema, nie wolno ruszać się w natarciu zbyt śmiało, bo miast zwycięstwa czegoś może sromotna klęska i zagłada. Wtedy konieczna jest ostrożność i borykanie się z przeciwnościami, długie czekanie.

Czy była w naszym Narodzie ta jedność, — konieczna, by mogła wielki gospodarczy czyn zrodzić? Czy zbudziłby się w nas wszystkich ów entuzjazm, zdolny do poświęceń w imię wyższego wspólnego dobra?

Nie oskarżajmy więc nikogo, spojrzymy w siebie, my, słabi i ułomni, uwierzmy, iż od nas tylko zależy, by stać się silnymi, — silnymi jednością i wiarą, — wiarą w siebie i w naszych dotychczasowych przeciwników.

Gdy o jedności mówimy, — nie o jednorodności nam chodzi. Przeciwnie, — niech ścierają się poglądy, gdyż stąd tylko bardziej wszechstronny obraz rzeczy się ujawni, — rozumiemy jednak, iż czyn wymaga jednego tylko rozstrzygnięcia. Odnajdźmy w sobie więc tę karność duchową, która by pozwoliła nam z równym poczuciem obowiązku przyłożyć z całym oddaniem rękę do pracy, którą wykonać mamy wbrew naszemu początkowemu jej rozumieniu. W tym mieści się cała tajemnica wyrobienia społecznego, które jest najelementarniejszym warunkiem siły zbrojnej.

Słowa ostatnie skierowaliśmy do Was, Koledzy, nietyle jako do inżynierów, ile raczej jako do współobywateli. Mimo, iż brak nam jeszcze odpowiednika organizacyjnego, stanowimy my, inżynierowie, pewną odrębną zbiorowość, pewną grupę społeczną, która dzierży w swych rękach najważniejszy odcinek życia gospodarczego. Bądźmy więc związani węzłem jedności myśli i woli i tą właśnie karnością, na którą wskazywaliśmy, jako na najpiękniejszy przejaw kultury społecznej!

Jedność i karność! Oto nasze hasło w tej dzisiejszej, dziejowej chwili.

*

Gdy cały Naród pochyla się w hołdzie dla Tego, który był, jest i po wieki będzie dla nas wszystkich niedoścignionym wzorem umiłowania i poświęcenia, — woli czynu i zrozumienia obowiązku, składamy Jemu i my, inżynierowie polscy, nasz hołd najgłębszy, — zarówno ci, którzyśmy Go kochali, jak i ci, którzy, niestety, Go nie rozumieli. Oddajmy hołd ten tem skwapliwiej i tem goręcej, iż rozumiemy, że jest to nie tylko wielkim aktem wdzięczności całego Narodu, jakże małym na miarę położonych Zastug. Hołd ten powinien stać się węzłem, który nas wszystkich zbliży i zjednoczy. Jeżeli istotnie to się stanie, wtedy wartość hołdu zwiększy się niepomiaralnie, — wtedy zrodzi się zeń moc wielka, która ziszczy to, czego On pragnął, — wtedy weźmie należną Mu sprawiedliwą Zapłatę.

Niech więc, zgodnie z przepięknymi słowy Pana Prezydenta Rzeczypospolitej,

„hołdy dziś prochom Wielkiego Polaka składane zamienią się w śluby dochowania wierności dla Jego myśli w daleką przyszłość przenikających. Niech przekują się w obowiązek strzeżenia dumy i honoru narodu, niech wole nasze do twardej pracy i walki z trudnościami zaprawią, a serca nasze wielką Jego dla Ojczyzny miłością rozpala”.

Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich w dniach żałoby 12–18.V. 1935 r.

Z CHWILĄ, gdy rozesała się wiadomość o śmierci Marszałka Józefa Piłsudskiego, odczuliśmy, iż Stowarzyszenie nasze powinno wziąć czynny udział w tej bolesnej żałobie narodowej. Wobec niemożliwości natychmiastowego zwołania zebrania Prezydium i Zarządu, które miały się odbyć w d. 16 maja, pierwsze kroki podjęte zostały w wyniku bezpośredniego porozumienia się w łonie Prezydium. Dotyczyły one dwóch rzeczy: dziewiątego zeszytu „Przeglądu Mechanicznego”, którego wysyłka miała nastąpić tegoż samego jeszcze dnia 13 maja, oraz zapowiedzianego na ten sam dzień wieczorem zwykłego zebrania odczytowego z referatami inż. K. Wretowskiego i inż. J. Goleniewicza. Postanowiono wstrzymać wysyłkę „Przeglądu Mechanicznego” do czasu uzupełnienia zeszytu wstępną stronicą, poświęconą Pamięci Marszałka. Jednocześnie postanowiono nie odwoływać posiedzenia wieczornego, lecz pozwolić tym, którzy się zbiórą, złożyć pierwszym hołd Zgąśtemu. Do licznie zebranych członków i sympatyków SIMP przemówił Prezes Stowarzyszenia, inż. W. K. Wierzejski, w słowach następujących:

„Dnia 12 maja zmarł Józef Piłsudski. Nie minęła jeszcze nawet doba od tej tragicznej chwili, która uczucie psychicznej próżni spowodowała w duszy polskiej. Odszedł Człowiek, który za życia jeszcze stał się symbolem Narodu i Państwa. Twórczym wysiłkiem powołał z niebytu Państwo Polskie, zwycięskim orężem zakreślił jego granice, mocą woli ukształtował zręby jego ustroju, siłą umysłu wydzwignął je na poczesne miejsce między narodami świata. W aspołecznym i bezwolnym społeczeństwie polskim Jego genjusz Czynu i Jego niezłomna Wola dały Narodowi jedność narodową i hart ducha. Brał na swe barki całe brzemie trudu i odpowiedzialności za losy Państwa. Ciężką żałobą okryły się wszystkie czujące serca polskie. Odszedł Wódz.”

Z kolei Prezes odczytał Orędzie Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, które zebrani wysłuchali stojąc w głębokim skupieniu, i po dłuższej chwili milczenia wezwał zebranych do rozejścia się.

W dniu 15 maja delegacja Prezydium Zarządu Głównego SIMP w osobach inż. W. Moszyńskiego, I Wiceprezesa, inż. E. Oski, II Wiceprezesa, i inż. E. Wolniewicza, Sekretarza Zarządu Głównego, udała się do Pałacu Belwederskiego, by w imieniu Stowarzyszenia złożyć hołd doczesnym szczątkom Pierwszego Marszałka Polski. Delegaci wpisali w wyłożonej tam księdze kondolencyjnej słowa:

„Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich składa wyrazu hołdu i czci najgłębszej Wielkiemu Wodzowi Narodu”

i złożyli swe podpisy. Podobne słowa wpisane zostały przez delegację w księdze kondolencyjnej, wyłożonej w Pałacu Prezydium Rady Ministrów.

Taż sama delegacja z udziałem dwóch dalszych członków Prezydium i Zarządu SIMP, inż. J. Burskiego i inż. A. Stulgińskiego, wzięła tegoż popołudnia udział w pochodzie sztandarowym przed Pałacem Belwederskim na krótko przed eksportacją zwłok do katedry św. Jana.

Poza tem Stowarzyszenie nasze przesłało do Polskiego Radja komunikat radiowy o oddanym hołdzie.

Dnia 16 maja odbyło się uroczyste posiedzenie Zarządu Głównego SIMP. Prezes Stowarzyszenia przemówił do zebranych w krótkich podniosłych słowach i odczytał Orędzie Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, które członkowie Zarządu wysłuchali stojąc w skupieniu, w którym przetrwali długą chwilę milczenia, poczem Prezes odczytał cztery de-

pesze kondolencyjne od Zarządu Głównego: do Pani Marszałkowej Piłsudskiej, do Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, do Pana Prezesa Rady Ministrów i do Pana Generalnego Inspektora Sił Zbrojnych. Depesze te zostały wysłane niezwłocznie; treść ich była następująca:

Pani Marszałkowa Aleksandra Piłsudska
Belweder

Wyrazy najgłębszego serdecznego współczucia przesyła
Pani Marszałkowej w Jej wielkim bólu

Zarząd Główny Stow. Inż. Mechaników Polskich

Pan Prezydent Rzeczypospolitej
Zamek

Inżynierowie Mechanicy Polscy w tej bolesnej dla całego Narodu chwili składają na ręce Pana Prezydenta uroczyste przyrzeczenie, iż w służbie dla dobrobytu i bezpieczeństwa Rzeczypospolitej niezłomie czynić będą wolę Tego, który, wskrzesiwszy naszą państwowość, wskazał na wyścig pracy, jako warunek jej utrwalenia.

Zarząd Główny Stow. Inż. Mechaników Polskich

Pan Prezes Rady Ministrów Płk. Walery Sławek
Pałac Rady Ministrów

W dziejowej chwili, która Naród cały okryła bezmiar żałoby, składamy na ręce Pana Prezesa wyrazy hołdu i czci najgłębszej dla Wielkiego Wodz Narodu.

Zarząd Główny Stow. Inż. Mechaników Polskich

Generalny Inspektor Sił Zbrojnych
Gen. Dyw. Rydz Śmigły, GISZ

W tragicznej dla Narodu chwili Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich składa na ręce Pana Generała uroczyste zapewnienie, iż trwać będzie wiernie przy swej dewizie służby dla bezpieczeństwa Rzeczypospolitej, spełniając Wolę przedwcześnie zgasłego Wodz i Budowniczego Państwa.

Zarząd Główny Stow. Inż. Mechaników Polskich

Następnie I Wiceprezes zawiadomił zebranych o pierwszych krokach podjętych przez Prezydium dla uczczenia Pamięci Marszałka i o postanowionym udziale przedstawicieli Stowarzyszenia w uroczystościach pogrzebowych w Warszawie w dn. 17 maja i w Krakowie w dn. 18 maja, oraz zgłosił w imieniu Prezydium trzy następujące wnioski:

1. Zarząd SIMP uchwała, aby, mimo żałoby narodowej, IX Zjazd Inżynierów Mechaników Polskich odbył się w przewidzianym terminie 8 — 10 czerwca, z całkowitem jednak poniechaniem towarzyskiej części programu i zachowaniem tej jedynie jego części, która będzie w zgodzie z powagą chwili.
2. Zarząd SIMP uchwała, aby wraz z dziesiątym zeszytem „Przeglądu Mechanicznego” wydany został nadliczbowy, czterostronicowy żałobny numer „Wiadomości SIMP”, w całości poświęcony sprawozdaniu z udziału Stowarzyszenia w ogólnej żałobie Narodu.
3. Zarząd SIMP postanawia, aby, dla uczczenia Pamięci Pierwszego Marszałka Polski, Stowarzyszenie przyczyniło się do wzniesienia Kopca Marszałka Piłsudskiego w Krakowie i Jego pomnika w Warszawie. Na ten cel Zarząd zgłasza w imieniu wszystkich członków Stowarzyszenia sumę 1.000 zł., która zostanie pokryta z dobrowolnych składek członków. Suma ostatecznie zebrana, która, według przekonania Zarządu, znacznie przekroczy powyższą kwotę, zostanie rozdzielona na połowy z przeznaczeniem ich na budowę dwóch powyższych pamiątek narodowych.

Wszystkie trzy wnioski zostały przyjęte jednogłośnie, w wyniku czego postanowiono rozesać niezwłocznie do wszystkich członków Stowarzyszenia wezwanie do zgłoszenia i przesłania dobrowolnych składek na wyżej podany cel.

osiedzenie to i powyższe uchwały znalazły swe echo drugim kolei komunikacie Polskiego Radja.

W dniu 17 maja liczna grupa przedstawicieli Stowarzyszenia wzięła udział w uroczystościach pogrzebowych w Warszawie.

Tego samego dnia wczesnym wieczorem delegacja Prezydium SIMP w składzie pięciu osób, którzy brali udział w pochodzie sztandarowym przed eksportacją w dn. 15 maja wyjechała samochodem do Krakowa.

W połowie drogi delegacja zatrzymała się w Skarżysku, krótko przed przybyciem pociągu żałobnego.

„Niezapomniane wrażenie. Stoimy u przejazdu kolejowego tuż obok toru, którym ma przejść pociąg, wiozący szczątki doczesne Pierwszego Marszałka Polski na miejsce wiecznego spoczynku; przybyliśmy bowiem zbyt późno, by przedostać się na stację. Po drugiej stronie toru nieprzebrane rzesze robotników miejscowych fabryk stoją nieruchomo w milczeniu nieskończenie długim szeregiem. Ciemna, chmurna, choć cicha i ciepła noc. Sznur paru dziesiątków wielkich ognisk wyrzuca snopy iskier, które łagodny wiatr niesie ponad tor, tworząc gwiazdzistą powałę, dymami spowitą. Syreny fabryk wydają nieustanny, krótki, urywany ryk, niby jęk bólu, rozpacz.

Dziwnie smutnie, przeciągle zagrała trąbka dróżnika. Pociąg się zbliża. Wzdłuż toru nagle zapalają się tysiące zawczasu przygotowanych przez robotników pochodni. Coś, niby z czasów pierwszych chrześcijan, — te światła, — ta cisza. Lecz oto huk pociągu, który wpada, nabrawszy już za stacją rozpędu. Dwie lokomotywy, sznur czarnych wagonów i nagle... blask oslepiający... Niby meteor świetlany przemknęła biała z czerwienią trumna na tle czarnej sylwety zaprzęgu armatniego i skamieniałej w bezruchu straży... Długi jeszcze czas świeciła, niby gwiazda wschodząca na widnokręgu, zanim zgasła...”

Delegacja Stowarzyszenia przybyła do Krakowa dn. 18 a o godz. 8.30 i wzięła udział w pochodzie pogrzebowym, oddając w imieniu inżynierów mechaników polskich hołd Wodzowi Narodu.

✱

poniżej przytaczamy pełne brzmienie obu komunikatów, dotyczących udziału naszego Stowarzyszenia w żałobie narodowej.

Komunikat radiowy z d. 15 maja 1935 r.

Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich, biorąc udział w najgłębszej żałobie, którą w chwili obecnej przeżywa cały Naród, uczciło Pamięć Pierwszego Marszałka Polski uroczystą żałobną akademią, urządzoną w poniedziałek, dn. 13 maja r. b., zamiast technicznego zebrania odczytowego, które, wobec powagi chwili, zostało odwołane. Prezes Stowarzyszenia, inż. Wierzejski, przemówił do zebranych w podniosłych słowach i odczytał Orędzie Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, które licznie zebrani członkowie i sympatycy Stowarzyszenia wysłuchali stojąc w głębokim

skupieniu, poczem, po parominutowym milczeniu, zebrani rozeszli się.

Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich wysłało delegację, złożoną z członków Prezydium Zarządu, celem złożenia podpisów w imieniu Stowarzyszenia w księgach kondolencyjnych w Pałacu Belwederskim i w Prezydium Rady Ministrów, oraz wzięcia udziału w eksportacji Zwłok Marszałka do katedry św. Jana.

Dnia 16 maja odbędzie się uroczyste posiedzenie Zarządu Głównego Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich, na którym powzięte zostaną dalsze uchwały, dotyczące udziału Stowarzyszenia w Żałobie Narodowej.

2. Komunikat radiowy z dn. 17 maja 1935 r.

Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników Polskich, o którym mówiliśmy już w dniu wczorajszym, odbyło uroczyste posiedzenie Zarządu Głównego, na którym Prezes inż. Wierzejski po krótkim, podniosłym przemówieniu odczytał Orędzie Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, które zebrani wysłuchali stojąc w głębokim skupieniu. Po dłuższej chwili milczenia odczytano depesze kondolencyjne do Pani Marszałkowej Piłsudskiej, do Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, do Pana Prezesa Rady Ministrów i do Pana Generalnego Inspektora Sił Zbrojnych, które zostały wysłane niezwłocznie. Treść drugiej z tych depesz była:

„Inżynierowie Mechanicy Polscy w tej bolesnej dla całego Narodu chwili składają na ręce Pana Prezydenta uroczyste przyrzeczenie, iż w służbie dla dobrobytu i bezpieczeństwa Rzeczypospolitej niezłomnie czynić będą wolę Tęgo, który, wskrzesiwszy naszą państwowość, wskazał na wysiłek pracy, jako warunek jej utrwalenia”.

W dalszym ciągu zebrania Zarząd powziął uchwały:

1) aby zapowiedziany we Lwowie na dn. 8—10 czerwca b. r. IX Ogólnopolski Zjazd Inżynierów Mechaników, mimo żałoby narodowej, odbył się w przewidzianym terminie, z całkowitem jednak pominięciem towarzyskiej części programu;

2) aby, nie poprzestając na zamieszczeniu w ostatnio wydanym zeszycie „Przeglądu Mechanicznego”, organu Stowarzyszenia, hołdu Pamięci Pierwszego Marszałka Polski, do najbliższego zeszytu włączyć umyślny żałobny numer dodatku społecznego, „Wiadomości SIMP”, poświęcony sprawozdaniu z udziału Stowarzyszenia w uroczystościach żałobnych;

3) aby Stowarzyszenie przyczyniło się do wzniesienia Kopca Marszałka Piłsudskiego w Krakowie i Jego pomnika w Warszawie, składając na ten cel w imieniu wszystkich członków Stowarzyszenia sumę 1000 zł., która to suma, pokryta z dobrowolnych składek członków, zostanie niezawodnie znacznie przekroczona.

Poza wzięciem udziału licznej grupy członków Stowarzyszenia w uroczystościach żałobnych w Warszawie, Prezydium Zarządu Głównego niemal w pełnym składzie wyjechało do Krakowa, by tam reprezentować ogół Inżynierów Mechaników Polskich i w ich imieniu złożyć ostatni hołd Prochom Wodza Narodu.

PRZEGLĄD MECHANICZNY

ORGAN
STOWARZYSZENIA
INŻYNIERÓW
MECHANIKÓW
POLSKICH

Tom I.

WARSZAWA • 25 MAJA • 1935 ROKU

Nr. 10.

Zeszyt poświęcony IX Zjazdowi Inżynierów Mechaników Polskich

Od Redakcji

W związku z IX-m dorocznym Zjazdem Inżynierów Mechaników Polskich, organizowanym przez SIMP, a mającym się odbyć w dn. 8—11 czerwca r. b. we Lwowie, „Przegląd Mechaniczny” wydaje niniejszy zeszyt specjalny, pracom naszego Zjazdu poświęcony.

Zeszyt ten, podobnie jak i następny, przynosząc szereg referatów zgłoszonych na IX Zjazd IMP, umożliwi uczestnikom obrad uprzednie zaznajomienie się z licznymi pracami, które zostaną zreferowane na Zjeździe, a tem samem ułatwi przeprowadzenie na ich tle wymiany zdań podczas obrad zjazdowych.

Zgodnie z tradycją naszych Zjazdów, organizowanych pod hasłem wzmożenia wysiłków ku rozwojowi techniczno-gospodarczemu i mocy obronnej kraju, idea ta — skupiająca nas w SIMP — przyświeca też Zjazdowi tegorocznemu; jest ona również ideą przewodnią naszego pisma, a w szczególności hasłem zeszytu zjazdowego. Jesteśmy przekonani, że doniosłe to hasło skupi wokół siebie liczne grono inżynierów mechaników, w dniach obrad zjazdowych, w kresowym grodzie „Orląt”.

Wyrażamy życzenie, by jaknajliczniejsze zgromadzenie zjazdowe dało nowy posiew myśli, ku realizacji jego celów wiodących.

Gospodarcze i społeczne wpływy techniki maszynowej^{*)}

E. Hauswald, Prof. Politechniki Lwowskiej

Wpływ rozwoju techniki maszynowej na wzrost wydajności produkcji i zwiększenie ogólnego dobrobytu. Znaczenie techniki maszynowej jako środka rozwoju wytwórczości i jako czynnika wielostronnego postępu, wznoszącego ludzkość na coraz wyższy poziom cywilizacji. — Wpływ rozwoju techniki maszynowej na stopień zatrudnienia. Okresy depresji i zjawisko kompensacji. — Postulat rentowności urządzeń maszynowych, jako warunek ich stosowania. — Prawa rządzące rentownością zakładów przemysłowych. Wskazania ogólne.

W CIĄGU tysięcy lat odbywał się w różnych częściach naszego świata rozwój rasy ludzkiej, opierający się o zadziwiającą zdolność organizmu ludzkiego do orjentowania się i dostosowywania do różnorodnych warunków i wpływów otoczenia, o zdolność do nieustannego rozwoju siły umysłowej i doskonałe narzędzie mechaniczne, jakim jest ręka człowieka. Do tych danych przyrodzonych przybyła z czasem cenna pomoc w postaci narzędzi, które wielokrotnie wzmogły siły obronne i zdobywcze człowieka i umożliwiły mu też zużytkowanie do swych celów potężnych zasobów energii ognia i wody.

Z prostych zrazu narzędzi zaczęli ludzie wyrażać pewne ich zespoły, które tworzyły przyrządy

mechaniczne, a w dalszym ich postępie sztuczne mechanizmy, zwane maszynami. Razem z dodatkowymi przyborami rozwinięto z czasem ustroje mechaniczne, złożone z maszyn, przyrządów i przyborów uzupełniających, zwane krótko urządzeniami maszynowymi. W nowszych zaś okresach widzimy nadto niezwykle szybki postęp w dziale misternych maszynek i przyrządów, które nazywamy aparatami lub instrumentami, służącymi np. do mierzenia, regulowania, zabezpieczania różnych przebiegów i czynności, a nawet do samoczynnego ich sterowania zapomocą automatów.

Wszystkie te twory mechaniczne nazwiemy krótko maszynami i postaramy się o bezstronne, naukowe rozpatrzenie zjawisk, łączących się ze światem maszyn.

^{*)} Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

Maszyna weszła z czasem w życie ludzkie, mimo sprzeciwu grup zawodowych, którym zdawała się zagrażać swym działaniem, i zaczęła razem z innymi czynnikami nowoczesnej techniki zmieścić wielkie dziedziny gospodarstwa, produkcji, transportu, środków komunikacji i porozumiewania się, rozwijać nadszpodziewanie szybko wielkie zadania przemysłowe i urządzenia techniczne, przystajając się w wielkiej mierze do podniesienia ółnego dobrobytu. Wielkie wynalazki i postępy techniki nie zdołały jednak dotąd usunąć odwiecznych braków i pokonać trapiących ludzkość trudności gospodarczych i społecznych, przypuszczając dlatego, że zjawiska te zależały głównie od braku mocy, przyczyn i przebiegów.

Wspaniałe niewątpliwie postępy, osiągnięte w wielu dziedzinach życia gospodarczego i społecznego przez udane zastosowania techniki wole, a techniki maszynowej w szczególności, odiaływały na wielu ludzi z temi sprawami mniej eznananych w taki sposób, że oczekiwali od maszyn więcej niż one dać mogły; potem zaczęły się jawiać napozór poważne referaty i dzieła filozoficzne lub socjologiczne, których autorzy, przyając technice maszynowej olbrzymią doniosłość i potęgę, wypowiadali pewne skrajne poglądy i orocictwa co do jej wpływu na dalsze losy całej wilizowanej ludzkości, twierdząc, że spółczesny rozwój techniki maszynowej zagraża siłom życiowym rasy i przyszłości naszej kultury.

Czyżby zarzuty tego rodzaju, stawiane rozwojotechniki maszynowej i jej zastosowaniom gospodarczym, miały być uzasadnione i słuszne?

Oto pytanie, które postawić sobie winni technicy maszynowcy, zajmujący się zawodowo projekowaniem, budowaniem i stosowaniem maszyn, lue z faktami i tendencjami w tej ważnej dziednie życia najlepiej obeznani.

Amerkański ekonomista Garret pisze w swej książce o „Mechanicznym rozszerzeniu pracy ludzkiej”, że maszyny wszelkiego rodzaju służą przewszystkiem do zwiększania wydajności i produkcji, skutkiem czego coroczna ilość robót, czyli wydajność produkcji przekracza swym zapotrzebowaniem, istniejącym w danej chwili. Zaznaczając w tem miejscu, że maszyny i aparatusłużące też mogą do innych celów, jak do odciążenia ludzi od męczącej pracy fizycznej i umysłowej, do czego używa się np. maszyn rachunkowych i statystycznych (Holleritha i Powersa), do celów naukowych, zdrotnych i leczniczych, do rozrywki (radio, kino...), podróży, opanowania wielkich odległości, oszczędzania czasu życia i t. p., — zastanowimy się teraz nad oonomicznym znaczeniem maszyn. Dzięki wprowadzeniu dobrych maszyn zwiększono ilość produkcji dziennej każdego robotnika w przędzalnictwie i tkactwie 250 razy, przy użyciu t. zw. automatów tkackich, pracujących godzinie bez pomocy ludzkiej, nawet 500 do 600 razy. Pierwsza huta żelaza w Polsce, założona przed 100 laty, wytwarzać miała na rok około 230 t żelaza. Dziś jeden wielki piec daje codziennie ponad 400 t żelaza.

Parowóz średniej wielkości zastępuje wysiłek około 10 000 ludzi.

Jedna turbina parowa w elektrowni lwowskiej pracuje bez przerwy z średnią mocą 5000 jednostek elektrycznych czyli kilowatów, z których każdy równy jest 1,35 KM albo też mocy 13 ludzi. Maszyna ta zastępuje więc przez 8 godzin pracę mechaniczną 65000 ludzi, a na dobę 195000 osób.

Elektrownia w Chorzowie na Śląsku, obciążona średnio 40000-mi kilowatów, zastępuje około 3×500000 ludzi. Studja nad rozwojem zaludnienia i dobrobytu silnie zmechanizowanych krajów dowodzą, że stosowanie maszyn na wielką skalę nie przyniosło szkody, lecz przeciwnie ogromne i niewątpliwie korzyści. Jako przykład, przytoczę rozwój Niemiec, których zaludnienie wzrosło trzykrotnie właśnie w okresie 130 lat coraz to silniejszego wprowadzania maszyn.

W ostatnich 50 latach, w których postępy techniki maszynowej były szczególnie wyraźne, ogólna ilość robotników zatrudnionych w głównych działach produkcji i pracy nie zmalała, lecz wzrosła tam więcej niż dwukrotnie. W przemyśle ilość robotników wzrosła z 5,7 milionów na 13,2 milionów osób, w handlu z 1,4 na 5,2 milj. w rolnictwie z 7,1 na 9,8 milionów.

Ogólnie rzecz biorąc, przekonano się, że postępy nowoczesnej techniki, w której technika maszynowa stała na pierwszym miejscu, stworzyły trwałą przyrost możliwości zarobkowych i ogromny wzrost dobrobytu milionów osób.

Głębsze zbadanie licznych przyczyn i warunków, które złożyły się na wywołanie powojennego bezrobocia, nie wykazało, by mechanizacja miała tu być głównym czynnikiem, wobec czego władze, kierujące w Niemczech sztucznie forsowaną rozbudową dróg, miast, wsi i innymi robotami publicznymi, rozstrzygnęły, że nawet przy wykonywaniu robót zapomogowych należy dalej stosować najlepsze maszyny.

Jak daleko rozwinęła się mechanizacja produkcyjnych obecnie kilku krajów, ocenić można na podstawie statystyki ilości koni mechanicznych (KM), będących tam w użyciu. W Stanach Zjednoczonych na każdego robotnika przypada 5 KM, w Niemczech przypada na 32 miliony osób pracujących zarobkowo zgórą 60 milionów KM.

Przyjmując moc 1 KM jako równoważną ze zdolnością do wykonywania pracy mechanicznej 10 ludzi, można wyrazić obrazowo, że w Niemczech każdy robotnik ma do pomocy 20 robotników mechanicznych (po 1/10 mocy KM każdy), a w Stanach Zjednoczonych po 50 takich pomocników.

Podobnie rzecz się przedstawia w Wielkiej Brytanji i w innych krajach, technicznie i gospodarczo wysoko rozwiniętych.

Wpływ maszyn okazał się zatem potężnym i korzystnym. Poprawił dochody realne pracujących, umożliwił powstanie i opłacanie licznej grupy robotników kwalifikowanych i dozorców, a ponadto także grupy urzędników technicznych, handlowych i administracyjnych.

Dzięki postępom techniki maszynowej, możliwe też stało się zrealizowanie marzeń o skróceniu typowego dnia pracy z dawniejszych 10 godzin na 7 do 8, a w niektórych przemysłach nawet do 5 godzin dziennie, czyli do 30 godzin w tygodniu.

Przy wprowadzaniu nowych maszyn i przyrządów obniża się często zapotrzebowanie ilości osobogodzin pracy, co by wywołać mogło redukcję liczby robotników, zatrudnionych w danej gałęzi pracy. Równocześnie istnieje jednak tendencja do kompensacji tego uszczerbku przez znalezienie płatnego zajęcia dla tych ludzi w innych działach produkcji. Zjawisko kompensacji występuje niewątpliwie w poważnej mierze, czego dowodzi ustawiczny wzrost ogólnej liczby zatrudnionych i wzrastanie stawek płacy za godzinę pracy. Do łagodzenia przejściowych trudności powołane są tu istniejące już urzędy opieki społecznej nad robotnikami i urzędnikami.

W razie umiejętnego wprowadzania ulepszeń maszynowych nie trzeba zwykle oddalać robotników lub urzędników, albowiem możliwość zatrudnienia pracowników zależy głównie od wystarczającego dopływu odpowiednich sum ze sprzedaży lub innej wymiany wyrobów, a racjonalnie dokonana mechanizacja nie zmniejsza tych funduszy, lecz zawsze je zwiększa.

Zresztą gospodarczej i społecznej wartości mechanizacji nie można rozpatrywać tylko jednostronnie, ze stanowiska bezpośrednich interesów i korzyści grupy robotników fabrycznych, z pominięciem innych kół ludności. W istocie bowiem sprawy takie rozważać trzeba przede wszystkim ze stanowiska potrzeb i interesów ogółu ludności, a wtedy łatwo się przekonamy, że prawdziwy postęp techniczny przyniesie większe korzyści, niż przykrości. I tak stwierdzono, że gdyby nawet ilość robotników budujących samochody spadła w pewnym roku o 5000, ale ilość sprzedanych pojazdów mimo to wzrosła, to równocześnie zwiększyć się może co roku ogólna liczba osób żyjących z ruchu samochodowego, jako kierowcy, pomocnicy, robotnicy zajęci w stacjach paliwowych i naprawniach o 10000 lub więcej. W Stanach Zjednoczonych okazało się niedawno, że na 200 000 robotników zajętych w budowie samochodów żyło z ruchu samochodowego 1 000 000 osób, czyli 5 razy tyle. Podobne zjawiska znane są też z kolejnictwa, z żeglugi, wojska i t. d.

Poglądy nasze na działanie postępów techniki maszynowej trzeba też uzupełnić stwierdzeniem, że obok maszyn obniżających zapotrzebowanie pracy ludzkiej (amer.: labor-saving machinery) istnieją także maszyny wytwarzające nowe sposobności do zatrudnienia wielkiej liczby ludzi, czem się też wyjaśnia wspomniana tendencja kompensacyjna.

Bez nieustannego rozwoju świata maszyn i aparatów nie byłoby wogóle możliwości utrzymania co raz to liczniejszej warstwy inteligencji, działającej na kierujących i organizujących posterunkach we wszystkich działach życia gospodarczego i społecznego.

Nie byłoby też rozwinięcia zasobów kilku części świata poza Europą przez ich kolonizację i wprowadzenie ulepszeń technicznych na wielką skalę, nie byłoby zatem korzyści z tak bogatych obecnie krajów północnej i południowej Ameryki, Afryki lub Australji. Prócz przytoczonych już motywów do dalszego wprowadzania techniki maszynowej, bez obawy o podkopanie dobrobytu warstw pracujących, przybywają jeszcze inne, nie mniej

ważne. Oto wielu niezbędnych przedsięwzięć nie możnaby wogóle dokonać bez maszyn tam, gdzie działanie ich zupełnie nie da się zastąpić pracą fizyczną przy użyciu tylko prostych narzędzi.

Istnieje też dalszy, wyjątkowo ważny wzgląd na obronność i dzielność bojową społeczeństwa, przemawiający wprost za intensywnym stosowaniem techniki maszynowej.

W tej dziedzinie istnieje bowiem w Europie pewnego rodzaju przymus do stosowania i ulepszania techniki maszynowej w celu zapewnienia sobie jaknajlepszych przyrządów i maszyn wojennych, obok konieczności poduczania całej ludności w zrecznym obchodzeniu się z temi maszynami.

Oddziaływania biologiczne i psychiczne świata maszyn i aparatów na jednostki ludzkie i na całą rasę ludzką nie są też czemś naturalnym, ani też przeciwnym popędem biologicznym. Wszak sam człowiek jest w pewnym stopniu także misterną i zawiłą maszyną przyrody, wykonywającą swe czynności automatycznie lub świadomie, a maszyny i przyrządy są przecież naturalnym wytworem ludzkiego geniuszu i wysiłku, które wielokrotnie wzmacniają przyrodzone siły człowieka i oddają mu do pomocy olbrzymie zasoby energetyczne i materialne otaczającego go świata.

Obawiaćby się tylko można przeciążenia mózgu ludzkiego rosnącą z czasem zawiłością urządzeń maszynowych, gdyby nie znany fakt, że troska o mechanizmy obciąża faktycznie tylko małą część ludności, poświęcającą się dziedzinie maszynowości, i to nie z przymusu, lecz z zamiłowania, tak że praca około maszyn staje się dla tych ludzi raczej przyjemnością, niż ciężarem. Używanie zaś nowoczesnych maszyn i aparatów jest obecnie tak ułatwione, że staje się dogodnym dla każdego człowieka.

Obawy zatem, wypowiedane przez niektórych niby-filozofów co do degeneracji rasy pod wpływem mechanizacji życia, nie są uzasadnione. Przeciwnie, przekonać się łatwo można, ile dobrego technika maszynowa świadczyć może dla zdrowia ludzkiego w postaci urządzeń sanitarnych, wodociągowych, dobrego oświetlenia, ogrzewania i przewietrzania mieszkań i pracowni, ułatwienia różnych zajęć codziennych, ochrony przed niebezpiecznymi pracami i t. p.; w innych zaś kierunkach — przez udostępnienie nam morza, gór, uzdrowisk, rozrywek, jak np. kinematografów, radjotechniki i t. d.

Można tedy w dziedzinie stosowania maszyn i przyrządów mechanicznych kierować się genialnym hasłem, wypowiedzianem przed więcej niż stu laty przez *Stephensona* w sprawie budowy sieci kolejowej w Wielkiej Brytanji: „let the country make railways and the railways will make the country”, co dałoby się rozszerzyć na zagadnienie mechanizacji w taki sposób: *niech tylko kraj buduje maszyny, a maszyny zbudują wzamian jego dobrobyt!*

Z drugiej znowu strony uznać trzeba, że i technika maszynowa nie może dokazywać cudów i regulować bez wstrząsów gospodarkę silnie przeludnionych społeczeństw, jakie mamy właśnie w Europie; nie może też opanować następstw olbrzymich strat, wywołanych długotrwałą wojną euro-

pejską i gwałtowną socjalizacją powojenną, zata-mowaniem naturalnej wymiany handlowej w han-dlu światowym i wieloma innymi zjawiskami. Wi-doczne jest jednak, że owe poważne, czasem na-wet tragiczne trudności i przeszkody rozwojowe leżą przeważnie w dziedzinach finansów, nierozumnie dokonanych wkładów w przemyślo-wych i zbytkowych, lekkomyślnego życia całych państw nad stan, które je zawiodło do fatalne-go zadłużenia i do demoralizacji, objawiającej się na każdym prawie kroku.

Przesadne uprzemysłowienie w krajach, które przed wojną liczyć mogły na zbyt swych towarów nietylko we własnym państwie, ale także poza Europą, obecnie zaś owe wielkie obszary zbytu straciły, doprowadziło tam do straty przeważnej części włożonego w owe przemysły kapitału własnego i pożyczonego oraz do załamania się podstawy utrzymania milionów pracowników.

Technika maszynowa zmieszana jest w życiu praktycznym z działaniami finansowymi, gospodar-czemi, nadto zaś z socjalnymi i politycznymi wa-runkami bytu. Życie społeczeństw traktować więc należy jako rodzaj mieszaniny różnorodnych skład-ników, mocy, pożądań i warunków, nie dającej się łatwo ująć w ramy jednolitej wzorowej, racjonal-nej organizacji.

Stąd też wypływa niewątpliwa zależność techniki maszynowej od warunków fi-nansowych i gospodarczych, zwłaszcza od posia-dania wystarczających zasobów wolnego kapitału i kredytu, jakoteż od zapewnienia zakładom prze-mysłowym trwałego i korzystnego dla nich zbytu, wedle którego regulować trzeba zarówno akcję inwestycyjną, jak ilościową wydajność produkcji.

Przebiegi produkcyjno-handlowe odbywają się, jak obecnie wiadomo, wedle pewnych *praw funk-cyjnych*, które podałem już na „Zjeździe Naukowej Organizacji” w Warszawie w roku 1924, a dalej rozwinąłem w roku ubiegłym. („Przeł. Techn.” 1925 i „Przeł. Organizacji”, 1934, 149).

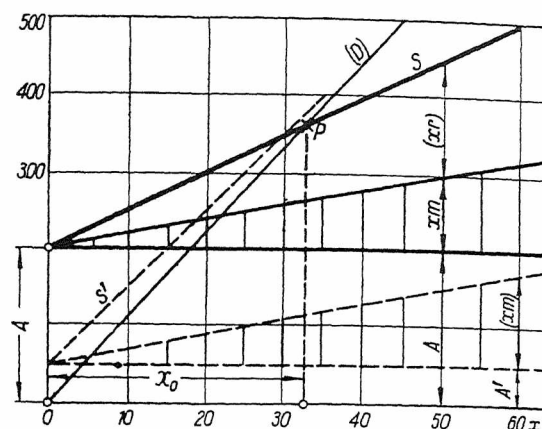
Koszty wytwarzania jednostki spadają wedle znanego prawa, gdy roczna ilość jednostek dane-go wyrobu rośnie; ale korzyści z tem związane da-dzą się tylko wtedy zrealizować, gdy cała wytworzona ilość jednostek da się sprzedać po cenach wyższych od średniego kosztu wytwarzania i zbytu. Doniosły postulat rentowności oraz prawdziwej użyteczności jakiegokolwiek produkcji przemysłowej ogranicza możliwość i celo-wość stosowania urządzeń maszyno-wych, które wymagają wielkich wkładów kapita-łu, trwałe unieruchomione w zakładach.

Do wyjaśnienia tak ważnych zależności użyć trzeba teorii, opartej na licznych doświadczeniach i obliczeniach praktyki gospodarczej. Teoria taka przedstawia podstawowe prawa dynamiki kosztów i rentowności w prostych wykresach funkcyjnych i równaniach.

Zapiski księgowe i statystyczne każdego zakła-du, względnie oddziału, podają co roku pewne su-my wydatków i innych kosztów, odpowiadające różnym ilościom wytworzonych w owych okresach jednostek wyrobu. Gdy te liczby rozdzielimy na średni, 8-godzinny dzień roboczy, to otrzymamy

pewne ilości x jednostek i przynależne do nich sumy kosztów dziennych, oznaczone przez S .

Te liczby przenosimy na rys. 1, odcinając na osi X ilości wytworzonych jednostek od zera do gra-nicznej zdolności wytwórczej zakładu (oddziału), przyjętej tu na 60 jednostek. Przynależne do pew-



Rys. 1. Zależność kosztów dziennych produkcji i dochodów od ilości wytworzonych i sprzedawanych jednostek.

nych wartości x sumy kosztów dziennych odmie-rzać będziemy na rzędnych w podanej na osi Y skali. Koszty dzienne wytwarzania podlegają w praktyce przemysłowej różnym zmieniającym się wpływom, mimo to jednak otrzymane z zestawień kalkulacyjnych sumy dadzą na wykresie punkty, leżące w przybliżeniu na pochylonej linii prostej (S), przecinającej oś rzędnych w odległości pionowej A , która przedstawia podstawowy koszt dzien-ny zakładu, występujący przy każdej ilości x , a nawet przy zatrzymaniu produkcji lub ruchu, gdy więc ilość $x = 0$. Kwota A jest niezależna od x , czyli od wydajności dziennej, i dlatego nazywa się zwykle kosztem stałym względem zmian w ilo-sciach x . Zauważę jednak, że koszt ten nie jest sta-ły w stosunku do czasu, gdyż rośnie razem z dłu-gością okresu czasowego, należy więc do grupy kosztów okresowych (niem.: Zeitkosten).

Kwota A jest zarazem teoretycznym mi-nimum kosztów wytwarzania.

Położenie i pochylenie linii S przedstawia pra-wo zmienności okresowych kosztów produkcji względnie ruchu danego oddziału.

Prawo to można wyrazić równaniem:

$$S = A + Bx \dots \dots \dots (1)$$

w którym czynnik B równy jest sumie kosztu ma-terjału i robocizny, przypadających przeciętnie na jednostkę wyrobu. B jest to zarazem teoretyczne minimum kosztu wytwarzania 1 sztuki, któreby istniało, gdyby produkcja była nieskończenie wielka.

$$B = m + r \dots \dots \dots (2)$$

Z równania (1) można wyprowadzić *koszt jed-nostki k*, dzieląc S przez ilość x :

$$k = \frac{S}{x} = \frac{A}{x} + B \dots \dots \dots (3)$$

Wykreślne przedstawienie tego równania podałem już w pracy p. t. „Koszt wytwarzania w przemy-sle” (Warszawa 1925 i Przeł. Techn. 1924).

Na rys. 1 przedstawic jeszcze możemy ruch do-chodów D ze sprzedaży dowolnej ilości jednostek.

Dochód ten rośnie proporcjonalnie do ilości x :

$$D = Cx \dots \dots \dots 4$$

Obrazem tego równania jest prosta (D), wychodząca ukośnie z początku O układu współrzędnych.

Długości rzędnych zawartych między liniami D i X określają dochody, długości zaś między liniami (S) i X rozchody. Po lewej stronie od punktu przecięcia P występują straty, po prawej zaś zyski *dziennie*. Położenie punktu przecięcia odpowiada tak zwanej produkcji krytycznej X_0 , która rozgranicza obszary strat i zysków.

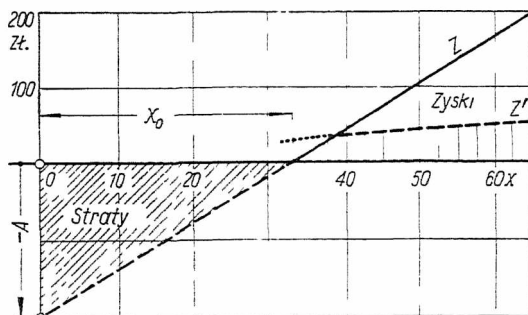
Wartość ta wynosi zwykle trochę więcej niż połowę pełnego wyzyskania mocy danego urządzenia i jest pewną miarą dla stopnia zatrudnienia.

Te wielkości krytyczne mają wielkie znaczenie dla badanej przez nas kwestji. Prawie wszystkie bowiem zakłady gospodarcze, które nie miały wystarczającego zatrudnienia przy normalnym poziomie cen, popadły bez własnej winy w chroniczny stan ruchu ze stratami, których oczywiście długo wytrzymać nie można.

Na wykresie 1 podałem jeszcze drugą linię kosztów S' , obliczoną dla innego zakładu, opierającego się przeważnie na pracy ręcznej i mającego skutkiem tego mniejsze koszty podstawowe A' , a równocześnie większe koszty *pracy* za jednostkę, przy równych zresztą wydatkach na materiał. Zakłady tego typu mogą w okresach depresji współpracowniczyć z lepiej urządzonymi zakładami, obciążonymi jednak wielkimi kosztami podstawowymi kapitału technicznego i administracji.

Przy projektowaniu nowych zakładów i technicznym ulepszaniu dawnych trzeba się zatem liczyć z opisanymi tu przebiegami, ostrożnie oceniając naprzód wydajności roczne, ruchy cen i oczekiwane wielkości zbytu wyrobów, aby zakład mógł później działać w korzystnych warunkach zatrudnienia.

Z wykresu rys. 1 przeniesiono linię zysków i strat na rys. 2, gdzie ukośnie ułożona prosta (Z) przecina oś X przy znanej już wartości krytycznej, a oś Y — w odstępnie ($-A$).



Rys. 2. Ruch zysków lub strat dziennych w zależności od ilości sprzedanych jednostek.

Po lewej stronie punktu krytycznego widoczne są straty, po prawej zaś zyski, odpowiadające pewnej stałej cenie czystej C . Dla innych cen otrzymamy inaczej pochylone proste, które jednak zawsze wychodzą będą z punktu ($-A$), położonego na osi Y .

Równanie zysków i strat przedstawia się tak:

$$Z = D - S = (C - B)x - A \dots (5)$$

Przedstawia ono ruch zysków i strat okresowych (dziennych) przy stałej cenie.

W razie gdy się ceny sprzedaży reguluje według przebiegu kosztów wytwarzania, jak to np. uczyniły zakłady Forda, to dla założenia, że cena jest równa każdorazowemu kosztowi k z 10% -wym dodatkiem, otrzymalibyśmy niżej położoną linię zysków (Z').

Po rozpatrzeniu powyższego splotu przebiegów i dążeń techniczno-gospodarczych zestawimy kilka ogólnych wskazań, odnoszących się do racjonalnych sposobów postępowania inżynierów maszynowców w dziedzinie mechanizacji życia gospodarczego.

Wskazania

1. Życie gospodarcze i społeczne jest mieszaniną różnych sił, mocy, zdarzeń, przebiegów, pożądań i dążeń, w której technika maszynowa rozwija się w warunkach wzajemnych związków i współzależności działań.

O wzajemnych zależnościach przebiegów technicznych, gospodarczych i społecznych powinien pamiętać technik, projektujący nowe zakłady lub prowadzący ruch w istniejących.

2. Technika maszynowa jest jednym z głównych czynników, mogących wpływać na dobrobyt jednostek i społeczeństw. Technicy maszynowi dążą do postępów mechanizacji w celu zwiększenia wytwórczości, opanowania i użytkowania zasobów energetycznych i materiałowych przyrody.

3. Dobre maszyny są tworam i zasadniczo użytecznymi dla ogółu ludności. Celowe ich wprowadzanie i użytkowanie zależne jest jednak od posiadania wolnych środków finansowych i od postulatu trwałej rentowności, zarówno pieniężnej, jak społecznej.

4. Przy rozstrzygnięciu o nowych wkładach (inwestycjach) stosować się trzeba do znanych obecnie praw dynamiki kosztów, cen i zyskowności. Przesadne wkłady kapitału wywołać mogą zbyt wielkie obciążenie zakładów podstawowem i kosztami okresowem i.

5. Całkowite koszty okresowe produkcji, wzgl. ruchu, zależą od wielkości stopnia zatrudnienia lub użytecznego obciążenia zakładu. Produkcja może się opłacać tylko przy stopniu zatrudnienia przekraczającym wartość krytyczną, wobec czego należy wielkość i koszt urządzeń technicznych tak dobrać, by maszyny mogły działać przeciętnie powyżej krytycznego stopnia zatrudnienia.

6. Urządzenia techniczne i maszynowe podlegają postulatowi trwałej rentowności finansowej oraz gospodarczej i społecznej, niezależnie od form ustrojowych społeczeństwa i państwa.

7. Ze względu na ustęp 6 nie jest pożądanym nowe ustawowe uregulowanie dopuszczalnego trwania typowego dnia pracy, tembardziej, że tylko mała część gospodarstwa pracować może przy normach krótszych od dotychczasowych. Tam zaś, gdzie dzięki celowej mechanizacji skrócenie dnia roboczego jest możliwe, odbywa się ono samorzutnie, bez pomocy ustawy.

8. Ilość pracowników i stopa ich wynagrodzeń zależy przede wszystkim od wystarczającego do-

pływu środków pieniężnych ze zbytu wyrobów lub świadczeń; każda bowiem płaca jest tylko zaliczką na oczekiwany ze sprzedaży udział w zysku danego zakładu gospodarczego.

9. Ponieważ doświadczenia zebrane w najsilniej zmechanizowanych społeczeństwach wykazały, że urządzenia maszynowe nie działają szkodliwie na ogólny stan dobrobytu i na zapewnienie ludziom sposobności do zarobkowania, więc nie należy obawiać się postępów mechanizacji w krajach mniej rozwiniętych, a przy prowadzeniu robót publicznych i zapomogowych nie trzeba się ograniczać do używania tylko pracy fizycznej osób, lecz korzystać z dobrze przygotowanej i zorganizowanej pomocy nowoczesnych urządzeń maszynowych.

10. Techniki i ekonomji nie można od siebie oddzielać, wobec czego trzeba techników, mających przez swe projekty i zarządzenia znaczny wpływ na twórcze i użyteczne przebiegi gospodarcze, kształcić także w ekonomji stosowanej, racjonalnej organizatorce, sztuce kierowania ludźmi i zakładami oraz w zasadach dynamiki kosztów i rentowności, które zachowują swą ważność we wszystkich możliwych formach ustrojów społecznych.

LITERATURA.

- Garret: „Uroboros”, czyli mechaniczne uzupełnienie organów człowieka.
 Heidebrock: Maschine u. Arbeitslosigkeit. ZV dI 32, 1041.
 „Maszyna a bezrobocie”. Nowiny Techn. (Warsz. 1934 X).
 Bratro: Poglądy technokratów. Przegl. Ekon. Lwów, 1934, XI.
 Hauswald: Bezrobocie. Czas. Techn. 1926.
 — Produktywizm w dziele „Przemysł” s. 219 do 250.

Influences économiques et sociales de la technique mécanique

R é s u m é :

Après avoir montré l'importance du grand progrès de la technique industrielle, réalisé grâce au développement des machines, ainsi que les résultats de ce progrès remarquables par l'augmentation de la prospérité générale et par l'enlèvement de l'humanité à un toujours plus haut niveau de civilisation, l'auteur souligne que le phénomène du chômage, causé par l'introduction de nouvelles machines, n'a qu'un caractère temporaire, et passe à la question de la rentabilité de l'application des machines modernes dans l'industrie. Il indique que ces installations sont utiles seulement dans ce cas quand elles assurent la rentabilité de la production.

Ensuite l'auteur analyse les conditions de la rentabilité, en les illustrant par diagrammes, et arrive à une série de conclusions qu'il exprime sous forme de 10 indications générales.

Zagadnienie stworzenia racjonalnego programu budowy obrabiarek przez polskie wytwórnie w związku z zapotrzebowaniem przemysłu polskiego *)

Inż. J. Piotrowski, SIMP, Warszawa

Konieczność rozwoju polskiego przemysłu obrabiarkowego. — Sprawa racjonalnego programu budowy obrabiarek w Polsce. — Zapotrzebowanie obrabiarek w Polsce. — Statystyka produkcji obrabiarek w Stanach Zjednoczonych i w Niemczech. — Warunki, w jakich przemysł obrabiarkowy liczyć może na międzynarodowy zbyt swoich wytworów. — Znaczenie wzajemnego oddziaływania na siebie konsumentów i producentów obrabiarek. — Koszty budowy obrabiarek nowego typu: przy wyrobie pojedynczych egzemplarzy, przy wyrobie pierwszej serji i przy ustabilizowanej ciągłej produkcji. — Celowość specjalizacji fabryk. — Tworzenie nowych typów i kopjowanie wzorów. — Konieczność kompromisu między unikaniem normalizacji i rutyny a nieprzeciążaniem fabryk żądaniem ciągłej zmiany typów. — Wytyczne, dotyczące ogólnych zasad programu budowy obrabiarek.

PROGRAM produkcji w każdej dziedzinie przemysłu nie może być rezultatem tylko pewnej koncepcji myślowej. Zależy on od potrzeb i możliwości danego kraju i stworzony jest w znacznym stopniu przez samo życie. Niemniej jednak najbardziej wydatne momenty w rozwoju przemysłu światowego wywołane były przez czynniki myśli i woli, nie mające bezpośredniego związku z okolicznościami ściśle gospodarczej natury. Wynalezienie maszyny parowej i odkrycie elektryczności miały większy wpływ na rozwój przemysłu, niż potrzeby gospodarcze ludności. Przemysł lotniczy powstał dopiero w początku bieżącego stulecia nie dlatego, że przedtem ludność nie odczuwała pragnienia latania w powietrzu, lecz dlatego, że w tym dopiero czasie dojrzała myśl techniczna w dziedzinie zagadnień unoszenia się w powietrzu i znaleźli się ludzie o silnej woli i odważni, którzy podjęli niebezpieczne próby latania. Dziedzina budowy maszyn jest tą, która więcej niż inne związana jest z wysiłkami umysłu ludzkiego i od nich

zależna, a wytwórca maszyn przeważnie sam stwarza dla nich konsumenta. Dlatego też zastanowienie się nad czynnikami, które wywołują pewną pracę myśli technicznej i następnie wpływają na możliwości realizacji tej myśli w przemyśle, nie jest bezpłodną pracą, a przeciwnie, nawet w najbardziej krytycznych pod względem gospodarczym momentach może stać się jedną z pobudek do stworzenia warunków, w których depresja gospodarcza może być przynajmniej na niektórych odcinkach przezwyciężona.

Budowa obrabiarek i narzędzi jest jedną z tych gałęzi przemysłu maszynowego, której pośrednia rola jest większa, niż bezpośrednia. Nietyle tu znaczy sam fakt wytwarzania w kraju pewnej ilości potrzebnych maszyn, wyrażony w cyfrze obrotu i w ilości zatrudnionych pracowników, ile przede wszystkim ma tu znaczenie to zadanie, które następnie spełnia obrabiarka, jako narzędzie pracy w każdej dziedzinie przemysłu metalowego przy wyrabianiu rozmaitych maszyn, silników, wagonów, parowozów, samochodów, samolotów, broni,

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

amunicji i t. d. Organizacja produkcji tych wytworów przemysłu metalowego, tak ważnych dla życia gospodarczego i życia państwa, zależy w bardzo dużym stopniu od wydajności i celowości zastosowanych do tej produkcji obrabiarek. Zbytecznym jest tę myśl dalej rozwijać, ponieważ jest ona dostatecznie znana w naszych sferach przemysłowych i technicznych. Z drugiej strony, ta sama doniosła rola obrabiarki we wszystkich gałęziach przemysłu nasuwa myśl, że dla rozwoju przemysłu ważniejszą jest rzeczą sam fakt stosowania dobrych, wydajnych obrabiarek, niż to, czy obrabiarka jest wykonana w kraju, czy też sprowadzona z zagranicy. Dopiero kiedy uprzytomnimy sobie, co by było, gdybyśmy wcale w kraju obrabiarek nie budowali i korzystali wyłącznie z budowanych zagranicą, jak dalece byłibyśmy narażeni wówczas na łaskę i niełaskę naszych dostawców, jak mało mielibyśmy do powiedzenia w sprawie postępu naszego przemysłu, jak mało krytycyzmu własnego mielibyśmy w sprawach produkcji, jak każda nasza inicjatywa przemysłowa i techniczna byłaby w rękę obcych, a nieraz i nieżyczliwych dla naszego rozwoju ludzi, jak mało mielibyśmy sposobności wykształcić naszych inżynierów i robotników na samodzielnych, z własną inicjatywą techniczną pracowników, — wyraźnie zrozumiemy, iż postrzymanie się od budowy własnych obrabiarek byłoby równoznaczne z oddaniem naszych narzędzi pracy pod zarząd i kontrolę obcych i staniem się terenem przemysłu o charakterze kolonialnym.

Wszystko więc wyżej powiedziane wskazuje zasadniczy kierunek, punkt wyjścia dla programu budowy obrabiarek w Polsce. Winniśmy mianowicie z jednej strony dołożyć najdalej idących starań do rozwoju własnego przemysłu obrabiarkowego, jednak dbając, żeby stał on na wysokim poziomie, a z drugiej strony, rozumiejąc, że nasz przemysł obrabiarkowy nie będzie mógł obiać wszystkich dziedzin i typów obrabiarek, umożliwić sobie nabywanie z zagranicy obrabiarek niebudowanych w kraju, lecz oczywiście tylko najbardziej wydajnych i pomysłowych. Kraj, który posiada własny przemysł obrabiarkowy, może korzystać z dorobku technicznego innych krajów bez obawy, że będzie bezkrytycznym i bezsilnym konsumentem tandety.

Z tych założeń wychodząc, można przystąpić do rozważań nad racjonalnym programem budowy obrabiarek w Polsce.

Sprawa programu budowy obrabiarek w Polsce była przedmiotem studjów już wówczas, kiedy w naszym kraju nie było nic poza ruinami. Inż. E. T. Geisler, dzisiaj profesor Politechniki we Lwowie, wygłosił na Zjeździe Techników Polskich w Moskwie w 1917 r., a następnie w Stowarzyszeniu Techników w Warszawie w listopadzie 1918 r. referat p. t. „Widoki rozwoju przemysłu obrabiarkowego w Polsce”. W referacie tym wyjaśniona była dokładna rola przyszłego przemysłu obrabiarkowego, zanalizowane zostały potrzeby Polski i ujęte w cyfry tak dla potrzeb wojskowości i kolejnictwa, jak i dla przemysłu metalowego i gospodarki samorządowej i t. d. Rozmiary tych potrzeb zostały ustalone na podstawie porównań z konstrukcją obrabiarek w krajach uprzemysłowionych i w przypuszczeniu, że Polska w ciągu

10 do 15 lat ma stanąć stopniowo na poziomie tych krajów. Przytem prof. Geisler, rozumiejąc, że powstanie przemysłu w Polsce nie będzie mogło narazie oprzeć się na polskich obrabiarkach, miał na myśli w swoich obliczeniach wyłącznie potrzeby wywołane stopniową wymianą zużywających się obrabiarek na nowe. Podstawą do niektórych wniosków prof. Geislera był materiał statystyczny byłej fabryki Gerlach i Pulst w Warszawie, która w ciągu przeszło dwudziestu lat prowadziła na większą skalę produkcję obrabiarek. Przybliżone obliczenia prof. Geislera, dotyczące rocznej konsumpcji obrabiarek w Polsce przy pełnym rozwoju sił gospodarczych, dały następujące cyfry:

tokarek wszelk. typ.	ok. 1 350 szt.	o wadze ogóln.	ok. 3 360 000 kg
strugarek wzdłużn.	93	„ „ „ „	1 020 000 „
„ poprzeczny	89	„ „ „ „	240 000 „
„ pionowych	44	„ „ „ „	162 000 „
frezarek wszelk. typ.	295	„ „ „ „	886 000 „
szlifierek	130	„ „ „ „	123 000 „
wiertarek	295	„ „ „ „	526 000 „
wiertarko-frezarek	64	„ „ „ „	513 000 „
wytaczarek	29	„ „ „ „	146 000 „
gwinciarek	43	„ „ „ „	30 000 „

Razem . ok. 2 432 szt. o wadze ogóln. ok. 7 006 000 kg

Obliczenia te, robione w 1917 r., podaje prof. Geisler oczywiście ze zrozumiałymi wielkimi zastrzeżeniami. Interesujące jest zestawienie ich z rzeczywistością. Całkowitą konsumpcję obrabiarek można określić przez dodanie wartości własnej produkcji do wartości wwozu, które niżej są podane.

Wwóz obrabiarek do metali z zagranicy

w 1924 r. —	6 900 000 zł.	o wadze	ok. 1 700 000 kg
„ 1925 r. —	10 634 000 „	„ „	ok. 2 500 000 „
„ 1926 r. —	3 813 000 „	„ „	ok. 1 000 000 „
„ 1927 r. —	12 393 000 „	„ „	ok. 3 000 000 „
„ 1928 r. —	18 195 000 „	„ „	ok. 4 500 000 „
„ 1929 r. —	23 127 000 „	„ „	ok. 6 000 000 „
„ 1930 r. —	8 371 000 „	„ „	ok. 1 939 000 „
„ 1931 r. —	4 851 000 „	„ „	ok. 1 104 400 „
„ 1932 r. —	1 448 000 „	„ „	ok. 233 700 „
„ 1933 r. —	3 306 000 „	„ „	ok. 631 500 „
„ 1934 r. —	4 280 000 „	„ „	ok. 711 000 „

Jeżeli uwzględnimy, iż produkcja obrabiarek polskich w r. 1929 wyniosła sumę ok. 6 000 000 zł., przy wadze ok. 1 200 000 kg, otrzymamy, iż w r. 1929 — roku największego natężenia rozwoju przemysłu metalowego w Polsce — konsumpcja obrabiarek w Polsce dosięgła sumy ok. 30 000 000 zł., przy wadze ponad 7 000 000 kg, co odpowiada przewidywaniom prof. Geislera.

Dziś rozmiary produkcji obrabiarek w Polsce utrzymują się w dalszym ciągu na poziomie ok. 6 000 000 zł. rocznie, przy znacznie zmniejszonym wwozie z zagranicy, tak że całkowita konsumpcja obrabiarek w Polsce w ostatnich dwóch latach waha się około 10 000 000 zł. rocznie.

Cyfry powyższe wskazują, iż konsumpcja obrabiarek do metali w Polsce wyniosła w rozmaitych okresach czasu 0,3 do 0,9 zł. na 1 mieszkańca. Analogiczne cyfry bardzo przybliżone dla Stanów Zjednoczonych wynoszą w tym samym czasie ok. 8 zł. na 1 mieszkańca; dla Niemiec — 4 zł.

Należy tu zaznaczyć, iż Stany Zjednoczone same konsumują ok. 82% całkowitej swojej produkcji obrabiarek, a Niemcy ok. 62%.

Idąc dalej w kierunku statystyki, zwracamy uwagę na zeszyt „Przeгляdu Technicznego” Nr. 33—34

z dn. 1 września 1926 r., poświęcony obrabiarkom, który daje dużo danych cyfrowych, między innymi wyżej przytoczone, a które, chociaż obecnie przestarzałe, jednak dokładnie odzwierciedlają tendencje przemysłu obrabiarkowego w rozmaitych krajach. Znajomość tych tendencji jest nam bardzo potrzebna przy rozważaniach na temat programu produkcji obrabiarek w Polsce. Widzimy więc przedewszystkiem, że nawet w kraju masowej produkcji, jakim są Stany Zjednoczone Am. Półn., niema masowej produkcji obrabiarek. Dla przykładu bierzemy niektóre cyfry rocznej produkcji najbardziej rozpowszechnionych typów obrabiarek:

tokarki pociągowe	295 sztuk
tokarki rewolwerowe	2543 „
frezarki uniwersalne	453 „
gwinciarzki narzynkowe	162 „
obrabiarki do kół zębatach	453 „
szlifierki do wałków	3591 „
strugarki podłużne	302 „
strugarki poprzeczne	1569 „
dłutownicy	81 „
karuzelówki	326 „

Jeżeli wziąć pod uwagę, że cyfry powyższe obejmują każda kilka firm, wytwarzających dane maszyny, i po kilka wymiarów i typów danej maszyny, dojdziemy do wniosku, że w Stanach Zjednoczonych produkcja 50 sztuk jednakowych obrabiarek rocznie winna być uważana za bardzo znaczną. Łączna jednak suma produkcji w omawianym roku statystycznym Stanów Zjednoczonych wynosi pokaźną ilość ok. 65 000 obrabiarek o wartości ok. 66 620 000 dolarów. Powyższe cyfry, jak to wskazano poprzednio, świadczą o rozproszeniu całej produkcji obrabiarek na ogromną ilość różnorodnych typów i wymiarów, budowanych w małych ilościach.

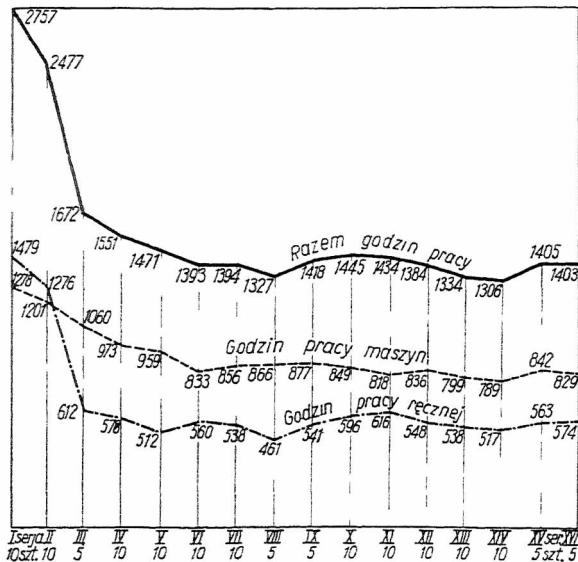
Statystyka Niemiec wykazuje, że istnieje tam około 350 fabryk obrabiarek, z których większość to są fabryki, zatrudniające 100 — 400 robotników. Fabryki obrabiarek, zatrudniające ponad 1000 robotników, tak w Niemczech, jak i w Ameryce, są nieliczne. Są fabryki, budujące po parę setek typów obrabiarek, a są i takie, które się koncentrują na kilku typach i wymiarach. Są grupy fabryk, które dzielą się między sobą produkcją w jednej tylko dziedzinie obrabiarek, np. wytaczarki, lub normalne tokarki szybkoobrotowe, lub też tokarki karuzelowe i t. d. Słowem, dla produkcji obrabiarek, sądząc z przykładów krajów uprzemysłowionych, niema szablonu; jest to przemysł, noszący na sobie bardzo silne piętno indywidualizmu, i o tem trzeba pamiętać, planując programy dla Polski.

Przechodząc do zagadnienia programu dla polskiego przemysłu obrabiarkowego, powinniśmy zadać sobie pytanie, czy w Polsce mógłby istnieć przemysł obrabiarkowy, nie mający charakteru pewnej wyłączonej, skierowanej do potrzeb kraju własnego, i nie szukający swego rozwoju wyłącznie w przystosowaniu się do programów największego konsumenta obrabiarek, którym jest w Polsce państwo, a przeciwnie, oparty na rynku międzynarodowym? Można na to odpowiedzieć, że zasadniczych przeszkód do tego niema. Fabryki obrabiarek, którym się udało, przeważnie dzięki talentom ich konstruktorów,

stworzyć przemysłowe typy obrabiarek, odpowiadające najaktualniejszym potrzebom przemysłu światowego, mogą liczyć na niezawodne powodzenie na rynku międzynarodowym bez względu na to, w jakim kraju te fabryki się znajdowały. Szwajcarska fabryka „Soc. Genèveise”, która skonstruowała i wykonała znane precyzyjne wiertarki do dokładnego wiercenia otworów w przyrządach do masowej fabrykacji, lub fabryka „Maag”, budująca szlifierki do kół zębatach, — lub też niemiecka fabryka Herbert Lindner, która skonstruowała i wykonała dobre szlifierki do gwintów, w krótkim czasie w okresie najcięższego kryzysu zawojowały rynek międzynarodowy i rozwinęły się bardzo szybko. Gdyby w Polsce skonstruowano interesujący i bardzo aktualny typ obrabiarki i gdyby znalazł się kapitał do zrealizowania chociaż z początku produkcji i sprzedaży, niema powodów, dla których tego rodzaju produkcja nie mogłaby się utrzymać na międzynarodowym rynku. Tu jednak niezbędna jest atmosfera, w której wyrabialiby się konstruktorzy, no i kapitał, któryby mógł i chciał taką produkcję zrealizować. Powstawanie nowych typów obrabiarek odbywa się na tle rozwijającej się produkcji przemysłowej i następnie samo wpływa na rozwój tej produkcji. Na tle rozwoju przemysłu zegarmistrzowskiego w Szwajcarii powstały właśnie znane automaty tokarskie firmy „Patermann”. Na tle rozwoju zakładów Krupp'a w Niemczech i hutnictwa w Westfalji lub zakładów Vickers'a w Anglii powstały fabryki olbrzymich obrabiarek, tak w Niemczech, jak i w Anglii. *Nowe konstrukcje tworzą się przez współpracę i wzajemne oddziaływanie na siebie konsumentów obrabiarek i ich producentów.*

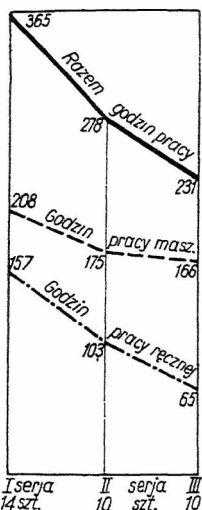
Rola obrabiarki, jako narzędzia pracy, od którego zależy dokładność i taniaść wykonanej pracy, gdzie rezultaty gospodarcze wydajności obrabiarki wielokrotnie przekraczają wartość samej obrabiarki, wskazuje, iż najważniejszym czynnikiem składowym w produkcji obrabiarek jest stałe doskonalenie ich typów przez doświadczonych konstruktorów, nawet bez względu na cenę samej obrabiarki, oczywiście o ile chodzi o zastosowanie jej w wielkiej produkcji. To dążenie do ciągłej modernizacji typów obrabiarek jest tak dalece doceniane, iż utarła się opinia w najważniejszych sferach technicznych i gospodarczych, że normalizacja typów obrabiarek jest rzeczą szkodliwą, jak również szkodliwą rzeczą jest wkładanie dużych środków w urządzenia do serjowej fabrykacji danego typu obrabiarki na specjalnych maszynach lub w specjalnych przyrządach fabrykacyjnych, ponieważ to wpływa hamująco na dokonywanie w typach obrabiarek ciągłych poprawek i ulepszeń. W szeregu poważnych artykułów teoretycy niemieccy twierdzą, że lepiej się zdecydować na wyższe koszty produkcji obrabiarek i stale je ulepszać i poprawiać, niż dać tańsze maszyny, lecz nie idące z postępem czasu. Nie wszystkie jednak firmy podzielają ten pogląd, i cały szereg pierwszorzędnych amerykańskich fabryk buduje serjami niektóre typy obrabiarek po kilkanaście lat bez żadnej zmiany konstrukcji. Oczywiście, może być mowa o takim traktowaniu tylko maszyn do ogólnego użytku. Maszyny zaś specjalne w Ameryce wciąż są ulepszone i wzmacniane.

Jako następne pytanie, może być postawiona sprawa wysokości kosztów budowy maszyny nowego typu, jak również budowy obrabiarek małymi serjami. Odpowiedź na to pytanie można dać na podstawie szeregu przykładów, zaczerpniętych z praktyki polskiej.



Rys. 1. Przykład zużycia godzin pracy przy wykonaniu jednej frezarki uniwersalnej.

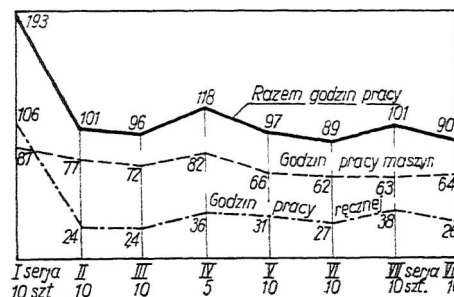
Na rys. 1 do 6 pokazane są przykłady zużycia godzin pracy przy wykonaniu kilku rozmaitych typów obrabiarek. Ponieważ w obrabiarkach koszty surowców wynoszą tylko 5 do 20% wartości maszyny, można uważać, że ilość godzin zużytych na wytworzenie maszyny jest proporcjonalna do kosztów jej wykonania. Na przykładach tych widać wyraźnie, jak się stopniowo zmniejsza koszt wykonania maszyn w stosunku do kosztów pierwszych seryj. Widzimy wyraźnie, osobiście na przykładzie godzin pracy ręcznej, jaką rolę odgrywa tu wprawa pracowników, w miarę jak się powtarza wykonanie tego samego typu maszyny. Widzimy, że pierwsze serje zużywają niemal dwukrotnie tyle czasu, co następne. Jeszcze znacznie są koszty wykonania pierwszych pojedynczych egzemplarzy, o ile wykonywane są próbne egzemplarze. Z tych samych przykładów można też dojść do wniosków, że, o ile wogóle przerywa się ciągłość wykonania lub zmienia się personel robotniczy, wypadnie wrócić do pierwotnych kosztów wykonania. Przykłady te jasno wykazują, że wprowadzenie nowych typów kosztuje dużo już z samego tytułu nadmiernego zużycia czasu przy pierwszych serjach. Należy tu poza tem dodać koszty rysunków, modeli i przyrządów fabrykacyjnych. O ile chodzi o nie



Rys. 2. Przykład zużycia godzin pracy przy wykonaniu jednej frezarki poziomej ręcznej.

skomplikowane małe obrabiarki, to koszty te nie sięgają 10 000 zł., ale w odniesieniu do najbardziej skomplikowanych, dużych maszyn niejednokrotnie

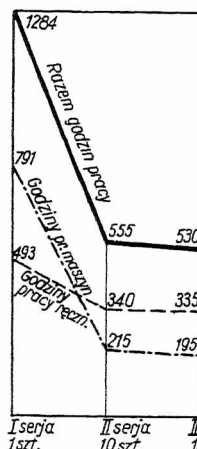
przekraczają 100 000 zł. O ile uznalibyśmy za przeciętną sumę tych kosztów, wynoszącą ok. 20 000 zł. dla normalnej obrabiarki, wynikałoby, że, o ile wytwórnia obrabiarek w ciągu roku buduje około 5 nowych (nieskomplikowanych) typów, koszt ich wyniosą ok. 100 000 zł., co przy obrocie rocznym 1 000 000 zł. wynosi 10% wartości produkcji. O ile zaś wytwórnia zmuszona jest budować więcej nowych typów, koszt te już muszą być traktowane indywidualnie i być rozdzielone na tyle egzemplarzy maszyn, ile może być wykona-



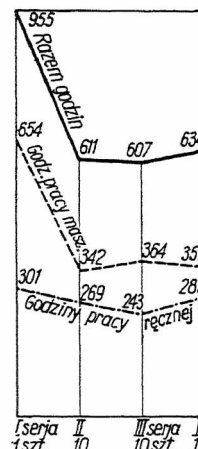
Rys. 3. Przykład zużyciu godzin pracy przy wykonaniu jednego przyrządu do fresarki.

nych najdalej w ciągu najbliższych kilku lat (najwyżej 5-ciu), a nieraz nawet odniesione do jednego egzemplarza, co podraża niezmiernie jego wykonanie.

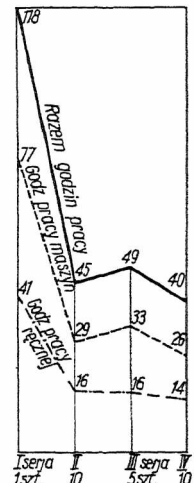
Tu się wyjaśnia słabość powstającego przemysłu obrabiarkowego w stosunku do już istniejącego, posiadającego duży zespół rysunków i modeli i wieloletnie doświadczenie kierowników i pracowników, znających dokładnie budowane przez nich typy. W przytoczonych powyżej przykładach należy szukać wyjaśnień, dlaczego nieraz ta lub inna obrabiarka polska może być droższa od zagranicznej, pomimo iż materiał i wysokość zarobków pracowników oraz wzorowa i tania organizacja wytwórni wskazywałyby możliwość taniej fabrykacji.



Rys. 4. Przykład zużycia godzin pracy przy wykonaniu jednej strugarki poprzecznej.



Rys. 5. Przykład zużycia godzin pracy przy wykonaniu jednej szlifierki.



Rys. 6. Przykład zużycia godzin pracy przy wykonaniu jednego przyrządu do szlifierki.

Ogromnie wzrastają koszty produkcji w tych wypadkach, kiedy maszyny wykonywane są w małej ilości egzemplarzy, a nie serjami. W pracy autora p. t. „Obliczenia przewidywanej wydajności

fabryk przy ich projektowaniu" przytoczone są następujące cyfry:

Dla wykonania serji 10 tokarek pewnego typu potrzebna jest następująca ilość godzin pracy:

na roboty przygotowawcze . . .	760,5	godz.
na roboty bezpośrednie . . .	6 950	"
Razem . . .	7 710,5	godz.
czyli na jedną maszynę . . .	771,05	godz.

Dla wykonania serji 20 tokarek:

na roboty przygotowawcze . . .	760,5	godz.
na roboty bezpośrednie . . .	13 900	"
Razem . . .	14 660,5	godz.
czyli na jedną maszynę . . .	733,02	godz.

Dla wykonania pojedynczej maszyny:

na roboty przygotowawcze . . .	760,5	godz.
na roboty bezpośrednie . . .	695	"
Razem . . .	1 485,5	godz.

Widzimy, iż wykonanie pojedynczej maszyny kosztuje 1485,5 godzin, podczas gdy ta sama maszyna w serji, budowanej w ilości 10 sztuk, kosztuje tylko 771,05 godz., a w ilości 20 sztuk — 733,02 godz. Przykład ten jaskrawo wskazuje podrożenie produkcji przy wykonywaniu pojedynczych egzemplarzy. Z drugiej strony, ten sam przykład wskazuje, iż powiększenie ilości maszyn w serji ponad 10 sztuk nie daje wielkich oszczędności.

Widzimy więc, że, o ile obrabiarka przy ustabilizowanej ciągłej produkcji miałaby kosztować 15 000 zł., w pierwszej serji będzie ona kosztowała ok. 30 000 zł., a pojedynczy próbny egzemplarz może kosztować jeszcze znacznie więcej, same zaś rysunki, modele i przyrządy — również około 20 000 zł.

Wszystko to wskazuje, iż przy układaniu programu produkcji danej wytwórni obrabiarek, w wypadku kiedy niema nadziei, żeby konsument od razu pokrył koszt prototypu, należy ograniczyć ilość powstających w ciągu danego okresu czasu nowych typów maszyn do rozmiarów, nie wywołujących nadmiernego obciążenia niemi produkcji, co znacznie osłabiłoby konkurencyjność przedsiębiorstwa.

Te same argumenty udowadniają celowość specjalizacji i w miarę możliwości nie dublowania produkcji tych samych typów. Specjalizacja ma jeszcze i z innych względów doniosłe znaczenie. Tylko przy ograniczeniu w danej wytwórni zakresu budowy obrabiarek do pewnych ich dziedzin można skoncentrować uwagę konstruktorów na stałym doskonaleniu budowanych typów.

Te same czynniki decydują też o rozmiarach przedsiębiorstw. Niejednokrotnie jest stawiane zagadnienie łączenia przedsiębiorstw analogicznych w imię zasady koncentracji. Przytoczone przykłady wskazują jednak, że koncentracja ta winna być rozumiana, jako możność skoncentrowania się danego przedsiębiorstwa ku pewnej specjalności, dzięki porozumieniu i podziałowi pracy pod tym względem z innymi analogicznymi przedsiębiorstwami. Natomiast skoncentrowanie całej produkcji obrabiarek w jednym lub bardzo nielicznych przedsiębiorstwach, które budowałyby wszystkie niemal typy obrabiarek, nie da dużych wyników pod względem potaniaenia produkcji, ponieważ nie zmniejszy to ilości prototy-

pów i nie powiększy w znacznym stopniu rozmiarów serji, a pod względem technicznym może być szkodliwe, obciążając kierowniczy personel nadmierną ilością zadań z rozmaitych dziedzin.

Wszystko tu wymienione jest jakgdyby w sprzeczności z pierwotnym założeniem, że przemysł obrabiarkowy powinien robić stałe postępy i stwarzać jaknajwiększą ilość nowych typów, unikając normalizacji i rutyny. W tej sprawie winien być osiągnięty kompromis. Gdzie jest konieczne i opłacające się zastosowanie najnowszych typów obrabiarek, które dopiero jako sensacja techniczna ukazały się na rynku światowym, a które jeszcze nie weszły do produkcji krajowej, tam oczywiście wypadnie je nabyć zagranicą. Należy jednak pamiętać o tem, że ukazanie się na rynku najnowszych okazów nie oznacza bynajmniej, że nawet w najbardziej postępowych produkcyjnych warsztatach już te nowe typy są wprowadzone. Wiemy dokładnie, że pierwszorzędne firmy światowe korzystają ze swoich dawnych obrabiarek po kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt lat, co wskazują ankiety nawet przemysłu Stanów Zjednoczonych. Wobec tego polskie przedsiębiorstwa, które zadowolą się polską obrabiarką typu nowożytnego, chociaż nie najnowszego, nie są narażone na to, że spotkają się z konkurencją fabryk zagranicznych, które będą zaopatrzone w najnowsze typy. Przeciwnie, można być pewnym, że korzystają one niejednokrotnie ze znacznie prymitywniejszych obrabiarek niż te, które mogą być budowane w Polsce. Należy dążyć do nieprzeciążania krajowych fabryk obrabiarek żądaniem ciągłej zmiany typów, która kosztuje i bez konieczności może zachwiać rozwój przemysłu obrabiarkowego.

Wszystko wyżej wskazane nie prowadzi jednak do zaprzeczenia konieczności tworzenia nowych polskich typów nawet w wypadku konieczności wykonania pojedynczych egzemplarzy. Przeciwnie, fabryki, posiadające duże biuro konstrukcyjne, powinny podejmować się tych prac, z warunkiem, oczywiście, że koszt prototypów znajdą to lub inne pokrycie.

Pozostaje jeszcze zagadnienie tworzenia nowych typów przez kopjowanie wzorów. Jest to sposób stosowany przez najpoważniejszy przemysł obrabiarkowy, który korzysta ze wzorów, licencji i technicznej współpracy z pokrewnymi firmami. Dana jednak wytwórnia nie może wzorować się na maszynach z rozmaitych źródeł, ponieważ wówczas wypadnie skasować w produkcji najważniejsze elementy obrabiarek, jak wrzeciona, prowadnice, sprzęgła, układy skrzynek prędkości i t. p., o zupełnie odmiennej konstrukcji dla każdej skopjowanej maszyny, co zarówno utrudnia produkcję, jak i dezorjentuje kierownictwo warsztatów i robi dużo kłopotu nabywcom. Jeżeli już wypadnie kopjować, należy wzory czerpać z jednego, dobrego źródła lub je radykalnie przekonstruowywać, przystosowując do przyjętych w danej wytwórni norm konstrukcyjnych.

*

Powyższe dane i uwagi nie dadzą gotowej recepty do stworzenia programu polskich fabryk obrabiarek, mogą jednak dać wytyczne tak dla

producentów, jak i dla konsumentów, które ułatwią im współpracę i umożliwią pewną stabilizację programów wytwórni obrabiarek.

Wytyczne te można sprowadzić do następujących:

1) należy przywiązywać specjalną wagę do prac konstrukcyjnych;

2) obrabiarki uniwersalne rynkowe winny być budowane serjami na skład, lecz tylko w tych typach i wymiarach, które na polskim rynku mogą znaleźć większe zastosowanie. Typy i wymiary rzadko używane nie powinny być włączane do programów polskich wytwórni. W tej dziedzinie pożądanym jest podział produkcji pomiędzy wytwórniami, jednak bez przestrzegania zasady całkowitej wyłączoneści, a to ze względu na umożliwienie postępu;

3) obrabiarki typów specjalnych, np. dla przemysłu wojennego, samochodowego, lotniczego, kolejnictwa i t. p., winny być budowane na podstawie kilkoletnich planów renowacyjnych konsumentów, wzorując się na istniejących najbardziej wydajnych typach, przystosowanych do potrzeb danego konsumenta, lub konstruując je zgodnie z potrzebami konsumenta. W planach renowacyjnych pożądanym jest uzgadnianie typów niewiele różniących się od siebie w jeden typ, żeby dać możliwość fabrykom obrabiarek liczyć na budowę tych maszyn większymi serjami. W razie niemożności stworzenia większej serji, koszt prototypu pokrywa konsument. Tylko w tych warunkach można żądać, żeby tego rodzaju typy polskich maszyn konkurowały pod względem ceny z maszynami zagranicznymi, posiadającymi duże asortymenty typów;

4) produkcja obrabiarek droższych i dokładnych nie powinna być mieszana z produkcją obrabiarek prymitywnych;

5) mniejsze obrabiarki i typy precyzyjne, zgodnie z praktyką krajów uprzemysłowionych, pożądanym jest budować w wytwórniach położonych w centrach przemysłowych, ewentualnie w większych miastach. Tam również winny być organizowane biura konstrukcyjne. Natomiast najcięższe typy obrabiarek winny być budowane u źródeł surowców. Analogią pierwszego typu fabryk obrabiarek są wytwórnie niemieckie w okolicach Berlina i Chemnitz, a drugiego typu — wytwórnie w Westfalji i Nadrenji;

6) w Polsce można przewidywać zapotrzebowanie wystarczające dla normalnego rozwoju jednej dużej wytwórni o szerokim programie, posiadającej duże biuro konstrukcyjne, i kilku mniejszych wytwórni, budujących większymi serjami ograniczoną ilość typów, przyczem pożądanym tu jest podział produkcji. Narazie jednak słaba konsumpcja maszyn rynkowych zmusza te ostatnie wytwórnie do szukania produkcji przede wszystkim maszyn specjalnych. Te dwa typy fabryk: a) o szerokim zakresie z dużym biurem konstrukcyjnym i b) o zwężonym zakresie z intensywną gospodarką warsztatową są stałym zjawiskiem w uprzemysłowionych krajach. Przewidziane są one również w wymienionym na początku referacie prof. Geislera i w cytowanej pracy autora niniejszego referatu.

Byłoby okolicznością bardzo szczęśliwą, gdyby rozważenie wszystkich wymienionych warunków produkcji obrabiarek i postulatów z nią związanych dopomogło do współpracy pomiędzy producentami i konsumentami, opartej na wzajemnym zrozumieniu, oraz do zracjonalizowania i rozwoju polskiego przemysłu obrabiarkowego, przed którym leży jeszcze sporo nietkniętych niemal dziedzin obróbki i konieczność rozwoju dziedzin już częściowo opanowanych.

Szczegółowe określenie, ile i jakich typów mają fabryki polskie budować, przekracza ramy referatu. Program taki będzie w niedalekiej przyszłości prawdopodobnie wynikiem oczekiwanej współpracy producentów z konsumentami.

Stan dzisiejszy polskiej produkcji obrabiarek jest dokładnie zobrazowany w artykule autora niniejszego p. t.: „Możliwości dzisiejsze polskiego przemysłu obrabiarkowego”, zamieszczonym w zeszycie 4 „Mechanika” z 1934 r.

● ● ●
Le problème de l'établissement d'un programme rationnel de la production des machines-outils par les usines polonaises en tenant compte des besoins de l'industrie polonaise

R é s u m é

Après avoir souligné la nécessité et l'importance du développement de l'industrie polonaise des machines-outils et de la création d'un programme rationnel de leur production, l'auteur analyse la statistique concernant la production de ces machines en Pologne, ainsi qu'aux Etats-Unis et en Allemagne, pour en tirer les conclusions sur le marché polonais et sur les traits caractéristiques de l'organisation générale de cette industrie.

Ensuite il analyse les possibilités de la production non seulement pour le marché natal, mais aussi pour l'étranger, et indique l'importance de la collaboration entre les producteurs et consommateurs des machines-outils.

Passant aux conditions économiques de la production, l'auteur s'occupe des coûts de la production des machines-outils en un exemplaire et en série, et cite les chiffres relatifs pour la première série et pour la production continue. Il souligne l'importance de la spécialisation des usines et met ensuite en évidence la nécessité, d'une part, de ne pas routiniser la construction et de construire toujours de types nouveaux, de l'autre.

A la fin l'auteur donne les directives générales sur lesquelles il faudrait baser le programme de la production industrielle dans le domaine en question.

NOWE WYDAWNICTWA

Gospodarka elektryczna w Polsce, wyd. Związku Elektryków Polskich pod nac. red. Inż. M. Kuźmickiego. Str. 969. Warszawa 1935. Cena zł. 10.

Kalendarz spawalniczy Nr. 5, wyd. Sp. Akc. „Perun”. Str. 352 z licznymi rysunkami. Warszawa 1935.

Spis narzędzi krajowej produkcji, opracowany przez Grupę Producentów Narzędzi Polskiego Zw. Przemysłowców Metalowych. Str. 132. Warszawa 1935. Cena zł. 2.50.

Les machines-outils. A. J a c q u e t. Str. 194. Dunod, Paryż 1935. Cena 25 fr.

Organisation et fonctionnement des véhicules automobiles. P. P r é v o s t. Tom I: Le moteur, str. 614; tom II: La voiture, str. 417. Dunod, Paryż 1935. Cena 107 + 78 fr.

Aerodynamik, tom II. Luftkräfte. Prof. Dr. R. F u c h s. Str. 360, rys. 210. J. Springer, Berlin 1935. Cena mk. 30.

Praktisches Rohrbiegen. Inż. O. G r u n o w. J. Springer. Berlin 1935. Cena mk. 4,50.

Praktisches Handbuch der gesamten Schweisstechnik. Prof. P. S c h i m p k e i A. H o r n. Tom II. Elektrische Schweisstechnik. Wyd. 2-gie, w nowem oprac. Str. 190, rys. 360. J. Springer. Berlin 1935. Cena 15 mk.

Die Dampfturbine im Betriebe. Prof. Dr. E. K r a f t. Wyd. J. Springer. Str. 190. Berlin 1935. Cena 36 mk.

Konstrukcja obrabiarek w związku z zastosowaniem narzędzi z twardych stopów *)

Inż. J. Rozwadowski, SIMP

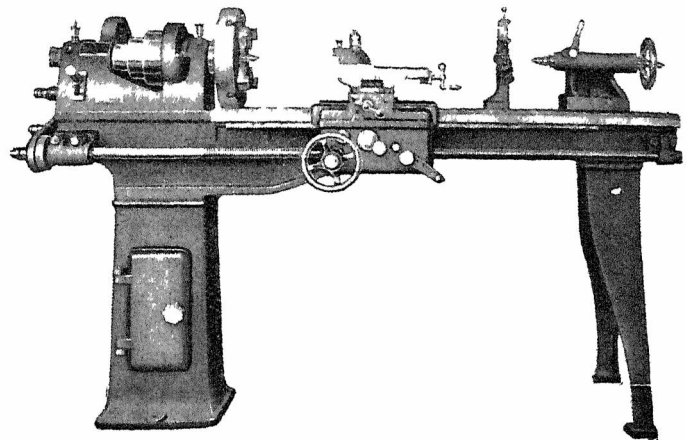
Charakterystyka ogólna rozwoju budowy obrabiarek w związku z zastosowaniem obróbki twardego stopu narzędziowego — Niewielkie oszczędności przy zastosowaniu nowych tworzyw narzędziowych do pracy na starych obrabiarkach. — Warunki, jakim muszą odpowiadać obrabiarki do narzędzi ze stopów twardych: duże szybkości skrawania, małe posuwy; zwiększenie mocy; usuwanie wiorów — Zagadnienia konstrukcyjne: łozyskowania, napędu, swobodnego odpływu wiorów, tłumienia drgań.

KONSTRUKCJA obrabiarek wchodzi obecnie w nową fazę rozwoju. Podobnie jak po wystawie paryskiej, na której po raz pierwszy zademonstrowano narzędzia ze stali szybko tnącej, sposoby obróbki i kolejno konstrukcja obrabiarek doznały znacznego przeobrażenia, tak samo obecnie bodźcem jest wprowadzenie narzędzi ze stopów twardych zamiast powszechnie dotychczas używanych narzędzi ze stali szybko tnących. Z drugiej strony na rozwój ten wpłynęło powszechne użycie metali lekkich, jako tworzywa w budownictwie maszyn, i stąd wytworzona konieczność dostosowania obrabiarek do nowych wymagań.

Ażeby sobie uzmysłowić wielkość zmian, jakie nastąpiły w konstrukcji obrabiarek, przytoczę jako przykład tokarkę o wzniosie kłków 150 mm. Tokarka taka przed rokiem 1900 używała 0,5 KM (rys. 1), po wprowadzeniu narzędzi ze stali szybko tnącej — około 1,5 KM (rys. 2), obecnie zaś, przy użyciu narzędzi widjowych, — do 4,5 KM (rys. 3). Podobnie zatem jak poprzednio, wzrost zużycia mocy wynosi 200%. Dokładniej jeszcze zobrazuje to wydajność. Podczas gdy pierwsza z tych maszyn toczyła wałek stalowy z odsadzeniami o średnicy 48 mm i długości 130 mm, w ciągu 150 min, przy szybkości skrawania 6 m/min, to ostatnia zużywa przy dokładności wykonania na 1 klasę pasowań tylko 10 min przy szybkości 120—180 m/min, czyli wydajność wzrosła piętnastokrotnie.

kułu zaznajomimy się z wpływem ich na budowę obrabiarek do skrawania metali.

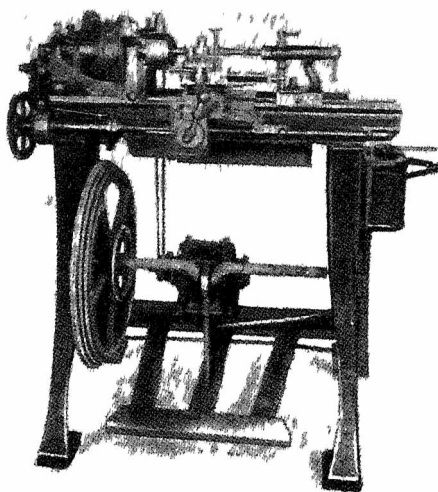
W pierwszym rzędzie musimy sobie zdać sprawę ze zmian, jakie zachodzą pomiędzy obróbką narzędziem ze stali szybko tnącej a narzędziem ze stopów twardych, i czy możemy stworzyć warunki, pozwalające na wykorzystanie tych narzędzi na naszych starych obrabiarkach.



Rys 2 Tokarka o wzniosie kłków 150 mm po wprowadzeniu stali szybko tnącej, moc 15 KM

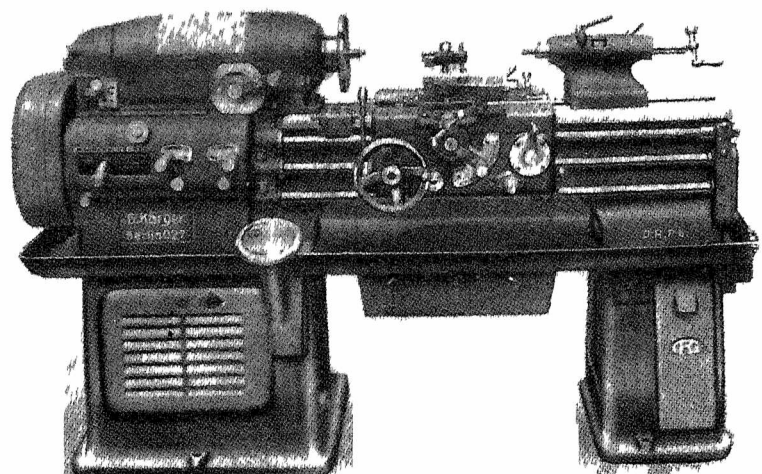
Zanalizujemy to dla wypadku zdzierania i wykończania wałka stalowego o średnicy 40 mm.

Szybkość zdzierania nożem widjowym wyniesie 70 m/min, osiągamy ją przy 560 obr/min.



Rys 1 Tokarka z przed roku 1900, wznios kłków 150 mm, moc 0,5 KM

Nie będziemy się bliżej zajmować własnościami narzędzi z twardych stopów, które znalazły tak szerokie zastosowanie. W dalszym ciągu tego arty-



Rys 3 Tokarka o wzniosie kłków 150 mm do narzędzi widjowych, moc 4,5 KM

Jest to około 3 razy więcej, niż dla stali szybko tnącej. Przy określonej kształtem przedmiotu głębokości skrawania i przy koniecznym zmniejszeniu posuwu, co jest korzystne dla noża widjowego, będziemy mieli przy trzykrotnym wzroście szybkości

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech Polskich

skrawania i pewnym zmniejszeniu przekroju wióra około dwukrotne zwiększenie zapotrzebowania mocy. Po uwzględnieniu stałych czasów ręcznych otrzymamy około 40% zysk na czasie zdzierania. Jeśli nie możemy zwiększyć mocy posiadanej obrabiarki, np. z powodu zbyt słabej budowy, to będzie to pierwszym ograniczeniem procentowego zysku czasu przy obróbce widją.

W wypadku wykończenia na sprawdzian wałka, pomimo że nie zachodzi konieczność zwiększenia mocy, zyskujemy jeszcze mniejszy procent. Dla uzyskania bowiem wykończonej powierzchni według drugiej klasy pasowań musimy użyć posuwu 0,05 mm przy szybkości skrawania 120 m/min. Posuw 0,05 mm na obrót wrzeczona da się naogół uzyskać na dotychczasowych maszynach przez do-

Na podstawie powyższych rozważań możemy już zdać sobie sprawę z warunków, jakim muszą odpowiadać obrabiarki do skrawania narzędziami ze stopów twardych.

Zasadniczą ich cechą jest możliwość rozwijania tych bardzo wielkich szybkości skrawania, jakie są potrzebne do wyzyskania narzędzia. To wydatne podniesienie szybkości pociągnęło za sobą konieczność zwiększenia mocy oraz uczyniło ekonomicznymi nowe sposoby wykończania części obrabianych przez zastosowanie obróbki o bardzo małych posuwach. Szybkość skrawania stopami twardymi różnych materiałów wynosi od 3 do 5 razy więcej, niż przy użyciu stali szybko tnącej. Szybkości te są podane w tabeli I. Naprz. w wypadku wykończania wałka

TABELA 1.
Szybkości skrawania twardymi stopami.

Widja	Żeliwo		Stal		Alum.	Bronz	Miedź	Mosiądz	Staliwo
	180° Br	200° Br	miękka	sr. tw.					
zdzieranie	90—100	70—80	40—50	80—90		90—100		140—150	40—50
gładzenie	200—220	150—170	100—110	130—150	610*)	180—200	760—2 500	250—300	160—110

*) Toczone diamentem.

branie przekładni na gitarze. Uzyskanie 120 m/min szybkości skrawania, co przy tej średnicy wyniesie 1000 obr/min, przez proste podniesienie ilości obrotów wrzeczona starej maszyny nie da się osiągnąć; przede wszystkim bowiem łożysko wrzeczona nie wytrzyma tej szybkości obwodowej, a następnie drgania wobec słabej budowy i niewyważonych części obrotowych uniemożliwią otrzymanie dokładnej i gładko obrobionej powierzchni.

W wypadku wykończania przedmiotu na gotowo, zysk na czasie obróbki będzie nieznaczny, nie zwiększamy bowiem wydatnie szybkości skrawania, będąc ograniczeni właściwościami technicznymi posiadanej obrabiarki, i nie jesteśmy w stanie wyzyskać narzędzia.

Ogólna zatem oszczędność na czasie zdzierania i gładzenia razem jeszcze się zmniejszy i w porównaniu z czasem obróbki stałą szybko tnącą wyniesie przeciętnie 30%, co przy uwzględnieniu kosztów dodatkowych, związanych z wprowadzeniem narzędzi widjowych, daje w wypadku użycia zespołu starych obrabiarek około 10%-towe obniżenie kosztów wytwórczych. Dane te dotyczą obróbki w małych serjach. Dla porównania dodam, że przy użyciu narzędzi widjowych i odpowiednich maszyn notowano w niektórych wypadkach 500%-owe oszczędności na czasie roboczym.

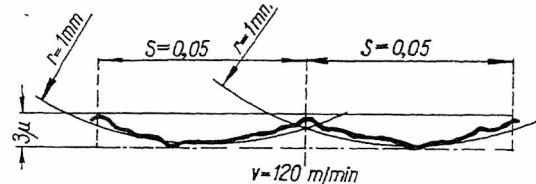
Oczywiście, w wypadku obróbki widją na starych maszynach stopów aluminiowych nawet 30% oszczędności czasu zwykle nie daje się osiągnąć, gdyż brak odpowiednich obrotów występuje o wiele wybitniej. Dotyczy to zwłaszcza nowoczesnego wykończania lustrzanej powierzchni (mirror finish) nożami o ostrzach diamentowych. Posuw przy tem wykończaniu mieszczą się w granicach od 0,02 do 0,05 mm na 1 obr. wrzeczona i wykończanie przy niskich obrotach trwałoby bardzo długo, powodując nieekonomiczność tego sposobu obróbki; prócz tego przy niskich obrotach powierzchni lustrzanej nie otrzymuje się wogóle.

*

stalowego o średnicy 25 mm przy szybkości skrawania $v = 180$ m/min ilość obrotów wyniesie około 2300 obr/min, a przy wykończaniu miedzianego kolektora o średn. 50 mm diamentem z szybkością $v = 2000$ m/min potrzebna liczba obrotów wyniesie 15 000 na min.

Wióry skrawane przy tych szybkościach możemy na podstawie dotychczasowych doświadczeń dokładnie scharakteryzować. Dla zdzierania widją korzystnie jest obrac stosunek posuwu do głębokości skrawania mniejszy, niż w wypadku skrawania stałą szybko tnącą. Stosunek ten $s:f$ waha się około cyfry 1:10. Ogółem obrabiarki muszą zachować dla zdzierania dotychczasowe posuwu maksymalne, a ponadto muszą jeszcze posiadać i bardzo drobne — w granicach 0,05—0,02 mm/obr., co bardzo powiększa zakres posuwów.

Dla wykończenia według II klasy pasowań, głębokość ryski po nożu może wynosić od 1 do 3-ch mikronów przy szybkości skrawania 100 m/min. Dla noża o zaokrągleniu końca $r = 1$ mm posuw konieczny wyniesie 0,05 mm. Nie jest to zgodne z obliczeniami, wartości bowiem obliczonych głębokości rys wynoszą tylko 1/3 część zmierzonej wielkości (rys. 4). Ta odchyłka tłumaczy się luzem



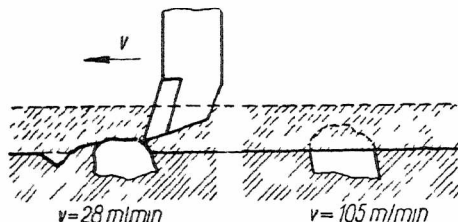
Rys. 4. Ryski na powierzchni obrobionej przy szybkości skrawania $v = 120$ m/mm.

łożyskowym i właściwościami materiału obrabianego. W wypadku wykończania lustrzanego głębokość rys zmierzonych powinna wynosić 0,2 — 0,5 mikrona, a posuw wypadnie obrac 0,02 mm/obr.

Przez zwiększenie szybkości skrawania i zmniejszenie posuwów powstają bardzo wielkie objętościowo ilości wiórów o postaci zazwyczaj utrudnia-

jącej obróbkę. Usuwanie tych wiórów zabiera wiele czasu i przeważnie budowa tych obrabiarek uwzględnia możliwość szybkiego odprowadzenia wiórów.

W związku ze zwiększoną szybkością skrawania wspomnieć wypada o nowej postaci wióra „spływowego” (Fließspan) (rys. 5). Z powodu



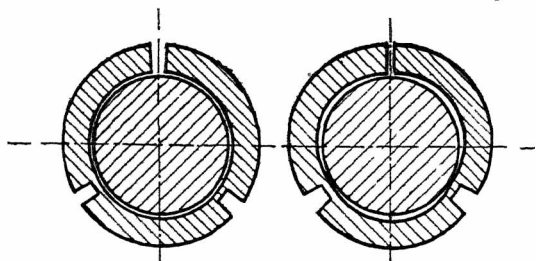
Rys. 5. Scinanie twardych kryształów przy dużej szybkości narzędzia.

dużej szybkości narzędzie posiada dużą siłę przebijającą i w związku z tym twardsze kryształy zostają przecięte, a nie wykruszane. Jest to zatem sposób skrawania, zachowujący strukturę powierzchni, a nie miażdżący, jak to zachodziło dotychczas.

Zwiększenie mocy w stosunku do dotychczasowych maszyn wzrosło 2—3-krotnie.

Te zwiększone wymagania co do wyposażenia uniwersalnej obrabiarki wyraziły się w znacznym podniesieniu ceny. Zwiększenie szybkości zmusiło do starannego wykonania części wirujących, lub wprost do nowych rozwiązań konstrukcyjnych, któreby uwzględniły szeroki zakres obrotów; zwiększenie mocy prowadzi do cięższej i sztywniejszej budowy, zaś w związku z nowymi metodami wykończania przedmiotów obrabianych — do wyposażenia w dodatkowe drobne i bardzo równomierne posuwy oraz elastyczne, nie drgające sposoby napędu. Ażeby obejść to podrożenie, powstały nowe typy uproszczonych obrabiarek, biorących początek od zasadniczych typów obrabiarek uniwersalnych. Są to obrabiarki przeznaczone do pewnego typu robót, naprzykład wykończania wałków djamentem na miarę, zdzierania wałków wieloma nożami i t. p. Jest tych maszyn cała gama, od maszyn wyposażonych bardzo skromnie do bardzo bogato, i zależnie od tego też waha się ich cena.

Najwięcej trudności konstrukcyjnych nastęrczają mechanizmy, które nadają przedmiotowi obrabianemu lub narzędziu wysokie szybkości skrawania. Są to po największej części wrzeciona, a u strugarek stoły, suwaki i kulisy. Wysokie obroty wrze-

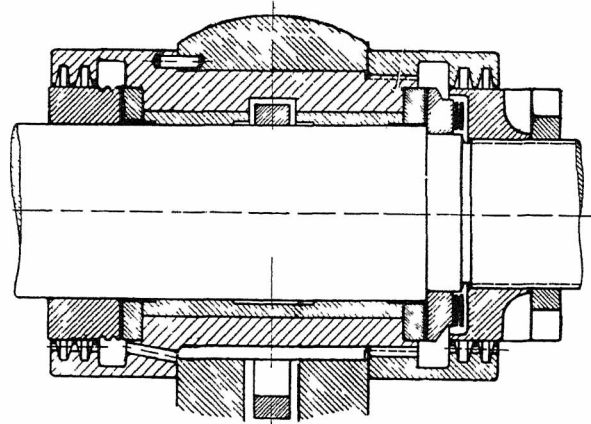


Rys. 6. Panewka dawnej konstrukcji.

cion wymagają specjalnego łożyskowania. Pytanie, czy i gdzie należy użyć łożysk ślizgowych, czy też tocznych, pozostaje nadal nierozstrzygnięte, oba rodzaje łożysk są równorzędne

i stale udoskonalane. Łożysko ślizgowe w dotychczasowej postaci (regulowanej stożkowej panewki brązowej, rozciętej i wciąganej do gniazda stożkowego) nie nadaje się do użytku w maszynach szybkoobrotowych, ponieważ tylko w fazie początkowej daje równomiernie rozłożony luz. Po ściągnięciu, panewka, odkształcając się w miejscach rozcięcia, przywiera ciasniej do czopa, pogarszając warunki smarowania (rys. 6).

Obecnie używane rozwiązanie, wskazane na rysunku 7, jest o czopie lekko stożkowym i panewce nierozciętej z brązu fosforowo-cynowego, homogenizowanego celem uzyskania drobnokrystalicznej i jednostajnie twardej powierzchni nośnej. Łożyska ślizgowe, zachowując dłużej dokładność, posiadają tę wadę, że musi się w nich, w zależności od liczby obrotów, nastawiać luz panewkowy. Tego dużego luzu przy szybko biegnących wrzecionach nie należy się obawiać, przy szybkich bowiem obrotach następuje samocentrowanie wirującego wrzeciona. Dokonuje tego właściwość płynącej z dużą szybkością obwodową warstwy smaru, która wywołuje siły centrujące i silnie dławiące. W tych warunkach wywiązują się znaczne ilości ciepła i przy szybkości 10 m/sek, jak widać



Rys. 7. Nowsze rozwiązanie konstrukcyjne łożyskowania

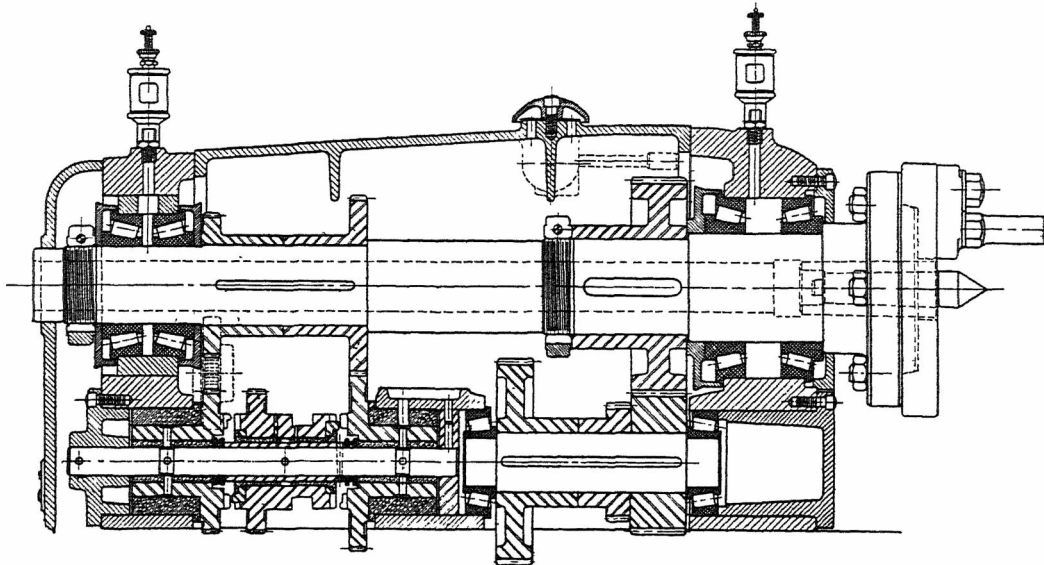
z załączonego wykresu I, temperatura łożyska dochodzi do 110°C ponad temperaturę otoczenia. Nie należy się zatem zbytnio obawiać podwyższonej temperatury łożysk, gdyż wytwórca z tem się liczył i dostosował do tych temperatur konstrukcję, smarowanie, materiały i wykonanie. Czopy wrzecion są z reguły hartowane i polerowane, a panewki wytaczane djamentem.

Sposobów łożyskowania wrzecion na łożyskach kulkowych jest bardzo wiele, jak widać z rys. 8, 9 i 10; nie wymagają one specjalnych wyjaśnień. Łożyska są wykonywane kompletami montażowymi o wybitnie wysokiej dokładności. Jeden z ciekawszych sposobów jest uwidoczniiony na rysunku 10, wskazującym łożyskowanie wrzeciona rewolwerówki. Łożyska toczne przedniego łożyska są dobrane i posiadają jednakowe wstępne napięcie promieniowe pomiędzy pierścieniami. Ma to na celu niedopuszczenie do wytwarzania się luzów w torach kulek przy dużych obciążeniach, naprężenia zmieniają tym sposobem wielkość, a nie zmieniają kierunku. Obranie właściwego sposobu smarowania nie nastęrcza trudności, gdyż tak smarowanie

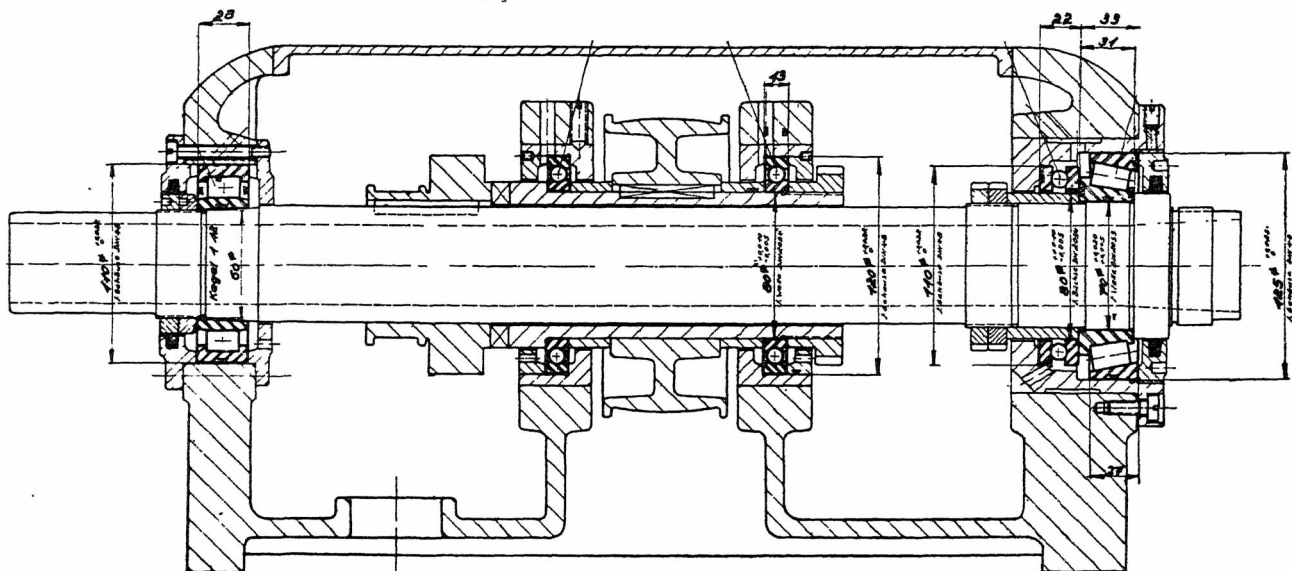
kropłowe, jak obiegowe, pierścieniowe lub knotowe, zupełnie wystarcza przy właściwie skonstruwanem łożysku, tem niemniej olej musi być właściwie dobrany i bezwarunkowo czysty. Smarowanie

W budowie napędu daje się zauważyć użycie możliwie małych mas części wirujących i eliminowanie źródeł drgań. Są niemi dynamicznie nie wyważone części wirujące oraz przekładnie zębate.

Nawet dokładnie wykonane hartowane i szlifowane przekładnie zębate, dające z początku dobre wyniki, z biegiem czasu, zużywając się, nie sprostażą zadaniu przenoszenia obrotów bez drgań. Tak więc skrzynki biegów, posiadające jaknajmniejsze ilości przekładni zębatych, z reguły koła zębate hartowane i szlifowane, bardzo często na-



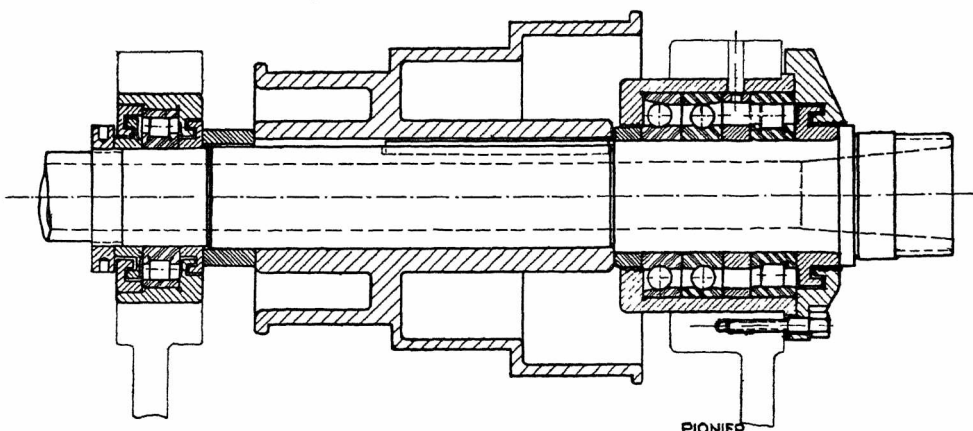
Rys. 8.



Rys. 9.

pod ciśnieniem, a tembardziej chłodzenie łożysk należy uważać jako niepotrzebną komplikację.

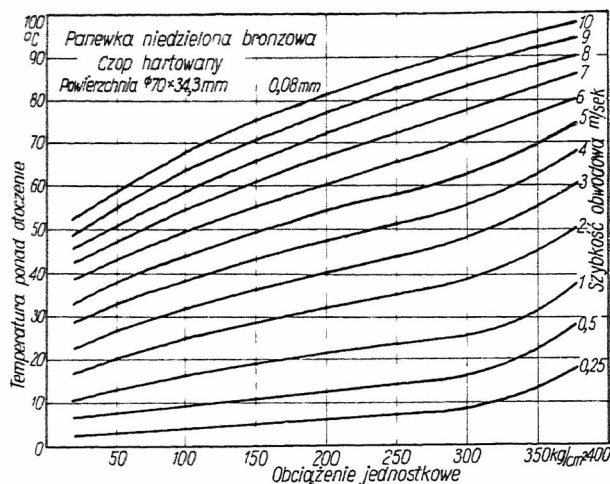
Przy obróbce na strugarce nie osiągamy tak wielkich szybkości skrawania. Na Wystawie Londyńskiej były strugarki wzdłużne o szybkości roboczej stołu do 100 m na minutę o napędzie od motoru regulowanego, zaś na tegorocznych Targach Lipskich nowowzbudowany shaping firmy Forst, który pozwalał, dzięki lekkiej, spawanej z blachy, konstrukcji suwaka i jarzma, na szybkości skrawania również do 100 m na minutę.



Rys. 10.

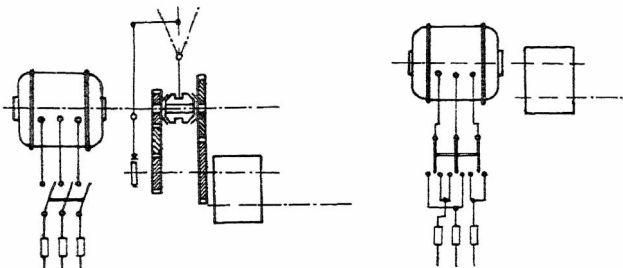
Rys. 8—10 Przykłady łożyskowania wrzeciona na łożyskach tocznych.

wrót kierunku obrotów w silniku napędzającym, (rys. 11), napędzają wrzeciona za pośrednictwem



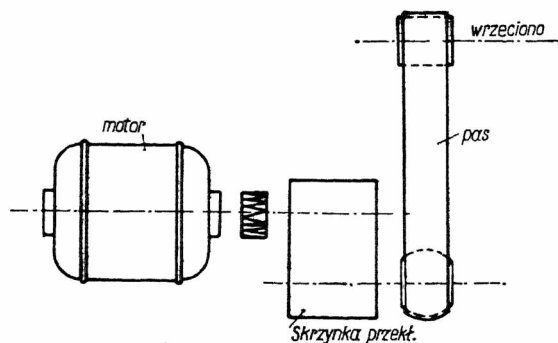
Wykres temperatur panewek w zależności od obciążenia i szybkości obrotowej.

przędzonych bez końca pasków*), lub pasków klinowych Texrope (rys. 12 i 13). Rzadziej daje się zauważyć napęd bezpośredni od motoru o kilku stopniach szybkości biegu, osadzonego na wrzecionie. Kilkustopniowy silnik posiada bardzo niskie



Rys. 11. Napęd z nawrotem mechanicznym (na lewo) i z nawrotem elektrycznym (na prawo).

wydajności i ograniczoną liczbę obrotów, natomiast coraz więcej widzimy 1—2—3 biegowy silnik, pędzący wrzeciono 2 lub 3 stopniowym kołem pasowym, co daje od 2 do 9-ciu stopni obrotów wrzeciona bez użycia przekładni zębatych. Te sposoby elastycznego napędu dają dobre wyniki i są powszechnie stosowane.



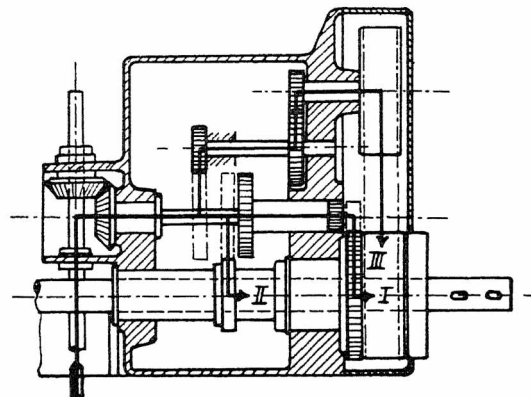
Rys. 12. Napęd za pośrednictwem skrzynki biegów i przekładni pasowej.

Celem natychmiastowego zatrzymania maszyn, z reguły w napędy wbudowuje się hamulce, uruchamiane albo automatycznie przy wyłączeniu obrotów wrzeciona, albo nożne i t. p. Stosuje się coraz częściej hamowanie przez włączenie na bar-

*) Chromowych pasów klejonych.

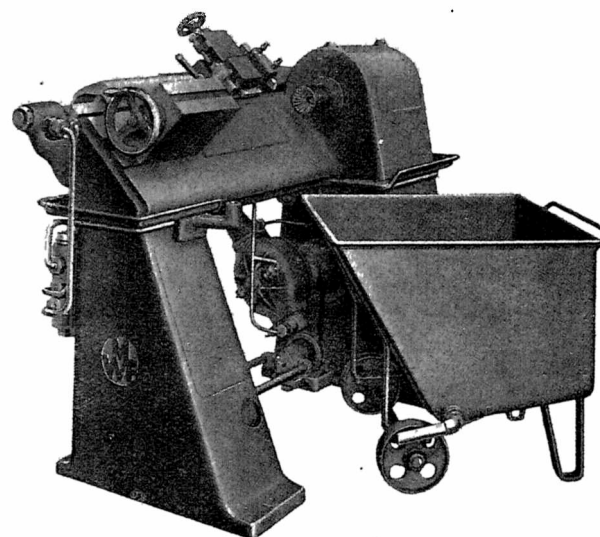
dzo krótki przeciąg czasu przeciwnego biegu silnika napędowego.

Duże trudności spotyka się w zabezpieczeniu swobodnego odpływu wiórów. Nieliczne tylko obrabiarki spełniają ten warunek zadowalająco. Takim ciekawym i praktycznym rozwiązaniem tego zadania jest konstrukcja tokarki firmy Magdeburg, której nachylone pod kątem 45° łożo i odwrotny kierunek toczenia zabezpieczają swobodny spływ wiórów do wózka (rys. 14). Obok tego najczęstszym w tokarkach spotykanym rozwiązaniem jest odpowiednio szerokie rozstawienie prowadnic, umożliwiające swobodne opada-



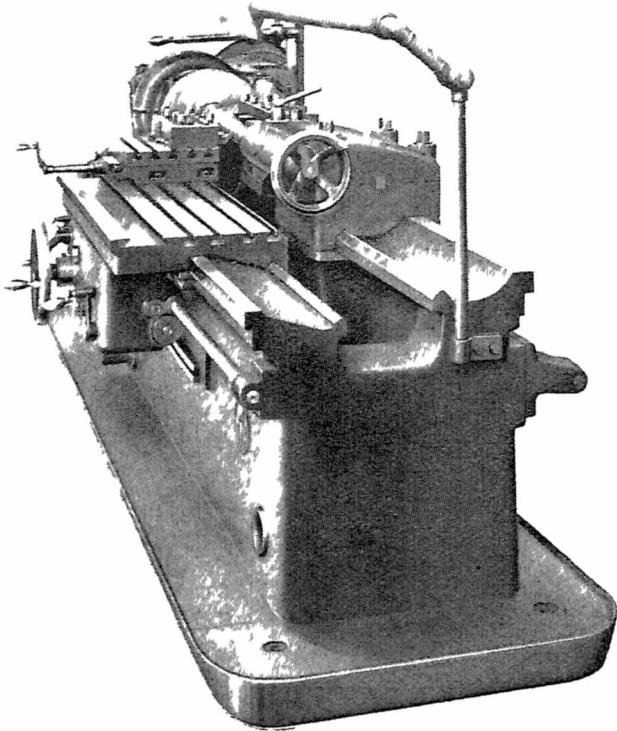
Rys. 13. Napęd wrzeciona wytaczarki.

nie wiórów pomiędzy niemi, w dół do odp. zbiornika. W związku z trudnościami usuwania wiórów zalecane jest stosowanie łamaczy wiórów, bo usuwanie rozdrobnionych wiórków odbywa się bez trudności, ale samo łamanie dokonuje się kosztem pewnego rozchodu energii. Ze względu na bezpieczeństwo, konieczne są zasłony, zabezpieczające od tryskających wiórów, płynów chłodzących i uszkodzonych narzędzi. Podobnie wszystkie części wirujące powinny być tak wykonane, aby



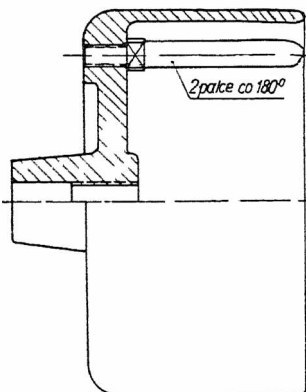
Rys. 14. Tokarka o nachylonem (45°) łożu i odwrotnym kierunku toczenia. dla zapewnienia swobodnego odpływu wiórów.

zabezpieczały od wypadków. Nakręcone uchwyty powinny być zabezpieczone od odkręcenia się i spadnięcia przy gwałtownym hamowaniu, wy-



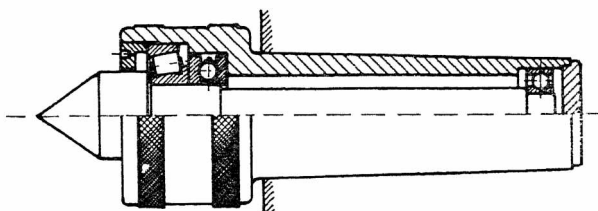
Rys. 15. Łoże tokarki wielonozowej o wygodnym odprowadzeniu wiórów.

ważone tarcze zabierakowe (rys. 16) powinny mieć osłonięte palce. Przy wysokich obrotach zachodzi możliwość zatarcia się na kielku, co doprowadza zwykle do zniszczenia przedmiotu obrabianego i spowodować może wyrwanie wałka z kłów. Następuje bowiem oderwanie się wtopionego końca nieruchomego kła w otworze nakiełka. Zapobiega temu zaopatrzenie kła w nakładki widjowe albo stosowanie kła obrotowego (rys. 17).



Rys. 16. Tarcza zabierakowa o osłoniętych palcach.

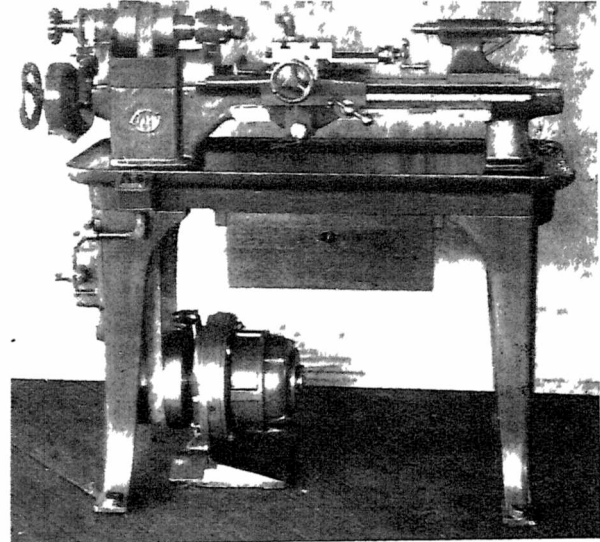
kwestja tłumienia drgań, powstałych podczas skrawania niewyważonego przedmiotu. Z dynamicznego punktu widzenia, maszyna



Rys. 17. Kiel obrotowy.

na, łącznie z przedmiotem obrabianym i narzędziem, jest systemem wielu mas w dużej ilości układów drgań harmonicznyc. Jako wzbudzenie,

działają na ten system mas drgania, wywołane obróbką przedmiotu przez narzędzie. Dopóki nie zachodzi wypadek rezonansu, dopóty wzbudzone drgania maszyny, mając właściwości zanikania, nie budzą żadnej obawy, nie dając się prawie odczuć. Zjawisko rezonansu i związane z tem wy-



Rys. 18. Silnik napędowy tokarki na osobnej podstawie dla uniknięcia bezpośredniego przenoszenia drgań.

wołanie drgań harmonicznyc o coraz to zwiększającej się amplitudzie wywołuje drgania, uniemożliwiające obróbkę. To szkodliwe zjawisko usuwa się, nadając obrabiarce dużą sztywność i ciężar. Obok tego konstrukcja musi wykazywać zdolność tłumienia drgań przez odpowiednie kształty prowadnic, wymiary łożysk, rozmieszczenie mechanizmów oraz dobór materiałów. Tutaj należy podkreślić korzystne właściwości miękkiego żeliwa w tłumieniu drgań.

Podobnie z bardzo dobrym skutkiem napędy umieszczane są w podstawach obrabiarek, jak to widać na rysunku, gdzie uwidoczniono napęd tokarki szybkoobrotowej, albo też oddziela się je zupełnie i ustawia na osobnych fundamentach (rys. 18). Również mechanizmy posuwowe powinny posiadać duże płaszczyzny przylegania, dobrane profile prowadnic, daje to bowiem równomierność posuwu, co jest konieczne przy wykończaniu przedmiotów. Mechanizmy posuwające sanie suportów powinny wykazać się temi samymi zaletami. Dają to powszechnie używane posuwy hydrauliczne, jak też i śruby pociągowe.

● ● ●

Le développement de la construction des machines-outils sous l'influence de l'application des outils en alliages durs

Résumé:

L'auteur caractérise les progrès réalisés dans la construction des machines-outils sous l'influence de l'application des nouveaux alliages durs pour les outils de coupe. Ensuite il s'occupe des problèmes de la construction de ces machines et analyse les questions suivantes: paliers, mécanismes d'entraînement, évacuation libre des copeaux, amortissement des vibrations, et d'autres.

Ciśnienie doładowania a przyrost mocy czterosuwowych silników spalinowych*)

Inż. J. Z. Bujak, SIMP

Wzory i wykresy, określające zależność przyrostu mocy od ciśnienia doładowania w silnikach Diesela — Ciśnienie doładowania a wagowa ilość gazu. — Obliczenie mocy przy doładowaniu. — Zagadnienie ilości niespalonego tlenu w cylindrze — Czynniki ograniczające przyrost mocy w praktyce. Korzyści doładowania.

REFERAT niniejszy stanowi dalszy ciąg prac nad doładaniem silników spalinowych, prowadzonych przez Inż. A. Wicińskiego i przezemnie od lipca 1933. Stworzenie nowego systemu doładowania, znanego pod nazwą „dynamiczne doładowanie systemu Wibu”¹⁾, stało się bodźcem do przeprowadzenia badań ogólnych praw i zależności, jakie rządzą doładaniem silników spalinowych, niezależnie od sposobu, w jaki to doładanie zostanie osiągnięte.

Znaną jest rzeczą, że przez doładanie otrzymuje się wzrost mocy silników spalinowych, jednak kwestja zależności przyrostu mocy od ciśnienia doładowania jest naogół mało zbadana. Wprawdzie w odniesieniu do silników wybuchowych sprawa wpływu ciśnienia i temperatury powietrza na moc silnika była obszernie i wielostronnie badana i posiada sporą literaturę, sprawa ta jest jednak traktowana głównie z punktu widzenia wpływu wysokości na silnik wybuchowy, dotyczy więc przede wszystkim ciśnień niższych od atmosferycznego. Sprawa zaś doładania ciśnieniem wyższym od atmosferycznego, w szczególności jeśli idzie o silniki Diesela, posiada — jak dotąd — literaturę dość nieliczną, a co ważniejsza — jednostronną; odnosi się ona bowiem przeważnie do systemu Büchi — w zastosowaniu do silników Diesela, jak dotąd, najbardziej rozpoznawanego — i posiada z łatwo zrozumiałych powodów mniej lub więcej tendencyjne nastawienie, pomijając pewne zjawiska milczeniem, innym zaś przypisując nadmiernie wielkie znaczenie.

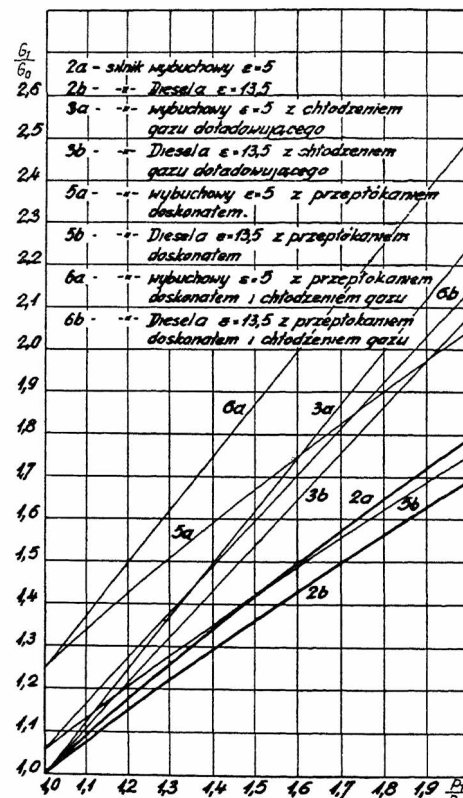
Celem niniejszych rozważań jest ustalenie wzorów i wykresów, określających zależność przyrostu mocy od ciśnienia doładowania w silnikach spalinowych, przede wszystkim zaś w czterosuwowych silnikach Diesela, przy uwzględnieniu różnych czynników, mających wpływ na wielkość tego przyrostu. Główną uwagę zwróciłem na doładowanie silników Diesela zarówno dlatego, że stanowią one bezpośredni teren mojej pracy, jak i dlatego, że właśnie w odniesieniu do silników Diesela doładowanie posiada pewne specjalne zalety, które pozwalają na osiągnięcie w tych silnikach większych korzyści, niż w silnikach wybuchowych.

Ciśnienie doładowania a wagowa ilość gazu.

Na podstawie prostych rozważań termodynamicznych można wyprowadzić wzory, podające stosunkowy wzrost wagowej ilości gazu (powietrza, mieszanki) w cylindrze, w zależności od ciśnienia doładowania w różnych warunkach. Ze względu na ramy tego referatu, pominiemy wy-

prowadzenie tych wzorów, ograniczając się jedynie do wykresnego ich przedstawienia, rys. 1.

Linje 2a i 2b przedstawiają wagową ilość gazu w cylindrze silnika o stosunku sprężania $\epsilon = 5$ i $\epsilon = 13,5$ (silnik wybuchowy i Diesela). Stosunek sprężania w silniku ma wpływ na wagową ilość gazu zawartego w cylindrze przy doładowaniu, dlatego, że wzrost ciśnienia przy doładowaniu powoduje sprężenie nieusuniętych z cylindra spalin, zawartych w przestrzeni dawkowej silnika, a tem samem stworzona zostaje objętość, w której pomieścić się może pewna nadwyżka ilości gazu, tem większa, im niższy jest stosunek sprężania. Silniki wybuchowe przedstawiają się więc pod tym względem korzystniej od silników Diesela.



Rys. 1. Stosunkowy wzrost wagowej ilości gazu w zależności od ciśnienia doładowania.

Linje 3a i 3b odnoszą się do doładowania gazem ochłodzonym do temperatury otoczenia, t. zn. sprężonym izotermicznie.

Linje 5a i 5b przedstawiają doładowanie w połączeniu z przepłokaniem doskonałym przestrzeni dawkowej silnika przy adyabatycznym sprężaniu gazu doładującego. Linje 6a i 6b to samo przy izotermicznym sprężaniu gazu doładującego.

Na wykresie rys. 1 przedstawiony jest wzrost wagowej ilości gazu w zależności od stosunkowego przyrostu ciśnienia ładowania, t. j. stosunkowego przyrostu początkowego ciśnienia sprężania.

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich

¹⁾ Przegład Techniczny, 1934, Nr. 11.
The Motor Ship, kwiecień 1935.

Jeśli chodzi o silniki doładowywane przymusowo za pomocą dmuchawy obrotowej lub tłokowej, stosunkowy wzrost początkowego ciśnienia sprężania jest równy absolutnemu ciśnieniu gazu doładującego, mierzonemu w rurociągu dolotowym. Jeśli jednak chodzi o silniki doładowywane dynamicznie za pomocą urządzenia systemu Wibu, to w nich zmierzenie ciśnienia w rurociągu dolotowym nie da żadnej wskazówki, ciśnienie to bowiem stale pulsuje, przechodząc od podciśnień do nadciśnień. W tym więc wypadku miarą wysokości doładowania jest stosunek początkowego ciśnienia sprężania po doładowaniu do początkowego ciśnienia sprężania przed doładowaniem; to ostatnie wynosi np. w przemysłowych silnikach Diesela 0,94 — 0,98 atn wskutek dławienia w zaworze ssącym. Jeżeli po doładowaniu początkowe ciśnienie sprężania wzrośnie np. do 0,22 atn, to odpowiada to stosunkowemu wzrostowi ciśnienia ładowania

$$\frac{p_1}{p_0} = \frac{1,22}{0,98} \text{ do } \frac{1,22}{0,94} = 1,24 \text{ do } 1,30,$$

w zależności od tego, jakie początkowe ciśnienie sprężania miał silnik przed doładowaniem. Mówiąc dalej ogólnie o „ciśnieniu doładowania”, będziemy rozumieli przez to stosunkowy wzrost ciśnienia ładowania.

Z krzywych na rys. 1 widać, że doładowanie gazem ochłodzonym do temperatury otoczenia daje wzrost wagowej ilości gazu o około 50% większy niż doładowanie gazem nieochłodzonym. W praktyce chłodzenia gazu zazwyczaj się nie stosuje, bowiem rozmiary i koszt chłodnicy, zdolnej ochłodzić gaz skutecznie, nie stoją w żadnym stosunku do oszczędności na pracy, jaką możnaby tą drogą otrzymać przy niektórych sposobach sprężania (dmuchawa tłokowa, turbodmuchawa). Przy innych urządzeniach (Wibu) chłodzenie gazu wogóle nie da się zastosować. W praktyce mamy zazwyczaj do czynienia z adyabatycznym sprężaniem gazu, przedstawionem linjami 2a i 2b, lub bliskim mu politropowym sprężaniem.

Obliczenie mocy silnika przy zastosowaniu doładowania.

Spalanie z tym samym nadmiarem powietrza co przed doładowaniem.

Na podstawie wykresów rys. 1 możemy ustalić związek między ciśnieniem doładowania a przyrostem mocy silnika. Zakładamy przytem, że moc indykowana silnika jest proporcjonalna do ilości spalonego tlenu.

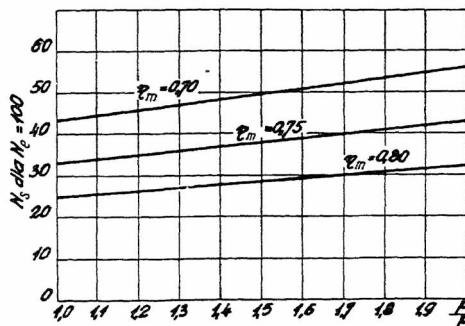
Jeśli spalanie przy pełnym obciążeniu w silniku z doładaniem odbywać się będzie z tym samym nadmiarem powietrza, co przy pełnym obciążeniu przed doładaniem, wtedy wzrost mocy indykowanej silnika wskutek doładowania będzie równy wzrostowi wagowej ilości tlenu, a więc i powietrza. Zatem wykres rys. 1 przedstawia równocześnie wzrost mocy indykowanej silnika przy doładowaniu.

Spalanie z tym samym nadmiarem powietrza zachodzi przede wszystkim w silnikach wybuchowych, które zarówno przed, jak i po doładaniu, pracują z nadmiarem powietrza praktycznie równym 1. Pozatem zachodzi ono może w silnikach Diesela, o ile ilość wtryskiwanego paliwa zwiększona zostanie w tym samym stosunku, w jakim

wagowa ilość powietrza została zwiększona wskutek doładowania.

Chcąc z danej mocy indykowanej obliczyć moc efektywną, musimy znać jeszcze moc strat własnych silnika. Z doświadczenia wiadomo, że moc ta prawie nie zależy od obciążenia. Przy zastosowaniu doładowania uwzględnić trzeba jedynie moc potrzebną na sprężenie gazu doładującego, którą dodaje się do strat własnych silnika. Moc ta jest bardzo różna, w zależności od sposobu doładowania. Przy doładowaniu turbodmuchawą, pędzoną wydmuchem silnika, przyrost oporów jest bardzo nieznaczny, pracę potrzebną do sprężania gazu bierze się tu bowiem w głównej części z odpadkowej energii rozprężania gazu, opuszczającego cylinder pod ciśnieniem paru atn. Również nieznaczny jest wzrost oporów silnika przy doładowaniu Wibu, w którym dla wywołania efektu doładowania zostaje celowo zwiększona ujemna praca podciśnienia w czasie suwu ssącego. To zwiększenie pracy podciśnienia wynosi, przy doładowaniu w wysokości 0,2 do 0,3 atn, od 0,07 do 0,2 kg/cm² średniego ciśnienia, t. j. 5 — 15% strat mechanicznych silnika, a 1,2 ÷ 3% mocy efektywnej silnika przed doładaniem. W razie stosowania dmuchawy, napędzanej mechanicznie od silnika lub elektrycznie, moc oporów dodatkowych wskutek doładowania wzrasta, i to zazwyczaj znacznie, bowiem cała praca doładowania wzięta jest z pracy mechanicznej silnika i powiększona przez niekorzystną sprawność dmuchawy, ewentualnie także generatora i silnika elektrycznego.

Wszystkie dalsze obliczenia i wykresy wykonano przy przyjęciu zależności strat własnych silnika od ciśnienia doładowania, podanej na wykresie rys. 2. Odpowiada ona warunkom, zachodzącym



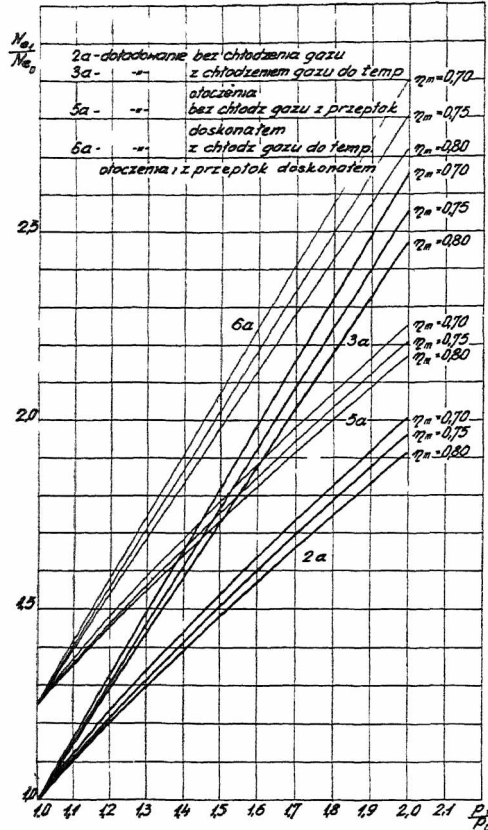
Rys. 2. Moc strat własnych silnika dla $N_e = 100$ przy różnych ciśnieniach doładowania.

przy doładowaniu turbodmuchawą, pędzoną wydmuchem (Büchi, Rateau), oraz przy doładowaniu dynamicznym systemu „Wibu”. Chcąc korzystać z podanych poniżej wykresów także i w wypadku silników doładowywanych w inny sposób, należy uwzględnić w każdym poszczególnym wypadku zwiększone opory, odejmując od wartości p_e w wykresach rys. 6 i 7 odpowiednią wielkość.

Na podstawie powyższych założeń można bez trudności obliczyć przyrost mocy silnika przy doładowaniu z zachowaniem tego samego nadmiaru powietrza przy spalaniu, jaki silnik miał przed doładaniem. Dla danego ciśnienia doładowania znamy (rys. 1) wzrost wagowej ilości powietrza i równy mu, w myśl założeń, wzrost mocy indyko-

wanej. Odpowiadający mu wzrost mocy efektywnej zależy od strat mechanicznych silnika, które podaje rys. 2.

Przyjmując moc efektywną silnika przed doładowaniem $N_e = 100$ i $\eta_m = 0,75$, otrzymamy moc indykowaną przed doładowaniem $N_i = 133$. Mnożąc ją przez odpowiednią dla danego ciśnienia do-



Rys. 3. Stosunkowy wzrost mocy efektywnej silnika wybuchowego przy zastosowaniu doładowania.

ładowania wartość wzrostu wagowej ilości powietrza, wziętą z wykresu rys. 1, otrzymamy moc indykowaną po doładowaniu N_{i1} , od której należy odjąć odpowiednią moc strat N_s według rys. 2, aby otrzymać wielkość mocy efektywnej przy doładowaniu. Wyliczone w ten sposób wartości mocy efektywnej silnika z doładowaniem podane są dla silnika wybuchowego na rys. 3, zaś dla silnika Diesela na rys. 4 (linje dolne a). W obu wypadkach wyliczenia wykonano dla $\eta_m = 0,70; 0,75$ i $0,80$.

Spalanie przy pozostawieniu w cylindrze tej samej ilości niespalonego tlenu, co przed doładowaniem.

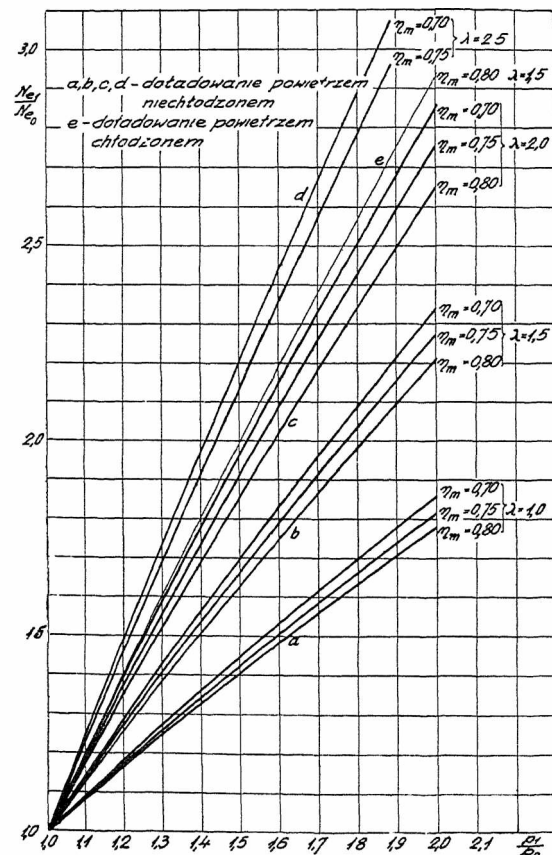
Jedną z wielkich zalet doładowania silników Diesela i głównym powodem, dla którego doładowanie tych właśnie silników ma przed sobą ogromną przyszłość, jest możliwość osiągania większego wzrostu mocy indykowanej, niż wzrost wagowej ilości powietrza, a to dzięki spalaniu z mniejszym nadmiarem powietrza niż przed doładowaniem.

Zjawisko to, stwierdzone doświadczalnie w całym szeregu wypadków (publikacje odnoszące się do doładowania syst. Büchi i Rateau, doświadczenia własne), można wytłumaczyć następująco:

Dla danych warunków spalania w siln. Diesela (kształt i wielkość przestrzeni dawkowej, ilość

obrotów, metoda wtrysku) trudności spalania zależą nie od nadmiaru powietrza, lecz od wagowej ilości wolnego tlenu, który nie bierze udziału w spalaniu i pozostaje w cylindrze niespalony. Im mniejsza jest ilość niespalonego tlenu, pozostającego w cylindrze, tem większe są te trudności i tem staranniej musi być opracowane spalanie, w przeciwnym bowiem razie otrzymujemy znacznie rosnący rozchód paliwa na 1 KM godz. i pogarszanie się wyglądu wydmuchu. O ile zwiększymy przez doładowanie całkowitą ilość tlenu w cylindrze, to ta ilość, którą musimy zostawić niespaloną, chcąc zachować niski rozchód paliwa i dobry wygląd wydmuchu, pozostaje, bezwzględnie biorąc, bez zmiany, procentowo jest więc mniejsza, t. zn. mamy możliwość spalania przy mniejszym nadmiarze powietrza.

Omówione powyżej zjawisko ma swoją przyczynę w prawie chemicznym, w myśl którego szybkość przebiegu reakcji zależy od koncentracji składników czynnych, biorących w niej udział. Jako koncentrację, rozumiemy wagową ilość danego składnika na jednostkę objętości. W miarę postępu procesu spalania maleje koncentracja wolnego tlenu, co wpływa na zwolnienie przebiegu spalania. To zwolnienie jest ograniczeniem ilości dającego się dobrze spalić paliwa. Nagromadzenie w tej samej, lub nieznacznie zwiększonej przestrzeni spa-



Rys. 4. Stosunkowy wzrost mocy silnika Diesela przy zastosowaniu doładowania przy zachowaniu stałej ilości niespalonego tlenu.

lania znacznie większej ilości tlenu sprawia, że proces spalania może przebiegać z początku szybciej, niż w tej samej przestrzeni bez doładowania, a zwolnienie procesu do granicy, będącej jego praktycznym ograniczeniem, następuje dopiero po

osiągnięciu tej samej, co i w wypadku pracy bez doładowania, dolnej granicy koncentracji.

W praktyce stosuje się często powiększenie przestrzeni dawkowej silnika w związku z doładowaniem. Ma to na celu obniżenie ciśnienia sprężania i spalania. Mogłoby się zdawać, że ponieważ przez to zmniejsza się również koncentracja tlenu, nie będzie można osiągnąć w tych warunkach spalania przy mniejszym nadmiarze powietrza. W rzeczywistości również i w tym wypadku, jak uczy doświadczenie, otrzymuje się poprawę spalania. Dzieje się to dla dwóch powodów: po pierwsze, to zwiększenie przestrzeni dawkowej jest zazwyczaj niewielkie, więc ciśnienie sprężania, a tem samem i koncentracja tlenu są większe niż przed doładowaniem, po drugie, zwiększenie przestrzeni dawkowej nadaje jej jednocześnie kształt mniej płaski, korzystniejszy dla spalania.

Twierdzenie o „stałej ilości niespalonego tlenu” odnosi się tylko do silników o racjonalnie opracowanym spalaniu. Jeśli spalanie w silniku przed doładowaniem było złe, np. wskutek tego, że do pewnej części przestrzeni spalania wogóle nie doprowadzono paliwa, to przy zachowaniu tej samej przestrzeni spalania po doładowaniu ta ilość tlenu, która nie będzie mogła być wyzyskana wskutek wadliwego rozdziału paliwa, wzrośnie w tym samym stosunku, w jakim wzrosła całkowita ilość powietrza wskutek doładowania. Reguła stałej ilości niespalonego tlenu odnosi się więc będzie tylko do tej części przestrzeni spalania, która wchodzi w styczność z paliwem. Zatem w odniesieniu do całej przestrzeni, ilość tlenu możliwa do wyzyskania w silniku o złem spalaniu będzie mniejsza, niżby wynikało z reguły „stałej ilości niespalonego tlenu”.

Streszczając to, można powiedzieć, że przyjęcie stałej ilości niespalonego tlenu określa górną granicę przyrostu mocy, możliwego do osiągnięcia w silnikach o racjonalnie opracowanym spalaniu.

Na podstawie tych rozważań można obliczyć maksymalne możliwe do osiągnięcia przyrosty mocy przy doładowaniu silników Diesela. Przyjmujemy przytem, że wagowa ilość niespalonego tlenu, pozostającego przy maksymalnym obciążeniu w cylindrze, jest w silniku z doładowaniem taka sama, jak w tym samym silniku, pracującym bez doładowania.

Obliczenie mocy przy powyższym założeniu wygląda następująco:

Dla mocy efektywnej bez doładowania $N_e = 100$ KM i sprawności mechanicznej $\eta_m = 0,80$, moc indykowana wynosi $N_i = 125$ KM. Jeśli przed doładowaniem nadmiar powietrza wynosił $\lambda = 1,5$, to z tlenu, znajdującego się w cylindrze, ulega spalaniu 0,67, pozostaje zaś niespalone 0,33. Przy doładowaniu powietrzem niechłodzonym o ciśnieniu np. 1,4 ata (rys. 1, krzywa 2 b) wzrost wagowej ilości powietrza, a więc i tlenu, wynosi 1,29. Pozostawiając 0,33 tlenu niespalone, otrzymamy do spalania $1,29 - 0,33 = 0,96$, co oznacza w stosunku do spalonych poprzednio 0,67 wzrost $\frac{N_{i1}}{N_{i2}} = \frac{0,96}{0,67} = 1,43$. Zatem N_2 wyniesie $125 \cdot 1,43 = 179$, zaś po uwzględnieniu strat wg. rys. 2 w wy-

sokości $N_s = 28$ KM otrzymamy $N_e = 151$ KM, t. j. 51% przyrostu mocy efektywnej.

Wyliczone w ten sposób wartości przedstawia rys. 4, linje b, c, d, e. Wykres ten podaje stosunkowy wzrost mocy efektywnej silnika w zależności od stosunkowego wzrostu początkowego ciśnienia sprężania w silniku dla różnych, podanych na wykresie warunków. Z wykresu tego nie można jednak bezpośrednio określić, jaką moc będzie posiadał dany silnik po doładowaniu na dane ciśnienie. Linje przyrostu mocy dla nadmiaru powietrza $\lambda = 1$ podają wprawdzie dolną granicę przyrostu mocy, osiągalną przy spalaniu z tym samym nadmiarem powietrza, co przed doładowaniem. Linje przyrostu mocy dla stałych ilości niespalonego tlenu podają z drugiej strony górną granicę przyrostu, różną dla różnych λ , a ograniczoną możliwością dobrego spalania.

Przekształcenie wykresów przyrostu mocy przy doładowaniu z uwzględnieniem czynników ograniczających przyrost ten w praktyce.

Uzyskiwany przemysłowo przyrost mocy przy doładowaniu leży w rzeczywistości zazwyczaj między temi granicami. Osiągnięciu górnej granicy przyrostu mocy, możliwej ze względu na spalanie, staje na przeszkodzie inny czynnik: wzrost temperatur przebiegu i wywołany nim wzrost obciążenia termicznego silnika.

Temperatury przebiegu zachodzącego w cylindrze są trudne do bezpośredniego mierzenia, natomiast temperaturą, szczególnie łatwo dającą się mierzyć i dającą bardzo dobre wskazania co do obciążenia termicznego silnika, jest temperatura wydmuchu, mierzona za zaworem wylotowym.

Temperatura wydmuchu, jak i średnia temperatura przebiegu, zależy, przy danej wartości opałowej paliwa, danym stosunku sprężania i charakterze przebiegu, od nadmiaru powietrza przy spalaniu. Dla danego silnika zależy więc od obciążenia. Jeśli zachować ten sam nadmiar powietrza przy spalaniu, temperatury przebiegu, a tem samem i obciążenie termiczne silnika nie ulegną zmianie. Nie zmieni się również temperatura wydmuchu. Odnosi się to do doładowania przy zachowaniu tego samego nadmiaru powietrza (wykres rys. 4, linje a). Ponieważ jednak — jak to okazaliśmy poprzednio, — można osiągnąć przy doładowaniu znacznie wyższe moce, a tem samem niższe nadmiary powietrza, rezultatem tego będzie wyższa temperatura wydmuchu.

Jest faktem, znanym z doświadczenia, że w przemysłowych silnikach Diesela nie można przekroczyć pewnej granicznej wartości temperatury wydmuchu²⁾. Dla czterosurowych silników średniej wielkości o niechłodzonych tłokach żeliwnych, ta temperatura wynosi 530—550°C. Dla silników dużych, o tłokach chłodzonych, ta temperatura jest nieco wyższa, również jest ona wyższa dla całkiem małych silników o tłokach ze stopów lek-

²⁾ Dr. Ing. V. Heidelberg. Auspufftemperaturen und Leistungsgrenzen von Dieselmotoren mit ungekühlten Graugussstauchkolben, VDI. Dieselheft Nr. IV.

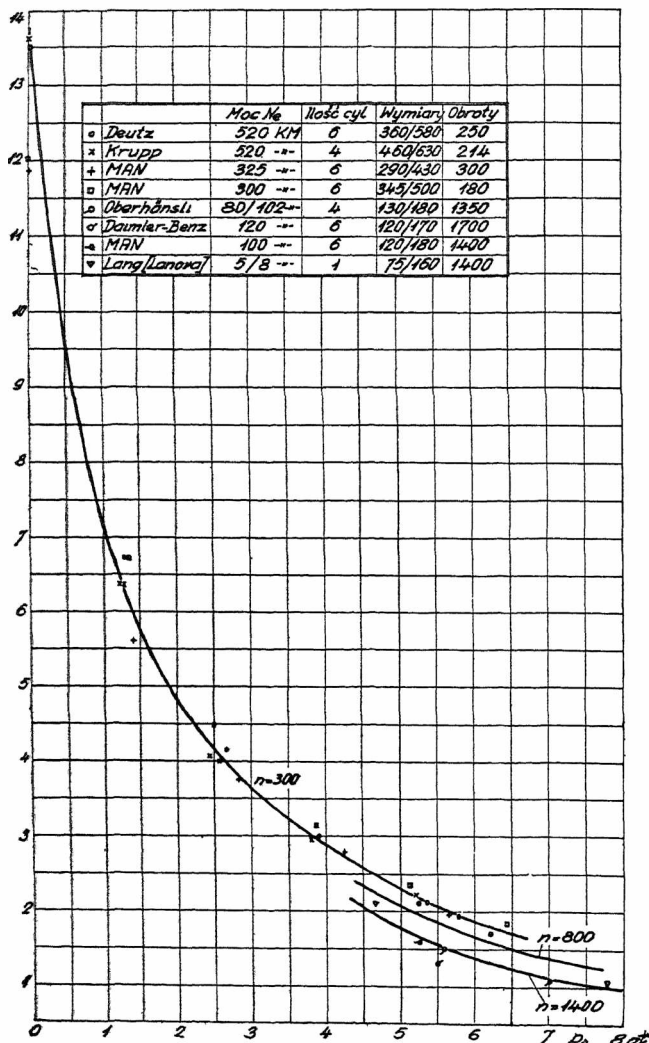
kich. W silnikach benzynowych dochodzi ona do 800 i 900°C.

Dla ustalenia dającego się przemysłowo osiągnąć przyrostu mocy trzeba więc określić temperaturę wydmuchu, jaką będzie miał silnik, pracujący z danym doładowaniem przy danym obciążeniu.

Niedogodnością dotychczas skonstruowanych wykresów rys. 4 jest to, że podają one stosunkowy przyrost mocy, a nie określają tej mocy wprost, oraz że figuruje w nich cyfra nadmiaru powietrza λ , z jakim zachodzi spalanie w silniku przed doładowaniem. Jest to wielkość, której nie można wprost zmierzyć na silniku, ani też łatwo obliczyć. Postaramy się zatem wyrugować tę wielkość i zastąpić inną, dogodniejszą w praktycznym użyciu, mianowicie średnim ciśnieniem efektywnym.

Związek zachodzący pomiędzy nadmiarem powietrza a średnim ciśnieniem efektywnym jest dość skomplikowany i zależy od całego szeregu czynników. Ponieważ jednak dla czterosuwowych silników Diesela wszystkie te czynniki są — w danej klasie silnika — mniej więcej równe, można z dobrym przybliżeniem użyć cyfr doświadczalnych, podających związek między p_e a λ .

Rys. 5 przedstawia ten związek graficznie. Cy-



Rys. 5. Związek między λ a p_e .

frowe dane zebrane są z literatury³⁾. Korzystając z wykresu rys. 5, można przekształcić wykres rys. 4 w sposób, który pozwoli na bezpośrednie odczytanie, jak wielkie p_e da się osiągnąć z danego silnika przy danym ciśnieniu doładowania. Rys. 6 przedstawia taki przekształcony wykres w zastosowaniu do silników bezsprężarkowych średniej wielkości ($V_{cyl} \approx 30$ l, $n \approx 300$).

Dla skonstruowania go przyjęto na podstawie wykresu rys. 5, że

dla $\lambda = 2,5$ $p_e = 4,7$ kg/cm² i założono $\eta_m = 0,70$
 $2,0$ $5,6$ $0,75$
 $1,5$ $7,0$ $0,80$

$p_e = 4,7$ odpowiada bardzo słabo wykorzystanemu silnikowi, $p_e = 5,6$ odpowiada średniemu silnikowi bezsprężarkowemu, $p_e = 7,0$ — maksymalnemu przeciążeniu dobrze wyzyskanego silnika bezsprężarkowego. Dla tych przypadków wkreślono linie stałej ilości niespalonego tlenu, przedstawiające górną granicę osiągalnego przyrostu mocy. Linje te otrzymamy, mnożąc wartości $p_e = 4,7, 5,6$ i $7,0$ przez odpowiednie wartości przyrostu mocy efektywnej, wzięte z wykresu rys. 4. Otrzymamy w ten sposób górną granicę mocy osiągalnej przy danym ciśnieniu doładowania, wyrażoną już w kg/cm² średniego ciśnienia efektywnego.

Przedewszystkiem jednak interesować nas tu będą temperatury wydmuchu, które, jak wspomniano wyżej, ograniczają moc maksymalną. Z doświadczenia znana jest zależność temperatur wydmuchu od obciążenia, to znaczy od p_e w silniku bez doładowania. Ścisłe biorąc, należy zależność tę ustalać doświadczalnie dla każdego typu silnika, którego doładowanie chcemy badać. Całkiem dobrą dokładność dają jednak także cyfry temperatur wydmuchu innych silników bez doładowania, tej samej klasy, t. zn. zbliżonej wielkości cylindra, ilości obrotów i tego samego rodzaju wtrysku. Mając te dane, odmierzymy na osi p_e temperatury, odpowiadające danym średnim ciśnieniom efektywnym. Jeśli teraz z danego punktu na osi p_e poprowadzimy linie stałego nadmiaru powietrza (t. zn. linie wzrostu mocy przy zachowaniu stałego nadmiaru), będzie to zarazem linia stałej, określonej już cyfrowo, temperatury wydmuchu.

Wykreśliwszy sieć linii stałej temperatury wydmuchu, otrzymamy wykres p_e i t_w w zależności od ciśnienia doładowania (rys. 6 i 7).

Dyskusja wykresu p_e i t_w (rys. 6 i 7) i wnioski praktyczne.

Wykres ten daje nadzwyczaj jasny obraz zachowania się silnika w całym zakresie różnych ciśnień doładowania i różnych obciążeń. Na osi odciętych mamy stosunkowy wzrost ciśnienia ładowania, (albo krócej ciśnienie doładowania), na osi rzędnych — średnie ciśnienie efektywne. Linje temperatur wydmuchu pozwalają zgóry przewidzieć, jaką temperaturę wydmuchu będzie miał silnik po doładowaniu na dane ciśnienie przy danym obciążeniu.

³⁾ Loschge, Untersuchungen am neuen Lang-Rohölmotor, VDI, Dieselheft V.

Schmidt, Indizierte Wirkungsgrad der kompressorlosen Dieselmotoren, Forschungsarbeiten VDI, zesz. 314.

Przy rozpatrywaniu wykresów rys. 6 i 7 rzucają się przede wszystkim w oczy ogromne możliwości doładowania z punktu widzenia spalania oraz ograniczający wpływ temperatur wydmuchu. Linje stałych ilości niespalonego tlenu, wskazujące najwyższe osiągalne moce, wybiegają stromo w górę, przecinając linje coraz to wyższych temperatur wydmuchu.

Z wykresu tego widać następnie, że szczególnie dobrze opłaca się doładowanie silników słabo wykorzystanych, to znaczy takich, które przed doładowaniem miały niskie p_e i η_m . Posuwając się po linii stałej ilości niespalonego tlenu, otrzymamy np. przez doładowanie w wysokości 0,2 at wzrost p_e z 4,8 kg/cm² na 7,2 kg/cm², t. j. o 50%. Temperatura wydmuchu rośnie przytem wprawdzie o około 100°, mianowicie z 370° na 470°, pozostaje jednak ciągle jeszcze w granicach dopuszczalnych.

Jeśli weźmie się pod uwagę fakt, że przy przeróbce takiego silnika na doładowanie jest jeszcze często możność poprawienia spalania, to jasne staje się, że doładowywanie takich właśnie słabo wykorzystanych silników ciśnieniami rzędu 0,2—0,25 atn jest najwdzięczniejszym polem dla wszelkich systemów doładowania.

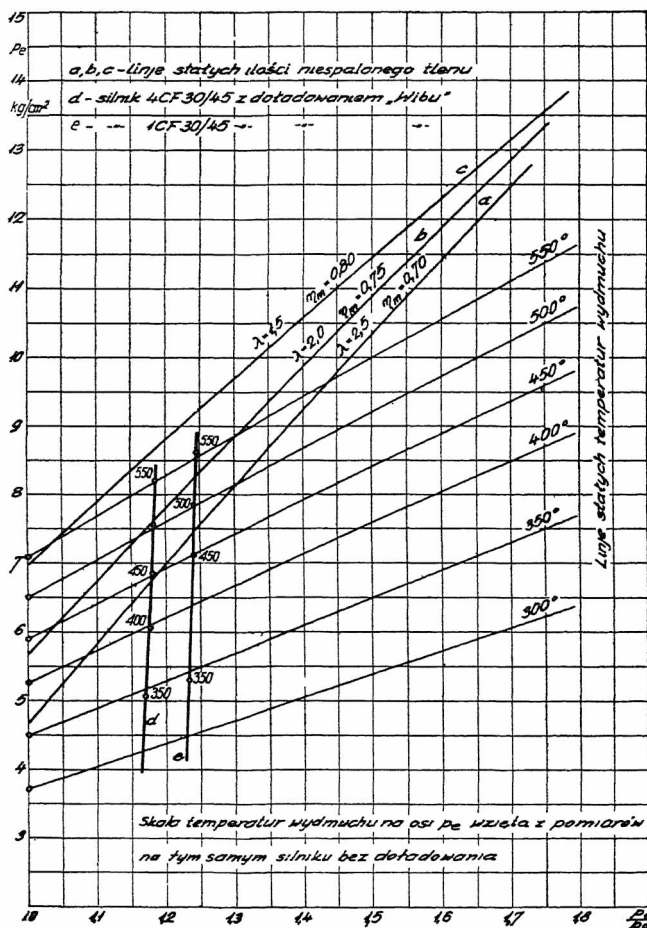
Silnie wykorzystane silniki, t. zn. szybkobiegi o dużym p_e , mające wysokie η_m , a mały nadmiar powietrza, są zato daleko niewdzięczniejszym obiektem. Z wykresu rys. 7 widać, że doładując

silnik, mający $n = 800$ obr/min. i $p_e = 6$ kg/cm², ciśnieniem 0,2 atn osiągniemy $p_e = 7,3$, t. j. wzrost mocy o 21%, jeśli nie chcemy przekroczyć temperatury wydmuchu 500°C. Decydując się na temperaturę 550°C, dla małych silników zresztą jeszcze dopuszczalną, otrzymamy $p_e = 7,9$, t. j. wzrost mocy o 31%. Wyniki te są bez porównania mniej efektywne, jeśli chodzi o cyfrę procentowego przyrostu, niż w wypadku silnika słabo wykorzystanego.

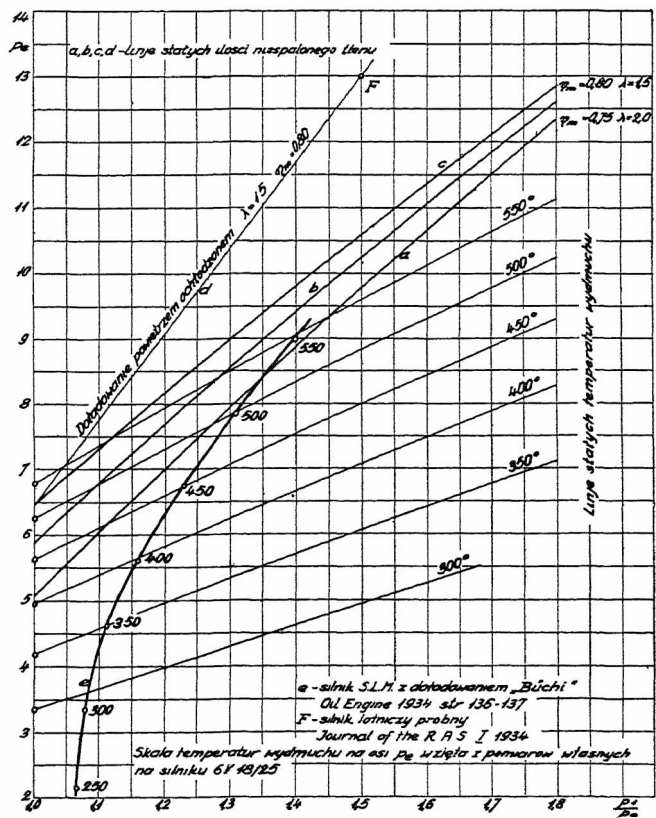
Przyczyna tego tkwi głęboko w istocie zjawisk i przebiegów zachodzących w silniku i nic na to poradzić nie można. Ale nie znaczy to, żeby nie opłacało się doładowywanie takich właśnie, dobrze już wykorzystanych silników. Stosuje się je przecie tam, gdzie na wadze i na wymiarach silnika bardzo zależy, więc każde, choćby nawet niezbyt wielkie obniżenie ceny, wagi i wymiarów silnika na jednostkę mocy jest nader pożądane. Oczywiście, czynnikiem ostatecznie decydującym tu jest sprawa opłacalności urządzenia doładującego, która zależy przede wszystkim od kosztu tego urządzenia. Zachodzą tu bardzo znaczne różnice pomiędzy poszczególnymi systemami doładowania.

W pracy niniejszej podano wykresy p_e i t_w w zależności od ciśnienia doładowania dla dwóch wielkości cylindrów i ilości obrotów: rys. 6 — $V_{cyl} \approx 30$ l, $n = 300$, silnik bezsprężarkowy, rys. 7 — $V_{cyl} \approx 10$ l, $n = 800$, silnik bezsprężarkowy,

Wykresy te są, jak dotąd, konstrukcją, opartą częściowo na rozważaniach termodynamicznych,



Rys. 6. Średnie ciśnienie efektywne i temperatury wydmuchu silnika Diesela bezsprężarkowego $n=300$ obr/min., $V_{cyl} = 30$ l przy zastosowaniu doładowania.



Rys. 7. Średnie ciśnienie efektywne i temperatury wydmuchu silnika Diesela bezsprężarkowego $n=300$ obr/min., $V_{cyl} = 10$ l przy zastosowaniu doładowania.

częściowo zaś na cyfrowych wynikach pomiarów na silnikach. Dla uzasadnienia racji bytu tych wykresów decydujące będzie to, czy wskazania ich odpowiadają rzeczywistości stanowi rzeczy, czy temperatura wydmuchu dla danego ciśnienia doładowania i danego p_e , wskazana przez wykres, zgadzać się będzie z temperaturą, rzeczywiście zmierzoną na silniku pracującym z doładowaniem i czy najwyższa osiągalna moc silnika zgodzi się z mocą wskazaną przez linje stałej ilości niespalonego tlenu.

Dla przekonania się o tem zaznaczono na wykresach rys. 6 i 7 dane cyfrowe, pochodzące częściowo z własnych pomiarów, częściowo zaś z publikacyj, odnoszących się do innych systemów doładowania. Zgodność tych danych z wykresami jest uderzająca i stanowi doskonały sprawdzian słuszności drogi, którą doszliśmy do tych wykresów, oraz ich wartości praktycznej.

Ciekawa jest historia punktu oznaczonego literą *f* na wykresie rys. 7. Odnosi się on do prób z doładowaniem silnika lotniczego, wykonanych w Anglii⁴⁾, które dały wynik bardzo dobry: $p_e = 13 \text{ kg/cm}^2$ przy ciśnieniu doładowania 1,5 ata. Punkt ten, wniesiony na wykresie, wskazywał daleko ponad najwyższy osiągalny przyrost mocy wskazany przez wykres i był powodem niemałego zmartwienia dla piszącego te słowa aż do chwili uświadomienia sobie, że musi tu chodzić o doładowanie powietrzem ochłodzonym do temperatury otoczenia — fakt zupełnie naturalny w warunkach laboratoryjnych, gdzie powietrze do celu prób najłatwiej jest wziąć z sieci. I rzeczywiście, linja najwyższej osiągalnej mocy dla doładowania powietrzem ochłodzonym, podana na rys. 7, doskonale zgadza się z powyższym punktem.

Streszczenie

1. Przez doładowanie można osiągnąć wzrost mocy efektywnej większy niż przyrost wagowej ilości powietrza, a bardzo często większy nawet niż wzrost ciśnienia ładowania.

2. Doładowanie silników wybuchowych daje mniejszy wzrost mocy, niż tak samo wysokie doładowanie silników Diesela.

3. Osiągalny procentowy wzrost mocy silnika Diesela jest przy danym ciśnieniu doładowania tem większy, im gorzej był wykorzystany silnik przed doładowaniem, im niższe miał p_i i η_{im} .

4. Przez doładowanie silnika Diesela otrzymuje się lepsze wyzyskanie powietrza w silniku, ma się bowiem możność spalania z mniejszym nadmiarem powietrza, niż to ma miejsce w tych samych zresztą warunkach bez doładowania. Dzięki temu można w pewnych warunkach osiągnąć np. 50%-owe zwiększenie mocy przez doładowanie w wysokości 1,2 ata.

5. Z lepszym wyzyskaniem powietrza przy doładowaniu silników Diesela wiąże się wzrost temperatury wydmuchu, co stanowi ograniczenie przyrostu mocy, który można praktycznie wyzyskać przy danym ciśnieniu doładowania.

6. Na podstawie prostych rozważań termodynamicznych, uzupełnionych cyfrowymi danymi, pochodzącymi z pomiarów na silnikach, skonstruowano wykresy, dające jasny obraz zachowania się silnika przy wszelkich ciśnieniach doładowania i obciążeniach.

Wykres taki, raz ustalony dla pewnego typu silnika Diesela, jest ważny dla wszelkich czterosuwowych silników Diesela, zbliżonych pod względem ilości obrotów, wymiarów cylindra i sposobu wtrysku do silnika, dla którego wykres skonstruowano. Pozwala on na określenie, jaką temperaturę wydmuchu będzie miał silnik doładowany na dane ciśnienie przy danym obciążeniu, a tem samem pozwala na ustalenie zgóry mocy trwałej silnika doładowywanego.

Doskonała zgodność wykresów skonstruowanych z wynikami własnych i obcych pomiarów na kilku różnych silnikach z doładowaniem różnych systemów potwierdza wartość praktyczną wykresów.

● ● ●

Influence de la pression de la suralimentation sur la puissance des moteurs à combustion interne

R é s u m é

Se basant sur l'analyse thermodynamique et sur les données des essais des moteurs à combustion interne l'auteur a construit des diagrammes montrant clairement le travail du moteur pour tous les cas de pression de la suralimentation et pour toutes les charges. Un tel diagramme permet de définir la température d'échappement pour une pression de suralimentation et une charge donnée, c. à d. permet de définir d'avance la puissance du moteur pour son travail continu.

Les diagrammes sus-dits, étant tout à fait d'accord avec les nombreux essais exécutés par l'auteur, ainsi qu'avec les résultats des essais publiés dans la littérature technique et concernant divers systèmes de suralimentation, ont, par conséquent, une grande valeur pratique.

Najnowsze dążenia w budowie kotłów parowych *)

Inż. M. Żeliszewski, SIMP

Cechy kotła nowoczesnego: opromieniowane powierzchnie ogrzewane oraz duże prędkości spalin i wody. Zalety palenisk pyłowych. — Kocioł Wooda. — Kocioł Velox, jego ustrój, regulacja, wyniki badań. — Wytyczne ogólne do projektowania kotłów nowoczesnych.

POJĘCIE nowoczesności w odniesieniu do kotłów parowych jest nader elastyczne i nazwa kotłów nowoczesnych jest zazwyczaj wiązana z następującymi cechami zewnętrznymi: a) wysokim ciśnieniem i temperaturą przegrzania pary; b) wielką powierzchnią ogrzewaną; c) bogato wymiarowaną komorą paleniskową; d) nowoczesnym

systemem palenisk; e) bogato wymiarowaną komorą paleniskową; d) nowoczesnym systemem palenisk; e) nieraz luksusowym wyposażeniem kotłów w przyrządy pomiarowe; f) wystawieniem dużej części powierzchni ogrzewanej na bezpośrednie działanie ciepła promienistego oraz g) dużą elastycznością oraz pewnością ruchu.

Mojem zdaniem, cechy powyższe są naogół czysto zewnętrzne i wcale nie świadczą o tem, że kocioł, posiadający nawet kilka z nich jednocześnie, zasługuje na nazwę naprawdę nowoczesnego.

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

⁴⁾ The Journal of the Royal Aeronautical Society, January 1934.

Uważam, że to zaszczytne miano należy się tylko tym kotłom, w których budowie zarzucono panujący tu do ostatnich czasów empiryzm i zastąpiono go metodą naukowo-rachunkową. Przyznaję, że teoria cieplna kotłów znajduje się jeszcze w powijkach, ale już pozwala ze znacznym przybliżeniem przewidzieć, co w jakiej części kotła będzie się działo. Te, choć nieściśle jeszcze, obliczenia umożliwiają nam odróżnienie jałowych części powierzchni ogrzewanej kotła od części czynnych, oraz poznanie czynników, wpływających na zwiększenie zdolności do przewodzenia ciepła przez ścianki kotła bez narażania ich na niebezpieczeństwo ze strony nadmiernego spiętrzenia w nich temperatury.

Przyznaję również, że wskutek braków teorii wielką rolę przy projektowaniu kotłów musi jeszcze odgrywać „czucie”. Jeśli mu jednak damy oparcie na racjonalnym obliczeniu i zredukujemy jego rolę do wygładzenia braków teorii, to ono nas nie zawiedzie, i nie będziemy potrzebowali obawiać się, że praktyka wykaże zupełną rozbieżność z przewidywaniami, a odbiorca, jak to nieraz bywa, będzie się z dostawcą procesował.

Rozpatrzmy zgrubsza teorię przewodzenia ciepła przez ścianki kotła:

Ogólny współczynnik przewodzenia ciepła

$$k = 1 : \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{S}{\lambda} \right).$$

We wzorze tym: α_1 uwzględnia sumę ciepła oddawanego przez czynnik grzejący ściance naczyńa przez zetknięcie z nią i promieniowanie, α_2 — ciepło oddawane przez ściankę czynnikowi grzanemu, a iloraz $S : \lambda$ ma zazwyczaj mały wpływ na wartość k i, jako narzucany nam przez względy handlowo-wytrzymałościowe, może być w rozważaniach pominięty.

Wzór ten unaocznia, że k może być znacznie zwiększone przez: a) wystawienie jaknajwiększej części powierzchni ogrzewanej na działanie ciepła promieniowania ze źródła o jaknajwyższej temperaturze (występuje tu proporcjonalność do różnicy czwartych potęg temperatur); b) zwiększenie prędkości przepływu i ciśnienia gazów spalinyowych, oraz zmniejszenie średnicy opłomek (według Merkela średnia wartość α_1 dla rury danej długości l i średnicy d wynosi $\alpha_1 = 22,6 \cdot l^{-0,05} \cdot d^{-0,16} \times (w \cdot p)^{0,79} b$, czyli jest proporcjonalna do $(w \cdot p)^{0,79}$ i odwrotnie proporcjonalna do $d^{-0,16}$ oraz przez c) zwiększenie prędkości obiegu wody, gdyż mamy tu zależność $\alpha_2 = 300 + 1800 \sqrt{w}$.

Biorąc rzecz praktycznie, widzimy z powyższego, że w racjonalnie zbudowanym kotle możemy małym kosztem powierzchni ogrzewanej osiągnąć wielkie wydajności pary, stosując powierzchnie opromieniowane i możliwie wielkie prędkości spalin i wody.

Zastosowanie jednak tylko tych dwu czynników powoduje wielkie spiętrzenie temperatury w ściankach i prędkie ich przepalanie się.

Przychodzi nam tu z pomocą sztuczne bodaj wzmoczenie krążenia wody, gdyż sprzyja ono odbieraniu ciepła od rozgrzanych ścianek, a więc i obniżeniu ich średniej temperatury, a zatem umożliwia takie obciążenie powierzchni, które w ko-

tlach „normalnych” musiałyby doprowadzić do ich prędkiego niszczenia. Jako środek ostateczny, możemy tu zastosować opłomki o małych średnicach, a więc cienkościenne, co w połączeniu ze zwiększoną prędkością wody pozwala na ogromne zwiększenie k .

Przy projektowaniu kotłów o wielkiej wydajności, należy przyjąć jako zasadę, że zarówno woda, jak i spaliny, powinny w nich napotykać na jaknajmniejsze opory ruchu, a para musi mieć możliwie wielką łatwość wydostawania się do osuszacza bez tworzenia po drodze „poduszek” i napotykania na jakiegokolwiek przeszkody, mogące powodować „zatykanie” opłomek parą, co bardzo utrudnia krążenie wody. (Zjawisko „zatykania” opłomek parą polega na tem, że np. przy 25 atm objętość właściwa pary jest 65 razy większa, niż wody, a różnica ciśnień, powodująca krążenie wody, nie zawsze wystarczy dla 65-krotnego podniesienia prędkości pary w stosunku do wody, tem bardziej, że para ta musiałaby porwać ze sobą duże ilości zmieszanej z nią wody). Najczynniejsze części powierzchni ogrzewanej powinny więc być możliwie pionowe, bez załamań, i mieć bardzo obficie liczone przekroje do odprowadzania pary.

Pominięcie tych zasad przy „unowocześnianiu” starszych typów kotłów jest — mojem zdaniem — główną przyczyną, że nie spełniają one pokładanych w nich nadziei i ostatecznie podrywają zaufanie do kotłów naprawdę nowoczesnych. Jaskrawym przykładem mogą tu służyć liczne typy kotłów wodnorurkowych, które dla obciążeń średnich były bardzo dobre, a dla dużych, szczególnie jeśli chodzi o kotły wielopęczkowe bez oddzielnych rur opadowych oraz sekcyjne, posiadające zbyt wiele warstw opłomek, zupełnie się nie nadają. Kotły takie „plują” i już przy nieco większych obciążeniach stają się bardzo zawodne pod względem obciążalności i pewności ruchu (rozdymanie i pęknięcie opłomek).

Inną zupełnie cechą nowoczesnych kotłów jest takie rozplanowanie ich poszczególnych części, ażeby pod względem ciepła mogły się one we wszystkich kierunkach swobodnie wydłużać, nie wywołując w kotle szkodliwych naprężeń.

Sprawy palenisk omawiać tu nie będę, ograniczając się do stwierdzenia, że w odniesieniu do dużych nowoczesnych kotłów jestem zwolennikiem indywidualnych palenisk na pył węglowy, a to z przyczyn następujących:

a). Odznaczają się one daleko większą zdolnością dostosowywania się do gwałtownych, nieprzewidzianych zmian obciążenia, niż paleniska rusztowe; ma to szczególne znaczenie dla kotłów o małej pojemności wodnej.

b). Pozwalają one na nadzwyczajne obciążenie powierzchni ogrzewanej kotła. Wskutek tego, choć w odniesieniu do $1m^2$ powierzchni kotła są one kosztowne, mogą się naogół doskonale kalkulować w odniesieniu do ilości wytwarzanej pracy.

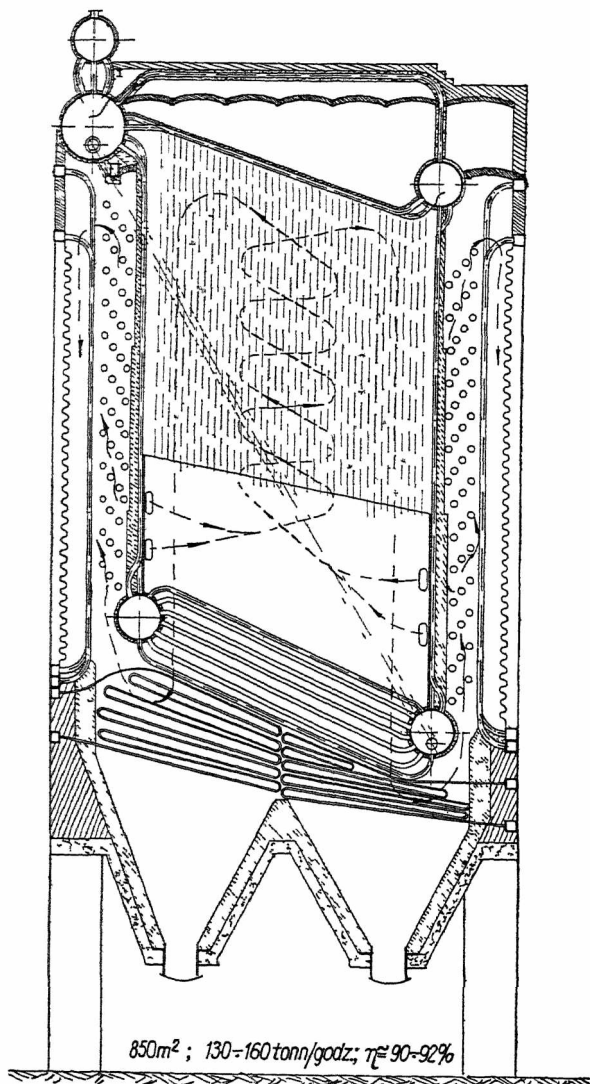
c). Nie sprawiają one trudności przy budowie kotłów wielkich i z tego powodu wybitnie ułatwiają stosowanie nader racjonalnej zasady, że każda turbina jest obsługiwana przez jeden kocioł, stanowiący z nią „jednostkę”. Takie jednostki łączy się dla zwiększenia niezawodności instalacji krótkimi, o niewielkich średnicach rurami parowymi,

co w porównaniu z normalnie stosowanym układem daje wydatne zmniejszenie strat ciepłych.

Dla unaocznienia znaczenia zastosowania w praktyce wyżej umówionych zasad, opiszę tu dwa typy naprawdę nowoczesnych kotłów, które dotychczas stoją na pierwszych miejscach co do wydajności pary z $1\text{ m}^2/\text{godz.}$ i sprawności cieplnej

Pierwszy z nich uważam jako przykład klasyczny, gdyż zewnętrznie niewiele on odbiega od normalnych kotłów stromorurkowych o wielkiej wydajności. Kocioł ten, opracowany przez Wood'a, był niemal równocześnie zaprojektowany przez autora referatu niniejszego.

Rys. 1 przedstawia pionowy przekrój takiego kotła z temi zmianami, które na mocy praktyki z kotłami Wood'a uznałem za konieczne.



Rys 1.

Kocioł Wood'a ze zmianami wprowadzonymi przez autora.

Kocioł ten, zależnie od wielkości, posiada 4 do 8-u palników na pył węglowy, rozmieszczonych w 4 rogach komory paleniskowej, otoczonej ze wszystkich stron opromieniowaniami opłomkami. Palniki są skierowane stycznie do pionowego walca, spłósiowego z komorą paleniskową, wobec czego gazy otrzymują ruch wirowy, sprzyjający dokładnemu ich przemieszaniu i spalaniu. Gorące spaliny wznoszą się ku górze.

Temperatura spalin, na skutek otoczenia komory opłomkami, szybko spada i gazy chłodniejsze spływają ku dołowi wzdłuż ścian pionowych. W ten sposób, zgodnie z hydrauliczną teorią palenisk, komora jest stale wypełniona gazami o najwyższej temperaturze, a uchodzą z niej mogą tylko gazy już ochłodzone.

Ponieważ przy pełnym obciążeniu kotła temperatura gazów uchodzących z komory wynosi około 1000°C , dolne walczyki są połączone kilku warstwami opłomek, co z jednej strony powoduje znaczne ostudzenie spalin, a z drugiej strony stanowi t. zw. ruszt wodny, zapobiegający zalewaniu popielnika płynnym żużlem.

Komora paleniskowa oraz przestrzeń między rurami rusztu są tak wymiarowane, ażeby prędkość gazów przy obciążeniu kotła wynoszącym $100\text{ kg/m}^2/\text{godz.}$ wahała się około $30\text{ m}/\text{sek}$.

Ponieważ w pierwszym kotle Wood'a przy obciążeniach poniżej $70\text{ kg/m}^2/\text{godz.}$ temperatura w komorze tak mocno spadała, że gazy nie mogły się dobrze spalić i były ostatecznie gaszone przy przejściu przez ruszt wodny, osłoniłem część ścian pionowych cienkimi dopasowanymi do opłomek cegłami grafitowymi. Otrzymałem w ten sposób rodzaj ścian zapłonowych, zapobiegających na krótkiej bodaj przestrzeni zbyt prędkiemu studzeniu płomienia przy częściowych obciążeniach kotła.

Nie sądzę, ażeby takie przesłonięcie pionowych opłomek cegłami refrakcyjnymi spowodowało znaczne zmniejszenie wydajności kotła. Oryginalny kocioł Wood'a o 187 m^2 pow. ogrzewanej dawał ruchowo 40800 kg pary na godzinę, czyli $218\text{ kg/m}^2/\text{godz.}$ przy sprawności (ekonomizer i podgrzewacz powietrza) przekraczającej 90% , a będąc obciążony na 30% posiadał sprawność 70% . Jestem mocno przekonany, że w odniesieniu do kotłów o większej powierzchni ogrzewanej mógłbym łatwo osiągnąć w kotłach z taką osłoną przeszło 90% sprawności przy obciążeniach wynoszących 200 do $30\text{ kg/m}^2/\text{godz.}$, czyli że elastyczność takiego kotła zadowoliliby każdego.

Charakterystyczną cechą tego kotła jest częściowo przymusowe krążenie wody. Główny walczyk jest połączony z dwiema rurami opadowymi, poprowadzonymi nazewnątrz kotła, z walczykiem najniższym położonym. Nawprost górnych otworów tych rur znajdują się w walczyku głównym ponawiercane rury długości około $1,5\text{ m}$. Do każdego z tych króćców jest podawana za pomocą dwu dysz, z których każda może obsłużyć do 30% pełnego obciążenia kotła, woda zasilająca. Słowem naturalna cyrkulacja jest tu wzmożona przez inżektorowe działanie dysz zasilających, co powoduje automatyczne dostosowanie się cyrkulacji do obciążenia. Im większe obciążenie kotła, tem silniejsze inżektorowe działanie przyrządów zasilających. Rozbicie przyrządu zasilającego na 4 kolejno automatycznie włączane dysze ma tu na celu zapewnienie ich inżektorowego działania nawet przy obciążeniach niewielkich.

Ścianki ograniczające z pięciu stron komorę paleniskową są niemal zupełnie chronione przed ciepłem promienistym przez opłomki i z tego powodu mogą być bardzo cienkie, służąc raczej do odpowiedniego skierowywania gazów niż jako obmurze paleniska. Brak grubego obmurza wy-

stawionego na bezpośrednie działanie żaru paleniska oraz swobodne podwieszenie kotła za walczaki górne pozwalają na wydłużanie się wszystkich jego części pod wpływem zmian temperatury i umożliwiają skrócenie czasu rozpalania kotła niemal do jednej godziny. Wielka elastyczność i krótki czas rozpalania tego kotła pozwalają uniknąć uciążliwego utrzymywania gorącej rezerwy kotłowej, co jest dla elektrowni rzeczą bardzo ważną.

Kocioł mojego pomysłu tem się tylko różni od kotła Wood'a, że dla zmniejszenia strat przez promieniowanie i przewodnictwo właściwy kocioł otoczyłem ekonomizerem, który zamiast zewnętrznego obmurza jest z kolei otoczony przez podgrzewacz powietrza, zamknięty w płaszczu zewnętrznym, służącym do doprowadzenia do podgrzewacza powietrza. W ten sposób zewnętrzną warstwę kotła stanowi płaszcz powietrzny, zużywający ciepło, które usiłuje uciec z kotła na zewnątrz.

Bardziej jeszcze uderzającym przykładem racjonalnego zastosowania praw przejmowania ciepła spalin przez czynnik grzany jest kocioł Velox, którego schemat widzimy na rys. 2.

Ropa jest tłoczona pompką *i* do palnika *a* wyłożonego szamotą, której wysoka temperatura ułatwia spalanie. Do tegoż palnika jest dostarczane pod ciśnieniem 2,5 ata powietrze przez turbosprężarkę *e*, pochłaniającą, co prawda, 15 do 30% energii oddawanej parze przez paliwo. Spalanie zachodzi przy ciśnieniu 2,5 ata w komorze *b*, skąd gazy wchodzą z prędkością około 275 m/sek do cienkościennych rurek przelotowych elementów grzejnych *c*. Każdy z tych elementów składa się z zewnętrznej opłomki, wewnątrz której mieści się 3 lub więcej rurek przelotowych. Te rurki posiadają po stronie wlotu dokładnie zaokrąglone krawędzie, a wyloty ich są nieco rozszerzone. Stanowią one w ten sposób bardzo wydłużone dysze, do których gazy wchodzą przy bardzo małej stracie energii i, uchodząc z nich, jako już mocno ochłodzone, posiadają niewielką stosunkowo prędkość, lecz niemal pełne 2,5 ata ciśnienia (rurki te działają jako dyfuzory).

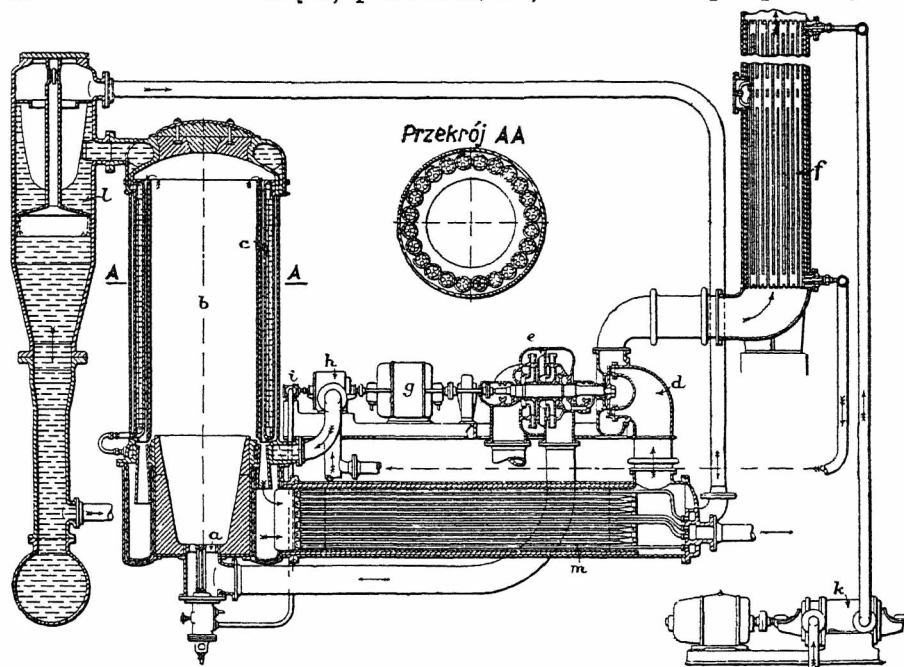
Zastosowanie w rurkach przelotowych tak wielkich prędkości gazów pozwala na uzyskanie z 1 m³ 10 do 15 razy większej ilości pary niż w kotłach o normalnych prędkościach ruchu spalin.

Spaliny przechodzą następnie z prędkością około 100 m/sek przez przegrzewacz pary *m*; jest on utworzony przez rurę zewnętrzną, w której sitowych dnach są możliwie gęsto rozmieszczone rurki przelotowe; ma to na celu otrzymanie jaknajwiększej prędkości poruszającej się w przeciwnym

prądzie, gdyż przy niewielkiej jej prędkości rurki uległyby przepaleniu.

Spaliny uchodzą z przegrzewacza przy ok. 480°C. Z przegrzewacza gazy uchodzą do turbiny gazowej *d*, napędzającej sprężarkę *e*, pompę cyrkulacyjną *h*, paliwową *i* oraz, w późniejszych modelach, zasilającą *k*. Przy rozprężaniu spalin w turbinie od 480°C i niemal 2,5 ata do 1,1 ata otrzymuje się energię zupełnie wystarczającą do pędzenia wszystkich maszyn pomocniczych, a pomocniczy silnik elektryczny, czy też turbinka parowa (stosuje się ją, gdy jest i inne źródło pary), służą tylko do rozruchu oraz do zwiększenia prędkości dostosowywania się kotła do zmian obciążenia.

Całkowita automatyzacja regulacji kotła jest przeprowadzona, jak następuje. W przewodzie parowym zbudowano dyszę pomiarową; różnica ciśnień po obu jej stronach zmienia się wraz z zapotrzebowaniem pary i za pośrednictwem serwowatorów olejowych przestawia regulator obrotów turbiny gazowej i zaworki pompki olejowej, uzależniając je całkowicie od chwilowego zapotrzebowania pary. W ten sposób np. przy wzroście obciążenia turbosprężarka zwiększa ilość obrotów i daje więcej powietrza, a jednocześnie pompa olejowa



Rys. 2. Schemat kotła „Velox”.

w tym samym stopniu wzmacnia wtrysk paliwa, co daje nie tylko zwiększenie ilości produkowanej pary, lecz i wzrost ilości gazów, poruszających turbinę. Jeżeli wzrost obciążenia jest tak gwałtowny, że opisany wyżej system nie zdąży się zastosować do obciążenia, to obroty turbiny gazowej spadają, a wtedy automatycznie włączany silnik pomocniczy podnosi obroty do stosownych granic. Powoduje to otrzymanie potrzebnej do wzmożonej pracy ilości spalin i gdy tylko turbina gazowa, której regulator zostaje w międzyczasie przestawiony przez serwowator sterowany spadkiem ciśnienia w parowej dyszy pomiarowej, jest w stanie utrzymać przy danym obciążeniu stosowne obroty, silnik pomocniczy zostaje automatycznie wyłączony i układ powraca do równowagi.

Ilość wody zasilającej jest uzależniona od poziomu wody w osuszaczu pary l ; stosowne urządzenie przestawia zawór na rurze zasilającej.

Całość tej regulacji jest tak czuła, że wystarczy kilkanaście sekund dla przywrócenia równowagi nawet przy bardzo dużych zmianach obciążenia.

Gazy po odpracowaniu w turbinie wchodzi do podgrzewacza wody o takiej samej budowie, jak podgrzewacz pary, i opuszczają go przy około 150°C .

Prędkość gazów w podgrzewaczu wynosi około 90 m/sek.

Przy tych prędkościach gorących gazów niewyważa ilość ciepła są oddawane na godzinę do 1 m^2 ścianek kotła; uległyby one natychmiastowemu przepaleniu, gdyby krążenie wody nie było nader starannie przemyślane. Pompa zasilająca k podaje wodę do podgrzewacza f , o małej średnicy zewnętrznej i z ciasno zabudowanymi rurkami grzejnymi. Wskutek tego prędkość wody jest tam duża. Z podgrzewacza woda dostaje się do rury ssącej pompy cyrkulacyjnej h i następnie do kotła. Rura ssąca tej pompy jest połączona z dolną częścią oddzielnika pary l , a tłocząca — z dolną komorą kotła. Pompa cyrkulacyjna przepędza wielokrotnie więcej wody niż kocioł może odparować. Wskutek tego woda przechodzi przez elementy grzejne c z prędkością uniemożliwiającą osiadanie na ich ściankach pęcherzy pary. Mieszanka wody z parą wchodzi przy bardzo dużej prędkości do osuszacza l i, będąc skierowana stycznie do jego obrotu, otrzymuje ruch wzdłuż; powoduje to odrzucenie wody, jako cięższej, ku ściankom osuszacza, oraz stwarza lej wiru, dający dostatecznie dużą powierzchnię dla wydzielania się pary bez porwania wody.

wydatnemu wzmożeniu krążenia wody, oraz zbija jeden z pokutujących jeszcze niekiedy przesądów, że ilość wywiązywanego w komorze paleniskowej ciepła nie może przekraczać $300\,000\text{ Kal/m}^3/\text{godz}$.

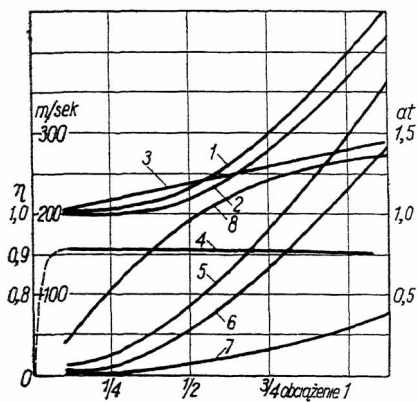
Wyniki oficjalnych badań

Stopień obciążenia kotła %	100	100	100	62	36
Produkcja pary kg/godz.	11 250	31 630	16 940	10 430	6 130
Produkcja pary kg/m ² /godz.	497	456	466,5		
Obciążenie komory paleniskowej Kal/m ³ /godz.	7 830 000	4 670 000	4 380 000		
Sprawność z uwzględnieniem pracy maszyn pomocn. (η _{kotłowni}) %	90	91,6	90,3	88,7	89,5
Ciężar instalacji na 1 kg pary na godz. kg/kg/godz.	2,8	2,3	2,5		

ten sam kocioł

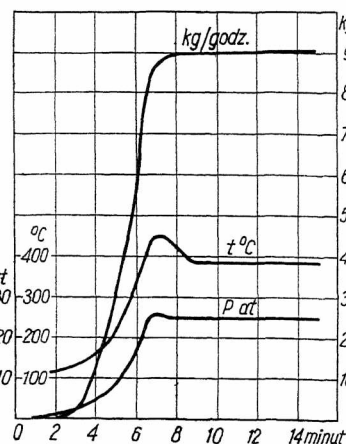
Nadzwyczaj ciekawy jest wykres przedstawiony na rys. 3. Na wykresie tym, sporządzonym dla Veloxa o wydajności $11\,500\text{ kg/godz}$., opalanego ropą i pracującego przy ciśnieniu $p = 30\text{ ata}$ i temperaturze przegrzania $t = 400^{\circ}\text{C}$, oznaczają: krzywa 1—moc turbiny gazowej, 2—moc pobieraną przez sprężarkę; przestrzeń zawarta między krzywami 1 i 2—moc pobieraną przez pozostałe pompy pomocnicze; 3—obroty turbosprężarki; 4—sprawność agregatu po potrąceniu maszyn pomocniczych; 5 — ciśnienie w komorze paleniskowej; 6 — ciśnienie spalin przy wlocie do turbiny gazowej; 7 — ciśnienie spalin u wylotu z turbiny i 8 — prędkości gazów w pierwszej części rurek przelotowych.

Wykres ten tłumaczy nam w znacznym stopniu,

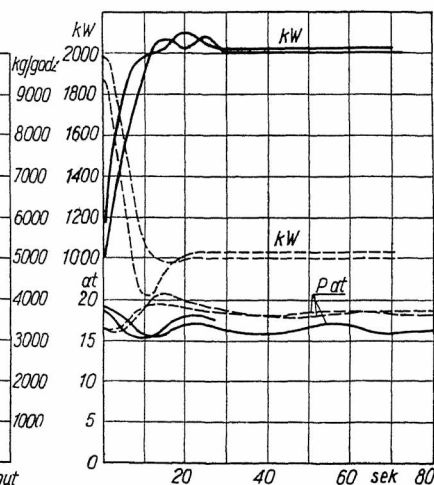


Rys. 3. Krzywe charakteryzujące pracę kotła Velox.

1 — moc turbiny gazowej; 2 — moc pobierana przez sprężarkę; 3 — liczba obr. turbosprężarki; 4 — sprawność kotła „Velox”; 5 — ciśnienie w komorze paleniskowej; 6 — ciśnienie spalin przy wlocie do turbiny parowej; 7 — ciśnienie przy wylocie z turbiny; 8 — prędkości spalin w pierwszej części rurek przelotowych.



Rys. 4. Krzywe wzrostu produkcji pary oraz jej ciśnienia i temperatury przy rozpaleniu kotła „Velox”.



Rys. 5. Zależność pomiędzy ciśnieniem pary w kotle „Velox” a obciążeniem zespołu kotła z turboprądnicą przy wzroście obciążenia (linje ciągłe) i przy spadku (linje przerywane).

Dolna część oddzielnika pary służy jako osadnik mułu.

Zamieszczona tu tabelka wyników oficjalnych badań kotłów Velox wykazuje, jak wielkie obciążenia powierzchni ogrzewanej są możliwe dzięki

dłaczego sprawność całości jest tak nieprawdopodobnie wysoka, pomimo że sama sprężarka zabiera tak wielką ilość energii. Do sprężania chłodnego powietrza do pewnego ciśnienia potrzebny jest tylko ułamek energii zawartej w gorących spalinach

o tem samym ciśnieniu, a gazy w kotle Velox są prowadzone w ten sposób, że, dzięki dobraniu odpowiadających kształtów rurek przelotowych, unoszą ze sobą z kotła tylko niewielki procent zawartej w nich energii, pozostawiając większą część spadku ciśnienia do wyzyskania w turbinie.

Zatem tu wcale nie zachodzi zjawisko perpetuum mobile, jak to pierwotnie całemu pomysłowi zarzucano, a tylko ujawnia się zwycięstwo zdrowej myśli nad siłami przyrody.

Niemniej ciekawe są wykresy przedstawione na rys. 4 i 5. Na pierwszym z nich widzimy krzywe wzrostu produkcji pary oraz jej ciśnienia i temperatury przy rozpalaniu Veloxa ze stanu niemal zimnego, a na drugim pokazałem zależność pomiędzy ciśnieniem pary w kotle a obciążeniem zespołu, składającego się z Veloxa i turbogeneratorskiego zespołu. Znamienne jest fakt, że przy zdejmowaniu tych ostatnich krzywych wentyle bezpieczeństwa ani razu nie grały, co najlepiej świadczy o niebywałej wprost zdolności tego systemu do natychmiastowego dostosowywania się do zmian obciążenia.

Przytoczone tu kotły najlepiej o tem świadczą, co może zrobić zdrowa myśl, oparta na przestudjowaniu tych, choć jeszcze skromnych, ale nie mniej ważkich danych, które otrzymujemy na mocy tak dociekań teoretycznych, jak i czysto praktycznych doświadczeń. Te dwa przykłady powinny, moim zdaniem, ostatecznie pogrzebać przesady, które bez należytego ich przemyślenia odnosimy do kotłów nowoczesnych, gdy właściwe ich zastosowanie mogło być uzasadnione przy budowie kotłów conajmniej z przed lat dwudziestu.

Do tych „wypróbowanych na licznych kotłach prawideł”, które w znacznej mierze hamowały postęp w budowie kotłów, należą:

- 1) Przestrzeganie przed rozwijaniem w komorze paleniskowej więcej niż 300 000 Kal/m³/godz.
- 2) Stosowanie prędkości gazów, nie przekraczających 12 m/sek.

3) Unikanie w przegrzewaczach pary większych prędkości niż 25 m/sek i spadków ciśnienia większych niż 0,25 atm.

4) Zabudowywanie przegrzewaczy w miejscach, w których temperatura spalin nie przekracza 600° C.

5) Uważanie, że wszystkie części powierzchni ogrzewanej kotła są pod względem cieplnym niemal równowartościowe.

6) Pogląd, że ciepło wypromieniowane przez płomień jest dla powierzchni grzejnej szkodliwe.

W opisanych tu kotłach wszystkie te „prawdła” zostały pogwałcone i pomimo to pracują one i sprawnie i niezawodnie; np. w pierwszym ze zbudowanych przez Wood'a kotłów, po pokonaniu trudności, wynikających z wadliwie skonstruowanego przegrzewacza, w ciągu całego roku pracy przy codziennym rozpalaniu i wygaszaniu kotła, i pomimo zasilania go wodą surową z wodociągów miejskich, zaszła potrzeba zmiany tylko jednej opłomki. Ta jedna opłomka została w nim przepalona, ale jestem pewien, że w większości „wypróbowanych” systemów kotłów, pracujących w podobnych warunkach, w ciągu tegoż roku pracy trzeba byłoby takich opłomek zmienić dużo więcej.

● ● ●

Tendances modernes dans la construction des chaudières à vapeur

R é s u m é

Après avoir analysé les traits caractéristiques des chaudières à vapeur modernes, surtout en ce qui concerne les surfaces soumises à la radiation de chaleur et les vitesses considérables de l'eau et des gaz de la combustion, l'auteur mentionne les raisons pour lesquelles les foyers à charbon pulvérisé sont les plus convenables pour les grandes chaudières modernes et passe à la description de deux chaudières qu'il juge les plus correspondantes aux exigences de la technique contemporaine. Ce sont: la chaudière syst. Wood, avec quelques améliorations de l'auteur, et la chaudière Velox.

Pour cette dernière l'auteur cite d'intéressantes données officielles d'essais, ainsi que les diagrammes qui caractérisent son travail.

A la fin l'auteur donne des directives générales pour la construction des chaudières modernes.

Nowa metoda badania przebiegu spalania i oznaczania straty kominowej w paleniskach okresowo zasilanych*)

(Z prac Laboratorium Maszynowego Politechniki Lwowskiej)

Inż. **Z. Wernicki**, Lwów

Cel proponowanej metody. — Wzory, na których opiera się ta metoda. — Uzasadnienie podanego sposobu badania spalania w krótkich odstępach czasu. — Dokładność metody. — Przykład. — Strata wskutek otwierania drzwi paleniska.

POWYŻSZY temat nie jest tylko teoretycznym dociekaniem, ale ma na celu zastosowanie praktyczne dalej idące, niżby to się na pierwszy rzut oka wydawało. Pomijając klasyczne badania Schöpfera nad spalaniem węgla na ruszcie płaskim w kotle lokomobilowym, robione jeszcze przed około 30 laty, nie mamy właściwie wzorcowych badań, ustalających, jakie gatunki węgla polskiego do tego celu (w jakim stopniu) się nadają. Chodzi naturalnie o ustalenie warunków optymalnych, t. j. wielkości ziarn paliwa, obciąże-

nia rusztu, ciągu kominowego, ewentualnie podgrzewania lub nawilżania powietrza. Potrzebę takich badań oddawna wysuwało Stow. Dozoru Kotłów w Warszawie oraz uznawały Konwencje węglowe. Na przeszkodzie stał brak środków. Wobec wielkiej bowiem ilości zmiennych związanych z warunkami ruchu, do których dołączają się jeszcze zmienne konstrukcyjne (np. długość rusztu, wyłożenie szamotą, powietrze wtórne i t. d.) — otrzymujemy dla jednego gatunku węgla ilość punktów pomiarowych idącą w setki, a dla całego polskiego rynku węglowego sięgającą w tysiące. Jeżeli uzmysłowimy sobie jeszcze, że jedno badanie musi

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

trwać kilkanaście godzin (ze względu na charakter naukowy o wiele dłużej niż 6 godzin, dopuszczalnych przez polskie normy odbiorcze), to stajemy wobec muru nie do przebycia w obecnych warunkach gospodarczych. Z drugiej strony jednak — wielka ilość palenisk ręcznie zasilanych i rosnąca konkurencja kilku charakterystycznych odmian polskiego węgla każe szukać rozwiązania, tembardziej, że są tu możliwe niespodzianki, obalające niejedno z dotychczasowych przekonań, panujących wśród praktyków.

Wyjście jest w skróceniu czasu pomiarów. Możliwe jest ono, przy zachowaniu koniecznej dokładności, o ile ilość wytwarzanego na ruszcie ciepła mierzy się nie przez ważenie węgla, ale innym sposobem, np. przez pomiar ilości powietrza, przepływającego przez ruszt, oraz ilości węgla przechodzącego w postaci CO₂, względnie innych związków z tlenem, w spaliny. Metodę tę, wskazaną przez Prof. D-ra R. Witkiewicza, na jego zlecenie wypróbowali na kotle lokomobilowym, ustawionym w Laboratorium Maszynowym Politechniki Lwowskiej, pp. asystenci Krasuń i Pitułko pod kierunkiem autora. Wynik tych badań będzie ogłoszony później.

Niniejsza praca ma na celu wyprowadzenie obowiązujących tu nowych pojęć i wzorów, uzasadnienie sposobu, podanego przez autora, badania spalania w krótkich odstępach czasu, oraz krytykę dokładności samej metody. Trzeba tu jeszcze zaznaczyć, że początkowo mierzono ilość spalin przez wbudowanie zwężki przekroju w rurze kominowej, ale jej szybkie zanieczyszczanie się uniemożliwiło pomiar ilości spalin. Wobec tego zrobiono całość w kierunku umożliwiającym pomiar ilości powietrza świeżego, przy równoczesnej możliwości przegrzania i nawilżania.

I.

Powszechnie stosowany wzór (1) do obliczenia całkowitej straty kominowej, wraz ze stratą na niezupełne spalanie, opiera się na założeniach niezmiennego składu chemicznego paliwa na ruszcie, stałej prędkości spalania i stałego nadmiaru powietrza:

$$S_k = \left(\frac{22,4 C}{12 (k_1 + k_2)} \cdot c_{p, sp} + \frac{22,4}{18} \cdot \frac{w_1 + 9 H}{100} \times \right. \\ \left. \times c_{p, H_2O} \right) (t_2 - t_1) \cdot 100 + \frac{22,4}{12} \cdot \frac{C \cdot k_2}{k_1 + k_2} \cdot \frac{3050}{W} \quad (1)$$

We wzorze tym oznacza:

- S_k — % całkowitą stratę kominową
- C — % wagową zawartość węgla w paliwie
- k_1 — % objętościową „ CO₂ w spalinach
- k_2 — % „ „ CO „ „
- $c_{p, sp}$ — Kal/°C nm³ — średnie ciepło właściwe w granicach temperatur od t_1 do t_2
- w_1 — % wagową zawartość wilgoci w paliwie
- H ÷ % — „ „ wodoru w paliwie
- c_{p, H_2O} — Kal/°C nm³ — średnie ciepło właściwe pary wodnej w granicach od t_1 do t_2
- t_1 — °C — temperaturę odniesienia bilansu cieplnego
- t_2 — °C — „ „ wylotową spalin
- W — Kal/kg — dolną wartość opałową paliwa.

Zastosowany w podanych wyżej warunkach wzór (1) pozwala na dokładne obliczenie strat, tak że błąd przy starannych pomiarach nie przekracza 0,1% ogólnego bilansu cieplnego. Założenie stałego składu chemicznego paliwa da się dosyć dobrze urzeczywistnić w paleniskach pyłowych, gazowych oraz zaopatrzonych w ruszta mechaniczne. Natomiast w paleniskach zasilanych okresowo, gdzie stale zmienia się skład paliwa, jego wartość opałowa, jak i szybkość spalania, bezkrytyczne stosowanie tego wzoru oraz wprowadzenie pojęcia średniego składu spalin i średniej temperatury wylotowej może prowadzić do poważnych błędów, powodując niemożność zamknięcia bilansu cieplnego.

Węgiel składający się z części lotnych i koksu, po dostarczeniu do wnętrza paleniska, wydziela najpierw szybko spalające się części lotne, bogate w wodór, poczem już spokojnie spala się wytworzony koks. Skutkiem tego występuje z reguły z początkiem spalania brak powietrza, stąd wytwarzanie dymu, tlenku węgla i niespalonych węglowodorów, poczem, wobec zmniejszenia szybkości spalania, powstaje znaczny nadmiar powietrza, co znowu zwiększa stratę kominową. Zawartość CO₂ w spalinach może w przeciętnych warunkach, w czasie jednego okresu spalania, wahać się nawet w granicach od 15 do 6%¹⁾. Oczywiście, wprowadzenie w tych warunkach średniej zawartości CO₂ we wzór (1) musi powodować znaczne błędy. Poza to zmienia się jeszcze wartość opałowa paliwa spalającego się w danej chwili, a to z powodu zmiany stosunku $\frac{H}{C}$ Wreszcie zmienia się szybkość spalania i temperatura wylotowa.

W tych warunkach jedynie racjonalną drogą do wyznaczenia straty kominowej jest wykonywanie dokładnej analizy próbek spalin pobieranych w odstępach czasu co kilkadziesiąt sekund i wyznaczenie straty kominowej według wzoru (1) (który jest ważny naturalnie i dla chwilowych strat kominowych), dla każdego punktu z osobna, wreszcie obliczenie średniej straty kominowej przy uwzględnieniu szybkości spalania.

Szybkość spalania u można określić w jednostkach masy ciał wchodzących w reakcję w sek, tak jak się to stosuje powszechnie w termochemji, albo też, co w naszym wypadku wydaje się słuszniejsze, — w Kal/sek, t. j. ciepłem, któreby się wywiązało, gdyby paliwo wchodzące w reakcję w danej chwili uległo zupełnemu spalaniu na CO₂ i H₂O, bez wywiązywania węglowodorów i tlenku węgla.

Średnią stratę kominową można obliczyć, jako całkę z chwilowych wartości straty kominowej, zredukowanych w stosunku rzeczywistej prędkości spalania do średniej w czasie:

$$S_{k, sr} = \frac{1}{\tau_1} \int_0^{\tau_1} S_k \frac{u}{u_{sr}} d\tau = \frac{1}{\tau_1} \int_0^{\tau_1} S_k \cdot u d\tau, \text{ gdzie}$$

- u — Kal/sek — prędkość spalania
- u_{sr} — Kal/sek — średnia prędkość spalania
- τ — sek — czas
- τ_1 — „ — okres spalania.

¹⁾ Wahania takie zostały stwierdzone w pracy powyższej zapowiedzianej.

Żeby obliczona w ten sposób dla jednego okresu strata kominowa mogła być miarodajną dla ogólnego bilansu cieplnego, muszą być ustalone warunki spalania. Żatem stan warstwy koksu na ruszcie, temperatura ścian paleniska i t. d. muszą być jednakowe w dłuższym okresie czasu. Da się to osiągnąć, dostarczając powietrza ze stałą prędkością oraz narzucając w równych odstępach czasu jednakowe odważone porcje węgla. Również należy zwracać uwagę na równomierne rozłożenie paliwa na ruszcie.

Według wzoru (1) strata kominowa zależy od składu spalin, od składu paliwa wchodzącego w daną chwilę w reakcję, od różnicy temperatur i wreszcie od chwilowej wartości opałowej paliwa. Wartość równania (1) się nie zmieni, jeżeli tak W , jak C i H , odniesiemy do substancji palnej, składającej się, o ile pominiemy drobną zawartość siarki, z węgla i wodoru, niezwiązanego z tlenem. Aby obliczyć wartość opałową substancji palnej i jej skład, oraz chwilowo występującą stratę kominową, musimy znać stosunek $\frac{H}{C}$. Ponieważ stosunku tego, zmiennego w czasie spalania, nie można bezpośrednio zmierzyć, musimy go wyznaczać pośrednio ze składu spalin, orientując się według zawartości azotu, który jest tu głównym świadkiem termochemicznego przebiegu. Znajomość tego stosunku w czasie spalania pozwala pozatem na dokładne odtworzenie samego przebiegu spalania i znakomicie ułatwia badania. Opierając się na fakcie, że jednemu nm^3 tlenu w powietrzu odpowiada objętościowo $\frac{79}{21} \text{nm}^3$ azotu, możemy obliczyć ilości azotu, odpowiadające poszczególnym produktom spalania:

1 nm^3 H_2O odpowiada	$\frac{79}{2.21} \text{nm}^3$		N_2	
1 „ CO_2 „	$\frac{79}{21}$	„	N_2	
1 „ CO „	$\frac{79}{2.21}$	„	N_2	. . . (3)
1 „ O_2 „	$\frac{79}{21}$	„	N_2	

Oznaczamy przez

n'	%	zawartość N_2	w spalinach wilgotnych		
k_1'	%	„	CO_2	„	„
k_2'	%	„	CO	„	„
o'	%	„	O_2	„	„
w'	%	„	H_2O	„	„

przyczem narazie nie uwzględniamy zawartości pary wodnej pochodzenia hygroskopijnego.

Ilość azotu, zawartą w spalinach wilgotnych, można zatem określić z relacji (3):

$$n' = \frac{79}{21} \left(\frac{w'}{2} + k_1' + \frac{k_2'}{2} + o' \right) \dots \dots \dots (3a)$$

$$\text{Stąd } w' = \frac{2.21}{79} n' - 2o' - 2k_1' - k_2'$$

Analiza aparatem Orsata podaje nam skład spalin pozbawionych pary wodnej, gdyż jednym z warunków dobrego działania aparatu jest stałe ciśnienie pary w czasie badania, nie wpływające zatem na objętość badanych gazów²⁾. W miejsce

k_1', k_2', o', u' , musimy przeto wprowadzić k_1, k_2, o, n . Spaliny wilgotne zawierają $(100 - w')$ % gazów suchych. Żeby otrzymać odpowiednie zawartości w spalinach wilgotnych, należy zawartości w spalinach suchych pomnożyć przez stosunek $\frac{100 - w'}{100}$:

$$\frac{k_1'}{k_1} = \frac{k_2'}{k_2} = \frac{o'}{o} = \frac{n'}{n} = \frac{100 - w'}{100} \dots (4)$$

$$\text{Stąd } w' = \frac{100 - w'}{100} \left(\frac{2.21}{79} n - 2o - 2k_1 - k_2 \right)$$

$$\text{Określając przez } A = \frac{2.21}{79} n - 2o - 2k_1 - k_2,$$

$$\text{otrzymamy } w' = \frac{100 - w'}{100} \cdot A, \text{ stąd } w' = \frac{100 A}{100 + A} (5)$$

Wzór (5) pozwala na obliczenie zawartości w badanych spalinach pary wodnej, powstałej przez spalanie wodoru. Pary powstałej z wilgoci hygroskopijnej paliwa i wilgotności powietrza nie trzeba tu uwzględniać, gdyż nie wpływa ona na zużycie tlenu, a w czasie analizy się skrapla. Znajdąc w' , możemy określić stosunek $\frac{H}{C}$.

Jednemu kg H odpowiada	$\frac{1}{2}$		$\cdot 22,4 \text{ nm}^3$	H_2O
„ „ C „	$\frac{1}{12}$	„	$\cdot 22,4$	CO_2
„ „ C „	$\frac{1}{12}$	„	$\cdot 22,4$	CO

zatem stosunkowi $\frac{H}{C}$ odpowiada stosunek $\frac{2w'}{12(k_1 + k_2)}$.

Podstawiając wyrażenie z równania (4) i (5), otrzymamy

$$\frac{H}{C} = \frac{1}{6} \cdot \frac{A}{k_1 + k_2};$$

$$\frac{H}{C} = \frac{1}{6} \frac{2.21}{79} \frac{n - 2o - 2k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \dots (6)$$

We wzorze tym pominięto, dla uproszczenia rachunku, obecność w spalinach drobnych ilości niespalonych węglowodorów i zawartości azotu w węglu, gdyż wpływ ich na wynik analizy jest najczęściej mniejszy od 0,1% objętości badanej próbki, co, jak wynika z podanej niżej dyskusji błędu, jest dopuszczalne. Znając na podstawie wzoru (6)

stosunek $\frac{H}{C}$, można obliczyć wartość opałową

części palnych. Oznaczamy stosunek $\frac{H}{C}$ literą B .

Wartość opałowa 1kg części palnych $W = C \cdot 8080 + H \cdot 28775 \text{ Kal/kg}$, przyczem $C + H = 1$, i $H/C = B$, względnie $C = 1 : (1 + B)$, $H = B : (1 + B)$.

Ponieważ zmierzenie zawartości pary wodnej w spalinach natrafia na bardzo poważne trudności, w podanych wyżej badaniach, przy obliczaniu chwilowej straty kominowej, nie uwzględniano straty wskutek podgrzania pary pochodzenia hy-

²⁾ Ochęduszkó: Krytyka kompensacji w analizatach gazów. Czasopismo Techniczne — 1933, str. 369.

groskopiynego, natomiast obliczono ją dla całego okresu spalania, opierając się na znanej zawartości wilgoci w paliwie.

Do obliczenia średniej straty, potrzebna nam jest jeszcze z wielkości zmiennych chwilowa prędkość spalania (Kal/sek). Prędkość tę możemy również określić ze składu spalin, mierząc dodatkowo szybkość dostarczania powietrza w nm³/sek.

Na 1 nm³ spalin wilgotnych ulega spaleni

$$\frac{12}{22,4} \cdot \frac{(k_1' + k_2')}{100} \text{ kg węgla i } \frac{2 \cdot w}{22,4 \cdot 100} \text{ kg wodoru, przy-}$$

czem zostaje zużyte $\frac{1}{21} (k_1' + k_2'/2 + w'/2 + o')$ nm³ powietrza. Gdyby spalanie było zupełne, co zakładamy w definicji prędkości spalania, 1 kg węgla wywiązałyby 8080 Kal, zaś 1 kg wodoru 28775 Kal. Przeto w naszych warunkach, gdyby węgiel i wodor uległy zupełnemu spaleni

$$\frac{1}{21} (k_1' + o' + k_2'/2 + w'/2) \text{ nm}^3 \text{ powietrza wywiązałyby } \frac{12}{22,4} \cdot \frac{(k_1' + k_2')}{100} \cdot 8080 + \frac{2w'}{22,4} \cdot \frac{28775}{100} \text{ Kal/nm}^3.$$

Zatem 1 nm³ powietrza dałby

$$Q = \frac{12 (k_1' + k_2') \cdot 8080 + 2w' \cdot 28775}{22,4 \cdot \frac{100}{21} (k_1' + \frac{k_2'}{2} + o' + \frac{w'}{2})} \text{ Kal/nm}^3.$$

Wstawiając za w wartość z równania (5) oraz zamiast $k_1', k_2', i o', k_{11}, k_{21}, o$ — wartości z równania (4), dostaniemy

$$Q = \frac{12 (k_1 + k_2) \cdot 8080 + 2A \cdot 28775}{100 \cdot \frac{22,4}{79} n} \text{ Kal/nm}^3.$$

Szybkość spalania u (Kal/sek) jest iloczynem z wartości Q (Kal/nm³) i ilości dostarczanego w sekundzie powietrza P (nm³/sek):

$$u = P \cdot Q = P \cdot \frac{12 (k_1 + k_2) 8080 + 2A \cdot 28775}{100 \cdot \frac{22,4}{79} \cdot n} \text{ Kal/sek (8)}$$

Rozważania te są ważne dla paliw stałych i płynnych, nie zawierających azotu w ilości większej od 1%, zaś z gazowych tylko dla nie zawierających w swym składzie azotu, tlenu węgla, lub bezwodnika węglowego. Dają one natomiast zupełnie fałszywe wyniki przy spalaniu gazu świetlnego, wodnego, generatorowego i t. p., z powodu wstępnej już (przed spalaniem) obecności wymienionych wyżej gazów. Przy spalaniu gazu ziemnego można tą metodą wykryć częściowy rozkład paliwa i wydzielanie sadzy.

II.

Celem określenia rzędu koniecznej dokładności pomiaru, przedyskutujemy obecnie wpływ na błąd obliczenia poszczególnych czynników, wchodzących we wzór (1), w zależności od składu paliwa i spalin. Przeprowadzając najpierw ogólną dyskusję zachowania się skończonego przyrostu Δx funkcji $y = f(x)$ w zależności od przyrostu Δy , określimy konieczną dokładność pomiaru i jej wpływ na stratę kominową. Stosunek $\frac{\Delta y}{\Delta x}$,

określający tg kąta nachylenia siecznej, dąży przy malejących wartościach Δx i Δy do pochodnej $f'(x)$, zatem, przy założeniu, że Δx jest małe w stosunku do x , możemy napisać równanie

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} \sim f'(x) \dots (9)$$

W naszym zagadnieniu, żądając pewnej dokładności wyniku, wyrażonej przez dopuszczalny błąd Δy , staramy się obliczyć konieczną dokładność pomiaru, określoną przez Δx . Przekształcając równanie (9), otrzymamy żadaną zależność.

$\Delta x \sim \frac{\Delta y}{f'(x)}$, gdzie Δy jest wyrażone w tych samych jednostkach, co y . Wprowadzając $\Delta y' = \frac{\Delta y}{y} \cdot 100$, możemy żadaną dokładność określić w %.

$$\Delta x = \frac{f(x)}{f'(x)} \cdot \frac{\Delta y'}{100} \dots (10)$$

1) Chwilowa wartość opałowa $W = \frac{1}{1+B} \cdot (8080 + B \cdot 28775)$ Kal/kg części palnych.

Pochodna $\frac{dW}{dB} = \frac{20695}{(1+B)^2}$, zatem $\Delta B = \frac{(1+B)^2}{20695} \cdot \frac{8080 + B \cdot 28775}{1+B} \cdot \Delta W'$; po uproszczeniu $\Delta B = \frac{8080 + 36855 \cdot B + 28775 \cdot B^2}{20695} \cdot \Delta W'$. (11)

Ponieważ $B = \frac{1}{6} \cdot \frac{A}{k_1 + k_2}$, zatem przy stałym $(k_1 + k_2)$ jest $\Delta B = \frac{1}{6} \cdot \frac{\Delta A}{k_1 + k_2}$.

Tabela I podaje nam zależność błędu ΔA od składu paliwa B i zawartości $(k_1 + k_2)$ w spalinach.

TABELA I
Dopuszczalny błąd analizy spalin w %, przy 1% odchyłce wartości W .

$k_1 + k_2$ \ B	0,15	0,10	0,05	0,00
6	0,260	0,210	0,173	0,141
9	0,387	0,313	0,260	0,211
12	0,518	0,418	0,346	0,282
15	0,648	0,523	0,432	0,351

2) Zawartość węgla w częściach palnych $C = \frac{1}{1+B}$.

Pochodna $\frac{dC}{dB} = \frac{-1}{(1+B)^2}$, stąd $\Delta B = -(1+B) \cdot \frac{\Delta C'}{100}$.

Ponieważ we wzorze (1) wyrażenie C jest małe różne od 100%, przyjmujemy, że błąd ΔC jest równy błędowi S_k %.

Tabela II podaje dopuszczalny błąd analizy spalin w % przy 1% odchyłce wartości C .

TABELA II.

$k_1 + k_2$ \ B	0,15	0,10	0,05	0,00
6	0,415	0,396	0,378	0,360
9	0,622	0,594	0,566	0,540
12	0,830	0,791	0,651	0,620
15	1,040	0,990	0,945	0,900

3) Wpływ $\Delta(k_1+k_2)$ na błąd straty kominowej. Wartość (k_1+k_2) występuje w pierwszym członie wzoru (1), wywierając decydujący wpływ na wielkość S_k . Przy założeniu, że w danej chwili wszystkie wartości, wchodzące w pierwszą część wzoru (1), z wyjątkiem (k_1+k_2) , nie zmieniają się i przy oznaczeniu ich przez stałą M , otrzymamy pierwszy człon wzoru (1) w postaci $S_{k1} = \frac{M}{(k_1+k_2)^2}$; zatem pochodna przybierze postać $S_{k1}' = -\frac{M}{(k_1+k_2)^3}$, zaś $\Delta(k_1+k_2) = -\frac{\Delta S_{k1}}{100} \cdot (k_1+k_2)$.
W tabeli III mamy wartości dopuszczalnego błędu analizy również przy 1% odchyłce S_{k1} :

TABELA III.

$k_1 + k_2$	6,0	9,0	12,0	15,0
$\Delta(k_1 + k_2)$	0,06	0,09	0,12	0,15

Jak widać z powyższego zestawienia, dopuszczalne błędy analizy przy wyznaczaniu składu paliwa i wartości opałowej są dość duże, natomiast żądania stawiane przy oznaczaniu straty kominowej muszą, szczególnie przy małej zawartości CO_2 w spalinach, być znacznie wyższe. W najniekorzystniejszych warunkach, przy założeniu dopuszczalnego błędu 1% wartości badanej dla $B=0$ i $(k_1+k_2)=6\%$, wymagana dokładność analizy wynosi: przy oznaczaniu wartości opałowej — 0,141%, zaś przy obliczaniu straty kominowej — 0,06%. W precyzyjnych pomiarach, pracując zamknięciem rtęciowym, kompensacją suchą i osuszeniem próbek, osiągnąć można błąd analizy mniejszy od 0,02%, zatem błąd ΔS_k wynosiłby w najgorszym wypadku 0,33%, zaś w ogólnym bilansie kotła, przy $S_k = 30\%$, błąd wynosiłby tylko 0,1%. Dokładność ta znacznie przewyższa żądania, stawiane przy precyzyjnych naukowych pomiarach kotła.

III.

Dla przykładu podamy obliczenie straty kominowej jednego okresu spalania na podstawie danych, otrzymanych z cytowanej na wstępie pracy badawczej nad spalaniem węgla na ruszcie ręcznie zasilanym, wykonanej w Laboratorium Maszynowym Politechniki Lwowskiej.

5 minutowych. W czasie jednego okresu spalania pobrano 6 próbek spalin w odstępach 50 sekund, mierząc równocześnie chwilową prędkość powietrza i temperaturę wylotową spalin. Ponieważ prędkość dostarczania powietrza była stała, w obliczeniach spalania odnosimy wyniki do 1 nm^3 powietrza/sek.

W 50 sekund po narzuceniu otrzymano następujący skład spalin: $k_1 = 9,93\%$, $k_2 = 0,15\%$, $o = 9,89\%$, $n = 80,03\%$. Temperatura wylotowa spalin wynosiła 214°C , temperatura otoczenia 20°C . Przy pomocy wzoru (6) możemy obliczyć skład substancji palnej, wchodzącej w reakcję w danej chwili:

$$B = \frac{H}{C} = \frac{1}{6} \cdot \frac{A}{k_1 + k_2} \dots \dots \dots (6),$$

gdzie $A = \frac{2,21}{79} \cdot n - 2o - 2k_1 - k_2$.

Po podstawieniu wartości otrzymamy $A = 2,79\%$,

$$C = \frac{1}{1+B} = 95,6\%,$$

$$B = 00462.$$

Stąd $H = \frac{B}{1+B} = 4,4^{0,0}.$

Znając wartość B , możemy ze wzoru (7) obliczyć chwilową wartość opałową $W = \frac{1}{1+B} (8080 + +B \cdot 28775) = 8940 \text{ Kal/kg}$ części palnych. Wreszcie chwilową prędkość spalania obliczamy wzorem (8) $u = P \cdot \frac{12(k_1+k_2) \cdot 8080 + 2A \cdot 28775}{22,4 \cdot \frac{100}{79} n} = P \cdot 475 \text{ Kal/sek}$

Wielkości te pozwolą nam na obliczenie chwilowej straty kominowej

$$S_k = \left(\frac{22,4 C}{12(k_1+k_2)} \cdot c_{psp} + \frac{22,4}{18} \cdot \frac{9H}{100} \cdot c_{p \text{ H}_2\text{O}} \right) \times \times \frac{t_2 - t_1}{W} \cdot 100 + \frac{22,4 \cdot C \cdot k_2}{12(k_1+k_2)} \cdot \frac{3050}{W} \dots (1)$$

W naszym wypadku c_{psp} wynosi (według Neumana) $0,342 \text{ Kal/nm}^3$, zaś $c_{p \text{ H}_2\text{O}} = 0,373 \text{ Kal/nm}^3$. Stąd $S_k = 9,63\%$.

W podobny sposób obliczono wartości podane w tabeli IV.

TABELA IV.

Czas sek	Skład spalin				Skład paliwa			Wart. op. $\frac{W}{\text{kg}}$	Prędk. spal. $\frac{u}{\text{sek}}$	Temp. wylotowa t_2 $^\circ\text{C}$	Strata kom. S_k %
	CO_2 %	CO %	O_2 %	N_2 %	B —	C %	H %				
50''	9,93	0,15	9,89	80,03	0,0462	95,6	4,4	8940	475	194	9,60
1' 40''	14,30	1,52	3,24	80,94	0,0681	93,5	6,5	9400	770	197	12,64
2' 30''	14,06	0,73	4,36	80,85	0,0613	94,1	5,9	9260	736	198	12,02
3' 20''	11,70	0,28	7,62	80,40	0,0536	94,9	5,1	9120	561	200	12,87
4' 10''	9,48	0,33	10,04	80,15	0,0556	94,7	5,3	9190	471	199	15,63
5' 00''	6,72	0,22	12,84	80,22	0,0802	92,6	7,4	9620	357	197	19,13

W czasie tych badań spalano węgiel dąbrowski sortymentu miał z groszkiem, o zawartości w częściach palnych 94,23% C i 5,77% H oraz wartości opałowej części palnych 9224 Kal/kg. Badania wykonano na ruszcie Gefia, zaopatrzonym w podwiew i wbudowanym do kotła lokomobilowego. Obciążenie powierzchni rusztu wynosiło 45 $\text{kg/m}^2\text{h}$, przy czym narzucano 3 kg węgla w odstępach

Średnią stratę kominową obliczono według wzoru (2), zastępując całość przez sumę $S_{k\text{sr}} = \frac{\sum S_k \cdot u}{\sum u}$, przy założeniu równych odstępów czasu między pobieraniem próbek spalin. $S_{k\text{sr}} = 13,22\%$.

Pozatem dla orientacji obliczono stratę kominową sposobem powszechnie stosowanym dotychczas, biorąc do obliczeń średnią z poszczególnych wy-

ników analizy spalin oraz średni skład paliwa i średnią wartość opałową.

Otrzymano wynik $S_{ksr} = 14,40\%$, zatem o 1,18% w odniesieniu do energii paliwa więcej od rzeczywistej. Błąd ten w odniesieniu do straty kominowej wynosi 8,9%. Nawet przy stosunkowo małych wahaniach w składzie paliwa, występujących w naszym wypadku z powodu częstego narzucania, błąd ten jest dość znaczny. Przy paliwie szybko gazującym lub dłuższych okresach spalania, błąd może być większy.

Znacznie większe korzyści, niż przy oznaczaniu straty kominowej, daje powyższa metoda w badaniach zachowania się węgla w ruchu i przebiegu spalania. W naszym zestawieniu udział wodoru, a tem samem i części lotnych w spalaniu, rośnie w pierwszej minucie, osiągając maximum względne w drugiej analizie, poczem maleje w trzeciej i czwartej analizie, by osiągnąć bezwzględne maximum w 5 minucie. Prędkość spalania natomiast osiąga maximum w drugim pomiarze, poczem stale maleje do końca okresu. To dziwne zachowanie się udziału wodoru w paliwie może być wywołane różnym zachowaniem się ziarn węgla o rozmaitych wymiarach. W krótkim okresie czasu po narzuceniu spala się miał, słabo tylko koksując (H tylko o 0,73% większe od przeciętnego), osiągając maksymalną prędkość spalania, następnie ulegają spalaniu grubsze ziarna, w których wybitnie występuje odgazowanie (H = 7,4%), poczem z początkiem już następnego okresu spala się pozostały koks (H = 4,42%). Ponieważ drobnych ziarn jest znacznie więcej niż grubych, zatem i prędkość spalania w okresie początkowym musi być większa.

Jak z powyższego widać, można, znając zależność składu spalin od czasu, dokładnie określić przebiegi w palenisku i scharakteryzować zachowanie się paliwa w ruchu.

IV.

Stratę kominową zwiększa strumień zimnego powietrza, wpadający przez otwarte drzwiczki paleniska w czasie narzucania paliwa. Ilość jego zależy od wielkości i kształtu otworu wlotowego, wielkości ciągu kominowego i oporu kanałów spalinych kotła. O ile niema poddmuchu i w ten sposób sztucznie utrzymywanego zwiększonego ciśnienia pod rusztem, można przyjąć, że w czasie otwarcia drzwiczek ustaje zupełnie wszelki przepływ powietrza przez ruszt. Założmy dalej, że wpadające przez drzwiczki powietrze nie bierze udziału w spalaniu (np. lotnych węglowodorów). Ostudza ono tylko kanały spalinowe, a nagrzewając się, daje naturalnie pewną stratę kominową. Przy próbach istotnie stwierdzono spadek CO_2 do zera. Ponieważ przy dzisiejszym stanie techniki mierniczej nie można ilości tego powietrza zmierzyć, postaramy się ją określić teoretycznie. Ilość powietrza przepływającego w tym czasie obliczymy, przyjmując dla uproszczenia równy ciąg różnicowy palenisko-dymnica w czasie spalania oraz narzucania.

Podczas rozważań nad przebiegiem zjawiska przepływu gazów przez kanały kotła i związanego z niem oporu aerodynamicznego, spotykamy się z wielkościami bądź znanymi, bądź możliwymi do

zmierzenia. Wyjątek stanowi tu współczynnik oporu ζ , stały i charakterystyczny dla danego kotła, występujący tak w czasie przepływu gazów spalinowych, jak i powietrza. Znając spadek ciśnienia spalin w kanałach kotła, możemy zapomocą rozważań nad przepływem oznaczyć wielkość tego współczynnika. Opierając się wreszcie na powyżej przytoczonym założeniu równego ciągu różnicowego w czasie przepływu spalin oraz powietrza i zastosowaniu obliczonego współczynnika, obliczymy żadaną prędkość powietrza.

Analogicznie postąpiono przed kilku laty, przy cechowaniu dużych zwęzek przekroju. Jedynym wówczas sposobem doświadczalnego określenia prędkości było mierzenie objętości gazu, przepływającego przez badaną zwężkę, zbiornikiem (gazomierzem) przy stałym ciśnieniu i temperaturze. Do cechowania dużych zwęzek musiano stosować wielkie zbiorniki (np. 10 000 m³), gdzie już bardzo trudno było zachować stałą i jednakową temperaturę w całej mierzonej objętości. Wtedy to na wniosek prof. Jakoba z niemieckiego P. T. R. zwrócono uwagę na ceną własność fizykalną współczynnika oporu hydrodynamicznego ζ , a mianowicie jego niezależność od natury przepływającego czynnika. Współczynnik ten dla danego rurociągu można było wyznaczyć w sposób dokładny i wygodny, mierząc ilość przepływającej wody, a następnie, uwzględniając zmianę liczby Reynoldsa ze zmianą czynnika (woda-powietrze), można było obliczyć prędkość przepływającego gazu, mierząc spadek ciśnienia, występujący w rurociągu, co znowu pozwoliło na określenie współczynnika cechowanej zwężki (Jakob Erk „Der Druckabfall in glatten Rohren und das Durchflussziffer von Normaldüsen. Z d V. d. I. 1924, str. 581).

Z możliwych wielu przyjęć wybieramy tu dla prostoty wzór Blasiusa.

Opór Δp przepływu gazów przez kanały kotłowe obliczamy z równania:

$$\Delta p = \lambda \frac{l \cdot \gamma \cdot w^2}{d \cdot 2g}, \text{ gdzie } \lambda = \zeta \cdot R^{-1/4}$$

gdzie

- Δp — kg/m² — spadek ciśnienia
- l — m — długość kanału
- γ — kg/m³ — ciężar właściwy spalin
- w — m/sek — prędkość spalin
- d — m — średnica kanału
- g — m/sek² — przyspieszenie ziemskie
- ζ — współczynnik oporu (bez wymiaru)
- R — liczba Reynoldsa, $R = \frac{w \cdot d \cdot \gamma}{\eta \cdot g}$ (bez wymiaru)
- η — kg sek/m² — lepkość dynamiczna.

Ponieważ tak (γ), jak i (w), są funkcją temperatury i zmieniają się wzdłuż drogi spalin, przeto wzór (10) należy podać w formie różniczkowej; po wstawieniu wartości za λ i R przybierze on postać:

$$\Delta p = \frac{\zeta}{2 \sqrt[4]{d^5 g^3}} \int_0^l \sqrt[4]{\eta \gamma^3 w^7} dl \dots (10)$$

Wielkości zmienne γ i w można wyrazić jako funkcję temperatury

$$\gamma = \gamma_0 \frac{T_0}{T} \quad i \quad w = w_0 \frac{T}{T_0}$$

Tu oznacza: γ_0 — kg/m^3 — ciężar właściwy spalin przy 0°C

w_0 — m — prędkość, jakaby wystąpiła przy przepływie tej samej masy gazów przy temperaturze $T_0 = 273^\circ$ Kelvina. Uwzględniając powyższe, otrzymamy wzór (10) w postaci

$$\Delta p = \frac{\zeta}{2 \cdot T_0} \int_0^l \frac{w_0^2 \cdot \gamma_0^3}{d^5 g^3} \cdot \gamma^4 \cdot T \, dl \quad (11)$$

Potrzebną do całkowania zależność $T = f(l)$ możemy znaleźć z rozważań nad przechodzeniem ciepła do ścian kotła. Spaliny przechodzące okrągłym kanałem o średnicy d , co ma miejsce w kółkach lokomobilowych i płomienicowych, tracą na długości dl pewną ilość ciepła dQ , którą oddają ściankom kotła, o temperaturze wody w kotle T_1 . Ta utrata ciepła powoduje obniżenie temperatury spalin o ($-dT$).

$$\text{Stąd: } dQ = \pi d \cdot dl (T - T_1) \cdot \alpha = \frac{\pi d^2}{4} w \gamma c_p dT$$

Ciepło właściwe odnosimy nie, jak w poprzednich rozważaniach, do m^3 , lecz do 1 kg . Przez α oznaczamy współczynnik przenikania ciepła. Iloczyn (γw) możemy zastąpić przez ($w_0 \cdot \gamma_0$) przy $T = 273^\circ\text{K}$, gdyż nie zależy on od temperatury. Zatem:

$$dl = - \frac{w_0 \cdot \gamma_0 d}{4} \cdot \frac{c_p}{\alpha \cdot (T - T_1)} \cdot dT \quad (12)$$

Zależność ciepła właściwego c_p od temperatury jest funkcją liniową i da się wyrazić równaniem: $c_p = a + bT$.

Współczynniki a i b , określające ciepło właściwe mieszaniny w $\text{Kal/kg}^\circ\text{K}$, możemy obliczyć na podstawie badań Neumana ze składu spalin³⁾.

- Dla azotu: $a = 0,241 \text{ Kal/}^\circ\text{Kkg}$
 $b = 0,000 032 \text{ Kal/}^\circ\text{K}^2\text{kg}$
- „ tlenu: $a = 0,211 \text{ Kal/}^\circ\text{Kkg}$
 $b = 0,000 028 \text{ Kal/}^\circ\text{K}^2\text{kg}$
- „ CO_2 $a = 0,174 \text{ Kal/}^\circ\text{Kkg}$
 $b = 0,000 131 \text{ Kal/}^\circ\text{K}^2\text{kg}$.

Oczywiście musimy brać tu skład wagowy mieszaniny.

$$a_{sp} = (a_{N_2} \cdot N + a_{O_2} \cdot O + a_{CO_2} \cdot K_1 + \dots) \frac{1}{100}$$

$$b_{sp} = (b_{N_2} \cdot N + b_{O_2} \cdot O + b_{CO_2} \cdot K_1 + \dots) \frac{1}{100}$$

Wielkość α można określić wzorem Nusselta⁴⁾

$$\alpha = 0,039 55 \cdot c_{p1} \sqrt{\frac{g \cdot \gamma_1}{d}} \cdot \sqrt{\frac{T_1}{T}} (w \cdot \gamma)^{3/4}$$

gdzie wartości c_{p1} , γ_1 , T_1 odnoszą się do temperatury ściany, w , γ , i T do średniej temperatury w kanale. Wartość η podaje nam wzór Sutherlanda⁴⁾

³⁾ Neuman. Stahl und Eisen. 1918. Współczynniki a i b przeliczone są na kg i temperaturę bezwzględna.

⁴⁾ Nusselt. Technische Mechanik und Thermodynamik. 1930, str. 277. Witkiewicz. Czasopismo techniczne. 1934, str. 265.

$$\gamma_1 = \gamma_0 \frac{1 + \frac{C}{T_0}}{1 + \frac{C}{T}} \cdot \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

gdzie γ_0 — lepkość danego gazu przy $T_0 = 273^\circ\text{K}$.

Według Rankine'a $C = \frac{T_k}{1,12}$ gdzie T_k jest temperaturą krytyczną. Współczynnik lepkości γ_1 jest zależny bardzo silnie od temperatury T oraz własności badanego gazu, wobec czego będzie miał zupełnie inne wartości w czasie przepływu spalin, niż przy przepływie powietrza. Własności te wyrażone są przez stałe γ_0 i C . Dla azotu $\gamma_0 = 1,68 \cdot 10^{-6} \text{ kgsek/m}^2$, $C = 106^\circ\text{K}$, dla bezwodnika węglowego $\gamma_0 = 1,40 \cdot 10^{-6}$, $C = 254^\circ\text{K}$. Tabela IV podaje dla azotu i bezwodnika węglowego wartości η zależne od temperatury.

TABELA IV.
 $\eta \cdot 10^6 \text{ kgsek m}^2$

Temperatura $^\circ\text{C}$. . .	0	200	400	600	800	1000	1200
Azot	1,680	2,505	3,167	3,737	4,192	4,658	5,061
CO_2	1,400	2,263	3,089	3,763	4,325	4,870	5,860

Są one sobie równe przy temperaturze około 600°C . Przy temperaturach niższych η azotu jest większe, przy wyższych przeważa η bezwodnika węglowego. Ponieważ spaliny nie zawierają zwykle więcej niż 10% CO_2 , reszta zaś gazów dwuatomowych zbliża się w swym zachowaniu do azotu, przeto η mieszaniny mało będzie się różnić od η azotu, np. przy 0°C jest ono o 3% mniejsze, zaś przy 1200°C jest ono większe o $1,6\%$ od η samego azotu. W naszych rozważaniach η występuje pod czwartym pierwiastkiem, zatem wpływ 3% różnicy η na wynik obliczeń wynosiłby tylko $0,75\%$. Przy temperaturach wyższych wpływ ten znacznie maleje, tak że bez większego błędu zamiast η mieszaniny wstawimy η azotu. Natomiast wielkość ciepła właściwego wybitnie zależy od składu spalin, skutkiem czego musimy zależność tę uwzględnić przy obliczeniach.

Po wstawieniu w równanie (12) wartości za α i c_p otrzymamy równanie różniczkowe, określające zależność $l = f(T)$:

$$dl = - \frac{(w_0 \cdot \gamma_0)^{3/4} \cdot d^{3/4} \cdot T_1^{3/4}}{4 g^{1/4} \cdot \beta \cdot \gamma_1^{1/4} \cdot c_{p1}} \cdot \frac{(a + bT)}{T^{3/4} (T - T_1)} \cdot dT;$$

$$\beta = 0,03955.$$

W połączeniu z równaniem (11) dostaniemy wyrażenie Δp :

$$\Delta p = - \frac{\zeta \cdot w_0^2 \cdot \gamma_0 \cdot T_1^{3/4}}{8 \cdot g \cdot \beta \cdot c_{p1} \cdot T_0^{11/8}} \cdot \sqrt{\frac{\eta_0}{\eta_1}} (T_0 + C) \times \int_{T_p}^{T_k} \frac{T^{23/24} (a + bT)}{(T + C)^{1/4} (T - T_1)} \cdot dT \quad (13)$$

Wielkości niezmiennające się, mianowicie η_0 , T_0 , C , g , β , możemy ująć wspólną stałą:

$$D = \frac{[\eta_0 (T_0 + C)]^{1/4}}{8 \cdot g \cdot \beta \cdot T_0^{11/8}} \text{ kg}^{1/4} \text{ sek}^{3/4} \text{ m}^{-3/2} \text{ }^\circ\text{K}^{-3/8}$$

Przy założeniu: $\eta_0 = 1,680 \cdot 10^{-6} \text{ kg sek/m}^2$

$$T_0 = 273^\circ\text{K}$$

$$C = 106^\circ\text{K}$$

$$g = 9,81 \text{ m/sek}^2$$

$$D = 2,189 \cdot 10^{-5}$$

Wyrażenie pod całką można rozbić na dwie części, wówczas

$$\Delta p = -D \frac{\zeta \cdot \omega_0^2 \cdot \gamma_0 \cdot T_1^{1/4}}{c_{p1} \cdot \gamma_{11}^{1/4}} \left[a \int_{T_p}^{T_k} \frac{T^{-0.25}}{(T+C)^{1/4} \cdot (T-T_1)} dT + b \int_{T_p}^{T_k} \frac{T^{-0.25}}{(T+C)^{1/4} \cdot (T-T_1)} \cdot dT \right] \quad (13a)$$

W równaniu tem wszystkie wielkości, z wyjątkiem ζ , są znane, lub można prostymi metodami je pomierzyć, możemy zatem obliczyć współczynnik oporu ζ , który dla danego kotła będzie wielkością stałą, niezmienną. Pozwoli on na obliczenie prędkości powietrza, przepływającego w czasie otwarcia drzwiczek paleniska

Ponieważ całki zawarte w naszym równaniu nie dadzą się ściśle metodami rozwiązać, podamy wyniki obliczeń, wykonanych wzorem Simpsona.

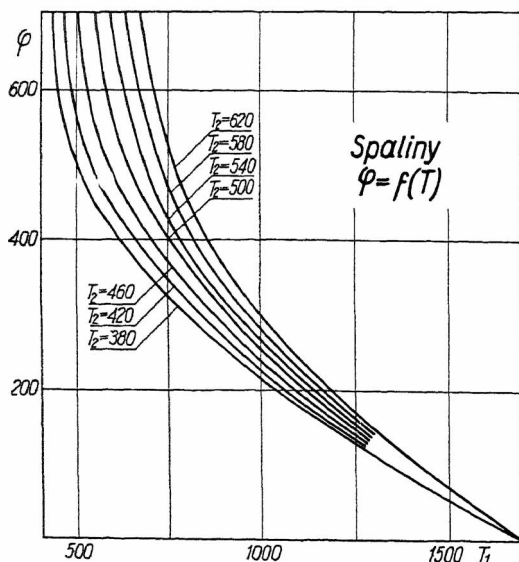
$$\int_{T_p}^{T_k} f(T) dT \approx \frac{f(T_p) + f(T_k)}{2} + \frac{T_p - T_k}{n} \sum_{i=1}^{n-1} f(T_i)$$

Nazywając $\int \frac{T^{0.25}}{(T+C)^{1/4} \cdot (T-T_1)} dT = \varphi$,

zaś $\int \frac{T^{-0.25}}{(T+C)^{1/4} \cdot (T-T_1)} dT = \psi$,

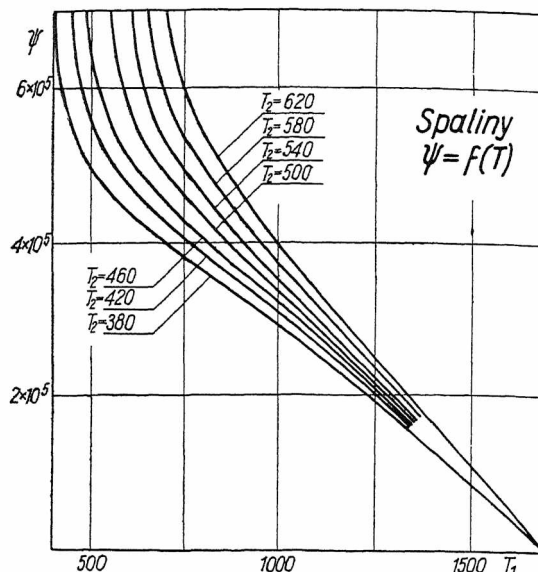
otrzymamy wzór (13a) w postaci:

$$\Delta p = D \frac{\zeta \cdot \omega_0^2 \cdot \gamma_0 \cdot T_1^{1/4}}{c_{p1} \cdot \gamma_{11}^{1/4}} \left(a \cdot \varphi \Big|_{T_p}^{T_k} + b \cdot \psi \Big|_{T_p}^{T_k} \right) \quad (13b)$$



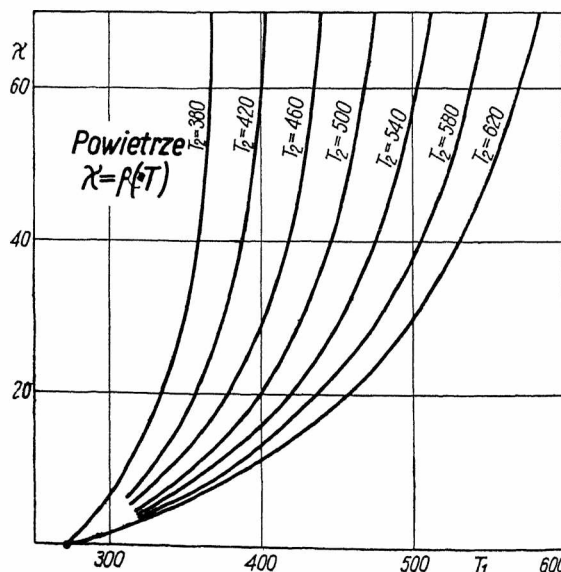
Rys. 1.

dla przepływu spalin. W czasie przepływu powietrza oczywiście współczynniki a i b nie będą się zmieniać, przeto funkcje φ_1 i ψ_1 dla powietrza ujęto w jedną całość według wzoru $\chi_1 = (a \varphi_1 + b \cdot \psi_1)$, której wartości podaje rys. 3.



Rys. 2.

Powyższe rozumowanie jest ważne, gdy spaliny przepływają kanałami poziomymi, o niezmiennych przekrojach, kształtu w przybliżeniu kołowego. W kanałach pionowych występuje zjawisko wyporu, powodując przy wznoszeniu się do góry pozorne zwiększanie ciśnienia spalin w odniesieniu do otaczającego powietrza. Wypór ten jest tem



Rys. 3.

Wartość całek określonych nie zależy od doboru stałych całkowania, zatem punkt początkowy całkowania wzorem Simpsona możemy przyjąć dowolnie, gdyż różnica φ dla wartości T_p i T_k nie zmieni się przy zmianie tegoż punktu początkowego. Wykresy $\varphi = f(T)$ i $\psi = f(T)$ otrzymano, całkując od temperatury początkowej 1700°K. Rys. 1 podaje wartości φ , zaś rys. 2 — wartości ψ

większy, im wyższa jest temperatura. Zatem w kotle posiadającym kilka kanałów pionowych, w których spaliny naprzemian wznoszą się i opadają, wypadkowy wypór może być różny od zera, a nawet przewyższać spadek ciśnienia, występujący wskutek aerodynamicznego oporu kanałów dymowych. W kotłach małych, budowanych jako płomienicowe i płomieniówkowe, gdzie stosujemy

przeważnie ręczne narzucanie okresowe, kierunku ruchu spalin jest poziomy, pozwalający wtedy na proste obliczenie współczynnika oporu.

Znając współczynnik oporu ζ , wchodzący w skład równania (13 b), następnie spadek ciśnienia Δp , temperaturę ściany T_1 , temperaturę początkową T_p , i końcową T_k , możemy obliczyć prędkość powietrza w czasie otwarcia drzwiczek paleniska, zredukowaną na T_0 . Wzór (13 b) zachowa swoją postać, tylko, ponieważ temperatura powietrza jest niższa od temperatury ściany, i zmiana temperatury z długością jest dodatnia ($+dT$), różnica $(T-T_1)$ i dT zmieniają znaki; znak jednak całego równania pozostanie niezmienny. Rys. 3 podaje wartości χ_1 dla powietrza, liczone od 273°K . Szybkość powietrza, zredukowaną na T_0 , obliczamy z przekształconego wzoru (13 b):

$$w_{0\text{ pow}} = \sqrt{\frac{\Delta p \cdot c_{p1} \cdot \gamma_1 \cdot T_k}{D \cdot \zeta \cdot \gamma_0 \cdot T_1 \cdot \chi_1}} \text{ m/sek.}$$

Strata Kal/sek, występująca wskutek zbędnego ogrzewania powietrza,

$$S_p = w_{0\text{ pow}} \cdot F \cdot c_{p\text{sr}} \cdot \gamma \cdot (T_p - T_k), \text{ gdzie}$$

S_p — Kal/sek — strata wskutek chłodzenia kotła powietrzem,

$w_{0\text{ pow}}$ — m/sek — szybkość powietrza, zredukowana na 0°C i 760 mm Hg,

F — m^2 — przekrój kanałów spaliniowych,

$c_{p\text{sr}}$ — Kal/kg K — średnie ciepło właściwe powietrza od T_p do T_k ,

γ_0 — kg/m^3 — ciężar właściwy powietrza przy 0°C i 760 mm Hg,

T_p — $^\circ\text{K}$ — temperatura początkowa,

T_k — $^\circ\text{K}$ — temperatura końcowa.

Przyjmując w przybliżeniu, że c_{p1} spalin $\approx c_{p1}$ powietrza oraz że γ spalin $\approx \gamma_0$ powietrza, możemy znacznie uprościć tok obliczeń, przyczem błąd w odniesieniu do c_{p1} nie przekroczy 3%, zaś 6% w odniesieniu do γ . Ponieważ tak γ , jak i c_p , występują pod pierwiastkiem, wpływ ich błędów na ($w_{0\text{ pow}}$) będzie w przybliżeniu 2 razy mniejszy, zatem nie przekroczy 3%, co dla praktyki zupełnie wystarcza. Wszystkie wielkości, wchodzące w skład wzoru (13b), z wyjątkiem φ , ψ , χ_1 , są przy powyższym założeniu równe, tak dla spalin, jak i dla powietrza, przeto wzór na obliczenie prędkości powietrza sprowadza się do postaci:

$$\frac{w_{0\text{ pow}}}{w_{0\text{ sp}}} = \sqrt{\frac{a \cdot \varphi + b \cdot \psi}{\chi_1}}$$

$$\text{Stąd } w_{0\text{ pow}} = w_{0\text{ sp}} \sqrt{\frac{a \cdot \varphi + b \cdot \psi}{\chi_1}} \text{ m/sek.}$$

Na przykładzie liczbowym podamy tok szczegółowych obliczeń, opierając się na danych otrzymanych przy wyżej wymienionych pomiarach.

F	$= 0,1332 \text{ m}^2$	T_p	$= 1353 \text{ }^\circ\text{K} = 1080 \text{ }^\circ\text{C}$
$w_{0\text{ sp}}$	$= 1,08 \text{ m/sek}$	T_k	$= 470 \text{ }^\circ\text{K} = 197 \text{ }^\circ\text{C}$
k_1	$= 6,72\%$	T_1	$= 433 \text{ }^\circ\text{K} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$
o	$= 12,84\%$	$T_{p\text{ pow}}$	$= 293 \text{ }^\circ\text{K} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
$n + k_2$	$= 80,44\%$	$T_{k\text{ pow}}$	$= 423 \text{ }^\circ\text{K} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$
Δp	$= 3,10 \text{ kg/m}^2$		

Z wykresu $\varphi = f(T)$ otrzymujemy:

$$\begin{array}{l} \text{dla } 1393^\circ\text{K} \quad \varphi = 109 \text{ }^\circ\text{K}^{19} \\ \text{„ } 470 \text{ „} \quad \varphi = 695 \text{ „} \end{array}$$

$$\varphi = 695 - 109 = 586 \text{ }^\circ\text{K}^{19}$$

Podobnie z wykresu $\psi = f(T)$ otrzymujemy:

$$\begin{array}{l} \text{dla } 1353^\circ\text{K} \quad \psi = 157000 \\ \text{„ } 470^\circ\text{K} \quad \psi = 635000 \end{array}$$

$$\psi = 635000 - 157000 = 478000 \text{ }^\circ\text{K}^{21}$$

$$a = 0,233 \text{ Kal/}^\circ\text{K kg}; \quad b = 0,000039 \text{ Kal/}^\circ\text{K}^2 \text{ kg}$$

$$\gamma_{\text{sp}} = 0,233 \cdot 586 + 0,000039 \cdot 478000 = 153,8 \text{ Kal/}^\circ\text{K}^{21} \text{ kg}$$

z wykresu $\gamma_{\text{pow}} = f(T)$ otrzymujemy:

$$\begin{array}{l} \text{dla } 293^\circ\text{K} \quad 2,7 \text{ kal/}^\circ\text{K}^{21} \\ \text{„ } 423^\circ\text{K} \quad 65,0 \text{ „} \end{array}$$

$$\gamma_{\text{pow}} = 62,3 \text{ Kal/}^\circ\text{K}^{21} \text{ kg}$$

$$w_{0\text{ pow}} = 1,08 \sqrt{\frac{153,8}{63,2}} = 1,70 \text{ m/sek.}$$

Średnie ciepło właściwe powietrza $c_p = 0,239 + 0,000031 \frac{293 + 423}{2} = 0,250 \text{ Kal/kg}^\circ\text{K}$,

ciężar właściwy $\gamma_0 = 1,285 \text{ kg/m}^3$,

$$\text{strata } S_p = 1,70 \cdot 0,1332 \cdot 0,250 \cdot 1,285 \cdot (423 - 293) = 9,53 \text{ Kal/sek.} \dots (14)$$

Czas otwarcia drzwiczek podczas jednego okresu wynosił 30 sek, przeto strata

$$S_p' = 9,53 \cdot 30 = 286 \text{ Kal/okres.}$$

W czasie jednego okresu zużyto paliwa o wartości 24200 Kal/okres, zatem strata

$$S_p'' = \frac{286}{24200} \cdot 100 = 1,18\%$$

Powyższego obliczenia nie można — jakby to się zdawało w pierwszej chwili — uprościć do obliczenia współczynnika oporu ζ w równaniu (10), gdyż η zmienia się z temperaturą bardzo znacznie.

Pozostaje jeszcze dyskusja dopuszczalnego błędów pomiaru. Ponieważ strata ta wynosi około 1% energii dostarczonej, przeto można dopuścić błąd

$\frac{\Delta w_0}{w_0} = 5\%$ w odniesieniu do prędkości w_0 :

$$w_0 = \sqrt{C \cdot \chi(T)} \quad \Delta w_0' = \frac{\Delta w_0}{w_0}$$

$$\frac{dw_0}{dT} = \frac{1}{2} \cdot \frac{C \cdot \chi'(T)}{\sqrt{C \cdot \chi(T)}}$$

$$\Delta T = \frac{w_0}{\left(\frac{dw_0}{dT}\right)} \cdot \Delta w_0' = \frac{2 \cdot \chi(T)}{\chi'(T)} \cdot \Delta w_0'$$

Największa dokładność musi być wymagana przy pomiarze temperatury T_k , gdyż tam linje $\chi = f(T)$ mają największe nachylenie. W naszym wypadku

γ_k
% dla $T_k = 423^\circ\text{K}$ posiada wartość $\gamma = 62,3$
 $\text{Kal/kg}^\circ\text{K}$, zaś $\gamma' = 2,85$.

$$\Delta T = \frac{2 \cdot 62,3}{2,85} \cdot 0,05 = \sim 2,2^\circ\text{K}.$$

Taką dokładność można bez trudności otrzymać, stosując termometr przepływowy, chroniony przed promieniowaniem.

*

Powyżej przytoczona metoda pozwala, na podstawie starannie przeprowadzonej analizy spalin, i innych pomiarów stosowanych przy badaniu bilansu cieplnego kotła, określić nie tylko rzeczywistą stratę kominową i jej przebieg w czasie spalania, ale też poznać przez obliczenie chwilowego $\frac{H}{C}$ sam przebieg spalania. Analizując następnie przebieg szybkości spalania, względnie gazowania, możemy w prosty sposób scharakteryzować ruchowe właściwości paliwa i określić najodpowiedniejsze warunki spalania. Wymaganą dawniej ogromną ilość uciążliwych pomiarów, potrzebną do oznaczania najodpowiedniejszych warunków spalania, można zredukować, stosując powyższą metodę do kilku pomiarów, przyczem czas poszczególnych pomiarów można znacznie ograniczyć. Wobec tego zagadnienie badania węgla, wymienione na wstępie, staje się obecnie bliższe realizacji. Na koniec, opierając się na teoretycznych rozważaniach nad zjawiskiem oporu aerodynamicznego kotła, podano sposób określenia straty wskutek otwierania drzwi czek paleniska, co umożliwiła znowu określenie najkorzystniejszej długości okresu spalania.

• • •

Nouvelle méthode pour l'essai de la combustion et pour la détermination de la perte à la cheminée aux foyers alimentés périodiquement.

R é s u m é :

La méthode proposée, due à M. le Professeur R. Witkiewicz, a pour but de faciliter les essais des combustibles, exécutés pour déterminer leur utilité pour une chaudière donnée et pour fixer les conditions les plus appropriées de leur combustion. L'auteur montre combien de facteurs influencent les résultats des essais normaux et comment ces essais doivent durer longtemps, étant donné que chaque épreuve dure au moins 6 heures et qu'il y a un très grand nombre de sortes de charbon à essayer. La nouvelle méthode rend possible un grand raccourcissement de la durée de ces essais, tout en conservant leur exactitude. Son principe est le suivant: au lieu de déterminer la quantité de chaleur produite sur la grille au moyen du pesage du charbon, on la détermine par la mesure de la quantité d'air passant par la grille et de la quantité de charbon passant, sous forme de CO_2 ou d'autres combinaisons avec l'oxygène, dans les gaz de la combustion.

Après avoir indiqué le but de la méthode proposée et les formules sur lesquelles elle est basée, l'auteur passe à l'analyse de l'influence de divers facteurs sur l'exactitude de la mesure.

La dite méthode permet, — s'appuyant sur l'analyse des produits de la combustion et sur d'autres mesures qu'on fait pour établir le bilan thermique de la chaudière, — de déterminer non seulement la perte à la cheminée et les variations qu'elle subit au cours de la combustion, mais aussi de faire connaître le processus même de la combustion, au moyen du calcul de la valeur momentanée du rapport $H:C$.

Analysant la vitesse de la combustion on peut caractériser, d'une manière bien simple les qualités pratiques du charbon et déterminer les conditions les plus favorables de sa combustion. Au lieu du très grand nombre d'essais que l'on devait exécuter jusque ici pour fixer ces conditions, on peut se borner — au moyen de la méthode décrite — à un nombre bien réduit d'essais, faits — de plus — pendant un temps beaucoup plus bref.

Tanie paliwo jako droga do motoryzacji *)

Inż. K. Groszlik-Groniowski, SIMP

Analiza kosztów utrzymania samochodu: koszty stałe, amortyzacja, naprawy, ogumienie, paliwo. — Sposoby zmniejszenia wydatków na paliwo przez zmniejszenie oporów ruchu oraz przez stosowanie taniego paliwa. — Samochód generatorowy i najodpowiedniejsze dlań paliwo. — Błędy konstrukcyjne w dotychczas stosowanych typach samochodów generatorowych. — Prace nad zastosowaniem węgla i koksu. — Konieczność popierania stosowania w Polsce samochodów generatorowych.

W całości kosztów utrzymania pojazdu mechanicznego odgrywa rolę szereg pozycji, które muszą być traktowane jako równorzędne. Wysokość każdej z nich bywa różna w różnych krajach i w odniesieniu do różnych rodzajów pojazdu oraz zmienna w czasie, stąd procentowy podział całości kosztów wypada najrozmaiciej. Dla przyszłości motoryzacji ma wielką wagę zagadnienie, które pozycje ulegają stopniowemu zmniejszaniu przez ewolucyjny rozwój techniki, a które — przeciwnie — mają tendencję do wzrostu, a więc wymagają śmiałego posunięcia, aby tę tendencję złamać.

Zwykle dzielimy całość kosztów na 5 pozycji: koszt stały, amortyzację, naprawy, ogumienie i paliwo.

1) Koszt stały obejmują garażowanie samochodu, ubezpieczenie i ew. utrzymanie kierowcy. Rozpatrzmy te pozycje.

a) Wydatek konsumenta na garaż zależy od kosztu budowy garażu. Rozwój komunikacji

samochodowej powoduje rozrost powierzchni miast, szybszy niżeli wzrost ludności, pociągając za sobą zmniejszenie renty gruntowej w miastach. Ułatwia to rozpowszechnienie budowy garaży, to też powoduje niższą cenę dla konsumenta nie tylko przez zmniejszenie kosztów własnych wynajmującego, ale i przez utrudnienie spekulacji wobec dużej podaży.

b) Koszt ubezpieczenia powinien spaść w miarę wzrostu liczby samochodów, a więc wyeliminowania przypadkowości i powstania możliwości opierania kalkulacji stawek na teorii prawdopodobieństwa. Poza tem osławianie się ludności z samochodem w miarę jego rozpowszechnienia i wzrastający nacisk na przestrzeganie przepisów policyjnych powinny pociągnąć za sobą stosunkowo zmniejszenie się liczby wypadków i w konsekwencji obniżkę stawek.

c) Utrzymanie kierowcy również musi mieć tendencję niżkową, gdyż samochody stają się coraz prostsze w obsłudze i pewniejsze w eksploatacji, co zdejmuje z kierowcy znaczną część kłopotu.

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

Jednak największy wpływ na zmniejszenie kosztów stałych ma nowoczesna tendencja do uzyskiwania dużych szybkości podróży. Im większa jest szybkość, tem więcej korzyści przynosi używanie samochodu, a więc tem intensywniej jest on eksploatowany. Przez to część wydatków stałych, przypadająca na 1 km drogi, ulega dalszemu zmniejszeniu.

Przyjmując przykładowo, że samochód przebywał 1200 km na miesiąc, a obecnie 1500, i uwzględniając spadek poszczególnych części składowych wydatku stałego w ciągu lat 10-ciu, otrzymamy spadek kosztu 1 km drogi samochodu z 12,5 groszy na 7,5 grosza bez kosztu kierowcy, zaś w razie polepszenia stanu szos koszt 1 km jazdy spadać będzie w dalszym ciągu.

2) **A m o r t y z a c j a s a m o c h o d u** była obliczana na podstawie statystyki: dodając do produkcji ostatniego roku kolejno produkcje lat poprzednich, dochodzimy do ilości samochodów, równej ilości samochodów kursujących w danej chwili. Samochody mieszczące się w ramach tych roczników są to samochody czynne obecnie, zaś samochody wytworzone dawniej — są już wycofane z użycia. Oczywiście istnieją indywidualne odchylenia: są samochody starsze i są młodsze od wieku przeciętnego.

Tą drogą powstała norma amortyzacji: 7 lat dla samochodu osobowego, 11 lat dla ciężarowego, 8 lat przeciętnie dla wszystkich samochodów.

Obecnie postawy tego obliczenia są zachwiane: w okresie 1923-26 roku wyprodukowano ok. 20 milionów samochodów, w okresie 1931-34 r. (a więc w 8 lat później) — ok. 10 milionów, czyli ilość samochodów na świecie powinna była zmniejszyć się o 10 milionów — w rzeczywistości zaś spadek był znacznie mniejszy. Samochód żyje więc dziś o rok dłużej, zaś samochód dziś wyrabiany będzie miał żywot jeszcze dłuższy. Uwzględniając intensywniejszą eksploatację, otrzymujemy przedłużenie ilości przebytych kilometrów o 35 — 40% dla samochodów dziś eksploatowanych, a dla wypuszczanych na rynek — jeszcze więcej.

Biorąc pod uwagę spadek cen na międzynarodowym rynku samochodowym, niezależnie od podwyższenia jakości, otrzymamy zmniejszenie kosztów amortyzacji do połowy poprzedniej wysokości.

Dla wyżej przyjętego przykładu obciążenie 1 kilometra kosztami amortyzacji spadnie z 10 na 5 groszy.

3) **K o s z t n a p r a w** uległ bardzo silnemu zmniejszeniu dzięki rozwojowi stacyj obsługi, jak również dzięki rozwojowi czynności naprawczych w kierunku ich znormalizowania i zmechanizowania.

Zamiast dawnego dowolnego rozwiercania otworów i indywidualnego pasowania do nich wałków — stosuje się obecnie wałki, tłoki i t. p. o wymiarach z ustalonymi nadwyżkami, co pozwala rozwiercać na zgóry ustalone średnice i dobierać części zamienne ze składu do każdej, nawet bardzo zużytej maszyny. Upowszechnienie rozwiązań konstrukcyjnych, ułatwiających wymianę części (odejmowane głowice cylindrów), oraz urządzeń do naprawy części, bez wymontowania ich z samochodu (szlifiarki przenośne do cylindrów) — obniża znacznie koszt poszczególnych zabiegów.

Ostatnie wreszcie udoskonalenia — wstawianie nowych gładzi do zużytych cylindrów i nowych gniazd zaworowych w miejsce zniszczonych — czynią blok cylindrowy nieomal niezniszczalnym i rokują nadzieję, że stopniowo i inne części dojdą do tej samej doskonałości (np. tłok, dotychczas uznany za niezdatny, gdy wymaga wymiany, obecnie może być ponownie obtoczony i zastosowany powtórnie jako tłok o mniejszej średnicy, gdy po wstawieniu tulei do cylindra będzie on odpowiadał nowemu otworowi).

Ogólnie biorąc — naprawa samochodu kalkuluje się tak długo, póki łączne wydatki na wszystkie naprawy nie dojdą do kwoty równej początkowej cenie samochodu. Przy potanieniu poszczególnych napraw — można ich wykonać więcej. Tem się częściowo objaśnia dłuższy czas pracy samochodu. Obciążenie każdego kilometra drogi koniecznością odpisywania pewnej kwoty na przyszłe naprawy równa się obciążeniu z tytułu amortyzacji. Wynosi więc ono średnio 5 groszy za kilometr, wobec dawniejszych 10 i przyszłych — może 4, może jeszcze mniej.

4) **K o s z t g u m s a m o c h o d o w y c h** musiał być dawniej kalkulowany na podstawie średniej trwałości opony — 5 tys. km i dętki — 4 tys. km.

Dziś trwałość wzrosła conajmniej czterokrotnie, a przy stosowaniu opon wzmocnionych — nawet 10-krotnie. Pomimo to cena pneumatyków, liczona na samochód danej wagi, pozostała bez zmiany, pomimo stosowania znacznie większych przekrojów. Jest to skutkiem obniżenia ceny kauczuku i ulepszenia metod fabrykacji. Obciążenie 1 km drogi zmniejszyło się z 10 na 2,5 grosza i ma dalszą tendencję zniżkową.

5) **W p r e c i e w s t a w i e n i u d o t e g o — k o s z t p a l i w a** wykazuje raczej tendencję zwykłą. Stosowanie coraz większych szybkości powoduje zaopatrywanie samochodów w silniki o coraz większej mocy. Pociąga to za sobą, w zakresie dużych szybkości, rozchód mocy w coraz większym stopniu na pokonywanie oporów powietrza, a w coraz mniejszym stopniu na opory drogowe. Np. o ile samochód z silnikiem 20-konnym przebywał pewną przestrzeń w godzinę, to rozchód mocy wynosił: 10 KM na opory drogowe, a 10 KM na opory powietrza. Gdy będzie on miał silnik o większej mocy i zużyje na tę samą drogę tylko 40 minut, rozchód mocy na opory drogowe wyniesie 15 KM, a na opór powietrza 33,7 KM, czyli razem 48,7 KM. Ilość konio-godzin na opór drogowy w obu wypadkach będzie 10, natomiast na opór powietrza w 1-szym wypadku 10, w drugim 22,5. Całkowity rozchód energii wzrośnie z 20 na 32,5 konio-godzin, czyli o 62,5%. W tym samym stosunku wzrośnie rozchód paliwa na przebycie tej samej drogi.

O ile ten sam silniejszy samochód będzie posuwał się z tą samą szybkością co słabszy, straci on część mocy przez dławienie i da również znacznie gorsze wyniki w rozchodzie paliwa.

Podany wyżej wzrost mocy obserwujemy oczywiście w okresie ostatnich 10 — 15 lat: samochód Ford, model T, miał moc na hamulcu ok. 18 KM, obecny 8-cylindrowy ma 3 razy tyle.

Francuskie samochody użytkowe miały kilkanaście KM mocy, obecnie mają trzydzieści kilka.

Oszczędniejsze gaźniki i zmniejszona cena paliwa częściowo niwelują ten wzrost kosztów, jednak koszt paliwa na 1 kilometr drogi utrzymuje się na poziomie ok. 10 groszy.

Zestawienie kosztów dawnych daje $12,5 + 10 + 10 + 10 + 10 = 52,5$ gr.

Zestawienie kosztów obecnych — $7,5 + 5 + 5 + 2,5 + 10 = 30$ gr.

Koszt paliwa stanowił dawniej 19%, obecnie 33%, w przyszłości — coraz więcej.

II. Środki zmniejszenia kosztów paliwa

Duży koszt paliwa stanowi przeszkodę w eksploatacji, i to nie tylko materialną, ale i psychiczną, wiążąc bezpośrednio każdy kilometr drogi z poważnym wydatkiem. Jednak ograniczanie eksploatacji zwiększa obciążenie wydatkami stałymi i jest sprzeczne z duchem motoryzacji, podniecającym do jeżdżenia coraz więcej i coraz prędeżej. To też zmniejszenie kosztu paliwa — to intensywne eksploatacja, obniżenie kosztów stałych na 1 km i tem większy spadek całkowitego kosztu przejazdu kilometra. Jako dalszą konsekwencję, pociągając to musi wzrost ilości taboru kursującego, tendencję do ulepszenia dróg, a przez to dalszy wzrost szybkości, wzmożenie eksploatacji i spadek wszystkich pozostałych składników kosztu całkowitego.

Do tego celu możemy ządać dwiema drogami: 1) przez zmniejszenie oporów oraz 2) przez stosowanie taniego paliwa.

1) Zmniejszenie oporów drogowych odbywa się przez polepszenie zawieszania i ogumienia. Praca w tym kierunku jest prowadzona bardzo intensywnie we wszystkich krajach, jednak zmniejszenie oporów postępuje bardzo powoli — zato duże rezultaty osiąga się przez umożliwienie zwiększenia szybkości i przez ochronienie samochodu od wstrząsów. Wpływa to głównie na zmniejszenie kosztów amortyzacji i napraw, w mniejszym stopniu na koszt stałe i koszt ogumienia, najmniej na koszt paliwa.

Zmniejszenie oporów powietrza powoduje przede wszystkim oszczędność na paliwie, w mniejszym stopniu na kosztach stałych. Osiąga się je przez zmianę oprofilowania nadwozia oraz przez zmiany konstrukcyjne w podwoziu (obniżenie).

Samochód z roku 1920, przy wadze 1 000 kg, napotykał opór powietrza przy 50 km/h 30 kg, przy 70 km/h — 60 kg, przy 100 km/h — 120 kg (przez ekstrapolację).

Takiż samochód z roku 1930, obniżony i wydłużony, ma opory powietrza 2 razy mniejsze; takiż samochód o kształtach opływowych, o konstrukcji jeszcze mało rozpowszechnionej, który za kilka lat będzie ogólnie budowany, ma opór powietrza jeszcze 3 — 4 razy mniejszy.

Jednak to zmniejszenie oporu powietrza jest równoważone przez stosowanie zwiększonych szybkości: gdy samochód z roku 1920 jechał z szybkością 50 km/godz., samochód roku 1930 równie często osiągać będzie 70 km, zaś przyszły samochód roku 1940 — 120 km/godz. Każdy z nich przy swojej szybkości będzie spotykać ten sam opór powietrza.

2) Gdy inne środki okazują się nie dość skuteczne, zachodzi konieczność zwrócenia się do tańszego paliwa.

Rozróżniamy następujące środki obniżenia ceny paliwa:

a) Ulepszenie pracy silnika, by przez spalenie tej samej ilości benzyny uzyskać większą ilość konio-godzin. Stosowany indywidualnie — zmniejsza nieco wydatek, stosowany ogólnie — odciąża nieco rynek benzynowy z popytu (działając na zniżkę ceny), jednak w stopniu mniejszym, niż wzrost ilości kursujących samochodów w dłuższym okresie czasu.

b) Stosowanie paliw zastępczych do silników gaźnikowych — mieszanek alkoholowych i benzolowych, benzyny krakowej, benzyny gazolinowej i in., mniej lub więcej rozpowszechnionych. Rola ich polega na odciążeniu rynku, stwarzając dla benzyny tendencję lekko zniżkową.

c) Zastąpienie silników gaźnikowych przez wysokoprężne ma zakres, ograniczony do ciężkich samochodów ciężarowych. Jakkolwiek nowsze konstrukcje mogą być stosowane do pojazdów coraz lżejszych, to jednak konkurują one w tej kategorii z trudnością, ze względu na dużą wagę i cenę silnika, oraz szybsze jego zużywanie się. Nawet najpomysłniejsze rozwiązania konstrukcyjne silnika, oraz szybsze jego zużywanie się, gdyż wymaga on paliwa o specjalnych właściwościach, otrzymywanego w ograniczonej ilości, i wzrost liczby silników wysokoprężnych podniesie cenę paliwa do granic opłacalności zamiany rodzaju silnika.

d) Silnik na paliwo stałe rokuje najwięcej możliwości. Typem jego dzisiejszym jest silnik z generatorem gazowym, typem przyszłości będzie prawdopodobnie silnik na pył węglowy. Również zdobywają prawo obywatelstwa silniki, w których wytwarzanie gazu odbywa się w instalacji stałej, np. w gazowni miejskiej, a gaz w postaci gotowej w butlach zabierany jest na samochód.

Jednak najwięcej danych do szybkiego rozwoju i popchnięcia naprzód rozwoju motoryzacji w bliskiej przyszłości — posiada samochód ze zmontowanym na nim generatorem.

Jego zakres jest szerszy, niż samochodu gaźnikowego: w górę — do najsilniejszych ciężarowych, na których benzyna się nie opłaca, w dół — do lekkich osobowych, a nawet, jako osobliwość, istnieją już motocykle z generatorami.

III. Zasady pracy samochodu generatorowego

1) Paliwo.

Dla samochodu generatorowego podstawowym zagadnieniem jest paliwo. Wymagamy od niego:

a) dużej wartości opałowej uzyskiwanego gazu z kilograma paliwa, jak również z litra objętości;

b) małej ilości części stałych (popiołu) i składników, aktywnych chemicznie (żrących);

c) dostatecznej wytrzymałości mechanicznej;

d) nie posiadania cech szczególnie uciążliwych przy przenoszeniu;

e) szerokiego rozpowszechnienia i niskiej ceny.

Przyczyny tych wymagań są oczywiste.

a) Ważna jest nie wartość opałowia paliwa wyjściowego (w stanie stałym), lecz uzyskanego gazu, gdyż tylko ta zmienia się w pewnym stosunku w energię mechaniczną, i im jest większa, tem mniejszy zapas paliwa wystarczy na przebycie danej drogi; również ważne jest, by ten zapas miał małą objętość — pozwala to na małe rozmiary generatora i jaknajradsze jego doładowywanie.

b) Popiół zatyka urządzenia oczyszczające i przenika do cylindra, powodując zakłócenia w dopływie gazu, nadmierne wycieranie się powierzchni pracujących, a nawet niebezpieczeństwo zacierania się. Substancje smoliste zalepiają aparaty oczyszczające, a w cylindrze tworzą lepka masę.

Cząsteczki chemicznie aktywne, zwłaszcza kwas siarkowy, stanowią stałą groźbę nadgryzania powierzchni metala.

c) Wytrzymałość mechaniczna wymagana jest ze względu na wstrząsy podczas podróży — rozsypanych paliwa na kawałki i na proszek utrudnia przewóz i komplikuje działanie generatora.

d) O ile paliwo jest przykre w obchodzeniu się z nim — stanowi to psychiczną przeszkodę, utrudniającą eksploatację, to też należy tego unikać; najczęściej spotykaną wadą jest tworzenie się pyłu, wskutek małej wytrzymałości, i brudzenie się personelu obsługującego.

e) Szerokie rozpowszechnienie jest warunkiem powszechności stosowania paliwa, zaś niska cena — warunkiem opłacalności.

Cenę należy rozumieć nie za 1 kg paliwa, a (ze względu na możliwość porównania) za ilość, dającą tę samą ilość konio-godzin w silniku, co 1 litr benzyny.

Najczęściej używa się drzewa, węgla drzewnego naturalnego lub sprasowanego, ostatnio jeszcze sprasowanej mieszaniny węgla drzewnego z kamiennym, oraz drzewa po częściowej dystalacji. Czasem stosuje się węgiel kamienny lub koks. Największą wartość opałowia ma gaz z węgla, z dużą zawartością CO, oraz z drzewa po częściowej dystalacji, z zawartością ponadto wodoru i węglowodorów. Natomiast drzewo naturalne, nawet wysuszone, zawiera zbyt wiele wody. Zaledwie drobna jej część rozszczepia się w zetknięciu ze zwęglonem drzewem, dając tlenek węgla i wodór, zaś główna ilość w postaci pary jest tylko biernym świadkiem procesu. Stąd gaz z 1 kg drzewa posiada mniejszą wartość opałowia, niż z 1 kg węgla.

Węgiel drzewny nie sprasowany, z powodu małego ciężaru właściwego, daje przy tej samej objętości mniejszą ilość gazu.

Najmniejszą zawartość popiołu ma drzewo i jego pochodne, największą węgiel kamienny i koks. To też tylko niektóre gatunki węgla i koksu o specjalnie małej zawartości popiołu nadają się do tego celu, inne są sprasowywane pół na pół z węglem drzewnym, a większość nie może być używana nawet w tej postaci.

Części smoliste znajdują się w drzewach iglastych w takiej ilości, że uniemożliwia to stosowanie tego drzewa, a nawet węgla drzewnego. To też musimy ograniczyć się do drzew liściastych.

Najwyżej tutaj stoi węgiel drzewny i drzewo po częściowej dystalacji, oraz koks i węgiel — najniżej drzewo naturalne.

Cząsteczki chemicznie aktywne (kwas siarkowy) znajdują się w węglu kamiennym i jego pochodnych, zaś niema ich w drzewie i jego pochodnych.

Pod względem wytrzymałości mechanicznej na wstrząsy najwyżej stoi drzewo, najniżej węgiel drzewny. Jednak jedynie wytrzymałość węgla drzewnego nie sprasowanego może być uważana za niedostateczną. To też, ze względu na tworzący się miał, stosowanie węgla drzewnego nie sprasowanego musi być uważane za uciążliwe, stosowanie innych paliw, oprócz drzewa — za nieco kłopotliwe i jedynie drzewo nie nastrocza żadnych kłopotów, jako zupełnie czyste.

Najszerzej rozpowszechnione ze wszystkich paliw są drzewo, węgiel i koks. Jednak te dwa ostatnie są w gatunkach handlowych, wydobywane i sortowane na ogólnych zasadach, bez specjalnego zwracania uwagi na nieobecność szkodliwych domieszek. To też torować drogę rozwojowi generatorów może tylko drzewo — dla innych paliw otworzy się pole, gdy wymagania wzrosną, oraz gdy ilość drzewa na rynku okaże się zbyt mała.

Wzrost wymagań co do wartości opałowia doprowadza do stosowania węgla drzewnego, a wobec jego wad — ostatnio do drzewa po częściowej dystalacji. Dobre wyniki daje też sprasowany węgiel drzewny — lecz zabieg prasowania podnosi znacznie cenę.

Obniża się ją, sprasowując mieszaninę węgla drzewnego z kamiennym. Najtańszy jest węgiel kamienny i koks, nawet w specjalnych gatunkach, po nich idą kolejno: drzewo naturalne, drzewo po częściowej dystalacji, sprasowana mieszanina węgla drzewnego z kamiennym, węgiel drzewny niesprasowany i węgiel drzewny sprasowany.

2) Wytwarzanie gazu.

Instalacja składa się z generatora i z aparatu oczyszczającego. Rozróżniamy dwa typy urządzeń: do paliwa zupełnie suchego, oraz do paliwa wilgotnego (drzewa).

Generator pracuje z odwróconym kierunkiem płomienia, t. j. powietrze dostaje się do paleniska od góry. Tlen spala się w górnych warstwach paliwa na dwutlenek węgla, a w niższych warstwach następuje odtlenienie dwutlenku węgla na tlenek przez zetknięcie z rozżarzoną węglem. W dolnej połowie generatora następuje odprowadzenie gazu nazwewnątrz.

Ten układ, odwrotny niż w instalacjach stałych, przedstawia następujące korzyści. Wysokość generatora jest znacznie mniejsza, gdyż ruch gorących gazów ku dołowi jest powolniejszy, niż ku górze, i reakcje mają czas się odbyć. Popiół wydziela się z węgla poniżej miejsca doprowadzenia gazów, to też nie jest porywany przez ich strumień i może opadać bez przeszkody na dno generatora. Tylko drobna jego część jest unoszona w kierunku cylindrów.

Przy paliwie suchym (t. j. węglu) następuje wyłącznie reakcja egzotermiczna utleniania, skutkiem czego wywiązuje się wysoka temperatura. Generator musi być wyłożony gliną ogniotrwałą,

opuszczające go gazy są gorące i wymagają chłodzenia.

Przy paliwie mokrem (t. j. drzewie nawet silnie suszonym) następuje jeszcze reakcja endotermiczna — rozszczepiania wody przez rozżarzony węgiel, skutkiem czego tworzy się wolny wodór i tlenek węgla. Część wody pozostaje jednak nie rozszczepiona, w postaci pary.

Temperatura w generatorze jest znacznie niższa, skutkiem czego generator może być wykonany z blachy stalowej. Ścianki jego są chłodzone przez strumień powietrza, płynący nazewnątrz generatora w kierunku górnych okienek, doprowadzających powietrze do jego wnętrza. Strumień ten jest prowadzony przez zewnętrzny cylinder blaszany. W ten sposób ciepło, płynące z generatora przez ściankę do powietrza, jest przez ruch powietrza z powrotem doprowadzane do generatora.

Generator taki jest znacznie trwalszy na wstrząśnienia, to też był używany nawet na samochodach, ogumionych masywami.

Wytwarzany w nim gaz jest znacznie chłodniejszy i przybiera temperaturę powietrza w czasie normalnego procesu oczyszczania.

Oczyszczanie gazu suchego jest bardzo proste — wymaga ono tylko przepuszczenia gazu przez filtry z tkaniny jedwabnej, na której zatrzymują się zawiesiny stałe. Gaz jest tak dokładnie oczyszczony, że przy użyciu go do silnika suwakowego nie powoduje żadnych objawów anormalnego zużycia się gładzi.

Taki sam sposób przy gazie mokrym wywołałby utworzenie błota ze skroplonej pary, zmieszanej ze stałymi zawiesinami, i zatkanie filtrów. Konieczne jest więc urządzenie więcej skomplikowane — gaz przechodzi kolejno przez trzy podłużne zbiorniki. Przy wejściu do każdego — traci szybkość i pozbywa się dużej części zawiesin. Wobec dobrego chłodzenia również i para wodna ulega skropleniu, dzięki czemu cząsteczki stałe tworzą szlam i niema obawy porwania ich przez prąd powietrza. Skutkiem dużego przekroju zbiorników niema też niebezpieczeństwa zatkania urządzenia oczyszczającego.

3) Błędy konstrukcyjne.

Błędy ściśle techniczne — niedomagania zapłonu, nadmierne zużycie i t. p. są już oddawna całkowicie opanowane. Główne źródło błędów konstrukcyjnych pochodzi z niezrozumienia przez wytwórcę warunków pracy użytkownika. Skutkiem tego nie widzi on dla siebie dostatecznych korzyści, które wynagradzałyby kłopoty, związane ze stosowaniem generatora.

Błędy więc można podzielić na dwie grupy: błędów powiększających kłopoty w eksploatacji, oraz błędów zmniejszających korzyści dla użytkownika.

Do pierwszej grupy należy przede wszystkim trudny rozruch. Przyczyną jego jest wyższy stosunek sprężenia, gdyż nie zachodzi obawa detonacji, a trzeba choć częściowo wyrównać mniejszą wartość opałową gazu generatorowego w porównaniu z benzyną. Trudny rozruch wymaga częstszego posługiwania się rozrusznikiem oraz użycia rozrusznika o większej mocy, z silniejszym akumulatorem, jak również większej prądnicy do do-

ładowywania. Tymczasem przez długi czas nie stosowano wcale rozruszników na samochodach generatorowych, i w ten sposób wytwórcy zrazili użytkowników.

Bardzo dotkliwa jest zwłaszcza trudność uruchomienia po dodaniu paliwa i ponownem rozpaleniu nad ranem. Niema wtedy gazu ani w generatorze, ani w aparacie oczyszczającym, ani w rurach. Silnik wprawiony w ruch zasysa samo powietrze.

Dla wytworzenia ruchu gazów w generatorze należy po zapaleniu drzewa obracać ręczny wentylator, umieszczony poza generatorem, ciągnąć nim gazy, tworząc w generatorze podciśnienie, i wypuszczać te gazy przez komin. Dopiero gdy gazy te nabiorą właściwego składu, można przepuszczać je do aparatu oczyszczającego, w którym również należy pokonać opór, by wypełnić go gazem. Uruchomienie silnika może nastąpić wtedy, gdy gaz generatorowy dochodzi do rury ssącej.

Wówczas też zbędne jest uruchomienie benzyną — można to czynić bezpośrednio gazem, który ma w porównaniu z benzyną wielką zaletę: nie skrapla się na ściankach zimnego silnika, co ma wielkie znaczenie, zwłaszcza przy uruchomianiu zimą.

Jeśli natomiast niecierpliwy kierowca nie przetłoczy gazu przez wszystkie przeszkody do końca, a uruchomi z trudem silnik na benzynę, to po przełączeniu na gaz nastąpi natychmiastowa przerwa w pracy — zassane będzie samo powietrze, i trzeba będzie uruchamiać silnik ponownie.

Poszczególne samochody mają bardzo celowo opracowane rozpalenie generatora, lecz nigdzie prawie nie widzi się konsekwentnie przeprowadzonego przetłaczania gazu przez aparat oczyszczający do rury ssącej, gdy silnik jeszcze nie pracuje.

Druga grupa błędów polega na tem, że wytwórca nie wykorzystuje wszystkich zalet generatora i nie daje użytkownikowi korzyści, możliwych do osiągnięcia jako równoważnik nieodzownych trudności. Taką nie wykorzystywaną (do niedawna) zaletą jest taniość paliwa, która pozwala na stosowanie silników o bardzo dużej mocy. Dzięki temu samochód może rozwijać dużą szybkość i osiągnąć ją w bardzo krótkim czasie.

Nie po tej drodze poszli konstruktorzy francuscy, którzy byli pierwszymi pionierami rozwoju samochodów generatorowych. Pomimo pokonania wszystkich trudności technicznych, nie zdobyli oni powodzenia, gdyż byli zasugerowani dążeniem do oszczędności paliwa. Oszczędność ta, osiągnięta przez mały litraż silnika, dobra dla benzyny, była zupełnie iluzoryczna przy drzewie lub węglu drzewnym. Nadmiar złego używane były silniki o tych samych wymiarach, co benzynowe, więc słabsze od nich. Powstała paradoksalna sytuacja, że przy wszystkich koniecznych kłopotach występował jeszcze kłopot niepotrzebny — silnik nie ciągnął. To też użytkownicy nie dali sobie narzucić samochodu o tylu wadach, i po zjawieniu się na rynku samochodu z silnikiem Diesela zwrócili się ku niemu jednomyślnie.

Dziś we Francji utrzymał się na rynku jeden wytwórca samochodów generatorowych. Wyrabiał on

silniki bezzaworowe, a więc pozwalające przy dużych obrotach unikać dławienia i tem samem rozwijać dość dużą moc. Silniki te zaopatrzone były w normalną instalację elektryczną, a więc nie wymagały rozruchu ręcznego. Samochody tego typu, zarówno ciężarowe jak i osobowe, są chętnie nabywane zwłaszcza przez wojsko francuskie.

Konstruktorzy niemieccy zajęli się generatorami znacznie później, gdy cała techniczna strona zagadnienia była już praktycznie rozwiązana. Zaczęli więc od korzystania z licencji francuskich, zwłaszcza na generator do drzewa. Jednak od razu ocenili, że korzyści tkwią głównie w możliwości osiągania dużej mocy bez podnoszenia kosztu na godzinę, a nie w możliwości zmniejszenia kosztu przy zmniejszonej mocy.

Zaczęli więc od razu od silników przeciętnie 3—4 razy mocniejszych niż francuskie — przeważnie 100—120-konnych, a nawet 150-konnych. Były to silniki nowoczesne, z silną instalacją elektryczną rozruchową, do czego przyczyniła się praktyka wytwarzania silników Diesela. Dużą zaletą konstruktorów niemieckich jest też, że nie zatrzymali się na stosowaniu drzewa i jego pochodnych, a zwrócili się do paliw mineralnych — węgla i koksu. Prace w tym kierunku jeszcze są w toku, lecz ręką pomyślnie wyniki. Poza większym ciężarem urządzeń oczyszczających — inne trudności mają mniejsze znaczenie.

Otwiera to przed samochodem generatorowym nowe, szerokie pole zastosowań. Użycie paliw mineralnych będzie możliwe przy zachowaniu takiej pewności w eksploatacji i trwałości sprzętu, jak obecnie przy użyciu drzewa. Wówczas tanieść węgla nieomal wyeliminuje wydatek na paliwo z kosztów eksploatacji samochodu, sprowadzając go niżej wydatku np. na pneumatyki.

IV. Wnioski dla polskich warunków.

Rozpatrując widoki stosowania samochodów generatorowych w Polsce, musimy przyjść do wniosku:

- 1) że ma ono doniosłe znaczenie wobec zmniejszającej się produkcji i wysokiej ceny paliw płynnych,
- 2) że przy obecnym stanie techniki nie nastęca ono trudności,
- 3) że przy właściwym rozwiązaniu konstrukcyjnym nie utrudnia ono eksploatacji w porównaniu z silnikiem benzynowym,
- 4) że przez potaniecie przewozu rozszerza ono zasięg motoryzacji na dziedziny, w których obecnie motoryzacja się nie kalkuluje,
- 5) że przyczyni się ono do zwiększenia ilości pojazdów mechanicznych.

Ze wszystkich tych względów samochody generatorowe powinny być usilnie popierane w stosunku do benzynowych.

L'importance du carburant à bon marché pour le développement de la motorisation du pays

R é s u m é :

L'auteur analyse les coûts d'exploitation d'une voiture automobile et montre que toutes les positions de ces coûts ont une tendance à la baisse au fur et à mesure du développement de la circulation, excepté le coût du combustible. Ce dernier tend à augmenter, malgré le progrès réalisé autant dans la construction du moteur que dans celle du chassis et de la carrosserie (formes aérodynamiques), parce que à côté de la diminution de la consommation par 1 CV-heure, s'accroît l'augmentation de celle-ci causée par l'accroissement de la vitesse de circulation et par l'augmentation de la puissance des moteurs.

Soulignant l'importance de l'abaissement des coûts du combustible, l'auteur énumère les moyens conduisant à ce but et indique que le moyen le plus efficace serait l'introduction des moteurs à gazogène pour le combustible solide. Passant à ce type de moteur, il donne sa caractéristique et montre les possibilités de son développement dans l'avenir.

W sprawie wytrzymałościowego obliczenia spawanych naczyń pod ciśnieniem *)

Inż. Z. Kłębowski, SIMP

Ścianka boczna naczyń kształtu powierzchni obrotowej. — Ogólny obliczeniowy wzór autora dla przycinających się szwów spawanych i wzory dla szczególnych przypadków. — Denko okrągłe, połączone z wewnętrzną powierzchnią bocznej ściany naczyń. — Wzór autora — Króciec połączony z krawędzią otworu. — Wzór. — Przykłady.

W niniejszym referacie rozpatrzemy:

- 1) spawane ściany bocznej powierzchni naczyń,
- 2) denka okrągłe, połączone przy pomocy spawania z wewnętrzną powierzchnią bocznej ściany naczyń, i
- 3) króćce, połączone przy pomocy spawania z krawędziami otworu denka lub bocznej powierzchni naczyń.

1. Ściana bocznej powierzchni.

W dostatecznie małych obszarach ciała, można każde odkształcenie uważać za jednorodne, to jest spełniające warunek, że składowe odkształcenia właściwego są dla każdego punktu ciała jednakowe. W takim rozumieniu rozpatrywać będziemy, jako jednorodne, odkształcenia w materiale szwu spawanego — elektrycznie lub acetylenem.

Przypisując ponadto materiałowi szwu spawanego własności materiału równokierunkowego (izotropowego), będziemy stosować do oceny zjawisk w nim zachodzących pod wpływem obciążenia — uproszczone podstawowe wzory teorii sprężystości.

Rozpatrzmy dwuwymiarowy stan napięcia (rys. 1), określony naprężeniami głównymi σ_1 i σ_2 . Składowe stanu napięcia takiego prostokątnego elementu, którego dwie równoległe krawędzie tworzą kąt α z kierunkiem σ_2 , wyrażają się równościami (1)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha \\ \sigma_y &= \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha \\ \tau &= \tau_{xy} = \tau_{yx} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

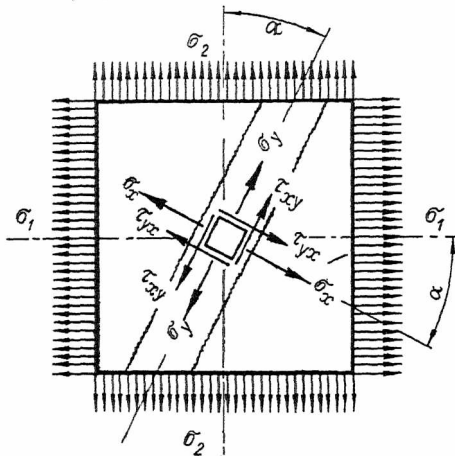
Jeżeli na kierunku, tworzącym kąt α z kierunkiem naprężenia σ_2 , znajduje się osłabienie wzglę-

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich (czerwiec 1935 r.)

dne z_1 , naprzykład wywołane obecnością otworów okrągłych o średnicy d_1 i podziałce t_1 , spełniających warunek (2)

$$z_1 = \frac{t_1 - d_1}{t_1}, \dots \dots \dots (2)$$

to wyrażenie dla σ_x i τ_{xy} w grupie równości (1) należy podzielić przez z_1 .



Rys. 1. Schemat dwuwymiarowego stanu napięcia, określonego ogólnie składowcami: $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{yx}$, wyrażającemi się równościami (1) w funkcji naprężeń głównych σ_1 i σ_2 oraz kąta α .

Za takie samo osłabienie przy ocenie dopuszczalnych naprężeń przyjmujemy również szew spawany, przypisując mu analogicznie, jak w przypadku otworów, pewien procent — mniejszy od 100 — wytrzymałości pełnej blachy.

Takie traktowanie szwu spawanego pozwala na wyprowadzenie warunku wytrzymałościowego w ogólnym przypadku szwu, zorientowanego pod jakimkolwiek kątem α , jak również jeszcze w ogólniejszym przypadku — przecinających się dwóch szwów pod prostym kątem. Wyniki otrzymane z rozpatrzenia tych ogólnych przypadków dogadzają oczywiście również przypadkom szczególnym.

Uwzględnienie osłabiającego wpływu szwu wyłączenie przez odpowiednie zmniejszenie dopuszczalnego naprężenia (kz_1 zamiast k) przemawia wprawdzie więcej do wyobraźni, służyć jednak może tylko w najprostszyc przypadkach, mianowicie: w przypadku poprzecznego szwu przy jednoosiowym rozciąganiu, lub w przypadku szwu narzonego na naprężenia ścinające.

O ile więc na kierunku σ_y , tworzącym kąt α z kierunkiem σ_2 , znajduje się szew spawany, który traktujemy tak samo, jak blachę, posiadającą w tym kierunku osłabienie względne z_1 , to stan naprężenia elementu, którego wszystkie cztery ściany znajdują się w obrębie materiału szwu spawanego, wyrazi się tak samo, jak przy osłabieniu otworami.

Jeżeli ponadto istnieje szew spawany w kierunku σ_x , tworzącym kąt prosty z kierunkiem σ_y , i przypisujemy mu osłabienie względne z_2 , to, po dojściu do równowagi napięć działających na rozpatrywany element, mamy grupę równości (3):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{1}{z_1} \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha \right) \\ \sigma_y &= \frac{1}{z_2} \left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \cos 2\alpha \right) \\ \tau &= \frac{1}{z} \tau_{xy} = \frac{1}{z} \tau_{yx} = \frac{1}{z} \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha \right) \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

gdzie z wyraża się równością (4):

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{z} &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) = \frac{z_1 + z_2}{2 z_1 z_2} \\ z &= \frac{2 z_1 z_2}{z_1 + z_2} \end{aligned} \right\} \dots \dots (4)$$

W rozpatrywanym przypadku osłabienia, wywołanego przecinającymi się szwami spawanymi, jest $z_1 = z_2 = z$. Pozostawimy jednak te różne oznaczenia osłabień dla obydwu szwów, w celu późniejszego łatwiejszego przechodzenia od ogólnych wyników do przypadków poszczególnych.

*

Warunek wytrzymałościowy dla materiału praktycznie izotropowego zgodnie z ogólną hipotezą niezmienników, prof. Włodzimierza Buryńskiego, przy $n = \frac{K}{k}$ - krotnej pewności, wyraża się równością (5)

$$0,5 \left[\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\varphi + 1}{\varphi} \times \sqrt{(\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + (\sigma_x - \sigma_y)^2 + 6(\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2)} + \frac{\varphi - 1}{\varphi} \cdot (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z) \right] \leq k_r \dots (5')$$

W równości tej φ oznacza $K_c : K_r$ — stosunek naprężenia w stanie krytycznym (niebezpiecznym) przy zwykłym ściskaniu do naprężenia w stanie krytycznym przy zwykłym rozciąganiu.

Dla metali plastycznych $K_c = K_r$ czyli $\varphi = 1$, a równość (5) przybiera postać (6):

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - \sigma_x \sigma_y - \sigma_y \sigma_z - \sigma_z \sigma_x + 3(\tau_x^2 + \tau_y^2 + \tau_z^2)} \leq k_r (6)$$

Jest to równość, wyrażająca warunek wytrzymałościowy według hipotezy energii odkształcenia postaciowego (Huber, Mises, Hencky).

Dla dwuwymiarowego stanu napięcia, równość (6) upraszcza się, przechodząc w równość (7):

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau^2} \leq k_r \dots \dots (7)$$

*

W przypadku cienkościennego naczynia, w którym:

- 1) wyrażenie promienia krzywizny tworzącej — zapomocą spólrzędnych — jest funkcją ciągłą w rozpatrywanym miejscu,
- 2) miejsce to jest poza wpływem jakichkolwiek usztywnień,
- 3) ze zmianą kształtu, powstałą pod wpływem wewnętrznego ciśnienia, liczyć się nie potrzeba, —

— mamy ogólnie znane równanie równowagi (8):

$$\frac{\sigma_1}{r_1} + \frac{\sigma_2}{r_2} = \frac{p}{g} \dots \dots \dots (8)$$

W równaniu (8) oznacza:

r_1 i r_2 — główne promienie krzywizny w cm,
 σ_1 i σ_2 — naprężenia normalne w kg/cm², działające w kierunku stycznych do łuków opisywanych promieniami r_1 i r_2 (z odpowiednimi znakami),

*) Forównaj artykuł autora. „Obecny stan wytrzymałościowego obliczenia materiałów o własnościach uogólnionych” — wzór 10. Przegląd Techniczny Nr. 11 z dn. 30 maja 1934 r., str. 373

p — ciśnienie w kg/cm^2 ,
 g — grubość ścianki w cm .

Równanie (8) ważne jest dla elementu ścianki cienkościennego naczynia jakiegokolwiek kształtu powierzchni, nie koniecznie obrotowej, o krzywiznach zmieniających się w sposób ciągły.

Do określenia naprężeń σ_1 i σ_2 z równania (8) niezbędna jest znajomość dodatkowych warunków, a wyznaczenie ich w sposób ogólny nasuwałoby znaczne trudności.

W przypadku naczynia kształtu powierzchni obrotowej, zagadnienie upraszcza się. Jeżeli mianowicie oznaczymy przez:

r_1 — promień krzywizny w rozpatrywanym punkcie w przekroju, uskutecznionym płaszczyzną prostopadłą do tworzącej,

r_2 — promień krzywizny tworzącej w rozpatrywanym punkcie, to naprężenia główne wyrażają się według równości (9):

$$\sigma_1 = \frac{pr_1}{2g} \left(2 - \frac{r_1}{r_2} \right), \quad \sigma_2 = \frac{pr_1}{2g} \dots (9)$$

*

Rozpatrzmy element (rys. 1), jako należący do cienkiej ścianki naczynia o powierzchni obrotowej (rys. 2), przyjmując σ_1 za naprężenie główne o kierunku stycznej do równoleżnika, σ_2 — za

$$\frac{pr_1}{2gz} \cdot \sqrt{\left(\frac{3r_2 - r_1}{2r_2} \right)^2 \cdot (z^2 + 1 - z) + \frac{(3r_2 - r_1)(r_2 - r_1)}{2r_2^2} \cdot (1 - z^2) \cos 2\alpha + \left(\frac{r_2 - r_1}{2r_2} \right)^2 \cdot (z^2 + 1 + z)} \leq k_r \quad (13)$$

drugie naprężenie główne, o kierunku stycznej do tworzącej.

Wówczas, uwzględniając wyrażenia (9) dla σ_1 i σ_2 w równościach (3) oraz bacząc na zachodzący w przybliżeniu związek (10):

$$(z_1^2 + z_2^2 + 2z_1z_2) \approx \frac{4}{3}(z_1^2 + z_2^2 + z_1z_2) \quad (10)$$

z omyłką wzrastającą od 0 do 1,6% w miarę tego, jak stosunek $\frac{z_1}{z_2}$, względnie $\frac{z_2}{z_1}$, zmienia się od 0,6 do 1,5, uwalniamy się od wyrazów zawierających funkcje trygonometryczne w drugiej potęgę i otrzymujemy ostatecznie równość (11):

$$\left[\left(\frac{pr_1}{2g} \right)^2 \cdot \left(\frac{r_2 - r_1}{2r_2 z_1 z_2} \right)^2 \cdot \left[\left(\frac{3r_2 - r_1}{r_2 - r_1} \right)^2 \cdot (z_1^2 + z_2^2 - z_1 z_2) + 2 \cdot \frac{3r_2 - r_1}{r_2 - r_1} \cdot (z_2^2 - z_1^2) \cos 2\alpha + (z_1^2 + z_2^2 + z_1 z_2) \right] \right] \leq k_r^2 \quad (11^*)$$

*) Po uwzględnieniu wyrażenia (9) w równościach (3) otrzymujemy początkowo równość następującą:

$$\left(\frac{pr_1}{4g} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{r_1}{r_2} \right)^2 \cdot \frac{1}{z_1^2 z_2^2} \cdot \left[\left(\frac{3r_2 - r_1}{r_2 - r_1} \right)^2 \cdot (z_1^2 + z_2^2 - z_1 z_2) + 2 \cdot \frac{3r_2 - r_1}{r_2 - r_1} \cdot (z_2^2 - z_1^2) \cos 2\alpha + (z_1^2 + z_2^2 + z_1 z_2) \cos^2 2\alpha + \frac{3}{4} (z_1^2 + z_2^2 + 2z_1 z_2) \sin^2 2\alpha \right] \leq k_r^2$$

Dopiero po uwzględnieniu równości (10), istniejącej w dostatecznym dla technicznych zastosowań przybliżeniu, uwalniamy się od wyrazów zawierających $\cos^2 2\alpha$ i $\sin^2 2\alpha$ otrzymując równość (11).

Dla przecinających się szwów pod kątem innym niż prosty, można w przybliżeniu stosować wzór (11), w razie wątpliwości, należałoby tylko — jak się na pierwszy rzut oka to wydaje potrzebne — przeprowadzić dwa razy obliczenie, mianowicie: przyjmując po kolei za α kąt, jaki tworzą z południkami każdy z obydwu szwów, i przyjmując wynik gorszy za miarodajny. Jak się jednak niebawem okaże, będzie to zbyt ciężkie, gdyż przy dwóch przecinających się szwach wyniki obliczenia są niezależne od kąta α . Wzór (11) można również w przybliżeniu stosować (nawet z większą niż wzór przewiduje pewnością) w przypadku zbiegających się szwów — przypadek łaty, połączonej przy pomocy spawania z krawędziami wykroju w kształcie wieloboku.

*

Przy dwóch szwach przecinających lub zbiegających się wobec tego, że $z_1 = z_2 = z$, równość (11) upraszcza się we wzór (12), dający wyniki niezależne od kąta α

$$\frac{pr_1}{2gz} \cdot \sqrt{3 - 3 \frac{r_1}{r_2} + \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2} \leq k_r \quad (12)$$

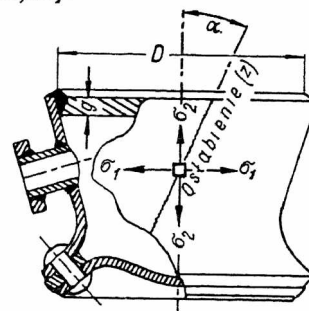
Dla pojedynczego szwu: $z_1 = z_2 = 1$, więc z równości (11) otrzymujemy wzór (13):

Ze wzoru (13) wnioskujemy bezpośrednio, jak następuje:

1) przy $r_1 > r_2$ należy szew pojedynczy umieszczać względem tworzącej pod kątem α , znajdującym się w granicach pomiędzy 0° i 45° , a szew idący wzdłuż tworzącej ma kierunek najkorzystniejszy.

2) przy $r_1 < r_2$ należy kąt α obierać pomiędzy 45° i 90° , a szew idący wzdłuż równoleżnika ma kierunek najkorzystniejszy.

Rys. 2.
Szkic spawanego naczynia.



W przypadku naczynia bez szwu: $z_1 = z_2 = 1$, otrzymujemy z którejkolwiek z równości (11), (12) lub (13) wzór (14):

$$\frac{pr_1}{2g} \cdot \sqrt{3 - 3 \frac{r_1}{r_2} + \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2} \leq k_r \quad (14)$$

*

Wzory (12), (13) i (14), ogólne ze względu na kształt powierzchni, przybierają prostszą postać w technicznie ważnych przypadkach szczególnych, mianowicie, oznaczając naprężenie dopuszczalne k w kg/mm^2 i przyjmując $\sqrt{3} = 1,732$, otrzymujemy:

I. Dla powłoki w kształcie cylindra obrotowego ($r_1 = \frac{D}{2}$, $r_2 = \infty$).

a) przy dwóch przecinających się szwach (wzór 15)

$$\frac{pD}{231 \cdot g \cdot z} \leq k; \dots \dots \dots (15)$$

b) przy pojedynczym szwie (wzór 15a)

$$\frac{p \cdot D}{231 g z} \cdot \sqrt{\frac{5}{6} \cdot (z^2 + 1) - \frac{2}{3} z + \frac{1}{2} \cdot (1 - z^2) \cos 2\alpha} \leq k; (15a)$$

c) bez szwu (wzór 15b)

$$\frac{pD}{231 g} \leq k. \dots \dots \dots (15b)$$

II. Dla powłoki kulistej ($r_1 = r_2 = r$).

a) Dwa przecinające się szwy (wzór 16):

$$\frac{p r}{200 g z} \leq k; \dots \dots \dots (16)$$

b) pojedynczy szew (wzór 16a):

$$\frac{p r}{200 g z} \cdot \sqrt{z^2 + 1 - z} \leq k; \dots \dots (16a)$$

c) bez szwu (wzór 16b):

$$\frac{p r}{200 g} \leq k \dots \dots \dots (16b)$$

III. Dla powłoki w kształcie stożka obrotowego o kącie wierzchołkowym 2β :

Przyjmując $\sqrt{3} = 1,732$, otrzymujemy:

a) dwa przecinające się szwy (wzór 17):

$$\frac{p r_1}{115,5 g z} \leq k; \dots \dots \dots (17)$$

b) pojedynczy szew (wzór 17a):

$$\frac{p r_1}{115,5 g \cdot z} \cdot \sqrt{\frac{5}{6} (z^2 + 1) - \frac{2}{3} z + \frac{1}{2} (1 - z^2) \cos 2\alpha} \leq k; (17a)$$

c) bez szwu (wzór 17b):

$$\frac{p r_1}{115,5 g} \leq k. \dots \dots \dots (17b)$$

We wzorach (17), (17a) i (17b) promień r_1 jest długością odcinka normalnej pomiędzy rozpatrywanym punktem powierzchni a osią stożka.

*

Wzory od (9) do (17b) wyprowadzone zostały dla powłoki osiowo-symetrycznej. W przypadku innej powłoki można również w przybliżeniu stosować te wzory, o ile w rozpatrywanym miejscu można jeden z głównych promieni krzywizny rozpatrywać w przybliżeniu na pewnej długości — jako stały. Wówczas w wyżej podanych wzorach należy ten promień uwzględniać jako r_1 , a łuk, opisywany drugim głównym promieniem krzywizny, traktować jako tworzącą i do niego odnosić orientację szwu spawanego, to jest kąt α .

Dotychczasowe rozważania odnosiły się do powłoki osiowo-symetrycznej, o tworzącej, posiadającej krzywiznę, zmieniającą się w sposób ciągły. W przypadkach, kiedy zachodzi zaburzenie ciągłości krzywizny tworzącej, nie należy w żadnym razie umieszczać w tych miejscach szwów poprzecznych, to jest stosować $\alpha = 90$, gdyż cała praca odkształcenia przy zginaniu mogłaby się skoncen-

trować w szwie.*) Podobne zjawisko, choć o łagodniejszym przebiegu, zachodzić będzie w szwie ukośnym względem tworzącej. Natomiast obecność szwów, skierowanych według tworzącej, nie nastęcza obaw.

2. Płaskie denko okrągłe połączone przy pomocy spawania z wewnętrzną powierzchnią bocznej ściany naczynia.

W okrągłej płycie, utwierdzonej na obrzeżu (rys. 2) — największy wysiłek panuje na obwodzie utwierdzenia. Należy jednak rozpatrzyć w wymiarze grubości płyty na obwodzie utwierdzenia dwa typowe miejsca: A — na powierzchni denka i B — w środku wymiaru grubości denka.

A — punkt zewnętrzny; panuje w nim największe naprężenie normalne od zginania σ_1 , pochodzące od momentu utwierdzenia M_1 — pary sił, działającej w przekroju radialnym, i naprężenie normalne — również zginające σ_2 , pochodzące od momentu M_2 utwierdzenia — pary sił, działającej w przekroju stycznym do obwodu utwierdzenia.

Obydwa naprężenia normalne σ_1 i σ_2 osiągają maximum w skrajnych włóknach płyty cylindrycznego, względnie stożkowego, przekroju utwierdzenia, to jest w punktach znajdujących się na płaskich powierzchniach denka, gdy w środku wymiaru grubości denka naprężenia te są równe zeru. W miejscu, gdzie panują maksymalne naprężenia normalne σ_1 i σ_2 — naprężenie styczne równe jest zeru.

B — punkt znajdujący się w środku wymiaru grubości na cylindrycznym, względnie stożkowym, przekroju utwierdzenia; panują w nim maksymalne naprężenia styczne (ścinające) τ_1 . Wartość naprężenia τ_1 przyjmujemy, jak przy zginaniu belek o przekroju prostokątnym, równą $\frac{3}{2}$ przeciętnego naprężenia ścinającego τ , panującego w całym wymiarze grubości denka cylindrycznego w miejscu utwierdzenia. W miejscu, gdzie panuje maksymalne naprężenie styczne τ_1 , naprężenia normalne σ_1 i σ_2 równe są zeru.

*

Wobec powyższego, należy zbadać osobno wysiłek, zachodzący na obwodzie denka w skrajnych punktach wymiaru grubości (przypadek A), na napięcia tylko normalne i oddzielnie — wysiłek w punktach znajdujących się na obwodzie denka w środku wymiaru grubości (przypadek B) na napięciu tylko styczne.

Dla obydwu obliczeń (A i B) posługiwać się będziemy wzorem (7).

Z teorii płyt znamy wyrażenie dla σ_1 (równość 18):

$$\sigma_1 = \frac{3}{16} \cdot p \left(\frac{D}{g} \right)^2 \dots \dots \dots (18)$$

Przy dokładnym utwierdzeniu przez spawanie płyty na obwodzie powstaje naprężenie główne σ_2 (równość 19):

$$\sigma_2 = \mu \sigma_1 = \mu \frac{3}{16} p \left(\frac{D}{g} \right)^2 \dots \dots \dots (19)$$

*) Zastrzeżenie to nie dotyczy szwu poprzecznego, łączącego zewnętrzną powierzchnię naczynia z krawędzią otworu kołnierza usztywniającego. Szew taki należy obliczać na ścinanie.

Przeciętne naprężenie ścinające na obwodzie spawania wyraża się równością (20)

$$\tau = \frac{\pi D^2}{4} \cdot p : \pi D g = \frac{p D}{4 g} \dots (20)$$

maksymalne zaś naprężenie styczne równością (21)

$$\tau_1 = 1,5 \tau = \frac{3}{8} \cdot \frac{p D}{g} \dots (21)$$

Wobec powyższego wzory obliczeniowe — jak wynika z równości (7), przy $\mu = 0,3$, przedstawia się:

w przypadku A (wzór 22):

$$\frac{1}{6} p \left(\frac{D}{g}\right)^2 \leq k, \dots (22)$$

w przypadku B (wzór 22a):

$$0,65 \frac{p D}{g} \leq k \dots (22a)$$

We wzorze (22a) za k należy przyjmować — tak samo, jak we wzorach (22) i poprzednich, — dopuszczalne naprężenie na rozciąganie k_r , a nie dopuszczalne naprężenie na ścinanie (skręcanie) k_s , gdyż równość (22a), pochodząca z równości (7), już w swej budowie uwzględnia okoliczność ścinania obecnością — w postaci utajonej — współczynnika $\sqrt{3}$, przewidując, iż $k_s = \frac{1}{\sqrt{3}} k_r$, co rzeczywiście praktycznie zupełnie dokładnie odpowiada badaniom doświadczalnym nad metalami plastycznymi, z których wynika, iż $k_s = 0,58 k_r$.

Praktycznie wzór (22a) może mieć zastosowanie tylko w denkach o bardzo dużej grubości w porównaniu ze średnicą, to znaczy przy bardzo małym stosunku $\frac{D}{g}$, mianowicie o ile zachodzi równość (23)

$$\frac{D}{g} \leq 3,9, \dots (23)$$

co nie ma praktycznego zastosowania w technice spawalniczej, wobec czego ostatecznym wzorem obliczeniowym dla omawianej konstrukcji w granicach zwykle używanego ustosunkowania wymiarów i przy dopuszczalnym naprężeniu k , wyrażonym w kg/mm^2 , jest wzór (24)

$$\frac{p}{600} \cdot \left(\frac{D}{g}\right)^2 \leq k \dots (24)$$

Chcąc uwzględnić osłabienie na obwodzie spawania przy pomocy współczynnika z , należałoby lewą stronę równości (24) pomnożyć przez $\frac{1}{z}$. Wobec tego jednak, że dopuszczalne naprężenie przy zginaniu, określone lewą stroną równości (24), dotyczy tylko skrajnych punktów, nie uwzględniamy w nim współczynnika $\frac{1}{z}$. Przy zginaniu bowiem, nawet w przypadku przekroczenia granicy plastyczności, co wobec przyjmowanej dużej pewności x nigdy oczywiście nie zajdzie, nastąpiłby w przekroju utwierdzenia korzystniejszy rozkład naprężeń, a wówczas przekroczenie tej granicy w skrajnych punktach nie powtórzyłoby się już nigdy przy tem samym obciążeniu.

Dobre utwierdzenie denka winno być wykonane przy pomocy szwu spawanego w kształcie X (lub ściślej w kształcie K), a nie V, aby dzięki obustronnemu zgrubieniu odkształcenie nie zachodziło w miejscu przejścia od denka do płaszcza, lecz w denku przy spawaniu.

3. Króciec połączony przy pomocy spawania z krawędzią otworu

W przypadku połączenia przy pomocy spawania króćca o zewnętrznej średnicy D z krawędzią otworu ścianki o grubości g , należącej do powierzchni bocznej naczynia lub denka, przy k wyrażonym w kg/mm^2 , obliczamy, jak to wynika z równości (7), po uwzględnieniu wartości przeciętnego naprężenia ścinającego z równości (20), wzorem (25):

$$\frac{p D}{231 g} \leq k \dots (25)$$

Spółczynnika osłabienia nie uwzględniamy w lewej stronie równości (25), gdyż zachodzi tu przypadek zwykłego ścinania, w którym osłabienie to może być uwzględnione w odpowiednio dobranej pewności x .

We wzorze tym k jest również dopuszczalnym naprężeniem przy rozciąganiu, a nie przy ścinaniu; g — oznacza grubość ścianki, do której przymocowano króciec, a nie grubość ścianki króćca, D — zewnętrzną średnicę króćca.

Wzór (25) obejmuje również przypadek połączenia końca rury z kołnierzem, jak pokazano na rys. 2. Wówczas g oznacza grubość kołnierza.

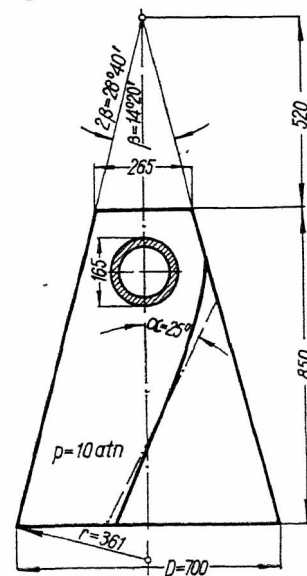
Jeżeli grubość ścianki naczynia g wypada według wzoru (25) za mała, to należy w miejscu połączenia z króćcem ściankę odpowiednio pogrubić, przyjmując wówczas w obliczeniu za g całkowitą grubość ścianki, wraz ze wzmocnieniem.

Przykład

Przyjmując w szwach spawanych na bocznej powierzchni naczynia $z = 0,7$ i stopień bezpieczeństwa w szwie spawanym wogóle $x = 5$, przy doraźnej wytrzymałości spoiny $K_r = 36$, a więc dopuszczalnym naprężeniu $k = \frac{36}{5} = 7,2$, obliczyć naczynie rys. 3 w kształcie stożka ściętego, charakteryzowanego kątem $2\beta = 28^\circ 40'$, przeznaczonego do ciśnienia roboczego 10 atn, posiadającego:

- 1) szew spawany, jedyny na powierzchni bocznej, pod kątem $\alpha = 25^\circ$ do tworzącej;
- 2) dwa denka różnej grubości, połączone ze stożkową częścią, jak na rys. 2;

spawanych na bocznej powierzchni naczynia współczynnika osłabienia



Rys. 3. Szkieł spawanego naczynia stożkowego rozpatrzonego w przykładzie liczbowym.

3) króciec połączony z boczną powierzchnią, zgodnie z rys. 2.

Rozwiązanie:

1) *Boczna powierzchnia.* Posiłkując się wzorem (17a) przy $p = 10$, $r_1 = 361$, $z = 0,7$, $k = 7,2$, otrzymujemy dla bocznej powierzchni w pobliżu szerszej podstawy równość (26)

$$g \geq 6,01 \dots (26)$$

2) *Denka.* Ze wzoru (24) dla denka $D = 700$ mm przy $p = 10$ i $k = 7,2$ otrzymujemy równość (27)

$$g \geq 33,7 \dots (27)$$

Dla denka $D = 265$ mm przy $p = 10$ i $k = 7,2$ otrzymujemy analogicznie równość (28)

$$g \geq 12,76 \dots (28)$$

3) *Króćce.* Ze wzoru (25), przy $D = 165$, $p = 10$, $k = 7,2$, otrzymujemy dla grubości ściany bocznej powierzchni w miejscu przymocowania króćca równość (29)

$$g \geq 0,994 \approx 1 \text{ mm} < 6,01 \dots (29)$$

Sur le calcul de la résistance des récipients soudés exposés à la pression.

R é s u m é

Après avoir traité l'état élastique plan d'un élément choisis à l'intersection de deux jointes soudées, l'auteur déduit la formule générale pour le calcul de la résistance d'une enveloppe quelconque à minces parois ayant la forme d'une surface de révolution et possédant deux jointes soudées qui s'entrecroisent, orientées envers la génératrice d'une façon quelconque. Il donne en outre les formules pour certains cas spéciaux.

Ensuite l'auteur s'occupe de la jointe, par soudure, du fond circulaire plan avec la partie interne de la surface latérale du récipient exposé à l'action de la pression. Après avoir analysé l'état élastique dans différents points de la jointe soudée, il en déduit la formule de calcul.

A la fin il examine le cas de la jonction du tube, à l'aide de la soudure, avec le bord de l'orifice du récipient et en donne la formule de calcul.

Toutes les formules de résistance données par l'auteur furent déduites sur la base de l'hypothèse de l'énergie de cisaillement (Huber, Mises, Hencky).

L'article est suivi par un exemple dans lequel les formules proposées par l'auteur trouvent leur application.

Produkcja kutyh stopów aluminiowych „hinduminjum” Y, RR-56 i RR-59*)

Inż. E. Berthelman, SIMP

Własności stopów aluminiowych Y i RR. — Wymagania stawiane materiałowi do kucia. — Kucie stopów aluminiowych. — Przebieg obróbki termicznej. Kontrola temperatur. — Kontrola odkwek. — Znaczenie stopów Y i RR dla lotnictwa.

„**H**IDUMINJUM” jest nazwą, pod którą firma angielska High Duty Alloys Ltd. wypuściła przed kilku laty na rynek swoje stopy aluminiowe i która obejmuje stop Y, stop Du i stopy RR. Stop Y powstał w wyniku prac głównie National Physical Laboratory w Anglii, a stopy serii RR — laboratorjów firmy Rolls-Royce. Firma High Duty Alloys Ltd. posiada wyłączne prawo produkcji stopów RR i w dużym stopniu przyczyniła się do ich udoskonalenia i do powodzenia, jakiem się cieszą, co jest głównie zasługą naczelnego dyrektora tej firmy p. W. Devereux, wybitnego fachowca w tej dziedzinie.

W niniejszym referacie omówię tylko część tych stopów, mianowicie tylko stopy Hiduminjum Y, RR-56 i RR-59, nadające się do przekuwania głównie w foremnikach.

Z kilku artykułów w literaturze polskiej oraz z licznych publikacji w językach obcych, czy to w literaturze technicznej, czy w wydawnictwach firmowych, własności kutyh stopów Y, RR-56 i RR-59 oraz ich zastosowanie są wystarczająco znane, aby je w niniejszym referacie omawiać.

Z tego powodu przypomnę tylko krótko niektóre z nich, zestawione w tabeli I, i przejdę do produkcji, o której dane w literaturze są dość skąpe.

Materiał

Materiał do kucia używamy lany w postaci bloków, różnych kształtów i wymiarów, lub walcowany albo tłoczony w prętach różnych przekrojów. Materiał tłoczony lub walcowany kuje się bardzo dobrze, bo jest to materiał już przerobiony. Lany materiał natomiast, aczkolwiek też jest dobrze kowalny, to jednak trudniejszy w kuciu od poprzed-

TABELA 1
Skład chem i własności stopów hiduminjum Y, RR-56 i RR-59

Stop Y	Stop RR-56	Stop RR-59
Cu 3,5 — 4,5	Cu 1,5 — 2,5	1,5 — 2,5 %
Ni 1,8 — 2,3	Ni 0,5 — 1,5	0,5 — 1,5 „
Mg 1,2 — 1,7	Mg 0,6 — 1,2	1,4 — 1,8 „
Al reszta	Fe 0,8 — 1,5	1,2 — 1,5 „
Zanieczyszczenia:		
Fe $\leq 0,75$	Ti 0,02 — 0,12	0,02 — 0,12 „
Si $\leq 0,75$	Si ≤ 1	$\leq 1,25$
Pb + Zn + Sn $\leq 0,1$	Al reszta	reszta

	Y	RR-56	RR-59
Ciężar właściwy	2,75 — 2,8	2,75 — 2,8	2,75 — 2,8
Tworzywo kute i obrabiane termicznie	R_r	min. 35	42 — 45
	A_4	15 — 20%	10 — 15%
	H_B	100 — 115	120 — 160
Próbka podprzezna	R_r	—	38
	A_4	—	6 — 10 %
	H_B	—	120 — 160

Wytrzymałość i twardość w różnych temperaturach po 30 minutach grzania.

	Y		RR-56		RR-59	
	R_r	H_B	R_r	H_B	R_r	H_B
50°	39	117	45	135	41,5	131
150°	36,5	107	39,5	120	36,5	120
250°	31,5	82	31,5	84	31,5	87
350°	16,5	24	15	18	14,5	26

Tarcie względne, mierzone przyrządem Rolls-Royce.

	Y	RR-56	RR-59
100°	1,05	0,98	0,98
150°	1,07	0,89	0,88
200°	1,1	0,89	0,91

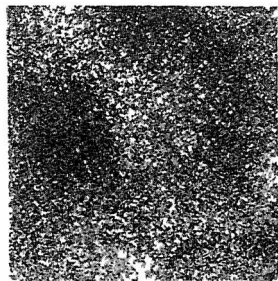
Próba Amslera na szybkozmienne nagłe obciążenie wykazała kilkakrotną wyższość materiału RR-56 nad Y.

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

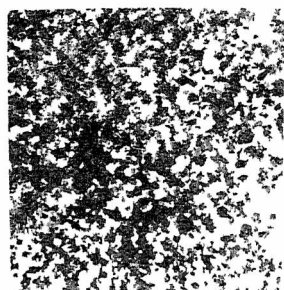
niego. Wymagania, jakie stawiamy materiałowi lanemu, są bardzo wysokie. Materiał musi być nie tylko wolny od wszelkich zanieczyszczeń, porowatości, pęcherzy gazowych i segregacji, ale musi też wykazywać bardzo dobrą strukturę. Bloczek o strukturze grubszej kolumnowej nie da się prze-



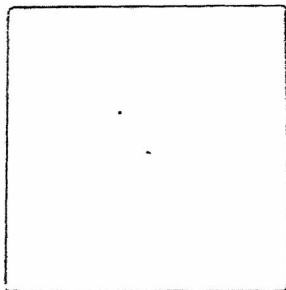
Struktura kolumnowa



Struktura dobra



Gruba struktura różnokierunkowa



Materiał porowaty

Rys. 1. Struktura materiału lanego do kucia

kuć: siły międzykrystaliczne są wtedy za słabe i na granicach kryształów tworzą się pęknięcia. Wogóle w wypadkach miejscowej budowy grubokrystalicznej duże kryształy łatwiej się kruszą niż sąsiednie drobne, na które wtedy przenoszą się nadmierne obciążenia, powodując pęknięcie. Dlatego też konieczne jest, aby bloki posiadały równomierną, drobną budowę różnokierunkową (rys. 1).

Kucie

Kucie stopów aluminiowych, o których mowa, odbywa się pozornie tak samo, jak kucie stali. Trzeba jednak zaznaczyć, że produkcja ta wymaga znacznie dokładniejszej kontroli i uwagi.

Obok wysokich wymagań, stawianych tej produkcji, występują też poważne trudności. Chcąc uniknąć pęknięcia materiału, należy naprz. przestrzegać właściwego stosunku długości okrągłego bloczka do jego średnicy; należy zużyć najpierw pewną ilość pracy na przygotowanie lanego materiału, zanim się zaczyna wyrabiać zeń wymagany kształt; kuć właściwymi uderzeniami młota nie za słabymi, ani za ciężkimi i t. d. Przy zbyt ciężkich uderzeniach jest obawa zniszczenia kryształów ma-

terjału, a przy zbyt słabych — wytworzenia nierównomiernej struktury.

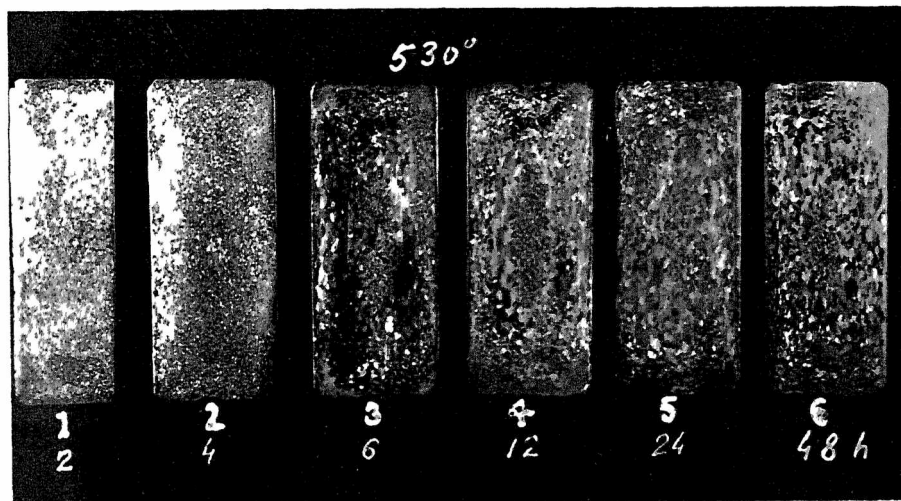
Uważać należy, aby nie utworzyły się fałdy powierzchniowe, zakucia pochodzące z powierzchniowego poślizgu metalu, aby przy oznakach pęknięcia materiału w czas wyciąć słabe miejsca, chroniąc w ten sposób sztukę od zabrakowania i t. d.

Niezbędne jest też przestrzeganie końcowej temperatury kucia, jeżeli bowiem temperatura podczas kucia spadnie nadmiernie, to kucie pozostawi w materiale naprężenia wewnętrzne, powodujące rozrost kryształów podczas obróbki termicznej (rys. 2). Temperatura kucia, a właściwie temperatura, do której podgrzewamy materiał przed kuciem, wynosi $470^{\circ} \pm 5^{\circ}$.

Materiał musi być w całej swojej masie zagrzany do tej temperatury, a szczególnie jeżeli chodzi o materiał lany, wystarczająco długo wygrzewany, aby znajdował się w stanie najkorzystniejszym do kucia, mianowicie z jaknajwiększą ilością składników utwardzających w roztworze, co uzyskujemy przez powolne podgrzewanie i pozostawianie lanego materiału w tej temperaturze w ciągu kilku godzin.

Budowa pieców, służących do tego celu, jest do tych wymagań specjalnie dostosowana. Komory grzejne wykazują doskonałą równomierność temperatur w całym swym wnętrzu, będąc wyposażone w regulację temperatury zapomocą czułych przyrządów. Najlepiej nadają się do grzania materiału piece elektryczne, wyposażone w wentylatory oraz aparaty samopiszące i automatycznie regulujące temperaturę. Bardzo dobre są również wanny saletrzone, które są tanie i proste w obsłudze, ale nadają się tylko do zastosowania przy kuciu zgrubsza pod młotem, nie nadają się zaś do kucia w foremnikach.

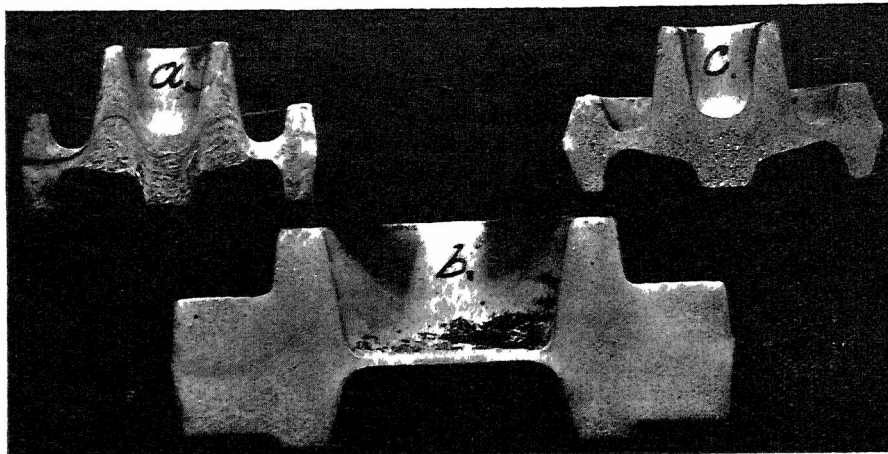
Przy kuciu w foremnikach musimy włożyć około 50% pracy w materiał lany celem utworzenia kształtu wstępnego, pozostawiając resztę na przeróbkę w samym foremniku. Wstępny kształt odkuwki jest bardzo ważny i po jego ustaleniu powinien być w pracy zawsze zachowany. Gdy wstępny kształt jest za duży, w linii szwu materiału powstaje pas materiału osłabionego, a w niektó-



Rys. 2. Rozrost kryształów w temperaturze obróbki termicznej w materiale tłoczonym pręta wskutek naprężeń wewnętrznych.

rych wypadkach nawet pęknięcie. Z tego powodu nie można odkuwek, wykonanych w foremnikach o połówkach względem siebie przesuniętych, poprawić drogą nasunięcia połówek foremników i po-

wego, — gdzie na powierzchni odkuwek pozostaje czarny nalot składników nierozpuszczalnych w tych kwasach, powstały ze składników utwardzających materiału, do wody — w celu oplotkania, do roztworu kwasu azotowego w wodzie — dla rozpuszczenia czarnego nalotu i wreszcie znowu do gorącej wody — do szybkiego wyschnięcia po wyjęciu.



Rys. 3. Wpływ wielkości odkuwki wstępnej na odkuwkę gotową.
a — przedmiot wykonany z odkuwki wstępnej o wymiarach znacznie przekraczających wymagane,
b — z odkuwki nieco przekraczającej wymiary wymagane,
c — z obróbki o wymiarach właściwych

nowego ubicia, gdyż wytwarza się osłabiona warstwa materiału w linii podziału. Tworzą się również przy tym zakucia w materiale warstewki, ściętej przez nasuniętą połówkę foremnika. Wykrycie zakucia lub pęknięcia jest często bardzo trudne, ponieważ warstwy materiału bardzo ściśle przylegają do siebie i czasami wykrywa się taką wadę dopiero przy obróbce mechanicznej (rys. 3). W celu uniknięcia wad powierzchniowych, dajemy wszędzie, gdzie tylko możliwe, jaknajwiększe promienie zaokrąglenia, a w odkuwkach, podlegających obróbce mechanicznej, — duże naddatki na obróbkę.

Przy kontrolnym trawieniu zanurzamy odkuwki po kolei: do gorącej wody — w celu zażrzenia, do roztworu kwasów siarkowego i fluorowodoro-

Przy trawieniu powierzchnia odkuwek przybiera barwę srebrzystą i pozwala na wykrycie oraz usunięcie wad powierzchniowych, występujących w postaci ciemnych linii. Właściwy dobór przebiegu włókien materiału, stosownie do linii działania sił głównych, aby ich kierunek nie uległ nagłym zmianom, i t. p. zagadnienia pomijam. Ważne są tu ogólnie znane zasady kucia.

Przykłady przedmiotów kutech wskazują rys. 4—6 (głowica, tłok i kołnierz sprężarki).

Obróbka termiczna

Ograniczony zakres niniejszego referatu nie pozwala na zajęcie się teoretyczną stroną termicznej obróbki stopów aluminiowych. Wybitni badacze na całym świecie zajmowali się tem zagadnieniem (Hanson, Gayler, Rosenhain i inni w Anglii (National Physical Laboratory); Merica, Waltenburgh i Scott w St. Zjedn. (Bureau of Standards) i inni).

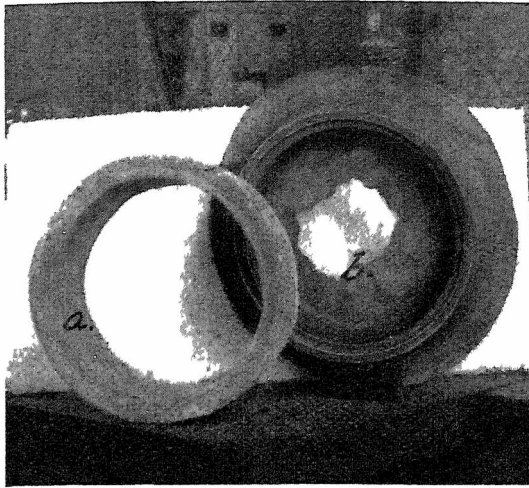
Ogólnie możemy powiedzieć, że obróbka termiczna polega na tem, że w pierwszej jej części, przez grzanie przedmiotów do temperatury 515 — 535° C (dokładne temperatury podaje tabela II), składniki utwardzające, jak Mg₂Si i t. p., przechodzą do roztworu, aby w drugiej części, przez grzanie w temperaturze 160 — 180° w wypadku RR-56 i RR-59, albo bez dodatkowego grzania w wypadku Y, wydzielić się w postaci, uszlachetniającej własności materiału. Strukturę materiału widzimy na mikrofotografiach rys. 7, 8 i 9.



Rys. 4. Głowica cylindrowa.
a — bloczek odlany, b — spęczony, c — po pierwszym ubiciu, d — po 2-m ubiciu, e — głowica po stoczeniu szwu, f — głowica gotowa (obrobiona).



Rys. 5. Tłok.
a — bloczek odlany, b — spęczony, c — ubity, d — oskorowany, e — tłok obrobiony.



Rys. 6. Kołnierz sprężarki.
a — surowy pierścień gotowy do ubijania w foremniku,
b — kołnierz sprężarki, ubity w foremniku.

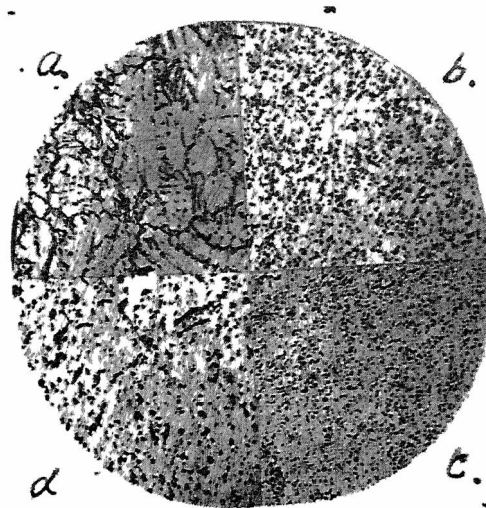
Przebieg obróbki termicznej stopów Y, RR-56 i RR-59 podaje tabela II.

TABELA II
Przebieg obróbki termicznej

Nazwa stopu	I obróbka termiczna		II obróbka termiczna	
Y	510—520°	2 godz. studz w wrzącej wodzie		
RR56	525—535°	2 godz. studz w ciepłej wodzie	170—180°	16—20 godz. studz w letniej wodzie
RR59	525—535°	2 godz. studz w ciepłej wodzie	170—180°	16—20 godz. studz w letniej wodzie

Zasadniczym i nieodzownym warunkiem produkcji omawianych stopów wogóle, a ich termicznej obróbki w szczególności, jest gruntowny i niezawodny system kontroli temperatur. Bardzo dobry sposób rozwiązania tej sprawy jest pokazany schematycznie na rys. 10.

Przy takim lub podobnym sposobie kontroli temperatur, sprowadzających wątpliwości co do rzeczywiście zastosowanych temperatur do minimum, przy pewnej praktyce i wystarczającej uwadze,

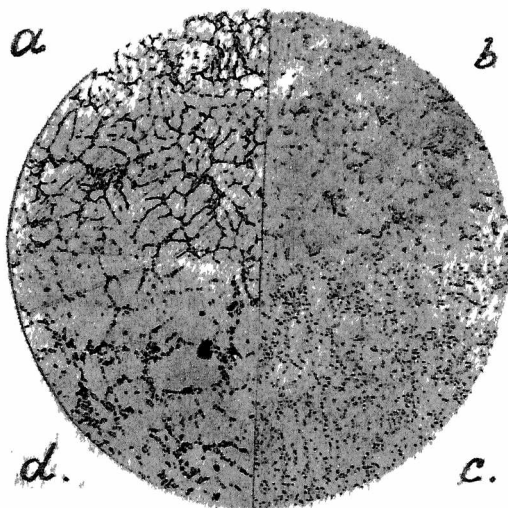


Rys. 8. Mikrofotografia stopu RR56 w stanie: a — odlanym; b — kutym; c — obrobionym termicznie; d — przegrzanym

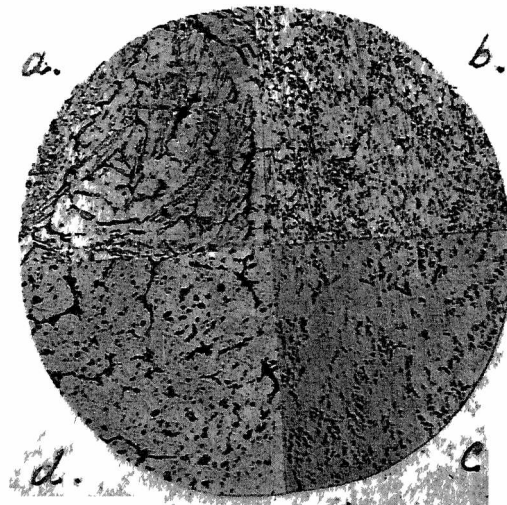
produkcja idzie bez większych wahań w wynikach. Naturalnie, urządzenia i wyposażenia są kosztowne, lecz oszczędności w inwestycjach są tu nie na miejscu.

Zakresy temperatur są za wąskie, aby można było zabezpieczyć sobie trwałe pozostawanie w ich granicach półśrodkami. Najlepsze wyniki bowiem otrzymujemy, pozostając w jeszcze węższych granicach temperatur od wskazanych w tabeli II; například w wannach saletrzanych, które najlepiej stosować do pierwszej obróbki termicznej, równomierność temperatur we wszystkich miejscach kąpiel i wahania w czasie obróbki termicznej pozostają poniżej 5° C.

Taka ścisła kontrola temperatur jest jeszcze i dlatego konieczna, że wykrycie nieznacznego przegrzania materiału jest dość trudne. Próba wytrzymałościowa nie wykaże nieznacznego przegrzania; dopiero znaczniejsze przegrzanie, ponad 10° C, spowoduje, że wynik wytrzymałościowy spadnie poniżej wymaganego. W celu sprawdzenia



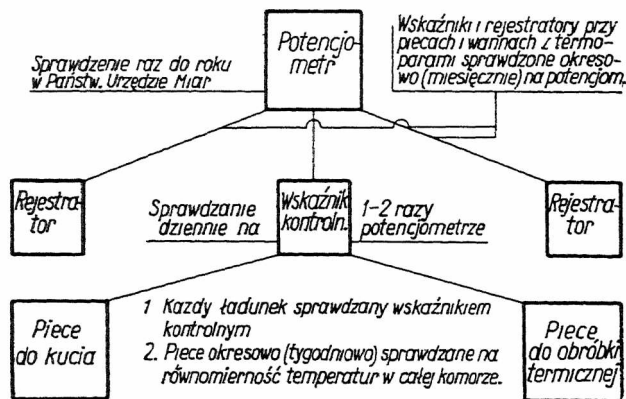
Rys. 7. Mikrofotografia stopu Y w stanie: a — odlanym; b — kutym; c — kutym, obrobionym termicznie; d — przegrzanym.



Rys. 9. Mikrofotografia stopu RR59 w stanie: a — odlanym; b — kutym; c — obrobionym termicznie; d — przegrzanym.

materiału na przegrzanie w I-szej obróbce termicznej, pobieramy z każdego ładunku próbkę do badania mikroskopowego. Mimo że jest to najpewniejszy z dotychczas stosowanych sposobów wykrycia przegrzania, jest to jednak również próba, nie dająca możliwości dokładnego wnioskowania o temperaturach, jakie istotnie były zastosowane w obróbce termicznej. Materiał silnie przegrzany łatwo poznać pod mikroskopem.

Przykłady tego widzieliśmy na mikrofotografach rys. 7 — 9. Ale ponieważ poprawna obróbka termiczna wymaga zastosowania dość wysokich temperatur (530° dla RR-56 i RR-59), którym towarzyszą pewne oznaki początku przegrzania, trzeba bardzo dużej praktyki i wczucia się, aby poznać nieznaczne przegrzanie. Prawdopodobnie najlepszą próbą na przegrzanie byłaby próba na wielokrotne uderzenia (ang. repeated impact test), np. na specjalnej maszynie Amslera, lecz próba ta nie jest wogóle narazie stosowana. Dlatego też, praktycznie biorąc, dla warsztatowca, rozporządzającego dokładnym systemem kontroli temperatur, oznaką przegrzania będzie wykryte przez pomiar temperatur przekroczenie właściwej temperatury. Wpływ przegrzania, względnie niedogrzenia, podczas obróbki termicznej na własności materiałów są krótko zestawione na schemacie rys. 11. Przy obróbce termicznej trzeba uważać, aby nie łądować, szczególnie przedmiotów większych lub o nagłych zmianach wielkości przekrojów, przy zbyt wysokiej temperaturze, aby nie powstały naprężenia, mogące wywołać pęknięcie. Tak samo nie jest wskazane stosowanie zbyt zimnej wody przy hartowaniu.



Rys. 10. System kontroli temperatur.

Do I-szej obróbki termicznej możemy stosować zarówno piece elektryczne, jak i kąpiele saletrzone, a do II-giej obróbki termicznej — piece elektryczne lub gazowe. Przy I-szej obróbce termicznej najmniej kłopotu i najlepsze wyniki dają wanny saletrzone. Automatyczna regulacja jest bezwzględnie wskazana.

Kontrola odkuwek

Pomijając sprawy wymiarowe, kontrola odbywa się zapomocą próbek osobno kutych, lub wyciętych z samych odkuwek. Próbki osobno kute po-

winny pochodzić z tego samego wsadu, co i odkuwki, i przechodzić obróbkę termiczną razem z odkuwkami. Aby były miarodajne, powinny mieć mniej więcej ten sam stopień przekucia, co i odkuwki. Próbki wycinane z odkuwek powinny być pobierane wzdłuż lub wpoprzek włókien, tworząc próbkę wzdłużną, względnie poprzeczną. Ponieważ wycięcie takich próbek, o dokładnie wzdłuż-

Temperatura T Term obr.	Wytrzymałość	Wydłużenie	Twardość	Uwagi
Właściwa	Właściwa	Właściwa	Właściwa	
	Za wysoka	Zła	Zła	
	Za niska	Zła	Zła	
Za wysoka	Właściwa	Właściwa	Właściwa	Mikrostruktura Eutektyka zaokrąglona i złewa się z sobą
	Za wysoka	Zła	Zła	
	Za niska	Zła	Zła	
Za niska	Właściwa	Właściwa	Właściwa	
	Za wysoka	Zła	Zła	
	Za niska	Zła	Zła	

Legend: Wysoka (dark bar), Dobra (medium bar), Za niska (light bar)

Rys. 11. Wpływ niedokładności obróbki termicznej na własności tworzywa.

nym lub poprzecznym przebiegu włókien, jest często trudne, oraz ze względu na to, że wycięcie próbki z reguły niszczy odkuwki, przeważnie używa się do odbioru próbek osobno kutych.

Na próbki wycięte z odkuwek najczęściej są odbierane tłoki, w mniejszym zaś stopniu korbowody i głowice. Poza odbiorem na wyniki badań próbek kontroluje się również strukturę materiałów zapomocą mikroszlifów oraz makroszlifów.

Do niniejszego referatu nie należy omówienie roli, jaką stopy te odegrały w lotnictwie. Przyjmuje się tylko, że części z tych stopów, wyrabiane zagranicą, były stosowane do silników, użytych do zdobycia rekordów: wysokości, szybkości (w powietrzu i na ziemi) i długości lotu. Z odkuwek wykonanych już w kraju zastosowano tłoki z RR-59 w silniku, który zdobył nagrodę w Challenge'u w ub. roku. Części z odkuwek krajowych pełnią już służbę w silnikach. A że jakość ich nie ustępuje jakości odkuwek angielskich i odpowiada wymaganiom naszego lotnictwa, widać choćby z tego, że ilość braków jest znikoma.



La production des alliages forgés d'aluminium: „Hiduminium“ Y, RR 56 et RR 59

R é s u m é

L'auteur rappelle les qualités mécaniques des alliages en question et décrit les exigences qu'on pose aux matériaux de ce genre pour le forgeage, ainsi que le procédé de forgeage lui-même. Ensuite il s'occupe du traitement thermique des alliages forgés, soulignant surtout le contrôle des températures. A la fin l'auteur décrit le contrôle des objets forgés et montre l'importance des alliages légers forgeables pour l'aviation

Pewne dane do modyfikacji teorii obróbki termicznej stali szybko tnącej *)

Inż. A. Aścik, SIMP, Starachowice

Brak ścisłych danych co do przemian alotropowych w stali szybko tnącej, zachodzących w rozm. warunkach grzania i studzenia. — Wtórna twardość i jej znaczenie w praktyce. — Dwie obecne teorie obróbki termicznej stali szybko tnącej. — Badania własne. — Wyniki badań. — Wnioski.

REFERAT niniejszy streszcza wyniki pracy, wykonanej w Centralnym Laboratorium Państwowych Wytwórni Uzbrojenia w Warszawie i częściowo w Zakładzie Obróbki Mechanicznej Metali Politechniki Warszawskiej.

Właściwa obróbka termiczna stali szybko tnącej chromowo-wolframowej została, jak wiadomo, opracowana przez Taylora już stosunkowo dawno i do dziś w praktyce jest, prawie bez zmiany, ogólnie stosowana. Jednak jej istota, jej teoretyczne tłumaczenie, po wnikięciu w dzisiejsze teorie, pozostawia jeszcze wiele do wyjaśnienia.

Wydaje się, że dużo światła na to rzuciłyby badania, określające zależność między charakterem przemian alotropowych a szybkością studzenia, temperaturą nagrzania i temperaturą odpuszczania. Kwestje te dla zwykłych stali węglowych są już tak dalece zbadane, że teorię obróbki termicznej tych stali ujęto niemal w formy matematyczne. Te same zaś zagadnienia w odniesieniu do tworzywa szybko tnącego, jako stopu kilku, a nieraz kilkunastu pierwiastków, a więc aglomeratu bardzo złożonego, będą zapewne długo jeszcze, z braku łatwych i pewnych metod badawczych, nasuwały wiele spraw spornych, wymagających przedyskutowania.

Wystarczy zastanowić się nad kwestją wtórnej twardości stali szybko tnącej w praktyce, aby się spotkać ze zjawiskiem, które nie da się ująć w pewne konkretne i jasne wyjaśnienie. Mianowicie ogólnie stwierdzono, że po zahartowaniu stali szybko tnącej w temp. blisko punktu topienia i przy następnym jej odpuszczaniu w zakresie temp. 580—600°, twardość wzrasta tak wysoko, że nawet przekracza twardość hartowania. Jest to oczywiście własność bardzo cenna, tembardziej że zjawisko to jest połączone ze wzrostem wytrzymałości na gięcie (do 400%), lecz w praktyce na gotowych narzędziach prawie nieosiągalna lub osiągalna bardzo rzadko. W hartowni narzędzi szybko tnących, jeżeli uda się osiągnąć twardość gotowego narzędzia po odpuszczeniu równą twardości hartowania, to już jest bardzo wiele. Przeważnie zaś narzędzia odpuszczane w zakresie temp. 580—600° tracą na twardości 30—70 jedn. Brinella. Jest to dla pewnych typów narzędzi, jak frezy fasonowe lub wolnoobrotowe, zjawisko całkiem niepożądane, a nawet wręcz szkodliwe. Narzędzia te pracują w warunkach, które nie wymagają wysokiej odporności przeciw odpuszczaniu (b. słabo się rozgrzewają i prócz tego przeważnie są chłodzone), lecz wysokiej odporności na ścieranie. W takich wypadkach każde 30—70 jedn. Brinella wyższej twardości przedłuża wydajność tego bardzo zresztą kosztownego narzędzia, gdyż oczywiście jest, że materiał twardszy jest odporniejszy na zużycie

wskutek mniejszej jego ścieralności. Dlatego też praktyka radzi sobie w ten sposób, że narzędzia odpowiednie poddaje się raczej sezonowaniu w temp. 200—250°, celem usunięcia tylko naprężeń wewnętrznych, natomiast rezygnuje się ze zmian strukturalnych, zachodzących w wyższych temp. odpuszczania, przynoszących cprawda wielkie korzyści, lecz będących jednocześnie powodem szybkiego stępienia i „zatarcia się” narzędzia w wymienionych wyżej warunkach pracy.

Przyczyn zjawiska utraty twardości przy odpuszczaniu stali szybko tnącej dzisiaj jeszcze nie skonkretyzowano. Szuka się przyczyny w sposobie prowadzenia topu, jakości wsadu i mówi się powszechnie, że pewne tworzywo już z pieca wyniosło dobre lub złe skłonności.

Natomiast warto zaznaczyć, że stale szybko tnące, wytopione w piecu elektrycznym wysokiej czystości, posiadają znacznie większą i niezmienną skłonność do wzrostu twardości w zakresie odpowiednich temperatur odpuszczania. Przyczyna tej, tak cennej własności stali szybko tnących, wytopionych w tym piecu, kryje się — według powszechnej opinii badaczy — w odmiennym charakterze wsadu, w braku zjawisk lokalnego przegrzania w czasie topu i w dobrym przemieszaniu, które w piecu tym, zależnie od ilości okresów, zachodzi więcej lub mniej intensywnie, lecz stale.

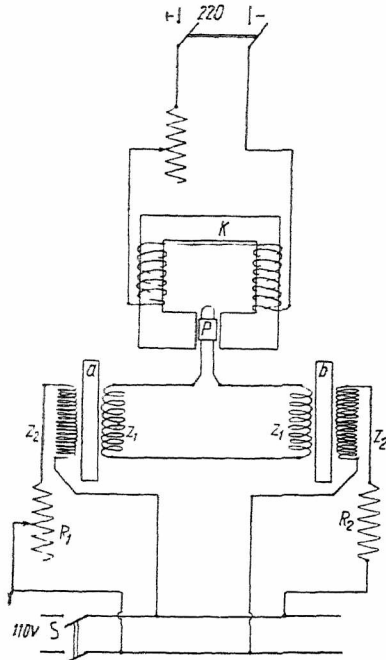
Jeżeli chodzi ogólnie o teorię obróbki termicznej stali szybko tnącej, to właściwie oparta ona jest na analogji do przemian, zachodzących w czasie studzenia i odpuszczania zwykłej stali węglowej, z tą tylko różnicą, że w tworzywie szybko tnącym jako bardziej podatnym, wskutek zawartości pierwiastków szlachetnych oraz wysokiej temperatury hartowania, do przechłodzenia układu — zawartość austenitu w stanie hartowanym jest niepomniernie większa.

Są tylko dwa różne poglądy na rolę tego austenitu przy następnym odpuszczaniu. Mianowicie pewna część badaczy jest zdania, że wtórna twardość jest wywołana przemianą austenitu w martenzyt, inna znowu nie przywiązuje wielkiej wagi do przemiany austenitycznej przy odpuszczaniu, twierdząc przytem, że wtórna twardość jest wywołana wydzieleniem się ultramikroskopowych cząsteczek obcej fazy (węglików) o wielkości krytycznej, zaklinowujących płaszczyzny poślizgu kryształów.

Trudno przyznać rację jednym lub drugim, tembardziej, że tworzywo szybko tnące w stanie zahartowanym stanowi układ zarazem przechłodzony i przesycony, czyli że są wszelkie warunki ku temu, aby zachodziły oba procesy, t. j. przemiany i wydzielenia się. Lecz bliższe badanie tego nasuwa pewne pytanie.

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

Czy normalny zakres temperatur odpuszczania 570—600 (mowa o stali szybko tnącej chromowo-wolframowej) jest zakresem najintensywniejszej przemiany — z jednej strony — i osiągnięcia krytycznej wielkości cząsteczek obcej fazy, z drugiej? Bo, zestawiając obie hipotezy, tak przecieźby wynikało.



Rys. 1. Schemat urządzenia do badania zmian własności magnetycznych stali.

Po odpuszczaniu otrzymuje się wzrost twardości np. o 60 jedn. Brinella ponad twardość hartowania. Zbyt ryzykownym byłoby powiedzieć, że przyrost około 30 jedn. Brinella powstał wskutek rozpadu austenitu, a o drugie 30 wskutek wydzielenia się węglików o krytycznej wielkości. Jeden z tych procesów musi bezwzględnie dać większy efekt przy odpuszczaniu, niż drugi. Lecz który? Nie jest wyłączone, oczywiście, że jeden proces może być przyczyną drugiego, lecz skutek musi być wynikiem tylko jednego procesu.

W badaniach swoich autor usiłował na podstawie wyników własnych potwierdzić jedną lub drugą hipotezę odnośnie wtórnej twardości. Ponieważ przemiana austenitu przy odpuszczaniu jest przyczyną wzrostu przenikliwości magnetycznej, przeto postanowiono, skonstruowawszy odpowiedni aparat, stwierdzić wpływ temperatury hartowania i odpuszczania, jak też i wpływ ośrodka chłodzącego na przebieg zmian magnetycznych.

Badania przeprowadzone na 6-ciu tworzywach o składzie:

	C	Mn	Si	W	Cr	V	Mo
Tworzywo A	0,63	0,23	0,23	19,6	4,7	1,4	0,6
„ B	0,68	0,22	0,24	22,6	4,92	0,4	—
„ C	0,79	„	„	16,11	5,23	—	—
„ D	0,68	„	„	14,95	4,33	—	—
„ E	0,69	„	„	14,8	4,4	—	—
„ F	0,48	„	„	11,27	3,48	—	—

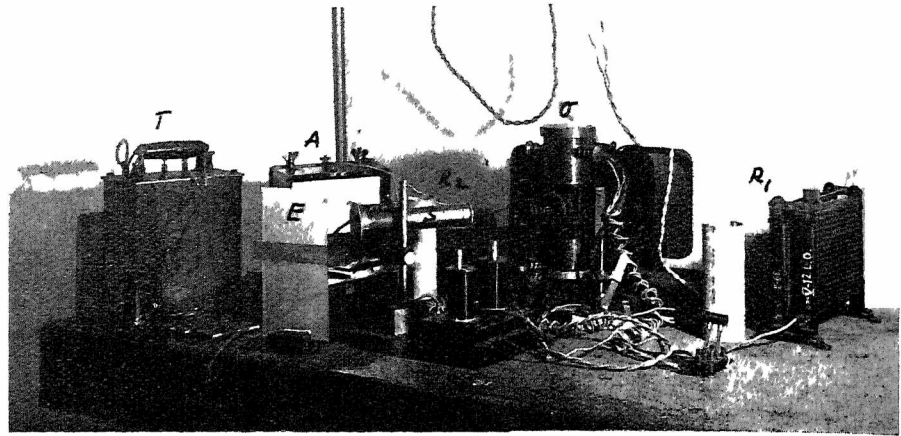
Należy podkreślić, że tworzywo F nie jest stalą szybko tnącą, użyto je do badań tylko dlatego, aby mieć stopniowanie w zawartości wolframu.

Mając przebieg zmian własności magnetycznych w zależności od temperatury hartowania i odpuszczania, mając również przebieg zmian twardości

w tych samych warunkach, można będzie wyciągnąć pewne wnioski o wpływie przemiany na wtórną twardość.

Schemat aparatu podaje rys. 1, a ogólny widok rys. 2.

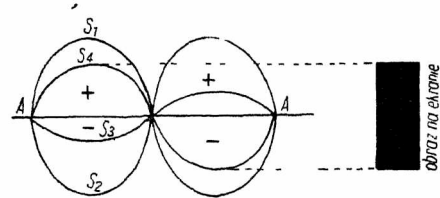
Istotą całego aparatu jest oscylograf K; między biegunami jego elektromagnesu znajduje się lu-



Rys. 2. Widok ogólny urządzenia, podanego na rys. 1.

sterko P, drgające w takt z prądem indukowanym (uzwojenia z_1), czyli wykazujące amplitudę sinusoidy prądu zmiennego. Jeżeli rzucimy strumień światła na zwierciadło tak, aby on się odbił pod pewnym kątem, to na ekranie ze szkła matowego (patrz rys. 2, E) otrzymamy taśmę, której długość zależy oczywiście od amplitudy sinusoidy prądu indukowanego. Zwierciadło jest umieszczone w pętlicy, do której jest doprowadzany prąd indukowany 2-ch równych cewek, sporządzonych tak, że próbkę (\varnothing 10 mm, długość 100 mm) można wprowadzić dość ciasno w ich wnętrze. Uzwojenia cewek z_1 wewnętrzne, połączone są ze sobą równoległe z pętlicą, zewnętrzne zaś tworzą osobne obwody i połączone są z siecią prądu zmiennego. Stosunek zwojów zewnętrznych do wewnętrznych wynosi 3:1.

Działanie aparatu jest następujące. Do jednej cewki, jak i do drugiej, wkłada się dwie próbki stali w stanie wyżarzonym (a). Oporem zmiennym R_1 reguluje się dotąd, aż na ekranie otrzyma się odcinek linii prostej. Wskazuje to, że w obwodach zewnętrznych cewek (z_2) jest jednakowa siła elektromotoryczna, lecz o przeciwnym znaku. Wobec tego w uzwojeniach wtórnych z_1 popłyną takie same prądy indukowane, których wzajemne działanie teoretycznie wynosi zero. Na rys. 3 sinusoida

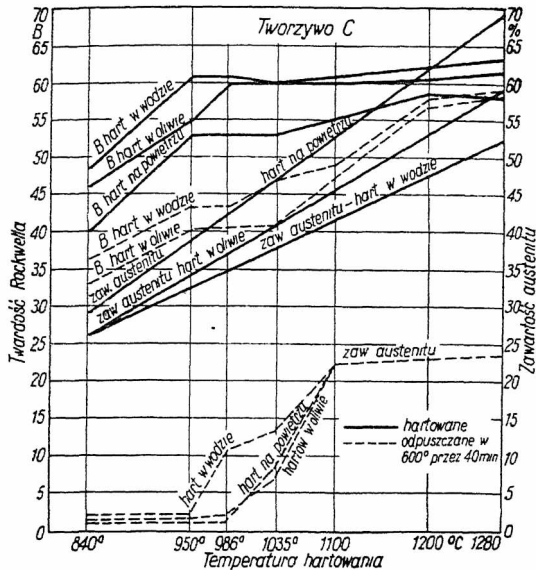


Rys. 3.

S_1 niech przedstawia siłę elektromotoryczną w obwodzie prawym, a S_2 — taką samą w obwodzie lewym. Wypadkowa tych sił będzie linią prostą AA' — wynosi zero. Na ekranie więc dostaniemy odcinek, odpowiadający wysokości lusterka (teo-

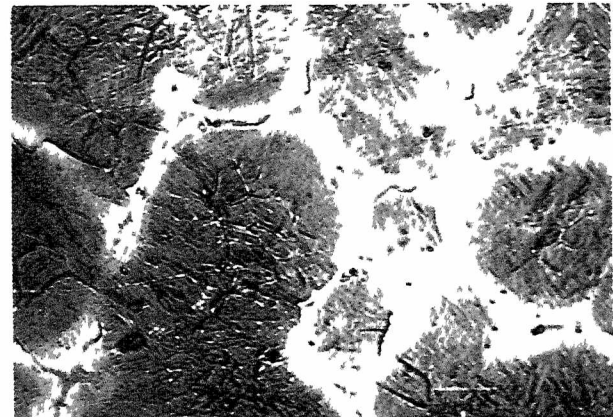
retycznie powinniśmy otrzymać punkt). Jeżeli teraz z jednej cewki wyjemy próbkę wyżarzoną, a wprowadzimy hartowaną, to wskutek obecności austenitu przenikliwość magnetyczna tej próbki

się orjentować o zawartości austenitu, usiłowano podać zawartość bezwzględną austenitu w tworzywie w procentach. Uskuteczniło to w sposób następujący. Do obu cewek wkłada się dwie wyżarzone próbki i, jak wyżej, kompensuje się oporem R_1 , następnie jedną z nich się wyjmuje. Wtedy na ekranie otrzymujemy taśmę, odpowiadającą maksymalnej amplitudzie, jako wynik przenikliwości magnetycznej 100% -ej modyfikacji żelaza α (przenikliwość całkowita). Przypuśćmy, że ta maksymalna siła elektromotoryczna daje na ekranie taśmę 100 mm. Na miejsce wyjętej próbki wyżarzo-



Rys. 4. Twardość tworzywa C i % austenitu przy hartowaniu w wodzie i w oleju.

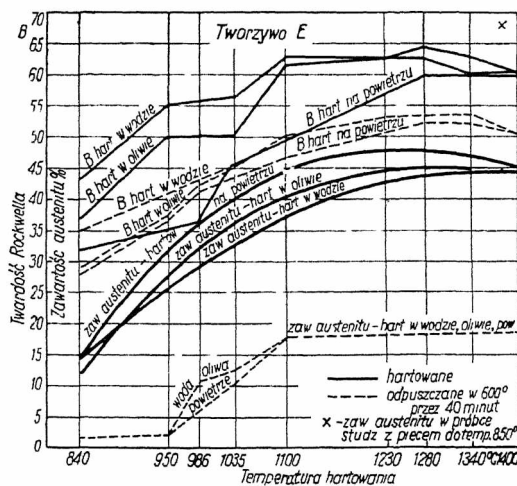
jest mniejsza, a więc i amplituda siły elektromotorycznej staje się oczywiście mniejszą. Można to przedstawić w ten sposób, że amplitudę siły elektromotorycznej indukowanej, płynącej w obwodzie, w którym znajduje się próbka hartowana, wyobraża sinusoida S_3 . Sumując sinusoidę S_1 i S_3 , otrzymamy już nie linię prostą, lecz sinusoidę S_4 , i zwierciadło da na ekranie obraz w postaci taśmy



Rys. 6. Struktura tworzywa E, hartowanego w temp. 1390° w wodzie lub oliwie.

nej wprowadzamy próbkę hartowaną. Niech taśma na ekranie będzie wtedy np. 60 mm szerokości. Ze stu milimetrów otrzymaliśmy stratę 40 mm. Tych 40 mm zostało skompensowanych przez istniejące w próbce hartowanej żelazo α , natomiast 60 mm nie zostało skompensowanych, gdyż nie pozwala na to paramagnetyczne żelazo γ . Wskutek tego należy stwierdzić, że stosunek żelaza γ do żelaza α wynosi 6/4, a w ten sposób mamy, że 60% całej masy próbki stanowi żelazo γ , czyli austenit.

W ten sposób więc określano zawartość austenitu w badanych próbkach stali szybkoznęcej.



Rys. 5. Twardość tworzywa E i zawartość % austenitu przy hartowaniu w wodzie i w oleju.

świetlnej. Rozpiętość tej taśmy daje więc pojęcie o wielkości indukowanej wypadkowej siły elektromotorycznej, która zależy od przenikliwości magnetycznej próbki, — a tem samem i od ilości składnika paramagnetycznego, jakim jest właśnie austenit. Długość i szerokość taśmy zależy, prócz wypadkowej siły indukowanej, również od odległości. Oczywiście więc przeto staje się fakt, że ekran w ciągu badań musi się znajdować na jednokowej odległości od oscylografu. Ażeby się jednak od tego uniezależnić, t. j. nie podawać w wynikach długości taśmy, np. w milimetrach, i z tego dopiero

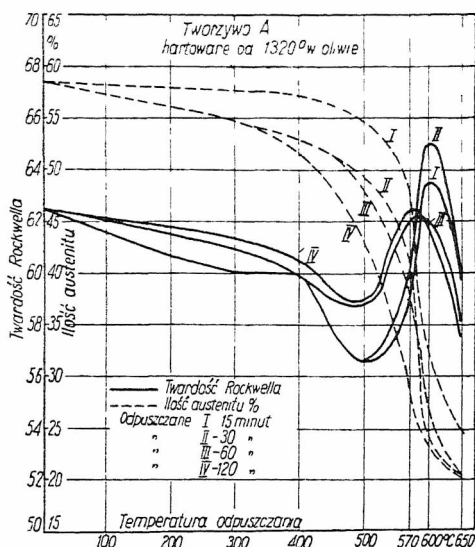


Rys. 7. Struktura tworzywa E o 68% austenitu.

Po przeprowadzeniu całego szeregu badań na przeszło 2000 próbkach stwierdzono tą metodą dwa bardzo charakterystyczne zjawiska:

1. Ilość austenitu w stali szybkoznęcej pozostaje w stosunku odwrotnym do szybkości chłodzenia,

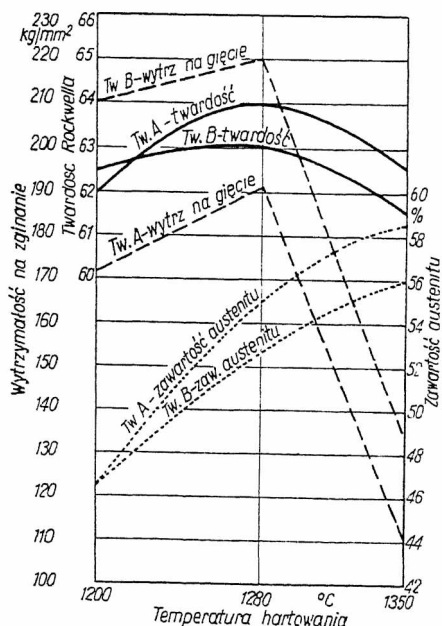
t. j. im energiczniej studzimy stal szybko tnącą, tem mniej zawiera ona austenitu. Zjawisko zupełnie odwrotne, niż w zwykłych stalach węglowych, gdzie t. zw. szcztątkowy austenit znajduje się w ilości większej przy zwiększeniu szybkości studzenia ponad szybkość krytyczną.



Rys. 8. Wpływ temperatury odpuszczania na rozpad austenitu.

Wyniki tych badań są podane na rys. 4 i 5. Widać z tego, że hartowanie (grzanie próbek do temp. hartowania uskuteczniło w elektrycznej wannie solnej, składającej się ze stopionego $BaCl_2$; jak wiadomo, jest to najlepsze urządzenie do hartowania stali szybko tnącej) w wodzie daje mniej austenitu, niż hartowanie na powietrzu.

Na rys. 5 krzyżak w górnym prawym rogu podaje zawartość austenitu w próbce grzanej w temp. około 1390° , a następnie włożonej do pieca o temp. 850° i studzonej z piecem. Piec wystygł po 9 go-



Rys. 9. Wpływ temperatury hartowania na twardość i na zawartość austenitu.

dzinach. Jak widać, zjawisko to występuje tu jeszcze wybitniej, gdyż próbka zawiera około 68% austenitu. Rys. 6 podaje strukturę tworzywa E, hartowanego w temp. 1390° w wodzie lub oliwie,

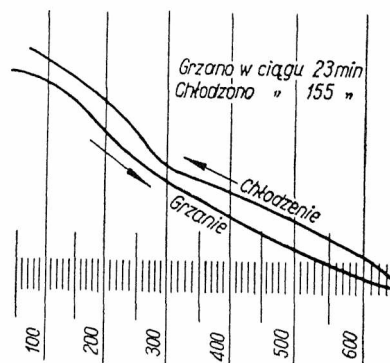
a rys. 7 — strukturę tego samego tworzywa o 68% austenitu.

2) Austenit stali szybko tnącej przy odpuszczaniu prawie zupełnie nie rozkłada się aż do temp. $500^\circ C$. W zakresie temp. $500-600^\circ$ rozpad jego jest najintensywniejszy. W tym samym zakresie wzrost twardości jest również największy, rys. 8.

3) Austenit jest tak trwały, że nawet przy odpuszczaniu w temp. 650° przez 2 godz. zostaje w tworzywie w ilości 20—30%.

4) Ze wzrostem temperatury hartowania (temperaturę mierzono termoparą platynową w specjalnej osłonie — jeden i ten sam ośrodek chłodzenia) ilość austenitu wzrasta, lecz w temp. hartowania praktycznego, t. j. począwszy od temp. 1200 do 1350° , wzrasta stosunkowo nieznacznie — o 8—15%, rys. 9.

5) Rozpad austenitu przy odpuszczaniu zależy od wysokości temp. odpuszczania i odbywa się przy oziębianiu tworzywa od temp. odpuszczania do temp. otoczenia, przyczem wzrost objętości znajduje się w stosunku odwrotnym do szybkości studzenia, rys. 10. To ostatnie zjawisko obserwowano, posługując się dilatometrem Chévenard'a. Poddano badaniom zaledwie kilka próbek. Wyniki powyższe pozwalają wyciągnąć kilka ważnych i prawdopodobnie słusznych wniosków.

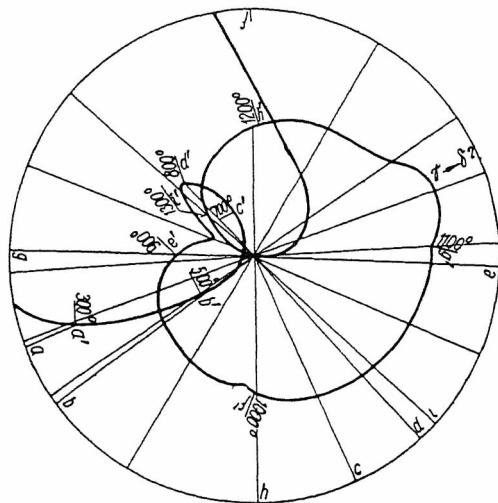


Rys. 10.

Jeżeli ze zwiększeniem szybkości studzenia stali szybko tnącej, której przemiana żelaza α w żelazo γ zachodzi w temp. $820-840^\circ$, zmniejsza się ilość austenitu, to oczywiście zwiększa się ilość żelaza α . Ponieważ normalna temperatura hartowania stali szybko tnącej leży blisko punktu topienia, a układ stali szybko tnącej ma zamknięty i ograniczony zakres istnienia żelaza γ , przeto ta temperatura hartowania znajduje się w zakresie bądź tylko żelaza δ , bądź też w zakresie mieszaniny dwóch modyfikacji δ i γ żelaza. Oczywiście więc jest, że intensywniejsze chłodzenie wywołuje większe przechłodzenie układu, a tem samym więcej żelaza δ (σ) zatrzymuje w zwykłych temperaturach. Z tego wynika jednocześnie pytanie: Czy budowa poliedryczna hartowanej stali szybko tnącej jest oznaką budowy austenitycznej, czy też ferrytycznej? Wydaje się raczej, że tej ostatniej. Sam charakter poliedrów (nieregularne, bezkształtne) przypomina w zupełności kryształy ferrytu w stalach podutektoidalnych. Natomiast kryształy austenitu mają zwykle dość wyraźną budowę geometryczną pięcioboku. Pozatem austenit istnieje w stali szybko tnącej już po przekroczeniu temperatur $820-840^\circ$, lecz budowa poliedryczna w

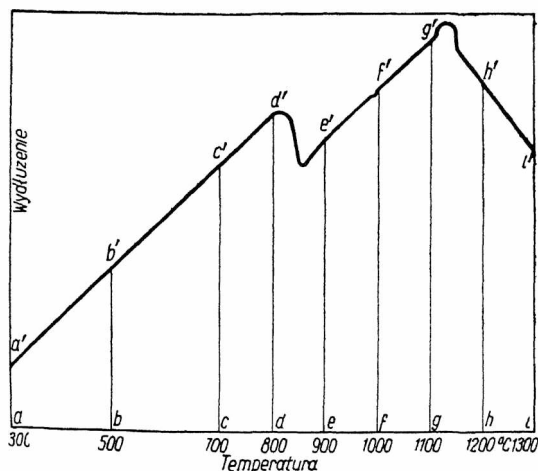
hartowanej stali szybkoznającej występuje dopiero po zahartowaniu w temp. conajmniej 1150°. Poniżej tych temperatur nie stwierdzono w hartowanym tworzywie nawet przy powiększeniu 1500 najmniejszych oznak budowy poliedrycznej.

Próbowano określić temperaturę przemiany żelaza γ w δ przy pomocy zmodyfikowanego nie-



Rys 11

co dilatometru Chévenard'a. Próbką była grzana w jednej tylko rurce kwarcowej, a ruch różnicowy stworzono przez mechanizm zegarowy, na którym był przyklejony papier fotograficzny — zamiast kliszy. Wykres otrzymany jest przedstawiony na rys. 11 i rozwinięty na rys. 12. Widoczna b. wyraźna przemiana $\sigma \rightarrow \gamma$ w temp. 820—850° (zmniejszenie objętości) i prawdopodobnie $\gamma \rightarrow \delta$ w temp. powyżej 1100 do 1150°. Potem następuje nagły spadek objętości, wywołany przez przemianę kwarcu. Do ogrzewania próbki w rurce kwarcowej skonstruowano specjalny piecyk silitowy i, jak widać z wykresu, grzano do 1300°. Trzy pomiary dały identyczne wyniki. Ponieważ nie dało się uniknąć przemiany kwarcu, przeto wynik ten jest może cokolwiek niedokładny, lecz niemniej prawdopodobny.

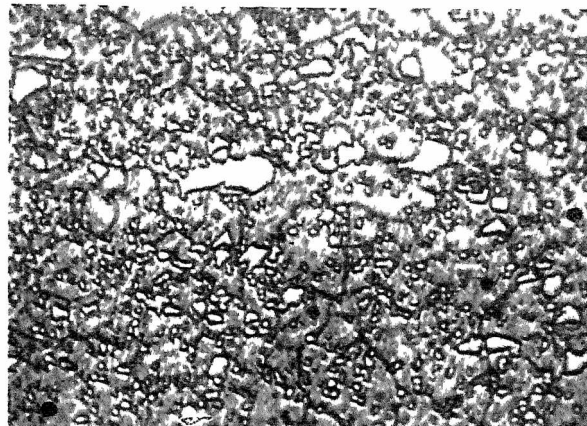


Rys. 12.

Te motywy przemawiałyby za tem, że poliedry są raczej zwykłymi kryształami ferrytu, niż austenitu.

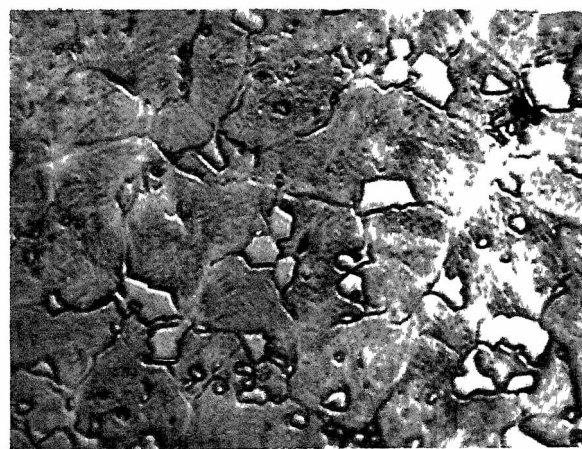
Jeżeli chodzi o zagadnienie wtórnej twardości, to mimo tego, iż w zakresie temperatur odpusz-

czania 500—600' następuje największy rozpad austenitu i jednocześnie najintensywniejszy wzrost twardości, jednak to ostatnie zjawisko wydaje się nie być wynikiem pierwszego. Jeżeli zahartujemy stal szybkoznającą od temp. 1150° i odpuscimy w temp. około 580°, to spadek twardości będzie b. znaczny; jeżeli zaś zahartujemy w temp. 1320°



Rys 13 Tworzywo A, grzane w temp 1200° w ciągu 90 sek., studzone w oleju Pow 800

i odpuscimy w 580°, to spadek ten będzie minimalny, czasem żaden, a czasem nawet następuje wzrost twardości. Różnica w zawartości austenitu między tworzywem hartowanym w 1320° i 1150° jest praktycznie b. mała i wynosi 10—15%. Prócz tego po odpuszczeniu, tak w jednym, jak i w drugim wypadku, zostaje austenitu do 30%. Trudno jest więc przypuszczać, aby taka mała różnica była przyczyną ustalenia się twardości na wysokim poziomie po hartowaniu, tembardziej, że zachodzi również przy odpuszczaniu częściowy rozpad martenzytu hartowania (zajmującego 40—50% całej masy) i jego skutek jest napewno większy, niż przyrost twardości wskutek przemiany stosunkowo małej ilości austenitu w martenzyt. Należy tutaj zwrócić uwagę na inne zjawisko, miano-



Rys 14. Tworzywo A, grzane 80 sek w temp 1350°, studzone w oleju Pow. 800

wicie na ilość węglików, które przechodzą w roztwór stały.

Rys. 13 przedstawia strukturę tworzywa A, hartowanego w temp. 1200°, zaś rys. 14 — w 1350°. Widoczna ogromna różnica w zawartości węglików,

to znaczy, że stopień przesylenia siatki przestrzennej jest w drugim wypadku o wiele większy niż w pierwszym. Tem samym więc i równowaga między roztworem stałym węglików w osnowie a resztą węglików jest bardziej niestała i przy najmniejszym bodźcu, którym jest właśnie odpuszczenie, dążność, względnie zdolność do wyrzucania „niepotrzebnych” elementów obcej fazy jest wielka. Prócz tego, ilość tych ultramikroskopowych elementów (węglików lub innych związków chemicznych) będzie również nadzwyczaj duża; odpowiednio do tego, ile ich jest w roztworze stałym. Należy dodać jeszcze, że przeładowanie siatki przestrzennej jest tak duże, iż można przypuszczać, że atomy tych obcych elementów są tuż przy brzegach kryształów, i to jest również jeden z czynników ułatwienia wydzielania się. To wszystko przemawiałoby za tem, że wtórna twardość stali szybkoznającej jest — jeżeli nie jedynie — to w każdym razie w bardzo decydującej mierze wywołana wydzielaniem się węglików, względnie innych związków chemicznych na granicach płaszczyn poślizgu kryształów tego tworzywa.

Nie należy jednak negować przemiany austenitu w martenzyt i zaprzeczać jej jakiegokolwiek roli w procesie wzrastania wtórnej twardości. Wiadomo np., że stopy Fe-W-Co, dobrane w takim stosunku % -wym, że mają tylko jedną modyfikację żelaza — α lub γ — posiadają również wtórną twardość, lecz maximum jej otrzymuje się w pierwszym wypadku przy temp. odpuszczania 900°, w drugim — przy 800°. Stopy zaś te, posiadające przemianę żelaza, osiągają maximum wtórnej twardości już w 700°. Czyby więc nie można było przypuścić, że przemiana jednej

fazy żelaza w drugą sprzyja wtórnej twardości, to znaczy przyspiesza ten proces. Możliwe więc jest, że i w stali szybkoznającej przemiana austenityczna przy odpuszczaniu odgrywa rolę pewnego katalizatora i może tu leży ziarno zgody pomiędzy zwolennikami obu teoryj obróbki termicznej stali szybkoznającej.

Kończąc swój referat, poczuwam się do miłego obowiązku podziękowania p. Naczelnemu Dyrektorowi P. W. U. Inż. W. K. Wierzejskiemu za finansowe poparcie tej kosztownej pracy, p. Inż. E. Osce, Szefowi Centr. Lab., za danie inicjatywy i szczerze poparcie, p. Prof. Dr. Inż. I. Czopińskiemu za światłą opiekę, p. Prof. Inż. St. Płuzańskiemu za zezwolenie korzystania z przyrządów Zakładu Obróbki Metali i p. Inż. W. Biernawskiemu za bezinteresowną konstrukcję i pomoc w korzystaniu z aparatu opisanego wyżej.

● ● ●

Possibilité d'une modification de la théorie du traitement thermique de l'acier rapide

R é s u m é :

Après avoir souligné le manque de données exactes sur les transformations allotropiques de l'acier rapide qui ont lieu dans les conditions normales de l'échauffement et du refroidissement, ainsi que rappelé l'importance pratique de la dureté secondaire, l'auteur cite les deux théories du traitement thermique existant actuellement et décrit les essais qu'il a effectués pour déterminer quelle est la théorie la plus justifiée.

Dans les conclusions l'auteur prouve que la structure polyédrique n'est pas une caractéristique de la structure martensitique, mais de celle ferritique, donne une définition de la transformation $\gamma \rightarrow \delta$ du fer, montre que la dureté secondaire ne résulte pas de la transformation de l'austénite en martenzyt et indique le rôle probable de la transformation austénite—martensite.

Stale ognioodporne*)

Inż Dr. A. Farnik, Huta Baildon

Cechy stali ognioodpornych: dobra odporność na zendrowanie i wytrzymałość na gorąco. — Wpływ dodatków stopowych: chromu, krzemu i aluminium na odporność i zendrowanie. — Czynniki wysokiej wytrzymałości na gorąco. — Warunki dobrej obrabialności plastycznej na gorąco i na zimno, obrabialności mechanicznej oraz spawalności stali ognioodpornych. — Rentowność i zakres stosowania stali ognioodpornych.

STALE ognioodporne, by mogły znaleźć możliwie jaknajszersze zastosowanie, odznaczać się powinny następującymi cechami:

- a) dobrą odpornością na zendrowanie w temp. wyższych,
- b) wysoką wytrzymałością na gorąco,
- c) dobrą obrabialnością i spawalnością,
- d) możliwie niską ceną.

Odporność na zendrowanie

Doniedawna pod pojęciem stali ognioodpornych rozumiano stale, które wykazywały tylko dobrą odporność na zendrowanie, i już zwyczajne żelazo alitrowane należało do tej grupy. Konstruktor jednak, prócz dobrej odporności na zendrowanie, postawił żądanie i wysokiej wytrzymałości na gorąco, przez co metalurgia stanęła przed nowymi zagadnieniami, gdyż niekonicznie dodatki stopowe, podnoszące odporność na zendrowanie, korzystnie wpływają na ukształtowa-

nie się innych cech, wymaganych od stali ognioodpornych.

Odporność na zendrowanie jest jedną z istotnych cech stali ognioodpornych i jest raczej zależna od charakteru powstałych produktów utleniania, niż od powinowactwa do tlenu pierwiastków, wchodzących w skład stali ognioodpornych. Odporność na zendrowanie podnoszą przede wszystkim dodatki chromu, krzemu i aluminium, a więc pierwiastków o bardzo silnem powinowactwie do tlenu, które znajdują w metalurgii zastosowanie jako odtleniacze. Odporność na zendrowanie polega na wytworzeniu warstwy zendry bardzo trwałej i ściśle przylegającej, tak że cienka warstwa powstałych tlenków chroni materiał od dalszego działania tlenu. Bardzo ważną rolę odgrywa tu spólczynnik rozszerzalności zendry, gdyż przedmioty sporządzone ze stali ognioodpornych podlegają kolejnemu nagrzewaniu i studzeniu i przy tych procesach, wskutek zbyt wielkich różnic skurczów na ochronnej powłoce tlenków, powstają rysy, względnie całe płyty zendry

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Polskich.

odpryskują zupełnie i, ułatwiając dostęp tlenu, dają możliwość dalszego zendrowania.

Żelazo zwykle w temperaturach normalnych podlega procesowi utleniania dosyć wolno, lecz w miarę podnoszenia się temperatury szybkość tego procesu znacznie się podnosi, a powyżej 500° jest już tak znaczna, że uniemożliwia stosowanie tego tworzywa do konstrukcji elementów, pracujących w temperaturach wyższych. Powstające tlenki żelaza nie mają zdolności ochronnych, gdyż są bardzo nietrwałe, mogą występować w kilku stopniach utlenienia i, dzięki reakcjom pomiędzy tlenkami bogatszymi w tlen a żelazem, tlen od powierzchni jakby dyfunduje w głąb, niszcząc coraz to dalsze warstwy zdrowego materiału. Poza tym tlenki żelaza, występujące zawsze w grubszych warstwach, wskutek znacznych różnic dilatometrycznych, łatwo odpryskują. Przez dodanie odpowiednich dodatków stopowych do żelaza, na powierzchni przedmiotów, sporządzonych z tych stopów, w temperaturze wyższej powstają bardzo trwałe tlenki dodatków stopowych i te właśnie bronią tworzywo przed dalszym postępowaniem utleniania. Jako dodatki stopowe, podnoszące odporność na zendrowanie stali ognioodpornych, stosowane są — jak wspomniano — głównie: aluminium, chrom i krzem.

Pierwotny sposób podnoszenia odporności na zendrowanie żelaza zwykłego przez pokrywanie powierzchni przedmiotów cienką warstwą aluminium, został zupełnie zarzucony, gdyż w ten sposób — choć znacznie podnoszono odporność powierzchni na zendrowanie, — ale przedmioty alitowane nie mogły być poddawane, ze względu na możliwość uszkodzenia powierzchni, żadnej obróbce plastycznej albo mechanicznej. Poza tym zakres stosowania przedmiotów alitowanych nie mógł przekraczać 1000°, gdyż w temperaturach wyższych aluminium z warstwy zewnętrznej dosyć szybko dyfundowało w głąb materiału i zubożona w Al warstwa zewnętrzna traciła swe właściwości chronienia przed zendrowaniem. Wytrzymałość na gorąco materiału przez alitowanie nie została podniesiona.

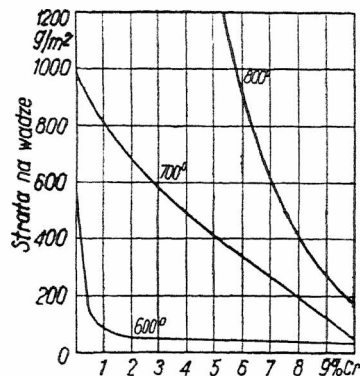
Metallurgom udało się wynaleźć stopy, które odznaczają się dobrą odpornością na zendrowanie, a równocześnie wysoką wytrzymałością i dobrą obrabialnością. Jak wspomniano, odporność na zendrowanie podnoszą dodatki Al, Si i Cr i, z trzech możliwych stali stopowych, czyste stale aluminiowe i krzemowe odznaczają się znaczną kruchością i złą obrabialnością, natomiast czyste stale chromowe odznaczają się stosunkowo dobrą obrabialnością, jak również dobrą odpornością na zendrowanie. Znacznie lepsze wyniki uzyskujemy z kombinacji stopowych, zwłaszcza przez dodanie niklu.

Ochroniające działanie dodatku chromu do żelaza ilustruje rys. 1 i 2. Rys. 1 przedstawia straty na wadze stali o różnej zawartości Cr na 1 m² powierzchni, wskutek utlenienia przy różnych temperaturach.

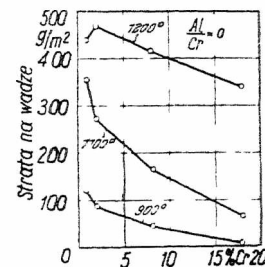
Jak widać z powyższego, w miarę wzrostu zawartości chromu, odporność na zendrowanie wzrasta i np. stal o zawartości 9,8% Cr ma tę samą odporność na zendrowanie przy temp. 800°,

co stal o zawartości 0,4% Cr przy temp. 600°. (Badania długotrwałe zendrowania trwały 120 godzin).

Ochroniające działanie chromu w temperaturach jeszcze wyższych przedstawia rys. 2.

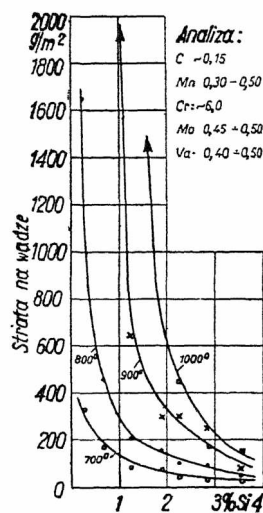


Rys. 1. Straty na wadze stali chromowych w temp. wyższych wskutek zendrowania (120 godzin).

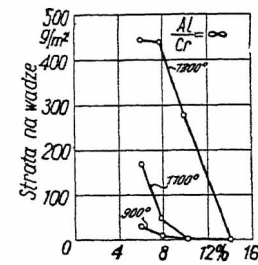


Rys. 2. Straty na wadze stali chromowych w temp. wyższych wskutek zendrowania (4 godz.).

Jak widać z powyższych rysunków, stosowanie nawet wyżej stopowych stali chromowych nie może uchronić przed silnym zendrowaniem w temperaturach wysokich. Przez dodanie dalszych dodatków stopowych można znacznie podnieść ochroniające działanie chromu, wzgl. można część chromu zastąpić temi pierwiastkami. W pierwszym rzędzie, jako dodatki, znajdują zastosowanie krzem i aluminium. Nieznane są badania czystych stali krzemowych na odporność na zendrowanie, ale już nieznaczne dodatki krzemu bardzo silnie wzmacniają ochroniające działanie chromu. Rys. 3 ilustruje wpływ dodatku krzemu na podniesienie odporności stali chromowych na zendrowanie. W porównaniu z wykresem rys. 1 widać, że gdy strata czystej 6% stali



Rys. 3. Wpływ krzemu na odporność stali chromowej przeciw utlenianiu. Czas utleniania 120 godz.

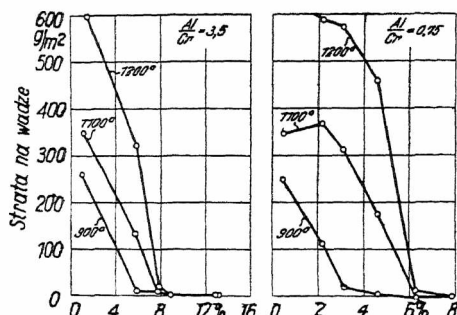


Rys. 4. Straty na wadze stali aluminiowych przez zendrowanie w temp. wyższych (4 godz.).

chromowej wynosiła w temperaturze 700° 360 g/m², a w temperaturze 800° — 900 g/m², to przy dodaniu 2% Si straty w tych samych temperaturach wynoszą już tylko 70 g/m², wzgl. 320 g/m², a z dalszym wzrostem Si jeszcze znacznie się obniżają, czyli odporność na zendrowanie wzrasta.

Bardzo silnie ochroniająco działa również aluminium. Czyste stale stopowe aluminiowe, mimo

że odznaczają się bardzo dobrą odpornością na zendrowanie, nie są w praktyce stosowane ze względu na swą kruchość i złą obrabialność. Wpływ aluminium na odporność na zendrowanie przedstawia rys. 4. Z przebiegu krzywych widać, że już małe dodatki Al powodują bardzo silny przyrost odporności na zendrowanie, i to nieproporcjonalnie silniej, niż dodatki chromu. Wprowadzenie większych ilości Al do stali połączone jest jednak z pewnymi trudnościami, stal jest gęsto płynna, trudno się rozlewa, to też interesujące są wyniki wpływu obu pierwiastków równocześnie na odporność na zendrowanie. E. Scheil i H. Schulz¹⁾ zbadali dwa szeregi stali, w których stosunek Al:Cr wynosił 3,5, wzgl. 0,75. Z wykresu rys. 5 widać, że już nieznaczny dodatek Al i Cr bardzo silnie podnosi odporność na zendrowanie; dodatek 5% Al + 2% Cr w znacznie silniejszym stopniu podnosi odporność na zendrowanie, niż dodatek 7% Al lub 7% Cr.



Rys. 5. Straty na wadze stali chromowo-aluminowych w temp. wyższych wskutek zendrowania (4 godz.).

O ile chodzi o działanie innych pierwiastków stopowych, to nikiel prawie zupełnie nie podnosi odporności na zendrowanie, a jest stosowany w wyższych gatunkach stali ognioodpornych dla nadania im lepszej obrabialności i wytrzymałości. W atmosferze gazów spalinowych bogatych w siarkę obecność niklu jest raczej niepożądana, gdyż nikiel jest bardzo mało odporny na działanie siarki, a powstałe siarczki mają niski punkt topliwości, przyczem łatwo ulegają utlenianiu. Działanie siarki na nikiel odbywa się nie tylko na powierzchni, lecz również i wzdłuż granic ziarn i w ten sposób siarka, posuwając się w głąb materiału, powoduje zniszczenie materiału wskutek korozji międzykrystalicznej. W temperaturach wyższych, w obecności połączeń siarkowych, lepsze wyniki uzyskać można przez zastosowanie chromowych stali ognioodpornych niż chromo-niklowych. Odporność stali chromo-niklowych na działanie siarki można podnieść przez dodanie aluminium. Ochraniające działanie Al tłumaczy jedni dosyć wysokim punktem topliwości Al₂S₃ (1100°), inni natomiast tem, że Al₂S₃ bardzo łatwo się utlenia, a powstały Al₂O₃ chroni materiał przed dalszym atakiem.

Wpływ manganu na odporność na zendrowanie jest jeszcze niejasny. Badania przeprowadzone w atmosferze bez siarki wskazywałyby raczej na to, że mangan obniża odporność na zendrowanie, natomiast badania przeprowadzone w atmosf-

rze z obecnością połączeń siarkowych wykazały znacznie większą odporność, prawdopodobnie wskutek tworzenia się ściśliwego i dobrze przylegającego siarczku manganu, który broni przed dalszym atakiem.

Węgiel, wskutek chciwego łączenia się z chromem w stosunku wagowym mniej więcej 1:8, powoduje znaczne zubożenie osnowy w chrom i osłabienie odporności na zendrowanie. Tabela 1 obrazuje wynik prób zendrowania stali chromowych o różnej zawartości węgla.

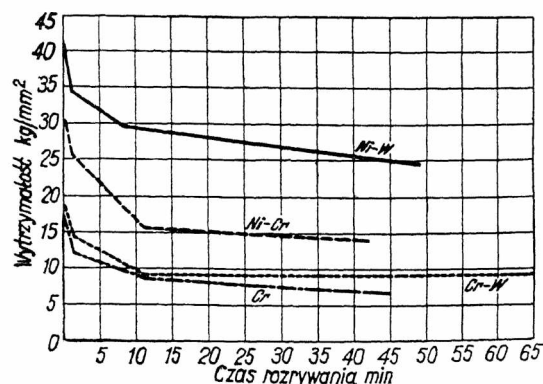
TABFLA 1.

Analiza chemiczna stali								
C	0,12	0,28	0,53	0,20	0,68	1,03	1,72	żelazo
Cr	23,95	21,67	21,45	29,50	28,79	31,88	20,30	—
Temperatura	Strata na wadze w g/cm ² — 24 godz. × 10 ⁻³							
800°	—	—	—	—	—	—	—	312
900°	—	—	—	—	—	—	—	448
1000°	0,79	0,84	0,90	0,65	0,61	0,59	1,02	861
1100°	2,13	2,30	2,24	1,28	1,32	1,34	2,61	1027

Niezależność wyników zendrowania od zawartości węgla przy stalach wysoko-chromowych tłumaczy się tem, że zawartość chromu niezwiązanego z węglem wystarcza w zupełności do zagwarantowania odpowiedniej odporności na zendrowanie.

Wytrzymałość na gorąco.

Drugą podstawową cechą stali ognioodpornych jest ich wysoka wytrzymałość na gorąco. Chcąc rozpatrywać ten problem, trzeba ustalić pojęcie, co należy rozumieć pod pojęciem wytrzymałości na gorąco i jak dalece wykorzystywać można dane wytrzymałościowe podawane przez różnych badaczy, wzgl. producentów, do celów praktycznych. Stwierdzono, że wyniki wytrzymałościowe na gorąco na podstawie próby rozrywania trwającej mniej niż 20 minut nie są miarodajne, gdyż, jak stwierdził Mailänder²⁾, długość rozrywanej próbki bardzo silnie wpływa na wyniki badań wytrzymałości. Wykres takiej zależności przedstawia rys. 6. Z wykresu widać, że dla osiągnię-



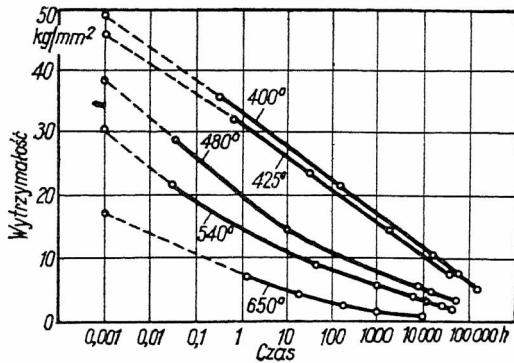
Rys. 6. Wpływ czasu rozrywania na wytrzymałość różnych stali zaworowych w temp. 800°.

cia przybliżonej rzeczywistej wytrzymałości na gorąco czas trwania rozrywania próbki musi wynosić conajmniej 20 minut. Wytrzymałość, wyznaczoną w ten sposób, określamy terminem

¹⁾ E. Scheil i H. Schulz, Archiv für Eisenhüttenwesen 1932/33, str. 156.

²⁾ E. Houdremont i V. Ehmke, Archiv für das Eisenhüttenwesen 1929/30, str. 50.

„wytrzymałości na gorąco“, co Niemcy nazywają „Warmfestigkeit“. Jeżeli materiał obciążać przy temperaturze wyższej obciążeniami, leżącymi nawet poniżej granicy „wytrzymałości na gorąco“ określonej dla tej temperatury, materiał po pewnym czasie zaczyna pełzać, co Niemcy określili terminem „Kriechen“. Powstała kwestja, czy dla danej temperatury istnieje obciążenie, przy którym to pełzanie materiału zanika, wzgl. odbywa się z taką szybkością, która dla celów praktycznych nie ma znaczenia, czy też to zjawisko płynięcia istnieje dla każdego obciążenia. Amerykanie J. J. Kanter i L. W. Spring³⁾ badali czasy dla różnych temperatur i różnych obciążeń, by dla odlewu stalowego uzyskać 1% wydłużenia. Wyniki ich badań przedstawia wykres rys. 7.



Rys. 7. Zależność między czasem i obciążeniem dla uzyskania 1% wydłużenia przy różnych temperaturach dla odlewu stalowego.

Jak widać z wykresu, pełzanie jest funkcją czasu i dlatego też dla celów praktycznych ustalono nowe pojęcie t. zw. „wytrzymałości trwałej“ (Dauerstandfestigkeit), co A. Pomp i A. Ender s⁴⁾ ujęli w następującą definicję:

„Wytrzymałość trwała jest to obciążenie, przy którym szybkość wydłużania się materiału, mierzona między 3 i 6 godz. obciążania, wynosi 0,005%/godz., mierzona między godziną 5 i 10 obciążania — wynosi 0,003%/godz., a mierzona między 25 i 35 godz. obciążania wynosi 0,0015%/godz.“. Dla konstruktora dosyć jest ważne, na jakich wartościach powinien oprzeć swoje obliczenia. Jeśli elementy konstrukcyjne narażane będą na obciążenia w temperaturach wyższych tylko okresowo i nie dłużej niż 30 minut jednorazowo, wówczas całkiem spokojnie konstruktor może oprzeć swe obliczenia na wytrzymałości ustalonej przy pomocy 20-minutowej próby na rozzerwanie, jeśli natomiast elementy te podlegać będą obciążeniom stałym w wysokich temperaturach, wówczas może stosować tylko ułamki tych wartości, i to — jak podaje Dr. Fry⁵⁾ — dla temperatur:

600°	...	1/3	wytrzymałości na gorąco
700°	...	1/5	„ „ „
800°	...	1/9	„ „ „
900°	...	1/15	„ „ „
1000°	...	1/25	„ „ „
1100°	...	1/40	„ „ „

³⁾ I. J. Kanter i L. Spring, Proc. Am. Soc. Test. Mat. 1928, str. 80 — 116.

⁴⁾ Stahl u. Eisen 51, 1931 r., str. 157.

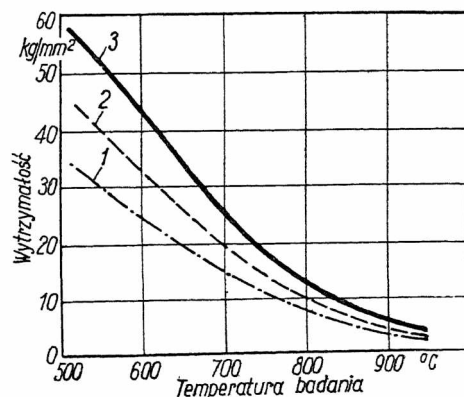
⁵⁾ Dr. Fry, Kruppsche Monatshefte, 1926.

Co do wpływu różnych czynników na wytrzymałość, to cechę tę uzależniamy w pierwszym rzędzie od bezwzględnej kohezji wzajemnej atomów, a możemy ją podnieść przez:

- a) wywołanie naprężeń w siatce przestrzennej,
- b) rozdrobnienie ziarna przez obróbkę plastyczną lub termiczną.

Naprężenia w siatce przestrzennej wywołujemy przez wprowadzenie do niej atomów obcych o większej lub mniejszej objętości atomowej, wskutek czego powstaje odkształcenie siatki i wzrost wytrzymałości. Podniesienie wytrzymałości wielu gatunków stali stopowych polega na t. zw. utwardzaniu przez wydzielanie się. Wskutek ograniczonej rozpuszczalności w temperaturach niższych, wydzielają się obce fazy i, w zależności od dyspersji, wydzieliny w mniejszym lub większym stopniu zaklinowują płaszczyzny poślizgu, przez co podnoszą wytrzymałość. Na tem polega istota wpływu dodatków stopowych na wytrzymałość tworzywa. Drugi sposób podnoszenia wytrzymałości — przez rozdrobnienie ziarna — polega na zaklinowaniu słabych płaszczyzn poślizgowych, istniejących w kryształach, albo bardzo drobnymi ultra-mikroskopowej wielkości cząsteczkami węglików (martenzyt, troostyt, sorbit) przy pomocy obróbki termicznej (hartowanie i odpuszczanie), albo też przez zaklinowanie tych płaszczyzn przy pomocy drobnych odłamków kryształów, powstałych przez mechaniczne rozbitcie ziarn (zimne zgnioty).

Do jakich temperatur sięga wpływ tych czynników na wytrzymałość? Przyjęto, że wzrost wytrzymałości wskutek dodania dodatku stopowego utrzymuje się i w temperaturach wyższych, jednakowoż działanie jego w tych temperaturach nie jest już tak silne, jak w temperaturach niższych, gdyż — jak słusznie przypuszczać należy, — wskutek znacznie większej ruchliwości atomów w tej temperaturze, naprężenia, wywołane w siatce przestrzennej, są słabsze. Rys. 8 przedstawia



Rys. 8. Wytrzymałość na gorąco stali chromowych o następującym składzie chem.:

Nr. stali	C	Si	Cr
1	0,10	1,0	15
2	0,40	1,0	22
3	0,60	1,5	30

wpływ różnych zawartości chromu na wytrzymałość w temperaturach wyższych. Jak widać z wykresu, znaczne różnice w wytrzymałości przy temperaturach niższych zanikają prawie zupełnie w temperaturach wyższych. Wpływ rozdrobnienia ziarna na wytrzymałość, zarówno na

skutek poprzedzającej obróbki termicznej, jak i plastycznej, uwydatnia się do temp. około 650°, gdyż powyżej tej temperatury ziarno uległo regeneracji i wszystkie stale występują już w stanie wyżarzonym.

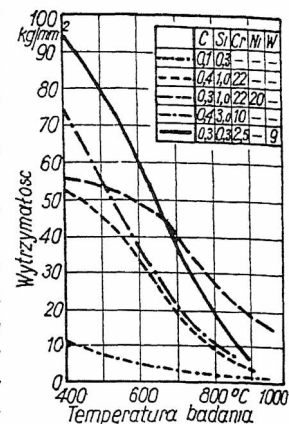
Przy obciążaniu, z chwilą rozpoczęcia płynięcia materiału i związanych z tem odkształceń kryształów, następuje utwardzanie się materiału, czyli wzrost wytrzymałości. Jeżeli szybkość rekryształizacji odkształconych kryształów będzie dosyć znaczna, to wówczas płynięcie, wzgl. pełzanie materiału nie natrafi na żadne przeszkody, jeśli natomiast tworzywo wykaże znaczną bierność w stosunku do rekryształizacji, to tem samem wytrzymałość na gorąco wzrasta. Wytrzymałość na gorąco może więc być skutecznie podniesiona tylko przez zastosowanie dodatków stopowych, obniżających szybkość rekryształizacji. Wchodzą tu w rachubę dodatki Cr, W, Mo, V.

Stale ognioodporne podzielić można na stale:

- a) chromowe z małemi dodatkami innych metali, podnoszącemi odporność na zendrowanie, jak Si, Al,
- b) stale chromowo-niklowe — typu austenitycznego.

Aby uzyskać dostateczną odporność stali chromowych na zendrowanie, zawartość Cr musi być powyżej 20%. Stale chromowe przedstawiają jednak pewne trudności w praktycznym zastosowaniu, gdyż dodatek chromu zwięża zakres istnienia fazy γ i uzyskujemy stale **f e r r y t y c z n e**. W stalach tych nie występują żadne przemiany wewnętrzne i rozrastające się w wysokich temperaturach ziarno nie może być rozbite przez jakąkolwiek obróbkę termiczną, a jedynie tylko przez obróbkę plastyczną. Stal taka, po kilkakrotnem nagrzeniu do wyższych temperatur, staje się kruchą. Dodatek węgla do stali chromowych rozszerza zakres istnienia fazy γ i stwarza możliwość rozdrobnienia ziarna przez obróbkę termiczną. Przy większych zawartościach węgla, wskutek znacznego zmniejszenia szybkości krytycznej studzenia przez dodatek chromu, stale hartują nawet przy studzeniu na powietrzu. Wskutek tego powstają naprężenia i drobniutkie ryski, które po kilkakrotnem nagrzeniu i ostudzeniu powiększają się i powodują pęknięcie przedmiotu. Należy dobrać do zawartości chromu taką zawartość węgla, aby powstały stop leżał na granicy przejściowej pomiędzy stalą o typie ferrytycznym i stalą o typie martenzytycznym. Przy takich bowiem stalach w temperaturze wyższej nowopowstające kryształy austenitu przeszkadzają rozrostowi ziarn chromo-ferrytu, a po studzeniu ciągliwy chromoferryt łagodzi naprężenia, wywołane obecnością zmiarn martenzytu. Stwierdzono, że przy stalach ognioodpornych o zawartości 22% Cr najkorzystniejsze wyniki otrzymujemy przy zawartości 0,3 — 0,55% węgla, przy wyższych zawartościach chromu % węgla może być nieco wyższy. Stale ognioodporne chromowe stosować należy do temperatury 1 000°. Dodatki stopowe innych pierwiastków, jak Mo, W, Co, V, nie powodują żadnej poprawy wytrzymałości w temperaturach wyższych.

Stale ognioodporne typu **a u s t e n i t y c z n e** g o stanowią wyższy gatunek stali ognioodpornych z powodu wyższej wytrzymałości na gorąco i znacznie lepszej obrabialności. Stale te zawierają normalnie około 25% Cr i 20% Ni. Zależność wytrzymałości stali ognioodpornych od składu chemicznego wskazuje rys. 9. Z przebiegu krzywych wytrzymałości widać, że szczytowym gatunkiem stali ognioodpornych są stale typu austenitycznego.



Rys. 9. Wytrzymałość na gorąco stali ognioodpornych o różnej analizie.

Obrabialność stali ognioodpornych.

Obrabialność plastyczna na gorąco. Stale ognioodporne, zarówno chromowe, jak i chromowo-niklowe typu austenitycznego, wymagają dosyć starannych zabiegów podczas obróbki na gorąco. Wskutek małej przewodności cieplnej, należy je ogrzewać wolno i dostatecznie długo, by uzyskać równomierne przegrzanie w całym przekroju. Temperatura początkowa kucia powinna wynosić od 1 050 do 1 080°, przy stalach uboższych w chrom dochodzić może do 1 200°. Temperatura końcowa kucia nie może być zbyt wysoka, by nie dopuścić do rozrostu ziarna, które wskutek braku przemian i możliwości przekryształizowania nie może być na drodze termicznej obróbki już rozdrobnione i stal taka jest zbyt krucha. Końcowa temperatura kucia powinna wahać się od 850 do 900°. Należy zwracać uwagę przy pierwszym kuciu wlewków, zwłaszcza stali chromowych z dodatkiem Al, by pierwsze zgnioty nie były zbyt silne, gdyż wskutek silnych niejednorodności na granicach ziarn łatwo mogą powstać pęknięcia. Przy dalszym przekuwaniu materiał jest już mniej czuły. Obróbka plastyczna na gorąco stali ognioodpornych nie nasuwa żadnych specjalnych trudności.

Obrabialność plastyczna na zimno. Stale chromowe ognioodporne można obrabiać dobrze na zimno, a więc walcować, ciągnąć i tłoczyć. Wskutek dosyć znacznej wytrzymałości, obróbka na zimno stali ognioodpornych wymaga znacznie większego zużycia pracy, niż przy zwyczajnych stalach do głębokiego tłoczenia.

Obrabialność mechaniczna. Stale ognioodporne dają się dobrze obrabiać mechanicznie, jedynie przy stalach austenitycznych, wskutek dużej ciągliwości, szybkości skrawania winny być małe, a narzędzia tnące z bardzo dobrej stali szybko tnącej.

Spawalność. Ze względu na zawartość chromu i tworzenie się trudno topliwych tlenków na powierzchni, łączenie dwu kawałków stali ognioodpornej przy pomocy zgrzewania jest utrudnione i w praktyce niestosowane. Stale ognioodporne można natomiast bardzo dobrze spawać, zarówno płomieniem, jak i elektrycznie, przy pomocy spawania oporowego i łukowego. Przy spawaniu elektrycznym łukowym najlepsze wyniki

otrzymuje się, trzymając elektrodę na biegunie ujemnym. Przy spawaniu acetylenowym należy zwracać baczną uwagę na płomień, gdyż przy płomieniu redukującym otrzymujemy spoinę nawęgloną, kruchą, natomiast przy płomieniu utleniającym — spoinę porowatą. Pozatem należy spawać płomieniem małym, gdyż przewodność cieplna jest mała i stal się bardzo wypacza. Przy spawaniu blach, zarówno acetylenowym, jak i elektrycznym, blachy należy ustawić tak, by odstęp między brzegami, gdzie mamy skończyć spoinę, był o 2 — 3% długości spoiny szerszy, niż między brzegami, gdzie rozpoczynamy spawanie. Przy spawaniu należy zwracać uwagę, aby pierwiastki podnoszące odporność, a więc Si i Cr, nie wypaliły się zanadto. Zawartość Si w drucie do spawania odgrywa dużą rolę, gdyż powstające przez utlenianie SiO_2 łączy się z tlenkiem chromu na łatwoopływny krzemian chromu. Stosując elektrody otulone, możemy łatwo przez odpowiedni skład otuliny wpłynąć na skład i własności spoiny.

Rentowność stosowania stali ognioodpornych

Stale ognioodporne znajdują coraz szersze zastosowanie w praktyce, przedewszystkiem w przemyśle chemicznym, szklanym, porcelanowym, w grzejnictwie, przemyśle metalowym, — wogó-

le tam, gdzie przy wysokich temperaturach wymagana jest duża wytrzymałość mechaniczna i dobra odporność na zendrowanie. Mimo że tworzywo to, wskutek znacznych zawartości chromu i niklu, jest znacznie droższe, to jednak wskutek swych zalet jest ono znacznie ekonomiczniejsze, gdyż wskutek wyższej wytrzymałości pozwala na lżejsze konstrukcje (np. garnki do wyżarzania, skrzynki do cementowania, ruszty etc.). Wskutek lepszej przewodności cieplnej od szamoty, umożliwia znacznie lepsze wyzyskanie ciepła (np. muflę, tygłę i t. d.), a wskutek odporności na zendrowanie nie zanieczyszcza produktów wytwarzanych (kosze do wypalania porcelany etc.). Poza-tem łatwa spawalność umożliwia przeprowadzanie wszelkich możliwych napraw uszkodzonych przedmiotów, sporządzonych ze stali ognioodpornych.

● ● ●

Les aciers résistant aux hautes températures

R é s u m é

L'auteur analyse les propriétés des aciers résistant aux hautes températures en ce qui concerne leur résistance à l'oxydation, ainsi que leur résistance mécanique, et montre l'influence de divers constituants (Cr, Si, Al) de l'alliage sur les qualités de ce matériel. Ensuite il s'occupe de la travaillabilité de ces aciers à chaud et à froid, de leur travail au moyen des outils de coupe, de leur soudure et, enfin, de la rentabilité de leur application.

O impregnowanym proszku do nawęglania *)

W. Didkowski, Abs. Akad. Górn.

Sposób fabrykacji impregnowanych proszków. — Wyniki cementacji żelaza zapomocą proszków impregnowanych własnej fabrykacji. — Porównanie działania nawęglającego proszków impregnowanych z działaniem nawęglającym mieszanek zwykłych (węgiel drzewny + K_2CO_3 , wzgl. Na_2CO_3 , BaCO_3 i $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$).

WZIEDZINIE cementacji, jak zresztą i w innych dziedzinach techniki, od początku stosowania tego zabiegu celem nadania niektórym rodzajom wyrobów żelaznych odpowiednich właściwości, istniały najróżnorodniejsze tajemnice, zazdrośnie strzeżone przez ich posiadaczy. Tajemnice te odnosiły się przedewszystkiem do składu oraz do sposobu sporządzania mieszanek do nawęglania.

Niejednokrotnie mieszanki do nawęglania, których skład wydaje się obecnie dziwnym, niczem jakaś średniowieczna recepta lekarska, uchodziły w swoim czasie za dobry środek nawęglający, chociaż nie było żadnego uzasadnienia celowości stosowania tych lub innych składników. Nie było bowiem naukowego ujęcia procesu nawęglania, nie znano najprostszych zasad cementacji i dlatego długo nie można było wykazać bezsensowności stosowanych podówczas mieszanek oraz przystąpić do ich zwalczania. Dawało to szerokie pole do popisu przy stwarzaniu różnych środków tajemniczych, jak również przy wyciąganiu z podobnych pomysłów korzyści materialnych.

Obecnie, chociaż dzięki pracom z dziedziny cementacji wybitnych teoretyków i praktyków (F. Giolitti, L. Guillet, I. Feszczenko-Czopiwski, G. M. Enos i wielu innych) udało się wszechstronnie oświetlić proces nawęglania stali, chociaż mamy już dokładne wiadomości, jakie czynniki wywierają

wpływ na taki lub inny przebieg tego procesu oraz które sole sprzyjają nawęglaniu, które zaś przeszkadzają, względnie zachowują się obojętnie, nie mniej jednak tradycja tajemniczych proszków do nawęglania nadal się utrzymuje. Trzeba przypuszczać, że szeroko reklamowane obecnie karburyzatory patentowane nie są już tak szkodliwe, jak niegdyś, czasem nawet wręcz przeciwnie — posiadają pewne zalety.

W pracy niniejszej chodziło o zbadanie, czy istotnie istnieją korzyści przy wprowadzaniu soli aktywnych do węgla drzewnego zapomocą impregnowania.

Podstawy badań.

Największą wadą zwykłych karburyzatorów, sporządzanych z węgla drzewnego przez dodanie odpowiednich soli w postaci proszku, jest tendencja tych ostatnich (szczególnie węglanu baru) do przesiewania się pomiędzy grubszymi od soli ziarenkami węgla, wskutek czego głębsze warstwy skrzynki cementacyjnej są bogatsze w sole, aniżeli górne. Taka niejednorodność karburyzatora może źle wpływać na powierzchnię nawęgloną żelaza, szczególnie przy cementowaniu większych przedmiotów.

Istnieje więc przypuszczenie, że jeżeli umożliwić równomierne rozdzielanie soli w karburyzatorze, wprowadzić sole do karburyzatora w możliwie najdrobniejszej postaci oraz stworzyć warunki, zapobiegające bliskim kontaktom soli z węglem, wówczas

*) Referat zgłoszony na IX Zjazd Inż. Mech. Folskich.

przy mniejszym dodatku soli można otrzymać takie same, jak przy zwykłych karburyzatorach, lub nawet lepsze wyniki. Aktywizujące działanie domieszek trwa przytem przez czas dłuższy.

Rozwiązanie powyższego zagadnienia jest możliwe przez sporządzenie proszków do nawęglania zapomocą impregnowania węgla drzewnego w roztworach wodnych odpowiednich soli.

Do badań wzięto następujące sole: węglan sodu w postaci sody kaustycznej ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), żelazocjanek potasu ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$), węglan potasu (K_2CO_3) i węglan baru (BaCO_3).

Badania dzielą się na trzy części:

- 1) Impregnowanie węgla drzewnego zapomocą roztworu wodnego każdej soli z osobna.
- 2) Powlekanie węgla masą, zawierającą wszystkie wspomniane sole (prócz K_2CO_3).
- 3) Cementowanie różnych stali zapomocą wynalezionego proszku do nawęglania.

M a t e r i a ł y.

1) Węgiel drzewny brzozy w postaci ziarn (4—10 mm średnicy), miazgi (0—1 mm średnicy) i pyłu (sito o 1600 oczkach na 1 cm^2). Sposób wypalania węgla nie był bliżej znany.

2) Węglan sodu w postaci sody kaustycznej ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) o zawartości wody ok. 62%.

3) Żelazocjanek potasu ($\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) w postaci żółtej soli Gmelina, znanej powszechnie w ruchu pod nazwą „Kal”, o zawartości ok. 88% $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$.

4) Węglan potasu (K_2CO_3) chemicznie czysty.

5) Węglan baru (BaCO_3) chemicznie czysty i techniczny.

6) Dekstryna (mączka kasztanowa).

7) Krochmal (mączka ziemniaczana).

8) Olej jadalny rozcieńczony benzyną w stosunku 100:30.

9) Stal do badań karburyzatorów o składzie:

C = 0,25%, Mn = 0,42% i Si = 0,01%.

10) Stale specjalne o składzie:

T A B E L A 1

Marka B.H.H.	Oznaczenie	Składniki w %								Uwagi
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	
M W 8	M	0,13	0,25	0,50	0,023	0,021	—	—	—	stal węglista
E K 1	E	0,11	0,25	0,41	0,019	0,028	0,42	0,07	—	stale specjalne
L C 1	L	0,13	0,21	0,45	0,012	0,012	—	4,75	—	
K B 2	N	0,14	0,28	0,49	0,008	0,013	1,38	5,00	—	—
K B 2	K	0,29	0,20	0,56	0,015	0,010	1,13	3,19	—	

11) Karburyzator patentowany „Quicleid A”, oznaczany poniżej przez k. p., o składzie chemicznym:

Węgiel (70% drzewn. i 30% koksiku)	65,00%
BaCO_3	16,00%
CaCO_3	5,40%
Fe_2O_3	0,30%
Na_2CO_3	0,60%
Składniki organ. rozpuszcz. w H_2O	12,70%

12) Karburyzator fabryczny (k. f.): węgiel drzewny brzozy (0 ÷ 3 mm średnicy) + 20% sody kaustycznej w proszku.

BADANIA KARBURYZATORÓW.

1. Impregnowanie węgla zapomocą roztworów poszczególnych soli.

a) Sporządzanie karburyzatora oraz analiza chemiczna.

Do podgrzanej wody dodawano najpierw dekstryny (zagęszczacz). Po rozpuszczeniu się dekstryny, wsypywaną sól mieszano ciągle aż do całkowitego rozpuszczenia się. Gdy zaś po jakimś czasie zostawała na dnie pewna ilość soli nierozpuszczonej, podgrzewano nieco roztwór.

Do tak przygotowanego roztworu wsypywano tyle węgla ziarnistego, żeby po przyciśnięciu go do dna naczynia powierzchnia była zalana roztworem, poczem zostawiano w spokoju na przeciąg 1 godziny. Następnie karburyzator odcędzono (przez lejek bez sączka), wysypywano na blachę, posypywano miazgą węglową, przecierając stale rękami, aż każde ziarno zostanie nim dokładnie oblepione, i wreszcie suszono na piecyku elektrycznym, wzgl. kuchennym, w temperaturze 250—300°. Po wysuszeniu odsiewano drobny węgiel zmieszany z kryształkami soli, które obsypały się z ziarn karburyzatora przy mieszaniu podczas suszenia.

W czasie sporządzania karburyzatorów impregnowanych tą drogą zauważyliśmy, że:

1) Kolejność wprowadzania składników roztworu (sole, dekstryna) musi być taka, jak wyżej podano, gdyż w przeciwnym razie dekstryna nie rozdzieli się równomiernie w roztworze (powstawać nie grudek).

2) Podczas impregnowania roztwór stygnie, wskutek czego następuje krystalizacja soli (w roztworach o większym stężeniu), przyczem wielkość powstających kryształów zależy tak od właściwości stosowanej soli, jak i od znajdującej się w roztworze ilości dekstryny, która jest czynnikiem, stwarzającym wielką ilość ośrodków krystalizacji, a więc sprzyjającym wydzieleniu się bardzo drobnych kryształków soli.

3) Suszenie karburyzatora bez uprzedniego posypania go miazgą, lub pyłem węglodrzewnym napotyka na znaczne trudności, gdyż sól krystaliczna, znajdująca się na wilgotnym karburyzatorze, przy podgrzaniu podczas suszenia, przechodzi ponownie w roztwór (szczególnie soda), który spływa po ziarnach i gromadzi się na dnie suszarki.

4) Przygotowanie karburyzatorów można opierać nie tylko na samym impregnowaniu, lecz również na zastosowaniu sposobu kombinowanego: częściowo wprowadzać dodatki do węgla drogą impregnowania, częściowo zaś przez dodanie odpowiednich ilości możliwie dokładnie sproszkowanych soli do pyłu węglowego, którym posypuje się karburyzator przed suszeniem. Prawdopodobnie ten ostatni sposób w nieporównanie większym stopniu dałby możliwość dowolnego regulowania składu karburyzatora po wysuszeniu, aniżeli pierwszy, obrany do badań w tej pracy.

5) Ziarna karburyzatora, otrzymanego przez impregnowanie węgla w czystych roztworach soli (bez dekstryny), miały biały nalot, który nie da się usunąć nawet przez użycie większych ilości miazgi do posypywania przed suszeniem, natomiast przy dodawaniu dekstryny ziarna są prawie czarne i gładkie. Oczywiście, że gładkość w danym wypad-

ku jest rzeczą względną, albowiem stosowany w badaniach miał do posypywania jest do tego celu zbyt gruboziarnisty. Dopiero posypanie pyłem węglowym lub grafitowym dałoby możliwość uzyskania prawdziwie gładkich powierzchni ziarn.

Ilość soli w karburyzatorze po wysuszeniu oznaczano zapomocą analizy miareczkowej.

Sposób sporządzania karburyzatorów z węglanem baru jest odmienny od podanego wyżej. Węglan baru nie jest rozpuszczalny w wodzie, a tylko posiada zdolność do przechodzenia w wodzie w stan zawieszony. Należało więc tak obrać zagęszczacz, żeby on, znajdując się w roztworze w jak najmniejszej ilości, zapewniał maksymalne zawieszenie cząsteczek węglanu baru. Zagęszczaczem najbardziej odpowiadającym powyższym wymaganiom okazał się krochmal.

Ze względu na to, że roztwory stosowane przy karburyzatorach z węglanem baru są znacznie gęstsze, aniżeli przy badaniach poprzednich, można z całą pewnością powiedzieć, że ich własności impregnujące są znikome. Przy wprowadzaniu więc domieszek do karburyzatora, gdy między nimi znajduje się węglan baru, dla określenia tego procesu bardziej usprawiedliwiona jest nazwa „powlekanie”, aniżeli „impregnowanie”.

Różnica obydwu sposobów polega na tem, że przy powlekanii odmierzoną ilość wody każdorazowo dzielono na 3 części: jedną zagotowywano do wrzenia i w niej zaparzano krochmal (ok. 30 cm³ wody na 1 g krochmalu), otrzymując stosunkowo gęstą galaretkę, część zaś wlewano do naczynia z węglanem baru — tylko tyle, żeby go można było rozetrzeć. Następnie do galaretki dodawano porcjami węglan baru, mieszając dokładnie po każdym dodaniu, i dopiero po wprowadzeniu całej ilości BaCO₃ rozcieńczano otrzymaną mieszaninę pozostałą wodą. Reszta czynności — taka, jak przy poprzednich badaniach, tylko zanurzenie węgla w masie nie trwało dłużej, niż 5 min.

Na podstawie obserwacji przy powlekanii stwierdzono następujące zjawiska:

1) Nie wolno zagotowywać krochmalu w znacznym nadmiarze wody, gdyż wówczas po dodaniu węglanu baru cała mieszanina przybiera konsystencję zsiadłego mleka (grudki BaCO₃, otoczone galaretką, zawieszone w czystej wodzie).

2) Przy nieco rzadszej mieszaninie, na dnie naczynia zjawia się osad, składający się z grubszych ziarenek węglanu baru. Ilość ziarenek na dnie jest w odwrotnej zależności od gęstości mieszaniny.

3) Ziarna po wysuszeniu mają kolor szary.

Ilość węglanu baru w suchym karburyzatorze oznaczono zapomocą analizy wagowej. BaCO₃ zapomocą stężonego kwasu solnego przeprowadzano w BaCl₂, następnie zaś z otrzymanego przesączo, przez dodanie stężonego kwasu siarkowego, strącano bar w postaci BaSO₄. Z otrzymanej ilości BaSO₄ obliczano zawartość procentową BaCO₃ w danym karburyzatorze.

b) Warunki cementowania stali.

Stosowano próbki stalowe (0,25% C, 0,42% Mn i 0,01% Si) o wymiarach $d = 18$ mm, $l =$ ok. 90 mm. Powierzchnia próbki $p =$ ok. 50 cm².

Skrzynki cementacyjne posiadały wymiary: $D = 89$ mm, $H = 160$ mm, grubość ścianek $s = 3,5$

mm. Wysokość użyteczna (wysokość napełnienia karburyzatorem) $H_1 = 140$ mm. Powierzchnia użyteczna skrzynki (wewnętrzna) $P = 466$ cm². Dno przypawane acetylenowo.

Stosunek powierzchni użytecznej skrzynki do powierzchni próbki wynosi 8,5—9,0.

Próbki w pozycji pionowej umieszczano w skrzynkach i opakowywano karburyzatorem. Następnie górną powierzchnię karburyzatora przykrywano azbestem i cały wierzch skrzynki oblepiano gliną.

Cementowano w piecu przemysłowym elektrycznym z automatyczną regulacją temperatury. Temperatura cementacji 920 — 930° C. Czas cementacji 5 godz.

Po upływie wyznaczonego czasu próbki wyjmowano ze skrzynek i hartowano w wodzie o temperaturze ok. 20° C.

c) Wyniki badań serji I, II i III.

1. Karburyzatory z węglanem sodu (Serja I).

Przeprowadzono trzy rodzaje impregnowań węgla: badania wstępne, systematyczne i przygotowanie karburyzatorów do cementacji.

TABELA 2
Skład roztworów impregnujących z sodą

Oznaczenie karburyzatora	Skład roztworu			Temperatura kąpieli	%	Uwagi
	sody	dekstryny	wody			
1	45	—	40	50	21,4	Zabarwienie roztworu ciemno-czerwone, mętne
2	45	10	40	50	14,2	
3	45	20	40	50	13,3	
4	45	30	40	50	12,1	
5	40	—	40	45	13,2	
6	40	10	40	45	11,3	
7	40	20	40	45	10,3	
8	40	30	40	45	9,0	
9	30	—	40	40	5,4	
10	30	10	40	40	8,5	
11	30	20	40	40	7,2	
12	30	30	40	40	6,7	
13	20	—	40	35	3,4	
14	20	10	40	35	5,7	
15	20	20	40	35	3,6	
16	20	30	40	35	3,0	

(Stężenie kwasu solnego do miareczkowania — 0,01365 g/cm³, zaś dla trzech ostatnich — 0,02783 g/cm³)

Z powyższych roztworów impregnujących wybrano kilka i według nich sporządzono karburyzatory, zapomocą których nacementowano próbki stalowe.

Wyniki przygotowania karburyzatorów do cementacji zestawiono w tabeli 3 i na rys. 1, zaś wynik cementacji zapomocą tychże karburyzatorów — w tabeli 4.

TABELA 3
Przygotowane karburyzatory

Nr próby	Skład roztworu, g			Temperatura kąpieli	% sody w karburyzatorze
	soda	dekstryna	woda		
1	440	—	220	50	13,6
2	338	—	300	45	11,3
3	338	45	300	45	10,6
4	338	75	300	45	10,1
5	338	150	300	45	9,1
6	300	—	300	40	8,6
7	263	—	350	30	5,6
8	200	—	400	25	3,5
9	Węgiel drzewny o ziarnach 4—10 mm				średnicy

TABELA 4.
Wyniki cementacji karburызatorem sodowym.

Nr. próby	Przyrost ziarn po nawęgleniu	Twardość Brinella				Głębokość warstwy odwęglonej	Grubość warstwy nawęglonej, mm			
		Hartow.		Wyżarz.			nadeutektoid.	eutektoidalna	podeutekt.	suma
		pow.	jądro	pow.	jądro					
1	+ 0,24	653	261	117	125	0,02	0,15	0,44	0,65	1,24
2	+ 0,28	668	259	139	117	0,03	0,14	0,41	0,45	1,00
3	+ 0,36	640	259	119	115	0,07	—	0,57	0,40	0,97
4	+ 0,27	640	243	139	125	0,06	—	0,54	0,41	0,95
5	+ 0,31	640	215	112	116	0,08	—	0,46	0,37	0,83
6	+ 0,20	640	253	130	113	0,01	0,02	0,54	0,44	1,00
7	+ 0,20	660	248	104	118	0,05	—	0,52	0,40	0,92
8	+ 0,21	653	262	101	115	0,04	—	0,13	0,71	0,84
9	- 0,10	550	265	100	117	0,07	—	—	0,83	0,83

Ilość każdego roztworu została tak obliczona, żeby otrzymać ok. 800 cm³ karburызatora, t. zn. ilość potrzebną do wypełnienia skrzynki cementacyjnej z pewną resztą do analiz chemicznych.

Ciężar próbek cementowanych wahał się w granicach 200 — 220 g.

Kolor próbek po nawęgleniu był szary, wzgl. ciemno-szary; w miarę zwiększenia w karburызatorze zawartości sody, kolor próbek po nawęgleniu był coraz jaśniejszy.

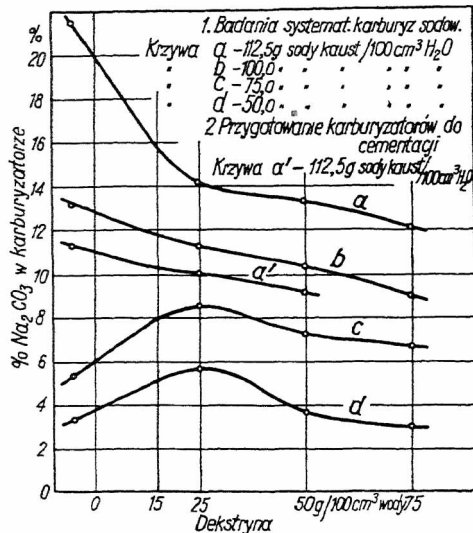
Twardość warstwy nawęglonej mierzono zapo-

moą aparatu Rockwella i następnie przeliczano na Br.; wyniki są średnie z 6—8 pomiarów. Twardość jądra mierzona była na aparacie Brinella.

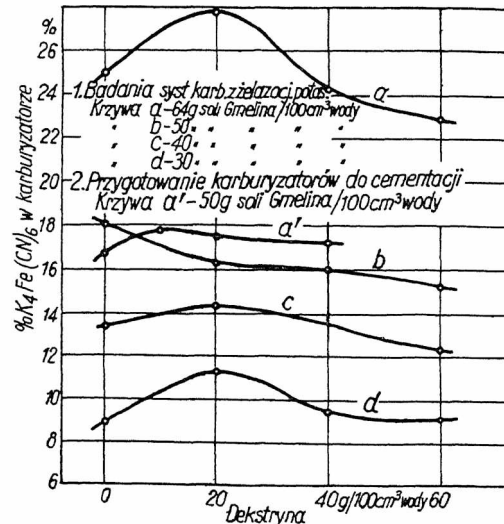
2. Karburызatory z żelazocjankiem potasu (Serja II).

Wyniki liczbowe badań systematycznych tych karburызatorów zestawiono w tabeli 5, zaś wykresnie podano je na rys. 2.

Po przygotowaniu karburызatorów według składów roztworów wybranych z tabeli 5, nacemen-



Rys. 1. Krzywe zawartości procentowych Na₂CO₃ w karburызatorach w zależności od dodawanej do roztworu impregnującego ilości dekstryny. (Tab. 2 i 3 — krzywa a').



Rys. 2. Krzywe zawartości procentowych K₄Fe(CN)₆ w karburызatorze w zależności od dodanych do roztworu impregnującego ilości dekstryny. (Tab. 5 i 6 — krzywa a').

TABELA 5.
Skład roztworów impregnujących z żelazocjankiem potasu.

Oznaczenie karburызatora	Skład roztworu			Temperatura kąpieli	%	Uwagi
	sol K ₄ Fe(CN) ₆ g	dekstryna, g	woda cm ³			
1	32	—	50	80	24,9	Zawiesiny koloidalne w przesączu
2	32	10	50	80	27,8	
3	32	20	50	80	24,3	
4	32	30	50	80	22,9	
5	25	—	50	75	18,0	
6	25	10	50	75	16,3	
7	25	20	50	75	16,0	
8	25	30	50	75	15,2	
9	20	—	50	70	13,3	
10	20	10	50	70	14,3	
11	20	20	50	70	13,8	
12	20	30	50	70	12,3	
13	15	—	50	65	8,9	
14	15	10	50	65	11,2	
15	15	20	50	65	9,4	
16	15	30	50	65	9,0	

owano zapomocą nich próbki stalowe, zachowując te same warunki cementacji, jak w badaniach poprzednich.

Poza tem przeprowadzono badania karburызatorów przeznaczonych do cementacji. Wyniki ich podano w tabeli 6, zaś zestawienie wykresnie na rys. 2 (krzywa a') (zależność składu procentowego

TABELA 6.
Karburызatory użyte do prób

Oznaczenie karburызatora	Skład roztworu			Temperatura kąpieli	%	Uwagi
	sol K ₄ Fe(CN) ₆ g	dekstryna, g	woda cm ³			
1	256	—	400	70	23,5	
5	225	—	450	60	16,7	
6	225	45	450	60	17,8	
7	225	90	450	60	17,5	
8	225	180	450	60	17,2	
9	200	—	500	55	12,7	
13	150	—	500	50	9,4	
11	węgiel drzewny o ziarnach 4 — 10 mm średnicy.					

(Dla tabeli 5 i 6 stężenie KMnO₄ — 0,00632 g/cm³).

$K_4Fe(CN)_6$ w karburyzatorach od ilości dekstryny w roztworze).

Wyniki cementacji stali zapomocą przygotowanych karburyzatorów z żelazocjankiem potasu zestawiono w tabeli 7.

TABELA 7.
Wyniki cementacji.

Oznaczn. próbek	Przyrost ciężaru po nawęglaniu	Twardość Brinella				Głębokość warstwy odwęglonej	Grubość warstwy nawęglonej w mm			Suma mm
		Hartow.		Wyzarz.			nad-eutektoid.	eutektoidalnej	pod-eutektoid.	
		powierzchnia	jądro	powierzchnia	jądro					
1	+ 0,21	640	249	137	115	0,03	0,20	0,37	0,43	1,00
5	+ 0,19	646	214	125	113	0,02	0,21	0,40	0,33	0,94
6	+ 0,21	653	255	107	111	0,02	—	0,46	0,47	0,93
7	+ 0,20	653	240	101	115	0,07	—	0,46	0,43	0,89
8	+ 0,23	653	259	114	113	0,04	—	0,47	0,37	0,84
9	+ 0,21	668	251	85	113	0,01	0,17	0,43	0,33	0,93
10	+ 0,21	668	268	114	118	0,02	0,14	0,23	0,34	0,71
11	+ 0	517	231	132	112	0,02	—	0,11	0,61	0,72

Z przytoczonych tabel wynika, że karburyzatory przygotowane w mniejszej ilości (100 — 200 cm³) wykazują większą zawartość soli, aniżeli odpowiadające im co do składu roztworu impregnującego karburyzatory przeznaczone do cementacji, przygotowane w ilości około 800 cm³.

Zjawisko to wywołały następujące czynniki:

1) Pierwsze karburyzatory przesiewano po wysuszeniu przez sito o oczkach 1 mm², gdy drugie — o 3 mm², wskutek czego przy drugich ziarna drobniejsze, przede wszystkim wpływające na podwyższenie zawartości soli w karburyzatorze, zostały usunięte.

2) Przy mniejszej ilości roztworu, ilość odparowanej wody, szczególnie przy podgrzewaniu tegoż do wyższej temperatury, jest stosunkowo większa, aniżeli przy większej ilości roztworu. Zatem w pierwszym wypadku każdorazowo stężenie soli w roztworze jest większe, niż w drugim.

3) W celu przygotowania karburyzatora impregnowanego wsypuje się do roztworu soli tyle węgla, że po przyciśnięciu go do dna naczynia nad poziomem węgla znajduje się jeszcze warstwa roztworu o grubości około 1 — 2 cm. Jednak po jakimś czasie ilość roztworu znacznie maleje, odkrywając górne warstwy węgla. Należało więc co jakiś czas dolewać świeżego roztworu. Ponieważ jednak pierwsze impregnowanie zostało wykonane bez dolewania, przeto, w celu zachowania stałych warunków, również inne zostały wykonane podobnie.

Prócz tego z badań powyższych można wyciągnąć wniosek, że przez dodanie dekstryny do pewnego roztworu zmniejsza się ilość soli w karburyzatorze, ale tylko do pewnej granicy, bowiem od jakiegoś roztworu granicznego (innego dla każdej soli) dekstryna działa wręcz przeciwnie — podnosi zawartość soli w karburyzatorze (rys. 1 i 2).

Naogół wpływ dekstryny polega na tem, że:

1) zmniejsza ona koncentrację soli w roztworze (z rozpuszczeniem dekstryny objętość roztworu zwiększa się); 2) zagęszcza roztwór, co w znacznym stopniu wpływa na zmniejszenie jego zdolności do przenikania we wszystkie pory węgla; 3) stwarza większą ilość ośrodków krystalizacji, wskutek czego wydzielają się drobniejsze kryształy, które łatwiej spływają z ziarn węgla.

Ze zwiększeniem więc ilości dekstryny, impregnowanie, jako takie, utrudnia się. Natomiast zachodzi raczej proces powlekania. Takie powlekanie węgla ma miejsce przy wprowadzaniu węgla baru do węgla.

Gdy zaś przy stałej zawartości dekstryny będziemy zmieniali stężenie soli w roztworze, wówczas przy roztworach o większym stężeniu dekstryna wpływa na obniżenie zawartości soli w karburyzatorze, zaś o mniejszym naodwrot — na zwiększenie, gdyż ostatni bez dekstryny jest tak rzadki, że z łatwością spływa z ziarn węgla przy odcedzaniu, zaś dodana dekstryna, zagęszczając roztwór, utrudnia to spływanie, wskutek czego na ziarnach węgla zostaje większa ilość roztworu, a więc i soli.

Wyjątkiem z powyższego rozumowania jest karburyzator 1, który zawiera mniej $K_4Fe(CN)_6$, aniżeli 2 (tab. 5). Prawdopodobnie na wynik taki wpłynęła obecność znacznej ilości gruboziarnistych kryształów żelazocjanku potasu, powstałych podczas impregnowania, które pozostają na dnie naczynia do impregnowania podczas odcedzania.

Wyniki cementacji wykazują również wpływ dekstryny. Dekstryna wpływa na obniżenie intensywności cementacji. Próbkę nacementowaną zapomocą karburyzatorów, tak z sodą, jak i z żelazocjankiem potasu bez dekstryny, posiadają warstwę nadeutektoidalną, gdy po dodaniu dekstryny do tegoż roztworu i po nacementowaniu karburyzatorem w nim naimpregnowanym obecności warstwy nadeutektoidalnej nie stwierdzono. Następne zaś próbki znów wykazują warstwę nadeutektoidalną.

3. Karburyzatory z węglanem potasu.

Badania wstępne wykazały, że węglan potasu do sporządzania proszków impregnowanych nie może mieć praktycznego zastosowania, gdyż karburyzator taki już po kilku godzinach leżenia staje się wskutek hygroskopijności węglanu potasu zupełnie mokry.

W tabeli 8 podane są badania hygroskopijności karburyzatorów z węglanem potasu.

TABELA 8.
Hygroskopijność karburyzatorów z K_2CO_3

Oznaczn. karburyzatora	Skład roztworu		Badania hygroskopijności				Uwagi
	K_2CO_3 g	woda g	wzięto karbur. g	po 13 godz. na powietrzu g	przyrost g	%	
1	60	50	10	12,86	2,86	28,6	Czas impregn. 1 godz.; po 13 g. wszystkie karburyzatory były zupełnie mokre
2	50	50	10	12,54	2,54	25,4	
3	40	50	10	12,21	2,21	22,1	

4. Karburyzatory z węglanem baru (Serja III).

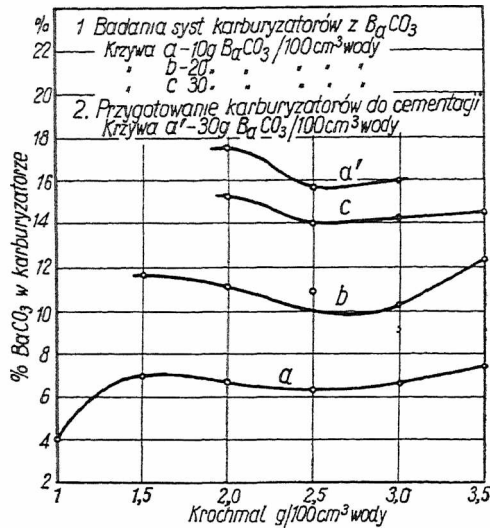
Badania systematyczne przedstawiono w tabeli 9, zaś zestawienie wykresne otrzymanych wyników — na rys. 3.

Na podstawie tabeli 9 przygotowano 5 karburyzatorów: po jednym z grupy (1) i (2) oraz trzy z grupy (3).

Wyniki analizy karburyzatorów zawarte są w tabeli 10.

Przy porównaniu karburyzatorów tabeli 10 z odpowiadającymi im karburyzatorami tabeli 9 rzuca

się w oczy znaczny wzrost zawartości $BaCO_3$ w karburyzatorach tabeli 10. Możliwe, że główną rolę odegrał tu mniejszy stopień odcedzenia, gdyż większe ilości węgla trudniej wymieszać podczas



Rys. 3. Krzywe zawartości procentowych $BaCO_3$ w karburyzatorach w zależności od dodanych do mieszaniny powlekającej ilości krochmalu. (Tab. 9 i 10 — krzywa a').

TABELA 9.
Roztwory do impregnowania.

Grupy	Ozn. karbura	Skład mieszaniny			$BaCO_3$ w % w węglu impregnowanym	Uwagi
		$BaCO_3$ g	krochmal g	woda g		
1	1	10	1,0	100	4,0	bardzo rzadki
	2	10	1,5	100	7,0	rzadki
	3	10	2,0	100	6,7	„
	4	10	2,5	100	6,3	rzadkawy
	5	10	3,0	100	6,6	„
	6	10	3,5	100	7,4	dobry
2	7	20	1,5	100	11,6	rzadki
	8	20	2,0	100	11,1	rzadkawy
	9	20	2,5	100	10,9	„
	10	20	3,0	100	9,1	dobry
	11	20	3,5	100	12,3	gęstawy
3	12	30	2,0	100	15,3	rzadki
	13	30	2,5	100	14,0	rzadkawy
	14	30	3,0	100	14,2	dobry
	15	30	3,5	100	14,5	„

odcedzania i tem samym dać możliwość spłynięcia nadmiarowi mieszaniny, aniżeli przy małej ilości karburyzatorów.

TABELA 10.
Karburyzatory użyte do prób.

Oznaczenie karburyzatora	Skład mieszaniny			$BaCO_3$ w % w karburyzat. impregnowanym	Uwagi
	$BaCO_3$ g	krochmal g	woda cm^3		
5	40	12	400	6,5	dobry
10	80	12	400	9,9	„
12	120	8	400	17,5	rzadkawy
13	120	10	400	15,7	dobry
14	120	12	400	16,0	gęstawy
6	węgiel drzewny o ziarnach 4—10 mm średnicy.				

Karburyzatory, otrzymane przez powlekanie węgla za pomocą rzadkich i gęstawych mieszanin, mają większą zawartość $BaCO_3$, aniżeli za pomocą „dobrych”. W wypadku rzadkich mieszanin podwyższenie zawartości $BaCO_3$ wpływało na osiadanie węgla na dnie

naczynia, które przy odcedzaniu, spadając na odcedzoną już warstwę wilgotnego węgla, nie przedostają się do mieszaniny odcedzonej, natomiast przy gęstych mieszaninach czynnikiem podwyższającym zawartość $BaCO_3$ jest tworzenie się grubszej powłoki na ziarnach węgla, a więc wprowadzanie w ten sposób większych ilości $BaCO_3$ do karburyzatora. Przy dobrych co do gęstości mieszaninach, ziarenka $BaCO_3$, równomiernie rozdzielone w masie, mają możliwość spłynięcia podczas odcedzania, nie wywierając raptownego podnoszenia się $BaCO_3$ w karburyzatorze. Celem uniknięcia szkodliwego wpływu ziarenek $BaCO_3$, należy rozproszony niewielką ilością wody proszek węglanu baru przecedzić przez sito o oczkach 1 mm^2 .

Używane terminy do oznaczenia stopnia gęstości mieszaniny (rzadki, rzadkawy, dobry i t. p.) nie są oparte na jakichś danych liczbowych (np. na ciężarze własc.). Oceniano daną mieszaninę do powlekania na tle obserwacji ściekania jej po ziarnach węgla w czasie odcedzania.

Wyniki cementacji stali za pomocą przygotowanych karburyzatorów z węglanem baru (tab. 10) zestawiono w tabeli 11.

TABELA 11.
Wyniki cementacji.

Oznaczenie probek	Przyrost ciężaru po nawęglu	Twardość Brinella				Głębokość warstwy odwęgl.	Grubość warstwy nawęglonej w mm			suma
		Hartow.		Wyzarz.			nad-eutekt.	eutektoidalnej	pod-eutektoid.	
		pow.	jądro	pow.	jądro					
1	+ 0,15	668	245	139	117	0,02	—	0,40	0,45	0,85
2	+ 0,17	675	261	137	120	—	—	0,55	0,43	0,98
3	+ 0,17	640	259	106	125	0,06	0,05	0,52	0,47	1,04
4	+ 0,19	668	262	107	118	0,10	—	0,56	0,41	0,97
5	+ 0,14	660	259	107	120	0,05	0,05	0,52	0,50	1,07
6	- 0,01	561	231	82	121	0,12	—	—	0,65	0,65

2. Powlekanie węgla za pomocą mieszaniny, zawierającej sole: $BaCO_3$, Na_2CO_3 i $K_4Fe(CN)_6$

a) Sporządzanie karburyzatora oraz analiza chemiczna.

Tak sporządzanie mieszaniny do powlekania, jak i analiza chemiczna, są połączeniem sposobów podanych wyżej (przy karburyzatorach z sodą i żelazocjankiem potasu oraz z węglanem baru).

Po odważeniu dodatków i odmierzaniu potrzebnej ilości wody, całą ilość wody rozdziela się na części: jedną zagotowuje się do zaparzenia krochmalu i do otrzymanej galaretki dodaje się odważoną ilość $BaCO_3$ (w roztworze wodnym), zaś drugą podgrzewa się do odp. temperatury i w tej rozpuszcza się początkowo dekstrynę, a następnie resztę soli. Następną operacją jest dolewanie porcjami tej drugiej mieszaniny do galaretki z węglanem baru. Po każdym dodaniu należy galaretkę dokładnie wymieszać.

Analiza jest połączeniem dwu poprzednich sposobów. Początkowo oznacza się Na_2CO_3 i $K_4Fe(CN)_6$, a potem w węglu pozostałym na sączku $BaCO_3$.

Warunki cementacji, jak przy serjach poprzednich, tylko zastosowano czas 9 godz.

Przeprowadzono badania wstępne i badania karburyzatorów przeznaczonych do cementacji.

Zestawienie wyników pierwszych badań podano w tab. 12 oraz wykresie na rys. 4 i 5.

otrzymania karburyzatora z równomiernie rozłożonymi na powierzchni ziarn domieszkami. Po-

TABELA 12.
Karburyzatory z węglanem baru, węglanem sodu i żelazocjankiem potasu (badania systematyczne)

Grupa	Skład mieszaniny						Czas powlekania min	Skład karburyzatu			U w a g i
	woda cm ³	soda g	BaCO ₃ g	K ₄ Fe(CN) ₆ g	dekstr g	krochmal g		BaCO ₃ %	Na ₂ CO ₃ %	K ₄ Fe(CN) ₆ %	
1.	25	20	5	—	3	1	30	6,0	10,7	—	bardzo rzadki
	25	20	3	—	4	2	30	4,0	13,5	—	rzadkawy
	25	20	5	—	4	2	30	7,4	13,1	—	dobry — powłoka na ziarnach nierównom. gęstawy
	25	20	8	—	4	2	30	11,2	13,0	—	
2.	25	30	5	—	4	2	30	5,7	15,8	—	rzadkie — powłoka nierównomierna
	25	30	8	—	4	2	30	8,8	14,9	—	rzadkawy
	25	30	12	—	4	2	30	11,3	13,5	—	dobry; po ostygnięciu gęstnieje
	25	30	15	—	4	2	30	15,0	13,3	—	
3.	25	40	8	—	5	3	20	8,5	18,3	—	rzadkie
	25	40	8	—	6	4	2	6,4	15,7	—	
	25	40	12	—	7	5	2	6,3	14,4	—	rzadkawy
	25	40	15	—	7	5	2	8,2	14,1	—	dobry; po ostygnięciu całkiem gęste
4.	25	40	20	—	7	5	2	10,3	14,0	—	
	25	40	20	—	7	5	2	13,3	13,8	—	
	25	20	12	10	4	2	2	8,9	9,2	11,3	bardzo rzadkie
	25	30	12	10	5	3	2	8,2	12,3	10,4	
25	40	12	10	7	5	2	7,3	13,0	8,9		
25	40	12	10	7	5	2	7,3	13,0	8,9		

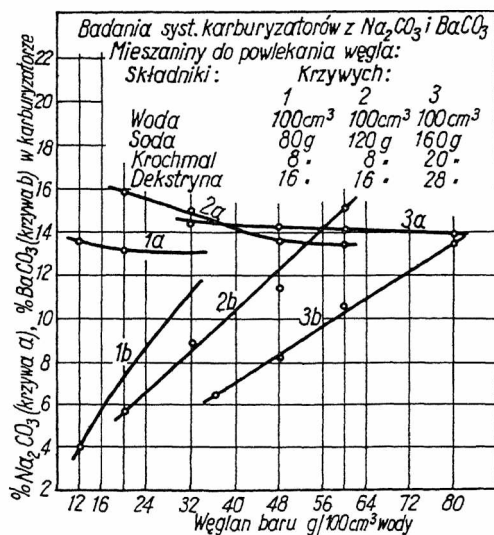
Kolejność dodawania poszczególnych składników przy przygotowywaniu karburyzatorów została nieco zmieniona. Przytem wzięto pod uwagę praktykę wstępną.

Wyniki badań karburyzatorów przeznaczonych do cementacji zestawiono w tab. 13, zaś wykresie — na rys. 6 i 7.

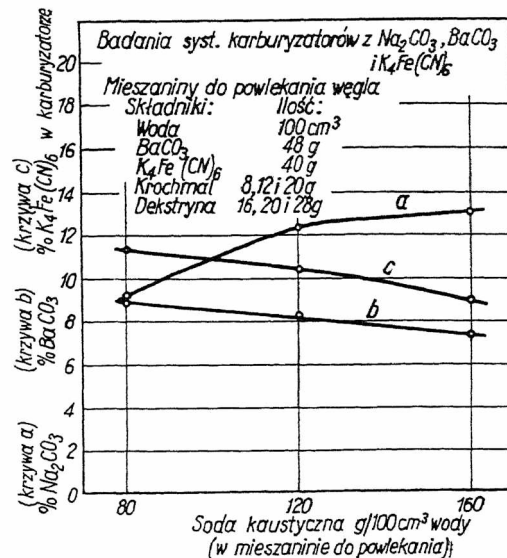
wyższe zjawisko tłumaczy się krystalizacją soli K₄Fe(CN)₆ i Na₂CO₃ przy oziębieniu mieszaniny.

2) Dodanie stosunkowo małej ilości żelazocjanku potasu do mieszaniny, posiadającej dostateczną gęstość, powoduje znaczne jej rozrzedzenie.

3) Na zwiększenie gęstości mieszaniny wywie-



Rys. 4. Krzywe zawartości procentowych Na₂CO₃ i BaCO₃ w karburyzatorach w zależności od dodanych do mieszaniny powlekającej ilości węgla baru techn. (tab. 12).



Rys. 5. Krzywe zawartości procentowych Na₂CO₃, BaCO₃ i K₄Fe(CN)₆ w karburyzatorach w zależności od dodanych do mieszaniny powlekającej ilości sody kaustycznej (tab. 13).

Na podstawie badań karburyzatorów, zawierających zastosowane sole, można wyprowadzić następujące wnioski:

1) Mieszanki do powlekania mają tylko wtedy praktyczną wartość, gdy wyjściowym składnikiem do ich przygotowania jest, poza zagęszczaczami, węglan baru, gdyż tak soda, jak i żelazocjanek potasu, dodane w większej ilości, powodują przy zastygnięciu mieszaniny częściowe lub całkowite jej zgęstnienie, połączone z utratą lepkości i jednorodności — czynników niezbędnych do

ra wpływ tylko zwiększenie dawki węgla baru i krochmalu, z wyraźną przewagą ostatniego.

4) Niezmiernie ważny jest porządek wprowadzania poszczególnych składników do mieszaniny. W poprzednich badaniach stwierdzono, że do otrzymania pożądanej gęstości mieszaniny jest zupełnie wystarczające dodanie ok. 30 g krochmalu na 1 l wody, zaś w badaniach systematycznych (tab. 12) — nawet 80 do 200 g krochmalu na 1 l wody nie daje pożądanej gęstości mieszaniny. Przyczyną tego zjawiska jest zaparzenie krochma-

TABELA 13.
Karburyzatory użyte do cementacji.

Grupa	Skład mieszaniny						Czas powlekania min.	Skład karburyzat.			U w a g i	
	woda cm ³	soda g	BaCO ₃ g	K ₄ Fe(CN) ₆ g	dekstr. g	krochmal g		BaCO ₃ %	Na ₂ CO ₃ %	K ₄ Fe(CN) ₆ %		
1.	300	20	10	—	10	8	5	0,53	1,07	—	bardzo rzadki, grudki BaCO ₃ na dnie	
	300	20	20	—	10	8	5	2,70	1,40	—		gęstawy (dużo krochm.)
	300	20	30	—	10	8	5	4,40	1,42	—		
	300	20	30	10	10	8	5	2,88	1,42	2,48	dobry	
	300	20	30	20	10	8	5	3,72	1,57	4,12		
	300	20	40	—	10	8	5	5,80	1,57	—	gęsty	
	300	20	40	20	10	8	5	4,82	1,55	4,42	dobry	
	300	40	30	—	15	5	5	3,94	3,12	—	rzadkie	
	300	40	50	—	20	5	5	5,74	2,50	—		
	2.	300	40	30	—	20	6	5	3,22	2,90	—	rzadki
300		40	40	—	20	6	5	4,48	2,74	—	rzadkawy	
300		40	50	—	20	6	5	7,26	2,59	—	dobry	
300		40	50	20	20	6	5	5,24	2,30	3,54	rzadkie	
300		40	50	40	20	6	5	5,92	2,40	6,12		
300		40	60	—	20	6	5	7,94	2,34	—	dobry	
300		40	60	40	20	6	5	6,42	2,14	5,36	rzadki	
300		40	70	—	20	6	5	8,28	2,25	—	dobry	
300		40	80	—	20	6	5	9,12	2,14	—	dobry	
300		40	80	40	20	6	5	9,30	2,42	5,16	rzadki	
300		40	90	—	20	6	5	10,82	2,76	—	gęstawy	
300		40	100	—	20	6	5	11,16	3,06	—	gęsty	
300		100	80	—	40	8	5	4,90	4,24	—	dobry	
300		200	80	—	50	9	5	6,76	8,00	—	+ 12 g pyłu węgl., dobry	

lu nie w czystej wodzie, lecz w roztworze dekstryny, wskutek czego nawet przy dodaniu większej ilości krochmalu nie otrzymywano ciągliwej galarety.

Wyniki cementacji wykazują, że stosowane przezemnie karburyzatory są przeważnie nieco za słabe.

Mikrobudowę warstw nawęglonych, w niektórych próbkach ze stali o 0,25% C, podano na rys. 10, 11, 12.

Na makrofot. rys. 8 przedstawiono złomy próbek nawęglonych zapomocą karburyzatorów M W,

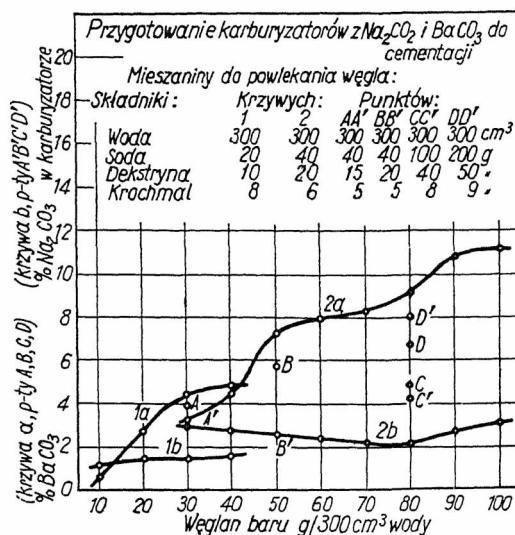
M P, patentowanego (KP) i fabrycznego (KF). Temperatura nawęglania 920 — 930°; czas — 12 godz. Próbki w kolumnach a są w stanie wyżarzonym, b — zahartowane.

Na makrofot. rys. 9 przedstawiono złomy próbek nawęglonych zapomocą karburyzatora M W. Temperatura nawęglania 920—930°; czas nawęglania wynosił 6, 12 i 24 godz.

Na mikrofot. rys. 10 przedstawiono mikrobudowę warstwy nawęglonej zapomocą czystego żarnistego węgla drzewnego (temperatura nawęglania 920—930°; czas — 5 godz.). Nawęglenie „pod-

TABELA 14.
Wyniki cementacji

Nr.	Przyrost ciężaru po nawęgl.	Twardość Brinella				Głębokość warstwy odwęgl.	Grubość warstwy nawęglonej			
		Hartow.		Wyzarz.			nad-eutekt.	eutektoid.	pod-eutekt.	suma mm
		pow.	jądro	pow.	jądro					
M 1	+0,07	635	194	106	106	0,07	—	—	0,65	0,65
M 2	+0,17	682	200	123	100	0,18	—	—	0,67	0,67
M 3	+0,15	602	204	110	104	0,08	—	—	0,65	0,65
M 4	+0,13	665	200	121	101	0,08	—	—	0,60	0,60
M 5	+0,13	647	184	114	104	0,03	—	—	0,75	0,75
M 6	+0,12	665	200	125	101	0,07	—	—	0,60	0,60
M 7	+0,17	665	209	121	108	0,05	—	—	0,75	0,75
k. p.	+0,13	566	200	87	109	0,17	—	—	0,59	0,59
w. d.	-0,05	425	225	92	103	0,12	—	—	0,32	0,32
M 8	+0,30	668	257	121	103	0,03	—	0,54	0,48	1,02
M 9	+0,30	627	246	141	101	0,14	—	0,62	0,37	0,99
M 10	+0,28	653	250	125	107	0,03	—	0,65	0,41	1,06
M 11	+0,27	661	250	153	104	0,10	—	0,50	0,43	0,93
M 12	+0,27	668	260	147	100	0,09	—	0,62	0,35	0,97
M 13	+0,24	662	227	119	101	0,05	—	0,60	0,30	0,90
M 14	+0,29	668	243	153	97	0,07	—	0,63	0,35	0,98
k. f.	+0,27	668	225	144	105	0,05	—	0,40	0,47	0,87
M 15	+0,32	661	216	127	98	0,10	—	0,60	0,33	0,93
M 16	+0,25	653	184	127	98	0,20	—	0,55	0,32	0,87
M 17	+0,25	653	204	119	103	0,20	—	0,50	0,30	0,80
M 18	+0,31	653	190	153	97	0,10	—	0,60	0,45	1,05
M 19	+0,30	647	216	139	103	0,07	0,05	0,57	0,45	1,07
M 20	+0,23	654	222	159	98	0,05	—	0,63	0,38	1,01
M 21	+0,34	635	222	104	103	0,20	—	0,43	0,40	0,83
1 22	+0,22	661	257	127	107	0,05	—	0,65	0,35	1,00

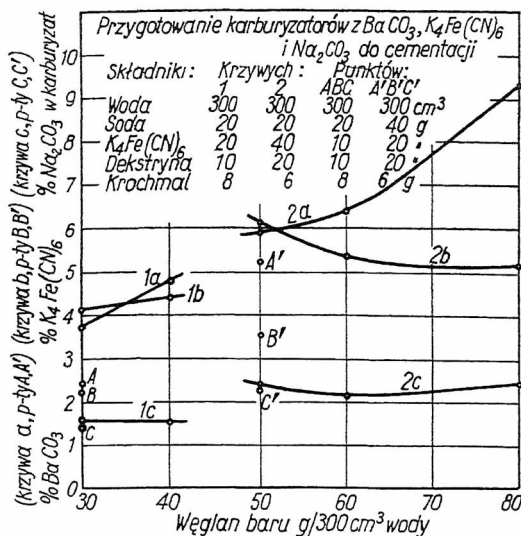


Rys. 6. Krzywe zawartości procentowych BaCO₃ i Na₂CO₃ w karburyzatorach w zależności od dodanych do mieszaniny powlekającej ilości węgla baru techn. (tab. 13).

eutektoidalne". Próbka a — w stanie wyżarzonym; b — hartowanym. Trawiono kwasem azotowym; pow. 75.

Na mikrofot. rys. 11 przedstawiono mikrobudowę warstwy nawęglonej zapomocą karburyzatora

M W. Nawęglenie „eutektoidalne”. Warunki nawęglania i oznaczenia próbek, jak na rys. 10.



Rys. 7. Krzywe zawartości procentowych $BaCO_3$, $K_4Fe(CN)_6$ i Na_2CO_3 w karburyzatorach w zależności od dodanych do mieszaniny powlekającej ilości węgla baru (tab. 13).

Na mikrofot. rys. 12 przedstawiono mikrobudowę warstwy nawęglonej zapomocą karburyzatora M P. Nawęglenie „nadeutektoidalne”. Warunki nawęglania i oznaczenia próbek, jak na rys. 10.

Cementacja stali zapomocą karburyzatora wynalezionej

a) Przygotowanie karburyzatorów.

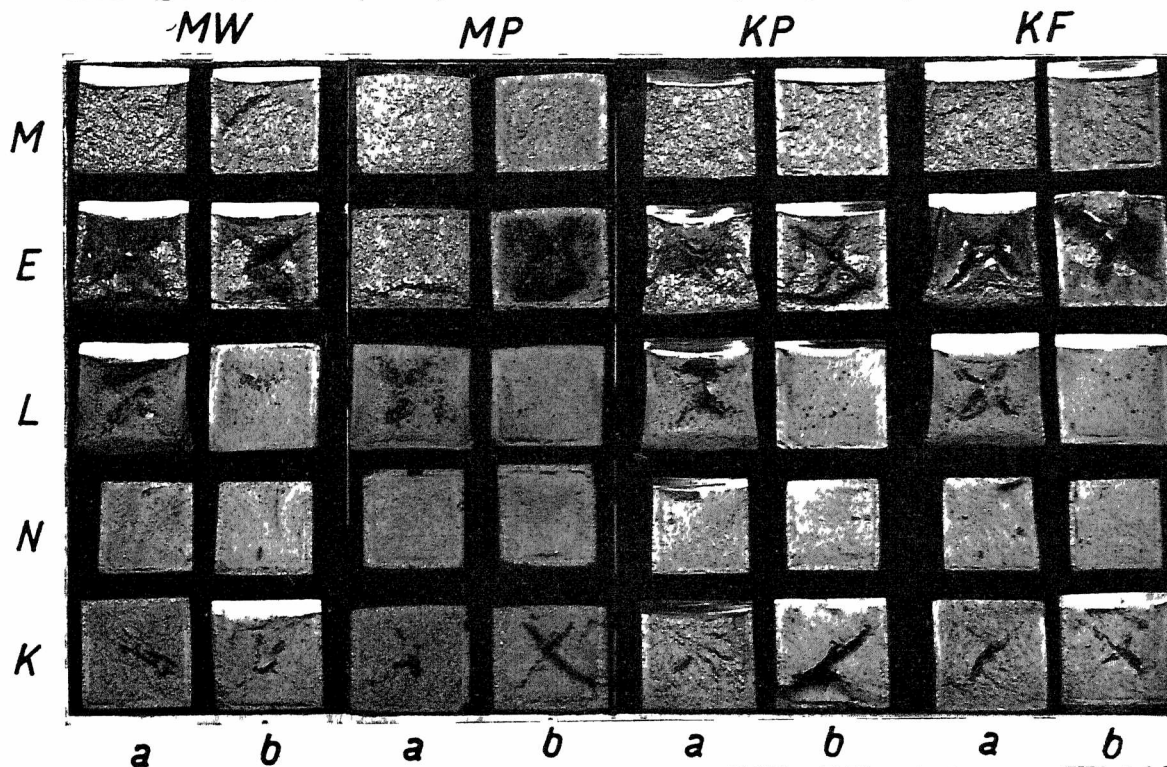
Przygotowano dwa karburyzatory o różnej intensywności nawęglania: słabszy M W i silniejszy M P. Skład karburyzatorów podano w tabeli 15.

Przed suszeniem karburyzatory posypywano pyłem z węgla drzewnego (1600 otworów na 1 cm^2 sita) aż wszystkie ziarna zostaną nim otoczone. Nadmiar pyłu po wysuszeniu odsiewano.

W celu otrzymania czarnej, gładkiej powierzchni ziarn karburyzatora zapomocą rozpylacza wprowadzano do karburyzatora oliwę jadalną, rozcieńczoną benzyną.

b) Warunki cementacji.

Stosowano próbki o wymiarach: $18 \times 18 \times 90\text{ mm}$. Do każdej skrzyni o wymiarach $300 \times 170 \times 200\text{ mm}$



Rys. 8. Złoty próbek nawęglonych zapomocą karburyzatorów „M W”, „M P”, patentowanego (KP) i fabrycznego (KF). Temperatura nawęglania $920-930^\circ$; czas — 12 godz. Próbki w kolumnach a są w stanie wyżarzonym, b — zahartowane.

TABELA 15.
Karburyzatory M W i M P.

Składniki	Powlekanie						Analiza		
	karb. M W			karb. M P			składniki karburyzatora	M W	M P
	kg	%	%	kg	%	%		%	%
woda	5,50	56,6	32,0	1,90	46,0	23,4	$BaCO_3$ Na_2CO_3 $K_4Fe(CN)_6$	10,91 2,84 8,40	16,74 1,88 8,60
$BaCO_3$	1,85	19,0	10,7	1,15	28,0	14,1			
soda	0,77	8,0	4,5	0,20	4,9	2,5			
sól Gmelina	0,55	5,6	3,2	0,20	4,9	2,5			
dekstryryna	0,44	4,5	2,5	0,20	4,9	2,5			
krochmal	0,165	1,7	1,0	0,06	1,5	0,7			
pył w. drzewnego	0,445	4,6	2,6	0,40	9,8	4,9			
węgiel ziarn.	8,00	—	43,5	4,00	—	49,4			
Suma:	11,60	100	100	8,11	100	100		22,11	27,22

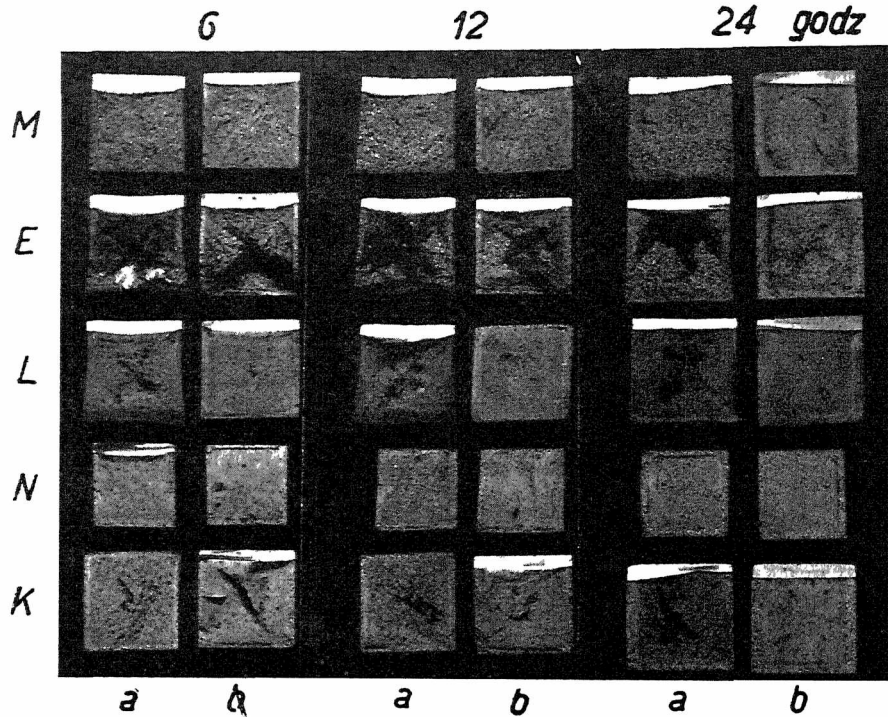
(pojemn. 11,22 l) ładowano próbki w dwu poziomach, po 5 w każdym.

Po wyjęciu z pieca próbki górnego rzędu hartowano w wodzie, zaś dolne razem ze skrzynką stygły w piasku.

Temperatura cementacji 920 — 930° C. Czas 6, 12 i 24 godz.

c) Cementacja.

Wyniki cementacji zestawiono w tabeli 16.



Rys. 9. Złomy próbek nawęglonych zapomocą karburызatora „MW”. Temperatura nawęglania 920—930°; czas nawęglania 6, 12 i 24 godz.

Wnioski

1) Wyniki umieszczone w tabeli 16 potwierdzają znany fakt, że zwykła stal węglista wykazuje po nawęglaniu większą twardość, niż stale niklowe i chromoniklowe. Natomiast jądro stali niklowych, wzgl. chromowo-niklowych, posiada coraz większą twardość w miarę zwiększenia zawartości chromu i niklu. Stal chromowo-niklowa konstrukcyjna, o zawartości 0,29% C, posiada prawie jednakową twardość, tak powierzchni nawęglonej, jak i jądra, zarówno w stanie hartowanym, jak i w stanie termicznie ulepszonym.

TABELA 16
Cementacja stali specjalnych

Stal	Rodzaj karbur	Czas nawęglania godz.	Twardość Brinella				Grubość warstwy nawęglonej w mm				U w a g i
			hartowane		chłodzone w piasku		nadeutekt.	eutektoid.	podeut.	suma	
			w-wa	jądro	w-wa	jądro					
M	MW	6	665	216	242	120	0,24	0,43	0,43	1,10	W obu rodzajach próbek normalna budowa zdrowych stali węglistych po nawęglaniu
	MW	12	665	222	232	123	0,08	0,57	0,80	1,45	
	MP	12	665	205	241	117	0,30	0,72	0,70	1,72	
	KP	12	682	210	242	116	0,16	0,70	0,70	1,56	
	KF	12	674	228	242	123	—	0,60	0,48	1,08	
	MW	24	682	222	239	125	0,17	0,95	0,90	2,02	
E	MW	6	655	210	242	108	0,16	0,60	0,37	1,13	"
	MW	12	614	205	210	108	0,27	0,70	0,54	1,51	
	MP	12	635	202	212	109	0,30	0,73	0,75	1,78	
	KP	12	621	216	242	108	0,22	0,64	0,54	1,40	
	KF	12	614	216	216	113	0,11	0,54	0,37	1,02	
	MW	24	665	198	258	113	0,35	1,13	0,88	2,36	
L	MW	6	530	392	258	172	Mierzono całą warstwę nawęgloną				Chłodzono w piasku; b. wielka drobnoziarnistość Hartowane; drobny martenzyt
	MW	12	568	397	240	174					
	MP	12	594	403	235	167					
	KP	12	542	403	240	159					
	KF	12	568	414	252	170					
	MW	24	594	392	296	170					
N	MW	6	397	392	365	322	"				Chłodz w piasku; w-wa zewnętrzna drobnoziarnista, gruby i nast. drobny martenzyt. Hartow.: jak poprzednie, lecz bez w-wy zewn.
	MW	12	414	324	425	313					
	MP	12	370	350	444	280					
	KP	12	458	381	458	296					
	KF	12	403	350	447	313					
	MW	24	458	322	414	322					
K	MW	6	436	425	425	322	"				"
	MW	12	458	414	452	296					
	MP	12	425	414	415	272					
	KP	12	447	458	414	313					
	KF	12	482	360	465	272					
	MW	24	482	350	425	258					

U w a g a; KP — karburызator patentowany;
KF — karburызator fabryczny.

2) Z zastosowanych do nawęglania karburyzatorów proszków M W daje prawie takie same wyniki, jak karburyzator patentowany (KP), natomiast M P działa trochę za ostro. Karburyzator fabryczny (KF) jest znacznie gorszy od powyższych.

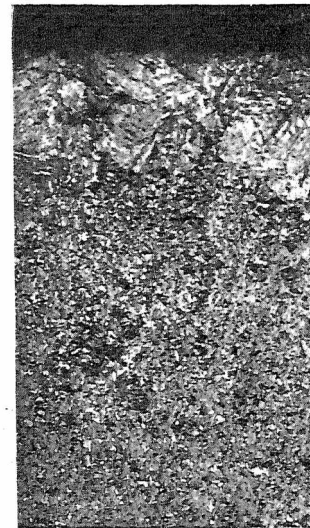
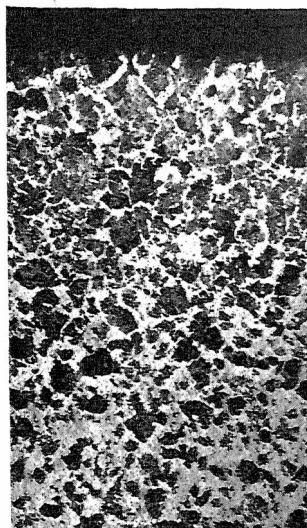
Badania wyczerpalności karburyzatora M. W.

W celu oznaczenia siły nawęglającej karburyzatora po uprzednim użyciu, nacementowano próbki stali, stosując karburyzator używany przy poprzednim nawęglaniu. Przytem każdorazowo notowano wypalanie się karburyzatora.

Nawęglanie, jak i przedtem, odbywało się w temp. 920 — 930° C w przeciągu 12 godz., nie licząc czasu najścia, który przyjęto równym jednej godzinie. Próbki ze skrzynką chłodzono w piasku.

Wyniki badań zestawiono w tabeli 17.

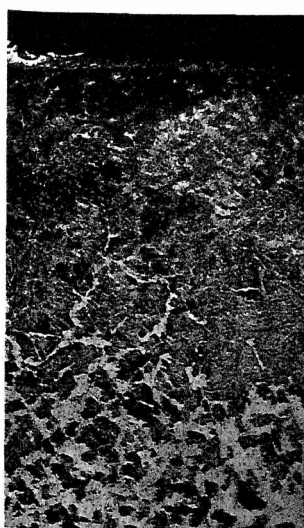
Nie przewidując, że nawet po trzech kolejnych nawęglaniach zapomocą tego samego proszku zostaną otrzymane tak wysokie wartości grubości



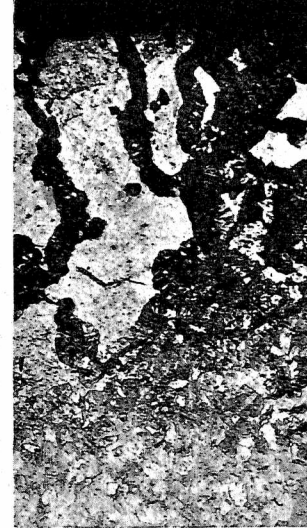
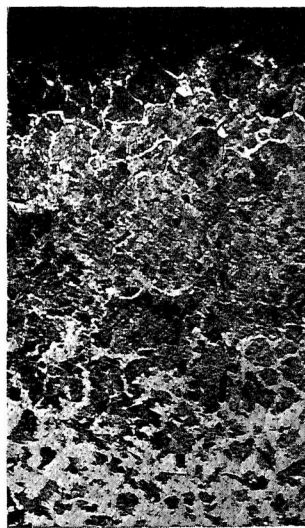
Rys. 10 a i b. Mikrobudowa warstwy, nawęglonej zapomocą czystego ziarnistego węgla drzewnego (temperatura nawęglania 920—930°; czas—5 godz.). Nawęglanie „podeutektoidalne”. Próbka a — w stanie wyżarzonym; b — hartowanym. Trawiono kwasem azotowym; pow. 75.

TABELA 17.
Badania wyczerpalności karburyzatora M W.

Stal	L. p. cementacji	Twardość Brinella (chłodz. w piasku)		Grubość warstwy nawęglonej w mm				Wypalanie się karbur.	Wygląd próbek po cementacji	Uwagi
		w-wa	jadro	nadeutek.	eutektoid.	podeutek.	suma			
M	I.	232	123	0,08	0,57	0,80	1,45	21,0	zabarw. jednost. ciemne plamy „ „ „	czarne szare srebrzyste
	II.	234	112	0,26	0,40	0,30	0,96	2,6		
	III.	219	112	0,04	0,71	0,20	0,95	2,1		
E	I.	242	108	0,27	0,70	0,54	1,51	„ „ „	„ „ „	
	II.	245	103	—	0,69	0,63	1,32			
	III.	237	100	—	0,69	0,60	1,29			
L	I.	240	174	—	—	—	1,07	„ „ „	„ „ „	
	II.	246	170	—	—	—	1,06			
	III.	280	170	—	—	—	0,82			
N	I.	425	313	—	—	—	1,78	„ „ „	„ „ „	
	II.	403	265	—	—	—	1,50			
	III.	476	296	—	—	—	1,46			
K	I.	452	296	—	—	—	1,50	„ „ „	„ „ „	
	II.	436	246	—	—	—	1,39			
	III.	494	272	—	—	—	1,27			



Rys. 11 a i b. Mikrobudowa warstwy nawęglonej zapomocą karburyzatora „M W”. Nawęglanie „eutektoidalne”. Warunki nawęglania i oznaczenia próbek, jak na rys. 10.



Rys. 12 a i b. Mikrobudowa warstwy nawęglonej zapomocą karburyzatora „M P”. Nawęglanie „nadeutektoidalne”. Warunki nawęglania i oznaczenia próbek jak na rys. 10.

warstwy, badania w tym kierunku, niestety, prze-
rвано.

Praca ta została wykonana w Pierwszej Fabryce Lokomotyw w Polsce w Chrzanowie, zaś część metalograficzna — w Zakładzie Metalografii i Obróbki Termicznej Akademii Górniczej w Krakowie. Na tem miejscu poczuwam się do miłego obowiązku złożenia podziękowania Dyrekcji Fabryki Lokomotyw oraz Zakładowi Metalografii za umożliwienie wykonania tej pracy.

• • •

Sur la poudre impregnée pour la cémentation

R é s u m é :

L'auteur décrit ses essais ayant pour but de déterminer l'efficacité des poudres employées dans le procès de la

cémentation pour activer le charbon du bois. Il indique d'abord la méthode qu'il a employé pour préparer les poudres, notamment l'imprégnation du charbon du bois au moyen des solutions de divers sels, savoir $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$, K_2CO_3 et BaCO_3 .

Ensuite il cite les résultats des essais de la cémentation de l'acier avec les carburisateurs mentionnés ci-dessus, ainsi qu'avec ceux ordinairement en usage. L'auteur donne aussi les résultats de ses essais concernant le carburisateur combiné d'un mélange de sels: BaCO_3 , Na_2CO_3 et $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ dont on couvre la poudre de charbon du bois, et — à la fin — les résultats de la cémentation au moyen du carburisateur composé par lui même et qui a donné des résultats satisfaisant.

Elektryczne spawanie tworzyw ognioodpornych *)

Inż. metalurg **W. Czyrski**, Huta Baildon

Charakterystyka stalowego tworzywa ognioodpornego i jego zastosowania. — Skład chemiczny i struktura stali ognioodpornych. Ich klasyfikacja. — Porównanie spawania acetylenowego i elektrycznego tych stali; wpływ na odkształcenia i strukturę obu metod spawania. — Sposób spawania acetylenowego stali ognioodpornych. — Elektrody do spawania elektrycznego. — Wyniki spawania elektrycznego różnych gatunków stali. — Wnioski.

STALE ognioodporne należą do kategorii tworzyw stosunkowo drogich ze względu na wysoką zawartość uszlachetniających domieszek stopowych. Ta okoliczność zmusza do przeprowadzenia bardzo dokładnych obliczeń przy projektowaniu jakichkolwiek obiektów wykonywanych ze stali ognioodpornej, celem poczynienia jaknajdalej idących oszczędności, wyzyskując odpowiednio wysokie własności mechaniczne tych stali.

Wykonywanie odlewów ze stali ognioodpornych nie zawsze jest racjonalne, gdyż, dzięki stosunkowo znacznie zwiększonej wadze przedmiotów odlewanych, cena ich jest stosunkowo bardzo wysoka. Z drugiej strony montowanie jakichkolwiek obiektów ze stali ognioodpornej w drodze nitowania lub łączenia na śruby też napotyka na znaczne trudności, a to na skutek stosunkowo dużej twardości tworzywa. Wykonywanie nitów, względnie śrub w tym wypadku jest bardzo kosztowne.

Celem uniknięcia tych niedogodności obecnie stosuje się często spawanie, i to rozwiązanie jest najbardziej racjonalne, gdyż pozwala na wykonanie szybkie i tanie. Stosuje się przytem zarówno spawanie acetylenowe, jak i elektryczne. Pozornie zdawałoby się mogło, że bardziej właściwe jest spawanie acetylenowe, gdzie materiał dodatkowy może być użyty w postaci cienkich skrawków tej samej blachy, z jakiej jest wykonywany spawany przedmiot, wówczas gdy do spawania elektrycznego odpowiednie elektrody trzeba było do niedawna sprowadzać z zagranicy. Chcąc porównać doskonałość i przydatność obydwóch sposobów spawania, należy poświęcić nieco uwagi istocie tworzyw ognioodpornych, roli poszczególnych pierwiastków i zachowaniu się ich w czasie pracy.

Jednym z warunków, jakim musi odpowiadać tworzywo odporne na działanie wysokich tempe-

ratur, jest odporność przeciwko utlenianiu się, a raczej może przeciwko przenikaniu tlenu i innych gazów spalinowych wgłąb materiału, oraz zachowanie dobrych własności wytrzymałościowych podczas długotrwałej pracy w wysokich temperaturach.

Stopowe domieszki, dodawane do tworzyw ognioodpornych, pod względem ich powinowactwa do tlenu, mogą być podzielone na dwie grupy.

- 1) pierwiastki utleniające się łatwiej niż żelazo (Cr, Mn, Al i Si)
- i 2) pierwiastki trudniej utleniające się (Ni, Co, Cu, Mo i W).

Pierwiastki należące do drugiej grupy, a więc posiadające niezbyt wielkie powinowactwo do tlenu, podnoszą ognioodporność tworzywa tylko w nieznacznym stopniu; natomiast bardzo ważną rolę odgrywają właśnie pierwiastki, należące do grupy pierwszej. Oznacza to, że o ognioodporności tworzywa w wysokich temperaturach decyduje nie tyle zdolność utlenienia się składników, wchodzących w jego skład, ile raczej natura powstającego przy tem tlenku. Utworzony tlenek powinien ściśle przylegać do powierzchni macierzystego przedmiotu i tworzyć ognioodporną i zupełnie nieprzepuszczalną zasłonę dla działania tlenu i gazów spalinowych.

Z tego względu w tworzywach stalowych, nie zawierających składników grupy pierwszej, utlenia się przedewszystkiem żelazo, a powstający przytem tlenek łatwo odpada, umożliwiając gazom spalinowym wędrówkę wgłąb tworzywa.

Ważną rzeczą są również przemiany alotropowe. Towarzyszące tu zjawiska dilatometryczne powodują prawie zawsze rozluźnienie warstwy tlenków, które w dalszym ciągu prowadzi do odpadania ich od metalu. Dlatego tworzywa o dobrej ognioodporności nie powinny wykazy-

wać przemian alotropowych, przynajmniej od temperatur normalnych aż do temperatury roboczej.

Podstawowym pierwiastkiem w tworzywach ognioodpornych jest chrom, którego minimalną zawartość określa się na 12%; w miarę dalszego podwyższania zawartości chromu ognioodporność wzrasta. Dodatki stosunkowo małych ilości glinu i krzemu podwyższają ognioodporność stali chromowych; w tym samym kierunku działa nikiel, jednak tylko przy znacznie większych zawartościach (ok. 20%). Węgiel w tworzywach zawierających ponad 20% Cr nie wpływa dostrzegalnie na samą ognioodporność tworzywa, gdyż pomimo lokalnego zubożenia tworzywa w chrom na skutek powstających węglików chromu, wydzielających się na granicach kryształów, zawartość chromu w tych zubożonych strefach i tak przekracza 12%; w miarę zwiększenia zawartości węgla odporność na działanie ognia szybko maleje.

Znaczny wpływ na ognioodporność tworzywa stalowych wywiera ich struktura. Stale chromowe ferrytyczne są skłonne do rozrostu ziarn, a gruboziarnistość budowy wnosi ze sobą element podwyższonej kruchości. Stale chromowe martenzytyczne łatwo pękają przy częstem i nagłym chłodzeniu i ogrzewaniu, a pozatem nie nadają się z przyczyn wyżej wspomnianych. Stale o budowie mieszanej (półferrytyczne, naprzykład o zawartości 0,25% C i 20% Cr lub 0,40% C i 30% Cr) zajmują pośrednie stanowisko pomiędzy wyżej omówionymi gatunkami, a tem samem są tworzywem kompromisowem, nadającym się do celów przemysłowych. Nareszcie stale chromoniklowe austenityczne wykazują stosunkowo nieznaczna skłonność do rozrostu ziarna pod wpływem wysokich (lecz nie najwyższych!) temperatur, oraz zupełny brak przemian alotropowych.

Każde ulepszenie termiczne tworzyw ognioodpornych wpływa dodatnio na własności wytrzymałościowe w temperaturach podwyższonych, lecz niezbyt różniących się od zwyczajnych. Natomiast w warunkach długotrwałej pracy w wyższych temperaturach nie da się zauważyć widocznych różnic w zachowaniu się tworzyw ulepszonych termicznie a tworzyw nie poddanych żadnym zabiegom termicznym. Stąd wniosek, że chcąc dobrać odpowiednie elektrody do spawania pewnego gatunku stali ognioodpornej, należy porównywać własności mechaniczne spoiny wykonanej daną elektrodą z własnościami stali w stanie nieulepszonym, a normalizowanym.

W stalach wysokostopowych, zwłaszcza o niskiej zawartości węgla, w których perlit, jako odrębny składnik strukturalny, wcale nie występuje, poddanych działaniu wysokich temperatur, wypadają z roztworu stałego wydzielinę obcej fazy w stadium bardzo drobnego rozproszenia. W wypadku, kiedy te wydzielinę posiadają wielkość podkrytyczną, otrzymujemy wzrost wytrzymałości, czyli zjawienie się wtórnej twardości. Natomiast długotrwałe przebywanie w wysokich temperaturach powoduje daleko posuniętą koagulację rozproszonych cząsteczek, wydzielanie się strukturalnie swobodnych faz (miedzi, niklu, cementytu) na granicach ziarn (zjawisko „pocenia

się), a razem z tem wywołuje stratę na twardości, zmniejszenie wytrzymałości na obciążenie statyczne i dynamiczne i, co może najważniejsze, obniżenie się odporności na działanie gorących gazów spalinowych, t. zn. obniżenie odporności na działanie wysokich temperatur.

Reasumując wyżej powiedziane, można powiedzieć, że ognioodporność jest własnością zależną nie tylko od składu chemicznego, struktury i obróbki cieplnej, lecz i od tych przemian strukturalnych, które zachodzą w tak wysokich temperaturach w tworzywie ognioodpornej stali.

Ognioodporne tworzywa można podzielić na następujące cztery grupy:

- 1) Stale chromowe,
- 2) Stale chromowo - krzemowe,
- 3) Stale chromowo - glinowe,
- 4) Stale chromowo - niklowe.

Ognioodporne stale chromowo - niklowe (austenityczne) są używane o następujących składach chemicznych:

- | | |
|-------------------------------|----------------|
| 1) 15 — 25% Ni i 20 — 25% Cr | } ognioodporne |
| 2) 30 — 50% Ni i 15 — 20% Cr | |
| 3) 50 — 70% Ni i 15 — 20% Cr | } ognioodporne |
| 4) nichromy: 80% Ni i 20% Cr. | |

Stale pod 1 i 2 posiadają znacznie wyższą ognioodporność w porównaniu do stali czysto chromowych, a ze względu na znaczne zawartości chromu i niklu wykazują bardzo dobre własności mechaniczne.

Z tego względu uniwersalne elektrody, używane do spawania wszystkich gatunków stali ognioodpornych, muszą być wykonywane ze stali chromowo-niklowych austenicznych, celem zagwarantowania należytej pewności i dobroci spawanych połączeń. Właśnie badania, o których będzie mowa w dalszym ciągu, zostały przeprowadzone nad elektrodami ze stali ognioodpornej austenicznej, jednak odróżniającej się od innych znaczną zawartością krzemu, wytwarzanymi przez Hutę Baildon w Katowicach (marka K N S 12).

Wspominaliśmy już o tem, że tworzywa ognioodporne można spawać elektrycznie i acetylenem, a raczej istnieje taka możliwość, rozpatrując zastosowalność obydwu sposobów z teoretycznego punktu widzenia. Natomiast w praktyce spawanie acetylenowe nie daje pożądaných wyników. Powodem ku temu jest:

- 1) duża ilość ciepła wprowadzonego w spawany obiekt i
- 2) zmiany chemiko-strukturalne, zachodzące w tworzywie spoiny.

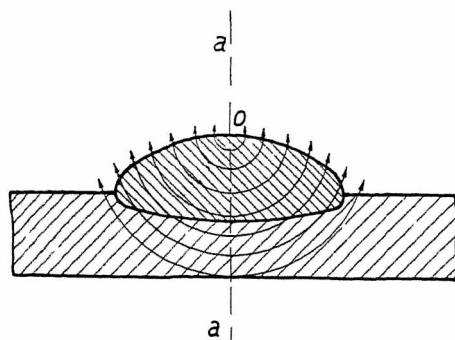
Jest rzeczą znaną, że przy spawaniu acetylenem miejsce, na którem ma być ułożona spoina, musi być całkowicie roztopione ciepłem płomienia acetylenowo-tlenowego. Szybkość nagrzewania w tym wypadku jest znacznie mniejsza niż przy spawaniu elektrycznym, żeby więc nagrząć materiał aż do stopienia, trzeba wprowadzić stosunkowo dużą ilość ciepła, gdyż na skutek znacznej przewodności cieplnej tworzywa spawanego przedmiotu, część ciepła zostanie odprowadzona i ogrzeje strefy materiału, położone obok układanej spoiny. Stale austenityczne posiadają stosunkowo niską przewodność cieplną, a natomiast bardzo duży skurcz odlewniczy. A zatem przy

elektrycznym spawaniu zostanie roztopiona tylko niegłęboka warstwa metalu i już w małej odległości od układanej spoiny materiał będzie zupełnie zimny.

Przy acetylenowym spawaniu ta silnie ogrzana strefa będzie znacznie szersza. Biorąc pod uwagę tę okoliczność oraz duży skurcz odlewniczy stali austenitycznych, staje się oczywiste, że naprężenia skurczowe w samej spoinie, jak również i w jej najbliższym otoczeniu, będą znacznie większe, aniżeli przy spawaniu elektrycznym.

Na dowód powyższego twierdzenia przytoczymy kilka przykładów, wziętych z praktyki spawalniczej (spawanie acetylenowe).

O ile dwa odcinki niezbyt grubej blachy (2,5 mm) zostaną spojone na styk, a następnie będziemy je spawać z drugiej strony, to — w miarę układania tej drugiej spoiny — poprzednio ułożona będzie pękać. To pękanie zawsze następuje tak, że jego początek posuwa się w odległości kilku milimetrów za kraterem drugostronnie układanej spoiny. Podobne zjawisko da się zaobserwować przy układaniu dosyć szerokiej spoiny na cienkiej blasze (napawaniu); wtedy pęka nie sama spoina, lecz blacha pod nią. Wytlumaczyć to zjawisko możnaby w ten sposób: na skutek niskiej przewodności cieplnej tworzywa austenitycznego bardzo silnie ogrzane będzie tylko miejsce, znajdujące się bezpośrednio pod palnikiem i w najbliższej odległości od niego. Ogrzewany materiał, rozszerzając się gwałtownie, napotyka na silny opór stosunkowo zimnego materiału z boków i z przodu układanej spoiny i na znacznie słabszy opór materiału, na którym przed chwilą została ułożona spoina. Oprócz tego ułożona spoina najszybciej krzepnie i ostyga z góry, a więc siły, powstające wskutek naprężeń skurczowych przy krepnięciu, będą działały wzdłuż obwodów kół współśrodkowych, których środek będzie się znajdował w punkcie O (rys. 1), a kierunek działania wskazują strzałki. Najsilniej naprężony jest materiał ułożony wzdłuż osi obojętnej *aa*, i to tak dzięki skurczowi odlewniczemu samej spoiny, jak również dzięki poprzednio omówionemu rozszerzeniu się napawanej blachy w miejscu bezpo-



Rys. 1. Działanie naprężeń skurczowych przy krepnięciu spoiny.

średniego ogrzewania. Ponieważ było przyjęte, że blacha jest nieco cieńsza od układanej spoiny (lub równej grubości), to staje się widocznym, że na skutek zmniejszonej wytrzymałości (stosunkowo bardzo silne ogrzanie) blacha jest narażona na pęknięcie.

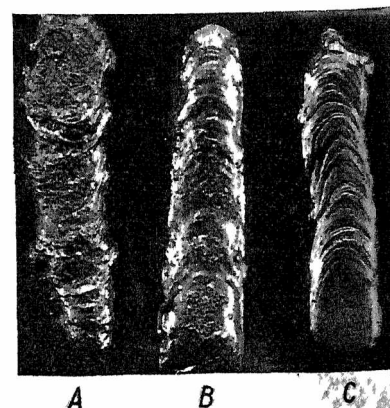
Trzeba zaznaczyć, że w takich warunkach nawet bardzo ciągliwy materiał ma skłonności do pęknięcia, a to z tego powodu, że naprężenia, jakie powstają w okolicy spoiny, mają charakter dwu lub trójwymiarowy (przestrzenny), a wiadomo, że wówczas materiał nie może ulegać takim odkształceniom, jak w wypadku naprężeń jednowymiarowych.

Podobnego pęknięcia nigdy nie zaobserwowano przy spawaniu elektrycznym, gdzie nagrzanie nie sięga tak głęboko i szeroko, a zatem nie wywołuje tak daleko posuniętego chwilowego osłabienia wytrzymałości materiału wzdłuż osi układanej spoiny, ani też tak znacznej rozszerzalności blachy w okolicy krateru.

W praktycznym zastosowaniu ta okoliczność ma ogromne znaczenie nie tyle ze względu na samo napawanie cienkich blach lub spawanie dwustronne, które nie zawsze ma miejsce, ile przy wszelkiego rodzaju naprawach. Tam zazwyczaj prawie wyłącznie ma się do czynienia z napawaniem.

Daleko ważniejszy jest drugi czynnik, przemawiający na niekorzyść spawania acetylenowego, mianowicie zmiany natury chemiko-fizycznej, zachodzące w spoinie. Ważniejszy jest dlatego, że i tak na skutek możliwych błędów spawalniczych spoina może być najsłabszym (lokalnie) miejscem spawanego obiektu i z tego powodu konsystencja jej tworzywa nie może wykazywać jakichkolwiek ujemnych odchyżeń.

Do elektrycznego spawania używa się elektrod zaopatrzonych w grubą warstwę otuliny utworzonej z całego szeregu składników. Jedne z nich mają za zadanie ułatwić przejście metalu z drutu do spoiny przez silne zjonizowanie przestrzeni przepływu łuku, inne znów, posiadając duże powinowactwo do tlenu i azotu, chronią spoinę przed wzbogaceniem w te szkodliwe pierwiastki, wreszcie trzecie służą do nadania utworzonemu żużlowi takiej konsystencji, ażeby nie przeszkadzał w pracy, pokrywał całą spoinę i łatwo odpadał, zostawiając zupełnie czystą i zdrową powierzchnię (rys. 2).



Rys. 2. Spoiny wykonane ze stali austenitycznej ognioodpornej.

- A — spoina wykonana normalnym płomieniem acetylenowym
- B — płomieniem z nadmiarem tlenu
- C — spoina elektryczna

Pomiędzy składem chemicznym spoiny, wykonanej elektrycznie, a składem chemicznym drutu użytego do wyrobu tej elektrody niema dużej różnicy (tab. 1). Celowość zwiększenia zawartości manganu w spoinie przez zredukowanie z powłoki tłumaczy się tem, że mangan, podobnie jak

i krzem, wpływa dodatnio na ognioodporność stali, lecz specjalne własności kwaśnych żużli uniemożliwiają stosowanie ich w tym wypadku, co pociąga za sobą zubożenie spoiny w krzem.

TABELA 1

Przedmiot	Analiza chemiczna			
	C%	Mn%	Si%	Inne składniki
Drut.	0,16	0,90	1,76	praktycznie nie ulegają wypalaniu się
Spoina elektr. . .	0,18	0,16	1,36	
Spoina acetyl. . .	1,02	0,69	2,13	

Mikrostruktura spoiny wykonanej elektrycznie (rys. 3, 5 i 7) wykazuje nieco większe kryształy

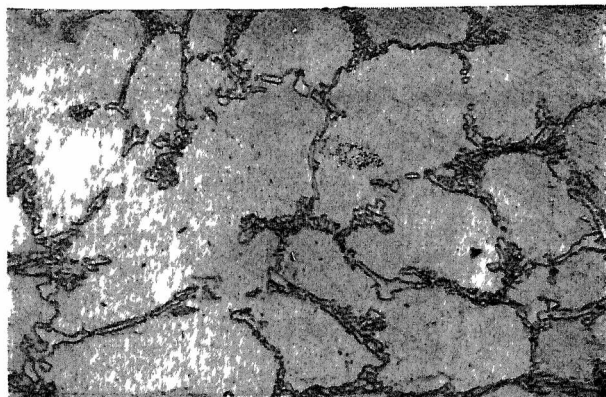


Rys 3 Traw odcz. Fry'a Pow. 500 X
Mikrostruktura spoiny wykonanej elektrycznie elektrodą ze stali austenitycznej ognioodpornej

w porównaniu ze strukturą austenitycznej blachy ognioodpornej, ulepszonej przez zastosowanie odpowiedniej obróbki termicznej (rys. 5), zorientowanej promieniowo, o granicach nie zanieczyszczonych wydzielinami obcych faz. Własności wytrzymałościowe spoiny są zbliżone do własności blachy, wykazując nieco mniejszą wytrzymałość i wydłużenie, wyższą granicę płynności i również wysoką udarność (tab. 2).

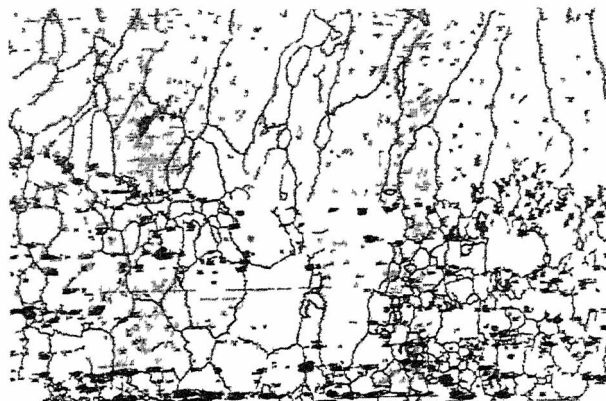
TABELA 2

Materiał	Własności wytrzymałościowe					
	R kg/mm ²	Q kg/mm ²	U kg/cm ²	H _B	A ₅ %	C°
Ognioodporna stal austenityczna . .	60	27	28	150	35	45
Spoina elektr. . .	55	35	17-22	160	22	32



Rys 4 Traw odcz Fry'a Pow. 500 X
Mikrostruktura spoiny austenitycznej ognioodpornej, wykonanej acetylenem

Stosunkowo wysoka granica płynności wyrównuje niedużą stratę na wytrzymałości na rozciąganie i pozwala twierdzić, że spoina i spawana

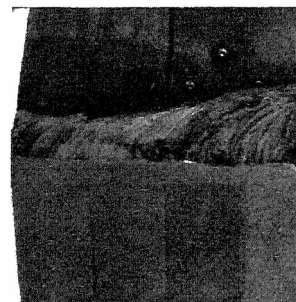


Rys. 5 Traw. odcz. Fry'a. Pow. 100 X.
Mikrostruktura strefy przejściowej pomiędzy spoiną, wykonaną elektrodą ze stali austenitycznej (ognioodpornej) (u góry) a blachą z tej samej stali.

blacha posiadają równoważne własności wytrzymałościowe.

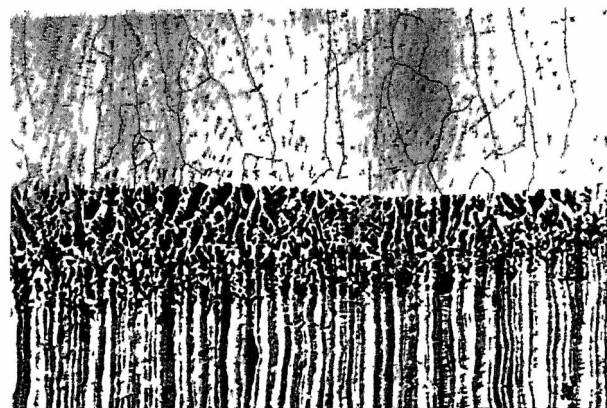
Acetylenowe spawanie blach ognioodpornych (podobnie i nierdzewiających!) wykonywa się nieco inaczej, aniżeli spawanie zwykłych stali węglistych lub niskostopowych.

Powodem ku temu jest wysoka zdolność tworzenia do tworzenia trudno topliwych i ognioodpornych tlenków, a nie wysoka temperatura topliwości metalu, jak to przyjęto mówić w praktyce. (W istocie temperatura topliwości tych stali



1 2 3 4

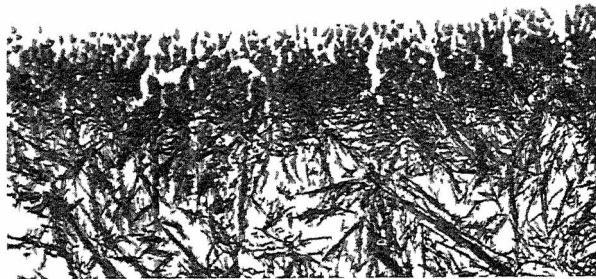
Rys. 6. Ognioodporna spoina ułożona elektrycznie, łącząca cztery różne gatunki stali.



Rys. 7. Traw odcz. Fry'a Pow. 100 X
Strefa przejściowa pomiędzy spoiną ułożoną elektrodą ze stali austenitycznej ognioodpornej (u góry) a blachą Cr-Ni-Mo kwasoodporną nieulepszoną

jest znacznie niższa niż temp. topliwości miękkiej stali węglistej). O ile do spawania zostanie użyty normalny płomień acetylenowo-tlenowy, to częściowo roztopiony metal płyty i drutu (w pierwszym rzędzie) łatwo utlenia się kosztem tlenu otaczającej atmosfery. Spadające płynne krople,

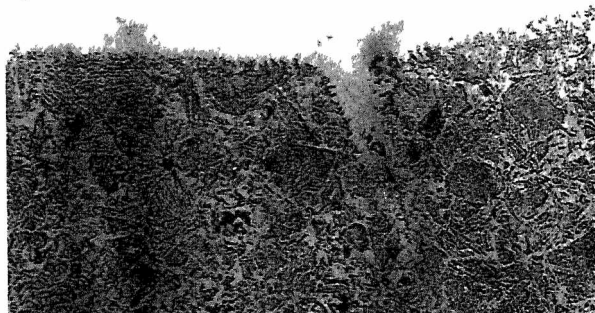
otoczone warstewką wysokotopliwego tlenku chromu, sklejają się ze sobą, gdyż nie zawsze wystarczy ciepła i czasu do zupełnego roztopienia



Rys. 8. Traw. kwasem azotowym. Pow. 100 X.
Strefa przejściowa pomiędzy spoiną ułożoną elektrodą ze stali austenitycznej ognioodpornej (na rys. biała) a niskostopową stalą Cr-Ni.

utworzonej koszulki tlenkowej. Pomiedzy sklejeniami kulkami pozostają wolne miejsca i stąd pochodzi nadzwyczaj silna porowatość oraz niezdrowy zewnętrzny wygląd spoin wykonanych acetylenem normalnym płomieniem (rys. 2).

W praktyce zapobiega się temu przez spawanie płomieniem z dużym nadmiarem acetylenu (nie-domiar tlenu). Płomień, zawierający dużą ilość węgla, działa redukująco na powstałe tlenki, usuwając prawie zupełnie bezpośrednią przyczynę porowatości spoiny, nadaje jej znacznie ładniej-



Rys. 9. Traw. kwasem azotowym. Pow. 100 X.
Strefa przejściowa pomiędzy spoiną ułożoną elektrodą ze stali austenitycznej ognioodpornej (na rys. biała) a stalą węglistą.

szy i bardziej zdrowy wygląd zewnętrzny (rys. 2), lecz natomiast silnie ją nawęglą (tab. 1 i rys. 4). Utworzone węgliki wydzielają się na granicach ziarn, wybitnie zmniejszając ognioodporność i odporność chemiczną. Dalszym następstwem tak znacznego nawęglania jest silne obniżenie mechanicznych własności spoiny, o czym już wspominaliśmy przy omawianiu roli poszczególnych pierwiastków w stalach ognioodpornych.

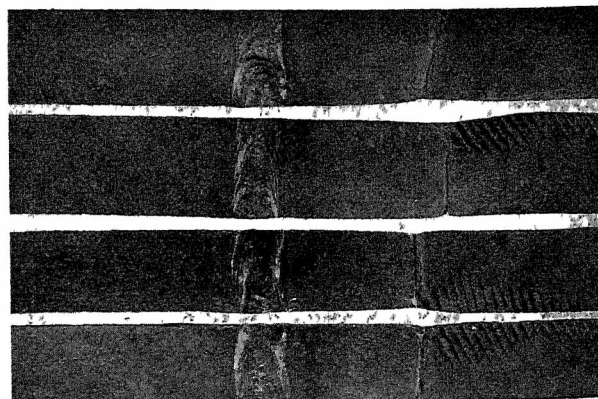
Do zilustrowania szkodliwości węgla w spoinach acetylenowych posłuży następujący przykład: celem równoczesnego uszczelnienia kilku pokryw skrzyń cementacyjnych zostały wykonane ramy z uchwytami z blachy austenitycznej

ognioodpornej, całkowicie spawane płomieniem acetylenowo-tlenowym. Spoiny były narażone na statyczne obciążenie rozrywające w wysokich temperaturach, wskutek zmian linjowych wymiarów ram i skrzyń oraz silnego zaklinowania. Zaklinowanie odbywało się na zimno, następnie skrzynie wkładano do pieca o temp. 920° C, a po ukończeniu operacji, trwającej kilkanaście godzin, i wyjęciu z pieca, pozwalano całemu zespołowi ostygnąć na powietrzu. Rzecz jasna, że występowało przytem również i dynamiczne obciążenie podczas zaklinowywania skrzyń. W takich warunkach spoiny acetylenowe (wykonane płomieniem z nadmiarem acetylenu) wytrzymały pewną ilość operacji w ciągu 80 do 240 godz. i następnie pękały. Szeroką skalę czasu trwałości spoin należy tłumaczyć niejednolitem wykonaniem i różnym stopniem nawęglania.



Rys. 10. Traw. kwasem azotowym. Pow. 100 X.
Strefa przejściowa pomiędzy spoiną ułożoną elektrodą ze stali austenitycznej ognioodpornej (na rys. biała) a stalą niskowęglistą.

Podobne ramy spawane elektrycznie, przy użyciu odpowiednich elektrod austenitycznych z dużą zawartością krzemu, pracując w identycznych warunkach 1200 godz., nie wykazały żadnych pęknięć. Stosowanie specjalnych patentowanych proszków przy spawaniu acetylenowym wpływa dodatnio jedynie na wygląd zewnętrzny spoiny, lecz również wymaga użycia dużego nadmiaru acetylenu, a więc wcale nie przyczynia się do polepszenia wytrzymałości i odporności spoin acetylenowych.



Rys. 11. Próbkę niskowęglistej blachy spawane elektrodą ze stali austenitycznej ognioodpornej i zerwane na maszynie Amslera.

Częste są wypadki, że tylko pewna część danego przedmiotu jest wystawiona na bezpośrednie działanie gazów spalinowych i wysokich temperatur. Taki przedmiot może być wykonany z jakiegoś innego, tańszego materiału, a w odpowiednim miejscu będzie przypocona ogniotrwała blacha lub wprost nałożona warstwa ogniotrwałego tworzywa wymaganej grubości drogą napawania elektrycznego. Do tego celu używa się elektrod ze stali ognioodpornej austenitycznej z dużą zawartością krzemu o nieco większej średnicy ($\phi = 4 \div 5$ mm), układając szerokie, płaskie spoiny o grubości od 1 mm wzwyż. Dzięki dużej gęstopłynności i wisności tworzywa spoiny, wykluczona jest jakakolwiek porowatość, a na skutek układania się łatwo odpadającego żużla na całej powierzchni spoiny otrzymuje się prawie zupełnie płaskie spoiny i całkiem gładką powierzchnię napawaną, nie wymagającą żadnej obróbki mechanicznej.

O wystarczającej ognioodporności takiej napawanej powierzchni przekonywa analiza chemiczna spoiny układanej na zwykłym niskowęglistym żelazie; spoiny, już w odległości 0,5 mm od powierzchni napawanej płyty, posiadały skład chemiczny właściwy dla bardzo dobrych gatunków stali ognioodpornych.

Do łączenia stali ognioodpornych z każdym innym tworzywem stalowym należy również używać omawianego gatunku elektrod. Użycie zwykłych elektrod węglistych nie daje w żadnym wypadku pożądanych wyników. Celem zbadania stref przejściowych takich połączeń została spojona próbka, uwidocziona na rys. 6. U góry widzimy spoinę łączącą kolejno różne gatunki tworzyw stalowych, mianowicie: pod 1 — zwykłe żelazo handlowe o 0,1% C, 2 — stal węglista, o 0,5% C, 3 — stal niskostopową o 1,5% Cr i 2,5% Ni, 4 — stal kwasoodporną o 18% Cr, 8% Ni i 2% Mo.

Najbardziej doskonałe przejście pomiędzy spoiną a materiałem spawanym ma miejsce w wypadku spawania stali ognioodpornej chromoniklowej (rys. 5). W wypadku 4 (rys. 7) spawano walcowaną, nieulepszoną termicznie blachę nierdzewiającą; wskutek ogrzania nastąpiło częściowe ulepszenie materiału strefy przejściowej, nadając jej tak dziwny wygląd; połączenie w tym wypadku jest zupełnie dobre. Na następnych 3-ch fotografiach spoina pozostała niewytrawiona, gdyż stosunkowo słaby odczynnik, używany do trawienia stali węglistych, nie działa na tworzywo spoiny. W wypadku połączenia pod liczbą 3 (rys. 8) obserwujemy wielce charakterystyczne wsiąkanie spoiny w spawaną blachę, zapewniające bardzo silne połączenie. Przy spawaniu stali węglistej (rys. 9) — wypadek 2 (z rys. 6) — brzegi metalu są tylko nieco nadtopione przez spoinę, tworząc bardzo drobne wsiąki; natomiast wszelkie powierzchniowe braki są wypełniane tworzywem spoiny (na rys. pęknięcie w blasze).

Pozornie najniekorzystniej przedstawia się wypadek 1 (rys. 10), gdzie obserwujemy ostrą granicę pomiędzy napawanym metalem a spoiną. Celem zbadania wytrzymałości takiego połączenia spo-

jono omawianą elektrodą dwie blachy niskowęglistej stali o grub. 3 mm i wytrzymałości 40 kg/mm², pocięto je na 4 paski i rozerwano na maszynie Amslera. Wszystkie próbki pękły w znacznej odległości od spoiny (rys. 11), co wskazuje na dostateczną wytrzymałość badanego połączenia i wyklucza możliwość „przyklejenia” spoiny.

Na zakończenie należy nadmienić, że elektrody z austenitycznej stali ognioodpornej o dużej zawartości krzemu nadają się do spawania żeliwa na zimno. Ażeby jednak uniknąć niepożądanych pęknięć, należy spawać bardzo wolno, układając szerokie i niezbyt cienkie spoiny; należy również stosować elektrody o mniejszych przekrojach ($\phi 3 \div 4$ mm), i to nawet do spawania grubych płyt, ażeby przez użycie zbyt silnego prądu nie wywołać pęknięć spoiny. Spawanie elektrodami o większej średnicy przy użyciu niższego natężenia prądu nie daje pożądanych wyników. Ułożona spoina jest dość twarda (ok. 260 jednostek Brinella), jednak daje się obrać pilnikiem; strefa przejściowa wykazuje nieco niższą twardość, mianowicie około 240 jedn. Brinella.

Wnioski

Elektryczne spawanie stali ognioodpornych pozwala na poczynienie znacznych oszczędności na czasie wykonania i wadze przedmiotu. Porównanie dobroci spawania elektrycznego i acetylenowego wypada na niekorzyść tego ostatniego, a to na skutek: 1) dużych naprężeń skurczowych i 2) silnego nawęglenia spoiny, które obniża ognioodporność i własności wytrzymałościowe ułożonych spoin. Do spawania elektrycznego należy używać specjalnych elektrod ze stali austenitycznej z dużą zawartością krzemu. Zapomocą tych elektrod można łączyć stale ognioodporne z wszelkimi innymi tworzywami stalowymi, jak również spawać żeliwo na zimno.

• • •

Elektrische Schweissung feurbeständiger Stähle

Zusammenfassung:

Die Feuerbeständigkeit der Stähle hängt von ihrer chemischen Zusammensetzung, Warmbearbeitung, Struktur und den Strukturveränderungen ab, welche in dem Material bei hohen Temperaturen vorkommen.

Cr, Ni, Mn, Al, Si erhöhen sehr die Feuerbeständigkeit der Stähle, C wiederum ist nicht günstig.

Feuerbeständige Stähle können elektrisch und autogen geschweisst werden. Sollen beide Schweissarten in Vergleich gezogen werden, so fällt ein solcher zu Ungunsten der Autogenschweissung aus, und zwar infolge:

- 1) Schrumpfspannungen, welche Sprünge, bezw. Risse hervorrufen,
- 2) starker Aufkühlung der Schweissnaht, durch welche die Feuerbeständigkeit und Festigkeit der Autogen-Schweissnähte vermindert werden.

Bei der elektrischen Schweissung sind ummantelte austenitische Elektroden mit hohem Silizium-Gehalt zu verwenden. Mit Hilfe dieser Elektroden können feuerbeständige Stähle, sowie alle anderen Stahlsorten, wie auch Gusseisen geschweisst werden.

T R E Ś Ć :

Wiadomości Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników Polskich (SIMP)	325
Od Redakcji	329
Gospodarcze i społeczne wpływy tech- niki maszynowej, nap. E. Hauswald, Pro- fesor Politechniki Lwowskiej	329
Zagadnienie stworzenia racjonalne- go programu budowy obrabiarek przez polskie wytwórnie w związ- ku z zapotrzebowaniem przemysłu polskiego, nap. Inż. J. Piotrowski	334
Konstrukcja obrabiarek w związku z zastosowaniem narzędzi z twar- dych stopów, nap. Inż. J. Rozwadowski	340
Ciśnienie doładowania a przyrost mocy czterosurowych silników spalinowych, nap. Inż. J. Z. Bujak	346
Najnowsze dążenia w budowie kot- łów parowych, nap. Inż. M. Żelisławski	352
Nowa metoda badania przebiegu spa- lania i oznaczania straty komino- wej w paleniskach okresowo zasil- anych, nap. Inż. Z. Wernicki	357
Tanie paliwo jako droga do motoryza- cji, nap. Inż. K. Groszlik-Groniowski	366
W sprawie wytrzymałościowego obli- czenia spawanych naczyń pod ciś- nieniem, nap. Inż. Z. Klębowski	371
Produkcja kutech stopów aluminjo- wych „hiduminium“ Y, RR-56 i RR-59, nap. Inż. E. Berthelman	376
Pewne dane do modyfikacji teorii ob- róbki termicznej stali szybkochna- cej, nap. Inż. A. Aścik	381
Stale ognioodporne, nap. Dr. Inż. A. Farnik.	386
O impregnowanym proszku do nawę- glania, nap. W. Didkowski	391
Elektryczne spawanie tworzyw ognio- odpornych, nap. Inż. W. Czyrski	402
Sprawozdania i Prace Polskiego Komit- tetu Energetycznego	409

SOMMAIRE:

Bulletin de la Société des Ingénieurs Mécaniciens Polonais (SIMP)	325
Avant-propos	329
Influences économiques et sociales de la technique mécanique, par M. E. Hauswald, Professeur à l'École Polytechnique de Lwów	326
Le problème de l'établissement d'un programme rationnel de la produc- tion des machines - outils par les usines polonaises en tenant compte des besoins de l'industrie polonaise, par M. J. Piotrowski, Ingénieur mécanicien	334
Le développement de la construction des machines - outils sous l'influ- ence de l'application des outils en alliages durs, par M. J. Rozwadowski, Ingé- nieur mécanicien	340
Influence de la pression de la surali- mentation sur la puissance des mo- teurs à combustion interne, par M. J. Bujak, Ingénieur mécanicien	346
Tendances modernes dans la construc- tion des chaudières à vapeur, par M. M. Żelisławski, Ingénieur mécanicien	352
Nouvelle méthode pour l'essai de la combustion et pour la détermination de la perte à la cheminée aux foyers alimentés périodiquement, par M. Z. Wernicki, Ingénieur mécanicien	357
L'importance du carburant à bon marché pour le développement de la motorisation du pays, par M. K. Groszlik-Groniowski, Ingénieur mécanicien.	366
Sur le calcul de la résistance des réci- pients soudés sous pression, par M. Z. Klębowski, Ingénieur mécanicien	371
La production des alliages forgés d'aluminium: „hiduminium“ Y, RR-56 et RR-59, par M. E. Berthelman, Ingénieur mé- tallurgiste	376
Possibilité d'une modification de la théorie du traitement thermique de l'acier rapide, par M. A. Aścik, Ingé- nieur métallurgiste	381
Les aciers résistant aux hautes tem- pératures, par M. A. Farnik, Dr., Ingénieur métallurgiste	389
Sur la poudre imprégnée pour la cé- mentation de l'acier, par M. W. Did- kowski	391
La soudure électrique des aciers rési- stant aux hautes températures, par M. W. Czyrski, Ingénieur métallurgiste	402
Bulletin du Comité Polonais de l'Energie.	409

SPRAWOZDANIA I PRACE POLSKIEGO KOMITETU ENERGETYCZNEGO

BULLETIN DU COMITÉ NATIONAL POLONAIS DE LA CONFÉRENCE MONDIALE DE L'ÉNERGIE

Tom IX

WARSZAWA • 25 MAJA • 1935 ROKU

Nr. 2

TREŚĆ:

Marszałek Józef Piłsudski.

Rola cukrowni w elektryfikacji Polski,
nap. Inż. St. Kaniewski.

Sprawozdania z posiedzeń.

SOMMAIRE:

Le Maréchal Joseph Piłsudski.

Le rôle des sucreries dans l'électrification générale de la Pologne, par M. St. Kaniewski, Ingénieur dipl.

Comptes-rendus des séances de diverses Commissions du Comité.



MARSZAŁEK JÓZEF PIŁSUDSKI

* 5 GRUDNIA 1867

† 12 MAJA 1935

...Wielkim trudem swego życia budował siłę w Narodzie, genjuszem umysłu, twardym wysiłkiem woli Państwo wskrzesił. Prowadził je ku odrodzeniu mocy własnej, ku wyzwoleniu sił, na których przyszłe losy Polski się oprą...

(Z ORĘDZIA PANA PREZYDENTA RZECZYPOSPOLITEJ)

Rola cukrowni w elektryfikacji Polski

Inż. St. Kaniewski

RACJONALNY rozwój elektryfikacji Polski hamowany jest w znacznym stopniu brakiem odpowiednich kapitałów. Ta okoliczność powinna pobudzać nas do zwrócenia uwagi na możliwość wyzyskania istniejących już urządzeń zakładów przemysłowych przy układaniu planów elektryfikacji poszczególnych dzielnic.

Zelektryfikowane cukrownie nadają się w pierwszym rzędzie do poważniejszej roli pod tym względem. Cukrownie należą do zakładów przemysłowych, zużywających wielkie ilości energii cieplnej, przy jednoczesnym znacznym zapotrzebowaniu energii mechanicznej, potrzebnej do napędu poszczególnych mechanizmów.

Pomysł jednoczesnego wyzyskania energii pary do napędu urządzeń mechanicznych i do celów ogrzewniczych nie jest nowy. W zastosowaniu jednak tego pomysłu w cukrowniach nastąpiły dopiero wtedy radykalne zmiany, kiedy cukrownie zaczęto elektryfikować i w związku z tym zamiast wielu maszyn parowych weszły w użycie w elektrowniach cukrownianych, jako silniki centralne, turbiny parowe przeciwprężne, zasilane z kotłów wysokiego ciśnienia.

Dopiero ta kombinacja ujawniła szczególne cechy gospodarki elektrycznej w cukrowniach, które mogą mieć doniosłe znaczenie dla zagadnienia ogólnej elektryfikacji.

Jak wykazują badania, przeprowadzone w wielu zelektryfikowanych cukrowniach przez Instytut Przemysłu Cukrowniczego w Polsce, zapotrzebowanie pary do celów ogrzewniczych, jak też energii elektrycznej do napędu mechanizmów, zależne jest od zdolności produkcyjnej cukrowni; mianowicie, ilość potrzebnej do produkcji pary przy fabrykacji kryształu konsumcyjnego wynosi ok. 55 — 60% wagi przerobionych buraków.

Z tego wynika, że dla cukrowni, przerabiającej na przykład 10 000 q buraków na dobę, czyli 1 000 000 kg, potrzeba około 550 000 — 600 000 kg pary na dobę, czyli ok. 23 000 — 25 000 kg na godzinę.

Co się tyczy zapotrzebowania energii elektrycznej do napędu mechanizmów cukrowni, to dla cukrowni o takim samym przerobie na dobę 10 000 q, według badań Instytutu Przemysłu Cukrowniczego, moc potrzebna waha się w granicach 620 — 770 kW, a średnio wynosi 670 kW.

Dla cukrowni o innym przerobie na dobę liczby te zmieniają się proporcjonalnie.

Para w cukrowniach zelektryfikowanych wytwarza się w kotłach wysokiego ciśnienia z przegrzewaniem (ciśnienie przeważnie około 25 atm, przegrzewanie pary 350 — 375°C).

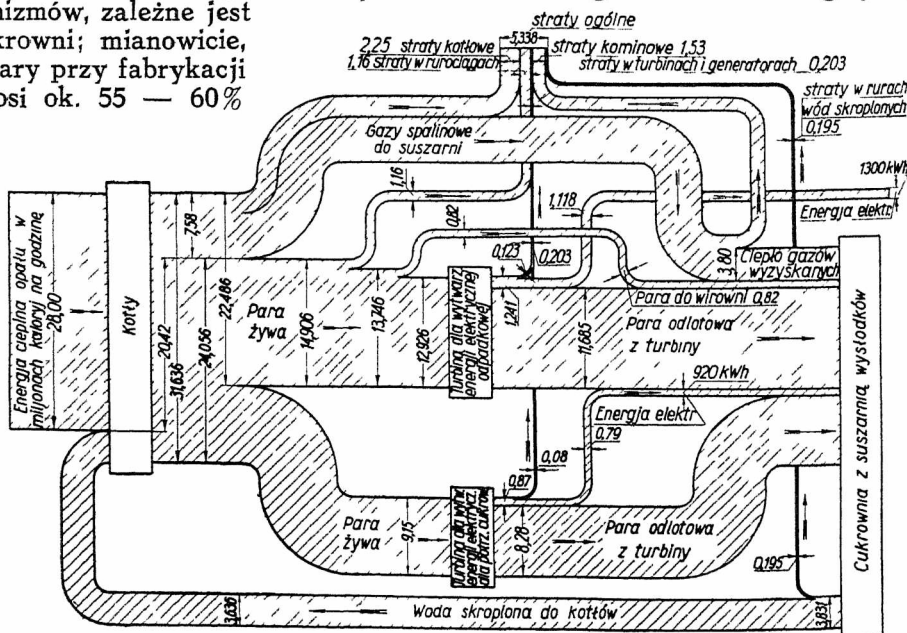
Jednak tylko część potrzebnej do produkcji pary przechodzi przez turbiny przeciwprężne (o ciśnieniu przeważnie ok. 3 atm), które służą do wytwarzania energii elektrycznej, potrzebnej do ruchu cukrowni. Znaczna ilość pary, większa nawet niż ta, która przechodzi przez turbiny elektryczne, idzie bezpośrednio z kotłów do urządzeń grzejnych cukrowni po odpowiednim zredukowaniu ciśnienia.

Ten stosunek ilościowy energii cieplnej do energii mechanicznej pozwala na wytwarzanie w cukrowniach wyjątkowo tanio dodatkowej energii elektrycznej.

Gdyby bowiem przez odpowiednie turbiny przeciwprężne przechodziła całkowita ilość pary, potrzebna do produkcji, istniałaby możliwość otrzymania znacznie większej mocy elektrycznej niż ta, jaka jest potrzebna do ruchu własnego cukrowni. Naprzykład, w cukrowni o przerobie na dobę 10 000 q buraków można uzyskać tą drogą moc ok. 1 400 — 1 500 kW, średnio 1 470 kW; ponieważ zaś, jak zaznaczono wyżej, do własnych potrzeb cukrowni wymagana jest moc ok. 670 kW, cukrownia z przeróbką na dobę ok. 10 000 q jest w stanie dać nadmiar mocy ok. 800 kW.

Dla różnych cukrowni, zależnie od urządzeń, liczby powyższe podlegają wahaniu, lecz tylko w nieznacznych granicach.

Dla bardziej szczegółowego zorientowania w stosunkach energetycznych nowoczesnej cukrowni podany został na rys. 1 opracowany przez Instytut Przemysłu Cukrowniczego schemat energetyczny



Rys. 1. Schemat energetyczny cukrowni o przerobie 15 000 q buraków na dobę.

cukrowni o przerobie na dobę 15 000 q buraków, wyzyskującej przytem ciepło gazów spalinowych do suszarni wysłodków, co podnosi wybitnie współczynnik wyzyskania paliwa.

Na schemacie tym strumień energii cieplnej podzielony jest na dwie części: jedna część jej prze-

chodzi przez turbinę wytwarzającą moc 920 kW do napędu mechanizmów cukrowni; druga zaś część skierowana jest do urządzeń grzejnych przez drugą turbinę, wytwarzającą moc 1 300 kW, która może być wyzyskana poza cukrownią i którą nazywamy „mocą odpadkową”.

Jeżeli niema zapotrzebowania na tę moc odpadkową, to część pary skierowana będzie, pomijając turbinę, bezpośrednio do urządzeń grzejnych cukrowni, po odpowiednim zredukowaniu ciśnienia.

Przy tej samej ilości ciepła dostarczanej do cukrowni, ilość ciepła pobieranego z kotłowni będzie cokolwiek mniejsza, gdyż odpada przetwarzanie części energii cieplnej na energię mechaniczną w turbinie parowej. Zmniejszenie to w danym przykładzie wyraża się w milionach kaloryj na godzinę różnicą $12,926 - 11,685 = 1,241$.

Jeżeli więc założymy, że cukrownia przerabiająca 15 000 q na dobę i oddająca na stronę moc 1 300 kW wymaga 28 milionów kaloryj na godzinę, to bez wytwarzania tej mocy odpadkowej ilość energii cieplnej w opale zmniejszy się do 26,759 milionów kaloryj na godzinę, czyli o ok. 4,5%.

Z powyższego widać, że wytwarzanie 1 300 kWh energii elektrycznej odpadkowej połączone jest ze zwiększeniem energii cieplnej zużytego opału o 1 241 000 Kal, czyli na 1 kWh przypada 955 Kal, co odpowiadałoby zużyciu ok. 0,16 kg węgla na kWh, jeżeli przyjąć średnią wartość opałowia węgla 6 000 Kal/kg.

Jeżeli tak mały rozchód paliwa na wytwarzanie energii odpadkowej w praktycznych warunkach ruchu będzie przekroczony i dojdzie nawet do 0,2 kg/kWh, to stanowić będzie tylko małą część rozchodu w elektrowniach normalnego typu, w których przeważnie wytwarzanie 1 kWh połączone jest z rozchodem ok. 1 kg węgla o wartości opałowia 6 000 Kal/kg, a tylko w dużych zakładach spada np. do 0,8 kg/kWh.

Powyzsza krótka charakterystyka stosunków energetycznych we współczesnych zelektryfikowanych cukrowniach jest niezbędnym wstępem do rozpatrzenia zagadnienia, w jakim stopniu elektrownie cukrowniane mogą odegrać rolę w ogólnej elektryfikacji Państwa.

Sprawa ta staje się coraz bardziej aktualną, w szczególności w zachodniej części Państwa, a więc na terenie województw Poznańskiego i Pomorskiego, gdzie znaczna ilość cukrowni została już zelektryfikowana. Stopniowo jednak zagadnienie to stanie się aktualnym również w innych dzielnicach, gdy cukrownie, dotychczas niezelektryfikowane, zmuszone będą przystąpić do elektryfikacji ze względu na zmniejszenie kosztów produkcji cukru. Narazie jednak ograniczymy się do rozpatrzenia stosunków wytworzonych na terenie województw zachodnich.

Moc instalowana 23-ch elektrowni cukrownianych województw Poznańskiego i Pomorskiego oraz 3-ch cukrowni na terenie województw sąsiednich (Dobre, Gosławice, Zbiersk, ciężących gospodarczo ku ugrupowaniu województw zachodnich) wynosi około 41 000 kW, przyczem o tempie, w jakim odbywała się ta elektryfikacja, możemy wnioskować ze statystyki wytwórczości energii elektrycznej w tych cukrowniach.

Wytwórczość energii elektrycznej w cukrowniach.

Rok	1926	1927	1928	1929
	13 848	16 913	20 717	30 681

30 681 milionów kWh.

Liczby te nabiorą większego znaczenia, jeżeli rozpatrzmy je na tle ogólnej elektryfikacji województw Poznańskiego i Pomorskiego, którą charakteryzują następujące liczby:

Rok	1926	1927	1928	1929	1930	1931
Moc:	61 214	68 861	76 563	125 394	140 808	141 366

Wytwórczość energii elektrycznej w woj. zachodnich.

Rok	1926	1927	1928	1929	1930	1931
	94 841	109 673	133 353	161 779	161 759	141 847

Z liczb za lata 1930 i 1931 widać, że po roku 1930 nastąpił zastój w inwestycjach i produkcji, który trwa dotychczas.

Ponieważ obecnie moc instalowana wszystkich elektrowni na terenie obu województw wynosi ok. 140 000 kW, a moc elektrowni cukrownianych ok. 40 000 kW, przeto moc wszystkich elektrowni, bez elektrowni cukrownianych, wynosi ok. 100 000 kW.

Z powyższego widać, że obecna moc elektrowni cukrownianych przedstawia się poważnie w porównaniu z mocą innych elektrowni.

Cukrownie zachodniej części Polski przerabiają na dobę średnio ok. 400 000 q buraków, wobec czego na podstawie liczb podanych wyżej wyciągamy następujące wnioski:

Moc, jaką mogłyby wytwarzać cukrownie przy przepuszczeniu całkowitej ilości pary, potrzebnej do fabrykacji, przez turbiny przeciwprężne (licząc 1 470 kW na przerob 10 000 q na dobę)	59 000 kW
Moc potrzebna do własnego ruchu wszystkich cukrowni (licząc ok. 670 kW dla cukrowni o przerobie 10 000 q buraków na dobę)	27 000 kW
Moc odpadkowa wszystkich cukrowni (licząc ok. 800 kW dla cukrowni o przerobie 10 000 q buraków na dobę)	32 000 kW

Moc powyższa nie zostanie jednak nigdy osiągnięta. Jeżeli by bowiem powstała potrzeba zwiększenia produkcji cukru, to nastąpiłoby to raczej w drodze nie powiększenia cukrowni i zwiększenia przerobu na dobę, lecz przez przedłużenie okresu kampanji, który obecnie trwa średnio zaledwie ok. 40 dni, w ciągu zaś pozostałej części roku urządzenia cukrowni są niewykorzystane. W czasach przedkryzysowych kampanja cukrowni trwała przeciętnie 80 dni. Ponieważ należy spodziewać się, że wraz ze wzrostem ludności i poprawą stosunków gospodarczych konsumpcja cukru będzie się stale zwiększała, przeto we wszystkich dalszych obliczeniach przyjęto czas trwania kampanji 60 dni.

Pozatem liczyć się należy z tem, że znaczna ilość cukrowni została już zelektryfikowana i jednostki prądowców nie były w nich dobierane w przewidywaniu zbytu energii odpadkowej, lecz jedynie stosownie do potrzeb ruchu cukrowni, co ostatecznie powoduje zmniejszenie otrzymanych powyżej liczb teoretycznych.

Jeżeli więc wziąć w rachubę obecny stan zelektryfikowania cukrowni, to nawet przy dalszej planowej elektryfikacji cukrowni jeszcze niezelektryfikowanych, lub zelektryfikowanych częściowo, można otrzymać w 26 cukrowniach zachodniej Polski moc odpadkową najwyżej 28 000 kW.

W rzeczywistości jednak nawet taka moc od-

padkowa nie zostanie osiągnięta. Dostarczać bowiem energii odpadkowej mogą tylko te cukrownie, które posiadają elektrownie o większej mocy instalowanej, niż ta, jaka jest potrzebna do własnego ruchu. A więc obecnie należy wziąć w rachubę przeważnie cukrownie, które posiadały zespoły rezerwowe. Takie cukrownie mają oczywiście możliwość oddawania energii odpadkowej dopiero przy ruchu zespołu rezerwowego.

Jak daleko posunęła się sprawa zaopatrzenia cukrowni w kotły wysokoprężne, możemy widzieć z tego, że obecnie na terenie województw Poznańskiego i Pomorskiego ogólna powierzchnia zainstalowanych kotłów wysokoprężnych wynosi ok. 25 000 m².

Stan elektryfikacji cukrowni, posiadających kotły wysokoprężne i turbiny, charakteryzuje następująca tabela:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nazwa cukrowni	Średni przerob buraków na dobę	Moc do otrzy- mania przy ko- rzystaniu w elek- trowni z calc. ilości pary po- trzebnej do pro- dukcji cukru	Moc odpow- iadająca powierzchni zainstalowa- nych kotłów w cukrowni	Powierz- chnia ogrze- wana kotłom w cukrowni	Moc zainsta- lowanych turbין w elektrowni cukrownia- nej	Moc po- trzebna do ruchu wła- snego cu- krowni	Moc odpad- kowa przy obecnym stanie elek- tryfikacji cukrowni	Moc odpad- kowa po rozszerzeniu urządzeń kotłowych w niektó- rych cukro- wniach
	q	kW	kW	m ²	kW	kW	kW	kW
1. Gostyń	21 000	3 100	3 000	1 638	3 900	1 400	1 600	1 600
2. Kruszwica	22 000	3 200	4 600	2 000	3 500	1 500	1 700	1 700
3. Kościan	19 000	2 800	3 900	2 114	2 200	1 200	1 000	1 000
4. Miejska Górka	18 000	2 600	2 150	1 173	3 200	1 150	1 000	1 450
5. Środa	16 000	2 300	2 600	1 400	2 360	1 050	1 250	1 250
6. Gniezno	14 000	2 050	2 800	1 532	2 000	950	1 050	1 050
7. Witaszyce	24 000	3 400	3 200	1 700	2 120	1 600	500	500
8. Szamotuły	15 000	2 200	1 600	800	2 400	980	600	1 200
9. Opalenica	23 000	3 400	2 000	1 104	3 000	1 700	300	1 300
10. Zduny	16 000	2 300	1 850	1 000	1 600	1 050	550	550
11. Września	15 000	2 200	1 850	1 000	1 500	1 000	500	500
12. Nakło	22 000	3 200	3 000	1 650	3 400	1 500	1 500	1 500
13. Mełno	9 000	1 300	1 650	900	1 740	700	600	600
14. Mątwy	22 000	3 200	1 500	807	2 550	1 500	—	1 050
15. Chełmża	37 000	5 400	2 500	1 207	3 000	2 500	—	1 000
16. Pelplin	13 000	1 900	2 100	1 052	2 560	850	1 050	1 050
	30 500						13 200	17 300

Nie jest bynajmniej pewne, że cukrownie, które nie zabezpieczyły się dotychczas co do rezerw, w drodze ustawienia specjalnych zespołów, pójdą na te inwestycje. Jeżeli bowiem tymczasem zostanie zrealizowany szerszy program elektryfikacji, przy którym powstaną sieci elektrowni okręgowych, to wiele przemawia za tem, że cukrownie, nie posiadające zespołów zapasowych w swoich elektrowniach, przyłączą się do ogólnej sieci, i to nie w celu zbytu energii, lecz jedynie w celu zabezpieczenia rezerw w czasie kampanji i odbioru energii poza kampanją, kiedy własne elektrownie nie będą czynne.

Wobec powyższego nie należy opierać się na liczbach zbyt wygórowanych, a raczej liczyć się z obecnym stanem elektryfikacji oraz względnie niewielkimi nowymi inwestycjami.

Przy ustaleniu, jaka moc odpadkowa mogłaby być już obecnie otrzymana z cukrowni, należy nie tylko brać w rachubę moc zainstalowanych zespołów turbinowych, lecz również stan urządzeń kotłowych, nie wszystkie bowiem cukrownie posiadają obecnie dostateczną ilość kotłów wysokoprężnych, a korzystają częściowo dla urządzeń grzejnych ze starszych kotłów niskiego ciśnienia.

Ponieważ przy przerobie na dobę 10 000 q buraków potrzeba na godzinę ok. 24 000 kg pary, to, licząc się z odparowywaniem ok. 30 kg pary na godzinę z jednego metra kwadratowego powierzchni kotła, otrzymamy, że do wytworzenia tej ilości pary potrzebne są kotły o powierzchni ogrzewanej ok. 800 m². Z tego wynika, że dla wszystkich cukrowni o przerobie na dobę 400 000 q potrzebna jest powierzchnia kotłów ok. 32 000 m², a z uwzględnieniem niezbędnych rezerw — ok. 40 000 m².

W 9-ej rubryce podana jest moc odpadkowa, jaką możnaby było otrzymać po odpowiednim rozszerzeniu wysokoprężnych urządzeń kotłowych, bez dodawania jednak nowych turbozespołów.

Wchodzą więc tu w rachubę następujące cukrownie: Miejska Górka, Szamotuły, Opalenica, Mątwy i Chełmża. Na podstawie obserwacji rozwoju elektryfikacji cukrowni można przypuszczać, że zamiana kotłów niskiego ciśnienia na kotły wysokoprężne, częściowo już skuteczniona, nastąpi w najbliższych latach.

Należy zaznaczyć przy tem, że przy obliczeniu mocy, jaka odpowiada powierzchni kotłów, wzięte zostały w rachubę powierzchnie ogrzewane wszystkich zainstalowanych kotłów, bez uwzględnienia potrzeby pozostawienia części kotłów w stanie nieczynnym; przy znacznej bowiem ilości współpracujących cukrowni, z uwzględnieniem krótkiego okresu kampanji, można przyjąć, że postój kotłów będzie nieznaczny i niejednoczesny w większej ilości cukrowni.

W wyniku powyższych przeliczeń otrzymujemy, że przy obecnym stanie elektryfikacji cukrowni można otrzymać ogólną moc odpadkową 13 200 kW z 14 cukrowni, jeżeli pominąć cukrownie w Mątwach i Chełmży, które przy obecnym stanie swych kotłowni nie mają do zbytu energii odpadkowej.

Po odpowiednim uzupełnieniu niektórych cukrowni kotłami wysokoprężnymi moc ta wzrośnie w 16 cukrowniach do 17 300 kW. Z taką zamianą kotłów należy liczyć się w najbliższej przyszłości.

Jeżeli przy tem odrzucimy cukrownie, które mogą dostarczyć poniżej 1 000 kW mocy odpadkowej, a więc cukrownie Witaszyce, Zduny, Wrześnię i Mełno, to sumarycznie moc odpadkowa wy-

niesie 15 150 kW w 12 cukrowniach. Wskutek jednak wahania obciążeń w cukrowniach, konieczności zachowania rezerw w kotłach i t. p., należy powyższą moc zredukować co najmniej o 15%, czyli do ok. 13 000 kW.

Rozpatrując powyższe zestawienie zelektryfikowanych cukrowni, zauważymy, że są one podzielone terytorjalnie na dwie nierówne grupy. Jedna grupa, stanowiąca większość, położona jest na obszarze województwa Poznańskiego, cztery zaś tylko cukrownie — Nakło, Mełno, Chełmża i Pelplin położone są na obszarze województwa Pomorskiego i gospodarczo ku niemu ciężą.

Ponieważ na obszarze województwa Pomorskiego, ze względu na bardziej zaawansowany stan elektryfikacji, trudniejsze byłoby zorganizowanie współpracy cukrowni z sieciami okręgowymi, ograniczymy się narazie do rozpatrzenia tego zagadnienia dla województwa Poznańskiego.

Bierzemy więc pod uwagę następujące cukrownie, o mocy odpadkowej (po rozszerzeniu kotłowni):

1) Gostyń	1600	6) Gniezno	1050
2) Kruszwica	1700	7) Szamotuły	1200
3) Kościan	1000	8) Opalenica	1300
4) Miejska Górka	1450	9) Maławy	1050
5) Środa	1250		11600

Otrzymałą moc odpadkową obniżamy o 15%, czyli okraǳo do 10 000 kW. W ciągu 60 dni kampanji cukrownie przy tej mocy mogą oddać ok. 14 400 000 kWh.

Sprawa zapotrzebowania energii elektrycznej dla obszaru, na którym rozrzucone są te cukrownie, była kilkakrotnie przedmiotem studjów, w szczególności Ministerstwa Robót Publicznych, a ostatnio była badana przez Ministerstwo Przemysłu i Handlu w roku 1933. Przy planowej elektryfikacji województwa Poznańskiego przewiduje się przyłączenie do tego okręgu elektryfikacyjnego części województwa Łódzkiego, z uwzględnieniem poważnej roli elektrowni w Kaliszu. Natomiast wyłączone powiaty województwa Poznańskiego, które nadają się raczej do utworzenia łącznie z terenem województwa Pomorskiego odrębnego obszaru elektryfikacyjnego.

Otrzymały w ten sposób obszar elektryfikacyjny Poznańsko-Kaliski będzie miał w przybliżeniu następujące zapotrzebowanie energii w ciągu najbliższych 10 lat po rozbudowaniu sieci wysokiego napięcia w całym obszarze:

	Energja	Moc szczytowa
Sieć okręgowa obszaru	42 400 000 kWh	14 400 kW
Poznań	66 000 000 "	18 200 "
Kalisz	10 000 000 "	2 800 "
Razem	118 400 000 kWh	35 400 kW

Biorąc pod uwagę niejednoczesność obciążeń szczytowych, otrzymujemy przypuszczalną rzeczywistą moc szczytową mniejszą o 5%, czyli 33 500 kW.

Założenia powyższe są bardzo skromne, jeżeli weźmie się w rachubę, że w roku 1929 wytwórczość wszystkich elektrowni województwa Poznańskiego wynosiła ok. 117 milionów kWh, wszystkich zaś elektrowni użyteczności publicznej ok. 50 milionów kWh.

Przy powyższych założeniach liczymy się z tą okolicznością, że drobne elektrownie, rozrzucone

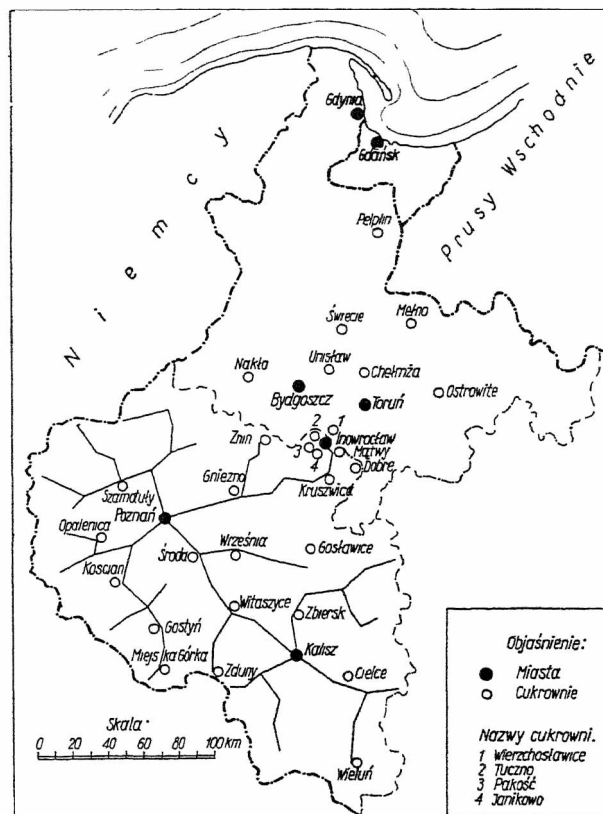
na całym obszarze, zostaną przeważnie zlikwidowane, a całość obciążenia przejmą elektrownie w Poznaniu i Kaliszu łącznie z elektrowniami cukrownianymi.

Na zlikwidowanie natomiast w bliższym czasie większych prywatnych elektrowni przemysłowych przypuszczalnie liczyć nie można.

Obecnie moc elektrowni w Poznaniu i Kaliszu wynosi 20 000 kW i 4 200 kW.

Elektrownie te dla pokrycia całkowitego obciążenia łącznie z elektrowniami cukrownianymi powinny być w ciągu najbliższych 10 lat odpowiednio powiększone. Przyjmując w rachubę należyty dobór jednostek prądowórczych, można przypuszczać, że w miarę potrzeby zostaną zainstalowane zespoły 20 000 kW w Poznaniu i 5 000 kW w Kaliszu. Zainstalowana moc w tych obu elektrowniach łącznie wyniesie więc wtedy 49 200 kW.

Z zestawienia tej mocy z otrzymaną powyżej mocą odpadkową 10 000 kW wynika, że rola elektrowni cukrownianych będzie tylko pomocnicza. Możemy więc przyjąć, że układ sieci wysokiego napięcia będzie w przybliżeniu taki sam, jaki byłby, gdyby zasilanie sieci miało się odbywać tylko z głównych elektrowni okręgowych, a więc z Poznania i Kalisza. Będzie to tembardziej odpowiadało rzeczywistości, że elektrownie cukrowniane pracować będą przeważnie w okresie zimowym i jesiennym.



Rys. 2. Mapa zachodniej Polski z oznaczeniem cukrowni i z podaniem sieci wysokiego napięcia okręgu elektryfikacyjnego Poznańsko-Kaliskiego.

Natomiast w okresie zmniejszonego obciążenia, poza kampanją, kiedy nie można korzystać z taniej energii odpadkowej, słusne będzie, by zasilanie sieci odbywało się z głównych elektrowni z pominięciem elektrowni cukrownianych.

Przypuszczalny układ przyszłej sieci okręgu elektryfikacyjnego Poznańsko - Kaliskiego uwidoczniony jest na załączonej mapie (rys. 2).

Napięcie sieci wysokiego napięcia przyjmujemy 30 000 V, co jest zupełnie wystarczające.

W celu stwierdzenia, czy udział cukrowni w ogólnej elektryfikacji jest korzystny i jak korzyści stąd wynikające mogą być oszacowane, konieczne jest zrobienie obliczeń porównawczych: obliczymy więc, jakie będą koszty energii elektrycznej przy wytwarzaniu jej w elektrowniach okręgowych, jakimi będą elektrownie w Poznaniu i w Kaliszu, pozatem analogiczne obliczenie zrobimy dla wypadku, kiedy energia dostarczana będzie również przez powyższe 9 cukrowni, mogących dać moc odpadkową 10 000 kW.

Przyjęliśmy zgodnie z ostatnimi projektami Ministerstwa Przemysłu i Handlu, że moc elektrowni w Poznaniu powinna być powiększona do 40 000 kW, a w Kaliszu do 9 200 kW, z warunkiem jednak, że jednocześnie zapewniona będzie pomoc ze strony elektrowni cukrownianych.

Jeżeli zaś w pierwszym obliczeniu porównawczym założymy, że cukrownie nie będą brały udziału w ogólnej elektryfikacji, to należy odpowiednio powiększyć moc elektrowni okręgowych o wyłączoną moc elektrowni cukrownianych, czyli o 10 000 kW.

Ze względu na równomierność zasilania sieci przewidujemy powiększenie o tę moc elektrowni Kaliskiej do 19 200 kW.

W tym wypadku zadanie zasilania okręgowej sieci byłoby w przybliżeniu rozłożone jednakowo na obie elektrownie, które jednocześnie dostarczałyby energii dla Poznania i Kalisza.

Przejdziemy teraz do rozpatrzenia, jak należy rozdzielać energię, wytwarzaną w cukrowniach. Ponieważ energia odpadkowa jest wyjątkowo tania, ważne jest, by była ona całkowicie zużyta. Ze względu na pracę cukrowni przez całą dobę, moc odpadkowa może być dostarczona równomiernie w wysokości 10 000 kW w czasie również całej doby.

Powstaje jednak pytanie, czy w ogólnym zespole sieci okręgowej, wraz z Poznaniem i Kaliszem, będzie dostateczne zapotrzebowanie na odbiór całej ilości energii odpadkowej. W celu wyjaśnienia w przybliżeniu, jak zmieniać się będzie obciążenie w ciągu doby w dniach największego obciążenia szczytowego, zbadane były krzywe dziennego obciążenia 12 największych elektrowni województwa Poznańskiego i Pomorskiego.

Po odpowiednim zsumowaniu tych krzywych otrzymano, że najniższe obciążenie doby zimowej wynosić będzie ok. 30% najwyższego obciążenia rocznego, przypadającego również na dzień zimowy.

Z powyższego wynika, że przy rocznym szczytowym obciążeniu 33 500 kW sieci okręgowej oraz miast Poznania i Kalisza, najniższe obciążenie doby zimowej (w godzinach nocnych) wyniesie prawdopodobnie ok. 10 000 kW, a więc zbyt mocy odpadkowej będzie zapewniony przy odbiorze jej nie tylko w sieci okręgowej, lecz również w sieci miast Poznania i Kalisza.

Inny rozkład wytwarzania prądu i obciążeń słuszny będzie w okresie poprzedzającym kam-

panję cukrową i w okresie następującym bezpośrednio po niej, kiedy obciążenie szczytowe na dobę prawie nie zmniejsza się, lub zmniejsza się nieznacznie.

Analiza obciążenia maksymalnego na dobę w ciągu całego roku, przeprowadzona w swoim czasie przez Wydział Elektryczny Ministerstwa Robót Publicznych dla województw Poznańskiego i Pomorskiego, wykazuje, że, wskutek zapotrzebowania energii do celów rolnictwa, przeważnie do młocki, znaczne zwiększenie obciążenia szczytowego, w porównaniu z okresem letnim, nastąpi już z początkiem września i przetrwa co najmniej do połowy stycznia, a więc w ciągu ok. 140 dni w roku, gdy natomiast czas kampanji w cukrowniach trwa, jak podano wyżej, zaledwie ok. 60 dni, od połowy października do połowy grudnia.

Aby więc nie powstała potrzeba powiększania z tego powodu mocy elektrowni okręgowych w Poznaniu i w Kaliszu, cukrownie powinny zapewnić dostateczną pomoc nie tylko na czas kampanji, lecz również na cały pozostały okres wysokiego obciążenia szczytowego.

W tym celu powinny być zainstalowane w cukrowniach specjalne nowe zespoły prądowców, które będą korzystały z istniejących urządzeń kotłowych.

Jeżeli turbiny tych zespołów zaopatrzone będą w odpowiednie urządzenia kondensacyjne, to w okresie poza kampanją można ograniczyć się do pracy 2-ch cukrowni, w których byłyby zainstalowane turbiny po 5 000 kW.

Urządzenia kotłowe w kilku cukrowniach są zupełnie wystarczające do tego celu (np. w Kruszwicy, Kościanie, Gostyniu, Gnieźnie, Opalenicy).

Ponieważ niewątpliwie rozchód paliwa na wytwarzanie jednej kilowatogodziny byłby przy korzystaniu z tych nowych urządzeń w cukrowniach większy, niż w elektrowniach okręgowych w Poznaniu i Kaliszu, przeto słuszne byłoby, by energia, wytwarzana w cukrowniach w ten sposób poza kampanją, była produkowana w ilości tylko koniecznej niezbędnej.

Dla osiągnięcia tego słuszne jest korzystanie z elektrowni cukrownianych do pokrycia szczytów obciążenia.

Korzystanie więc z elektrowni cukrownianych zasadniczo różniłoby się w okresie kampanji i w okresie poza kampanją.

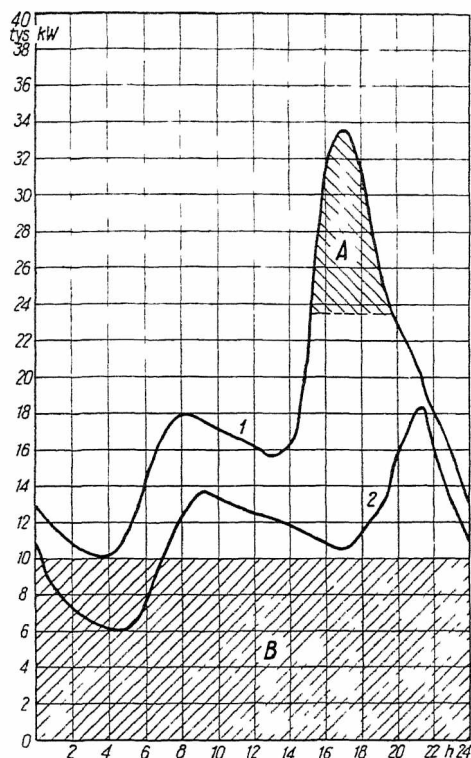
Jeżeli zwrócimy uwagę na wykres dzienny obciążenia (patrz rys. 3) charakterystycznego dla zachodniej połaci Polski, to słuszne będzie w czasie kampanji pobierać z cukrowni podwaliny obciążenia B, gdy w okresie poza kampanją należy pokrywać z elektrowni cukrownianych szczyty obciążenia A.

Wybierając określone cukrownie do zainstalowania w nich turbozespołów, mających pracować poza kampanją, musielibyśmy oczywiście powiększyć odpowiednio urządzenia transformatorowe w tych cukrowniach.

Wyjaśnia się więc potrzeba dokonania nowych inwestycji, zarówno w urządzeniach prądowców, jak też transformatorowych, które będą uzyskane w bardzo małym stopniu.

Jeżeli bowiem dodatkowo zainstalowane turbozespoły mają pracować tylko na pokrycie szczy-

tów obciążenia, to przeciętnie czas ich pracy w ciągu jednego dnia wyniesie ok. 3 — 4 godzin, czyli ogólna ilość godzin pracy w okresie pozakampanijnym, trwającym ok. 80 dni, wyniesie 240 — 320 godzin, co stanowi ok. 2,7 — 3,7% w stosunku do rocznej ilości godzin, oddana zaś do sieci energia wyniesie średnio ok. 2 500 000 kWh. (Liczbę tę wprowadzamy dalej w rachubę w obliczeniach porównawczych).



Rys. 3. Typowe krzywe zmiany obciążenia w ciągu doby: dla okręgu elektryfikacyjnego Poznańsko-Kaliskiego:

1. Krzywa dla doby zimowej.
2. Krzywa dla doby letniej.

Takie nieracjonalne wyzyskanie nowych inwestycji nasuwa myśl, że słuszniej byłoby korzystanie z urządzeń elektrowni cukrownianych bez dokonywania poważniejszych przeróbek. Wtedy przy korzystaniu z turbin przeciwprężnych trzeba byłoby wytwarzać energię elektryczną, pracując istniejącymi turbinami na wydmuch. Nie byłoby to rozwiązaniem racjonalnym ze względu na nieoszczędne wyzyskanie paliwa, lecz mogłoby dać zadowalające wyniki pod względem rentowności.

Zamiast jednak współpracy cukrowni w okresie poza kampanją, czy to z zastosowaniem specjalnych turbin kondensacyjnych, czy też już istniejących, lecz pracujących na wydmuch, możliwa jest pomoc ze strony cukrowni jeszcze w innej formie, bardziej racjonalnej.

Jeżeli całe współpracujące ugrupowanie składa się z 2 elektrowni okręgowych i kilku elektrowni cukrownianych, to podział czynności między nimi może być taki, że niektóre z nich będą efektywnie wytwarzały energię, inne zaś będą służyły tylko jako rezerwa.

Przy ogólnym szczytowym obciążeniu 33 500 kW będą zupełnie wystarczające do normalnego ruchu zespoły znajdujące się w elektrowniach w Poznaniu i w Kaliszu o ogólnej mocy 49 200 kW.

Dopiero unieruchomienie największych zespołów w tych elektrowniach zredukuje sumaryczną moc czynnych zespołów do 24 200 kW. Wtedy tylko należałoby posługiwać się elektrowniami cukrownianymi, uruchamiając do pracy na wydmuch znajdujące się w nich turbozespoły. Chociaż zdarzy się to przypuszczalnie bardzo rzadko, tem niemniej turbozespoły powinny być zawsze gotowe do uruchomienia w odpowiednich godzinach, a więc również pewna ilość kotłów powinna być trzymana pod parą w czasie szczytowego obciążenia, które trwa względnie krótko (od 3 do 4 godzin na dobę).

Ilość cukrowni, znajdujących się w takim pogotowiu, może być zredukowana do 5 — 6.

Koszty utrzymania rezerw powinny być oczywiście uwzględnione w ogólnej kalkulacji kosztów prądu.

Trudno obecnie przesądzać, które z powyższych rozwiązań zostanie w rzeczywistości zrealizowane.

Nie jest naprzykład wyłączone, że ogólna elektryfikacja okręgu Poznańsko-Kaliskiego rozpocznie się w drodze utworzenia początkowo mniejszych ugrupowań z elektrowni cukrownianych, bez udziału elektrowni w Poznaniu i w Kaliszu. W tym wypadku oczywiście konieczne będzie zainstalowanie w cukrowniach odpowiednich zespołów turbinowych z kondensacją, które będą zasilają sieć poza kampanją.

Zespoły te przeznaczone byłyby do pracy w ciągu prawie całego roku i dlatego inwestycja ta byłaby zupełnie słuszną i kalkulacyjnie usprawiedliwioną.

Gdyby potem nastąpiło połączenie w jedną wspólną sieć tych mniejszych ugrupowań elektrowni cukrownianych, siłą rzeczy korzystano by z zainstalowanych nowych turbozespołów.

Gdyby natomiast doszło od razu do realizacji planu elektryfikacyjnego całego rejonu, przypuszczalnie miałyby przewagę pozostawienie bez zmian istniejących urządzeń prądowców elektrowni cukrownianych.

Po wyjaśnieniu w powyższych uwagach całości kształtu zagadnienia, możemy przystąpić do obliczeń, które oświetlą sprawę z punktu widzenia rentowności.

Dla przeprowadzenia tych porównawczych obliczeń musimy zrobić założenie co do podziału wytwórczości współpracujących elektrowni.

Odchylenia w tę czy inną stronę od podanych poniżej założeń nie mogą odbić się znacznie na wynikach ostatecznych.

I. Przypuszczalny rozkład wytwarzania i rozdziału energii w wypadku zasilania sieci okręgowej tylko z elektrowni w Poznaniu i Kaliszu (bez pomocy elektrowni cukrownianych):

	w Poznaniu	w Kaliszu
1. Ilość wytwarzanej energii rocznie w elektrowniach w kWh . . .	93 500 000	34 000 000
2. Ilość energii oddanej do sieci miejscowej z uwzględnieniem zużycia na potrzeby własne elektrowni (ok. 6%) w kWh . . .	87 900 000	31 900 000
3. Ilość energii oddanej na potrzeby miasta Poznania i Kalisza w kWh	66 000 000	10 000 000
4. Ilość energii oddanej stacjom transformatorowym sieci okręgowej w Poznaniu i Kaliszu w kWh	21 900 000	21 900 000

5. Ilość energii oddanej do sieci okręgowej (z uwzględnieniem strat w transformatorach ok. 3%) w kWh	21 200 000	21 200 000
6. Przepuszczalne obciążenie szczytowe elektrowni w kW	24 000	9 500

II. Przepuszczalny rozkład wytwarzania i rozdziału energii w wypadku dostarczania energii odpadkowej w czasie kampanji i posługiwania się elektrowniami cukrownianymi w czasie poza kampanją, lecz tylko w charakterze gotowych do ruchu rezerw:

	Poznan	Kalisz	Cukrownie
1. Ilość energii wytwarzanej w elektrowniach okręgowych w kWh	92 000 000	215 00 000	—
2. Ilość wytwarzanej energii odpadkowej w kWh	—	—	14 400 000
3. Ilość energii oddanej z elektrowni cukrownianych do sieci wysokiego napięcia (z uwzględnieniem strat w transformatorach 3%) w kWh	—	—	13 900 000
4. Ilość energii odpadkowej, oddanej do stacji transformatorowych w Poznaniu i w Kaliszu (z ilości podanej w poz. 3) w kWh	8 500 000	1 100 000	—
5. Ilości energii odpadkowej, przyjęte do sieci w Poznaniu i Kaliszu (z uwzględnieniem strat w transformatorach 3% — poz. 4 mniej 3%) w kWh	8 200 000	1 050 000	—
5. Ilości energii oddane do sieci Poznania i Kalisza przez elektrownie w tych miastach (z uwzględnieniem 6% zużycia dla potrzeb samych elektrowni poz. 1 mniej 6%) w kWh	86 000 000	20 150 000	—
7. Ilości energii przyjęte do tych sieci (wytwórczość elektrowni łącznie z energią odpadkową—poz. 5 i 6) w kWh	94 200 000	21 200 000	—
8. Zapotrzebowanie roczne miast Poznania i Kalisza w kWh	66 000 000	10 000 000	—
9. Ilość energii oddana stacjom transformatorowym sieci okręgowej w Poznaniu i Kaliszu (poz. 7 bez poz. 8) w kWh	28 200 000	11 200 000	—
10. Ilości energii przyjęte do sieci okręgowej wysokiego napięcia z elektrowni okręgowych i cukrownianych (z uwzględnieniem strat w transformatorach poz. 9 z potrąceniem 3%) w kWh	27 300 000	10 800 000	4 300 000 ¹⁾
11. Przepuszczalne obciążenie szczytowe elektrowni kW	27 000	6 500	—

III. Przepuszczalny rozkład wytwarzania i rozdziału energii w wypadku współpracy z elektrowniami w Poznaniu i w Kaliszu elektrowni cukrownianych, które poza dostawą energii odpadkowej

¹⁾ W ilości podanej w poz. 3.

podczas kampanji mają dostarczać energję poza kampanją na pokrycie szczytów obciążenia:

	Poznan	Kalisz	Cukrownie
1. Ilości energii, wytwarzane w elektrowniach w Poznaniu i w Kaliszu w kWh	90 000 000	21 000 000	—
2. Ilość wytwarzanej energii odpadkowej w kWh	—	—	14 400 000
3. Ilość energii wytwarzana w cukrowniach na pokrycie szczytów obciążenia poza kampanją w kWh	—	—	2 700 000
4. To samo, lecz z uwzględnieniem własnego zapotrzebowania elektrowni cukrownianych w kWh	—	—	2 500 000
5. Ogólna ilość energii oddana do stacji transformatorowych cukrowni (poz. 2 i 4) w kWh	—	—	16 900 000
6. To samo, lecz po stronie wysokiego napięcia (z uwzględnieniem strat w transformatorach poz. 5 mniej 3%) w kWh	—	—	16 300 000
7. Ilości energii oddane przez cukrownie do sieci w Poznaniu i Kaliszu ze strony wysokiego napięcia sieci okr. w kWh	10 000 000 ²⁾	1 300 000 ²⁾	—
8. To samo, lecz z uwzględnieniem strat w transform. w kWh	9 700 000	1 250 000	—
9. Ilości energii oddane przez elektrownie w Poznaniu i Kaliszu do sieci miejscowych z uwzględnieniem zużycia na potrzeby elektrowni (poz. 1 mniej 6%) w kWh	84 300 000	19 550 000	—
10. Ilości energii przyjęte do sieci w Poznaniu i Kaliszu, wytwórczość własna łącznie z energią otrzymaną z cukrowni (poz. 8 i 9) w kWh	94 000 000	20 800 000	—
11. Zapotrzebowanie miast Poznania i Kalisza kWh	66 000 000	10 000 000	—
12. Ilości energii oddane stacjom transformatorowym w Poznaniu i w Kaliszu (poz. 10 bez poz. 11) w kWh	28 000 000	10 800 000	—
13. Ilości energii przyjęte do sieci okręgowej wysokiego napięcia (poz. 12 z uwzględnieniem strat w transformatorach ok. 3%) w kWh	27 000 000	10 400 000	5 000 000 ²⁾
14. Szczytowe obciążenie elektrowni w kW	20 000	5 000	—

We wszystkich trzech wypadkach sieć okręgowa otrzymuje jednakowe ilości energii, mianowicie 42 400 000 kWh.

Co do kosztów inwestycji urządzeń, zarówno w elektrowniach w Poznaniu i w Kaliszu, jak też w cukrowniach i stacjach transformatorowych, robimy następujące założenia:

Koszty elektrowni 40 000 kW (w Poznaniu)	22 600 000 zł.
Koszty elektrowni 9 200 kW (w Kaliszu)	8 200 000 zł.
Koszty elektrowni 19 200 kW (w Kaliszu)	13 400 000 zł.

²⁾ Z ilości podanej w poz. 6.

Moc stacyj transformatorowych w kVA w Poznaniu, w Kaliszu i cukrowniach przyjmujemy:

I	Praca elektrowni okręgowych z udziałem elektrowni cukrownianych			
	II	III	IV	
Nazwa	W wypadku pracy elektrowni w Poznaniu i Kaliszu bez pomocy elektrowni cukrownianych	W wypadku dostarczenia do wspólnej sieci energii odpadkowej i pracy 2 elektrowni cukrownianych poza kampanją (2 turbiny kondensacyjne po 5000 kw, np. w Kruszwicy i Kościanie)	W wypadku dostarczenia do wspólnej sieci energii odpadkowej i utrzymywania w rezerwie elektrowni cukrownianych w okresie poza kampanją	W wypadku dostarczenia do wspólnej sieci energii odpadkowej i pracy poza kampanją turbin cukrownianych na wydmuch
elektrownie, względnie cukrownie				
Poznań	10 000	10 000	12 500	10 000
Kalisz	10 000	4 000	6 000	4 000
Gostyń	—	2 000	2 000	2 000
Kruszwica	—	6 000	2 000	2 000
Kościan	—	6 000	1 500	1 500
Miejska Górka	—	2 000	2 000	2 000
Środa	—	1 500	1 500	1 500
Gniezno	—	1 500	1 500	1 500
Szamotuły	—	1 500	1 500	1 500
Opalenica	—	2 000	2 000	2 000
Mątwy	—	1 500	1 500	1 500

Koszty stacyj transformatorowych przy dalszych obliczeniach przyjmujemy:

Moc	Cena w złotych
12 500 kVA	750 000
10 000 „	620 000
6 000 „	380 000
4 000 „	270 000
2 000 „	170 000
1 500 „	135 000

Przy tych cenach wypadną następujące koszty ogólne stacyj transformatorowych:

Wypadek I:	1 240 000 zł.
„ II:	2 700 000 zł.
„ III:	2 485 000 zł.
„ IV:	2 245 000 zł.

Wartość istniejących turbozespołów w cukrowniach o mocy ogólnej ok. 25 000 kW (17 zespołów o średniej mocy ok. 1 480 kW/1 850 kVA) przyjmujemy ok. 3 000 000 zł.

Wartość kotłów wysokiego ciśnienia w cukrowniach o ogólnej powierzchni ok. 15 000 m² (38 kotłów o średniej powierzchni ok. 400 m² każdy), przyjmujemy ok. 13 000 000 zł.

Koszty 2-ch turbozespołów kondensacyjnych z prądnicami po 5 000 kW do ustawienia w 2-ch cukrowniach celem wytwarzania energii w okresie poza kampanją: 2 × 400 000 zł. = 1 800 000 zł.

Koszty rozszerzenia urządzeń rozdzielczych niskiego napięcia w 2-ch cukrowniach w związku z zainstalowaniem 2 większych zespołów turbiny: 160 000 zł.

Rozchód węgla do wytwarzania 1-ej kilowatogodziny przyjmujemy:

- a) dla elektrowni w Poznaniu 0,9 kg/kWh
- b) dla elektrowni w Kaliszu 1,1 „
- c) na wytwarzanie energii odpadkowej w cukrowniach w okresie kampanji 0,2 „
- d) na wytwarzanie energii w elektrowniach cukrownianych zapomocą turbin kondensacyjnych na pokrycie obciążenia szczytowego poza kampanją 1,5 „

(ze względu na krótki okres pracy w ciągu doby i straty w kotłach w czasie postoju — przyjęto zwiększony rozchód paliwa).

- e) na wytwarzanie energii w elektrowniach cukrownianych zapomocą istniejących turbin, pracujących na wydmuch, na pokrycie obciążenia szczytowego w okresie poza kampanją 2,8 kg kWh

Dla obliczenia kosztów ruchu w okresie poza kampanją, gdy elektrownie cukrowniane służą tylko jako rezerwa, należy uwzględnić koszty paliwa, jakie są konieczne do utrzymania pod parą odpowiedniej ilości kotłów, które miałyby służyć do uruchomienia do pracy na wydmuch turbozespołów w cukrowniach na wypadek konieczności wstrzymania ruchu zespołów w elektrowniach w Poznaniu lub w Kaliszu.

Przy obliczeniu tego wydatku na paliwo robimy następujące założenia:

- 1) Ilość pary w kg na wytwarzanie 1 kWh przy pracy turbin cukrownianych na wydmuch 15 kg/kWh
- 2) Ilość pary, jaką można otrzymać z jednego metra kwadratowego kotłów cukrownianych 30 kg
- 3) Ilość węgla, jaką potrzeba spalić w ciągu doby pod kotłem o powierzchni 1000 m² celem utrzymania tego kotła w gotowości do ruchu 15 t
- 4) Ilość godzin na dobę, w ciągu których kotły elektrowni cukrownianych, przeznaczonych do tworzenia rezerwy w okresie szczytowego obciążenia, powinny być w gotowości do ruchu 5 godz.

Wychodząc z powyższych założeń, otrzymujemy, że dla stworzenia rezerwy 10 000 kW potrzeba trzymać pod parą kotły o powierzchni ok. 5 000 m², a ilość węgla, jaka będzie zużyta w ciągu ok. 80 dni w okresie poza kampanją, wyniesie około 1 250 tonn.

Wreszcie przyjmujemy, że ilość paliwa, zużywana na dobę i potrzebna do przeróbki w powyższych 9 cukrowniach średnio ok. 170 000 kwintali buraków na dobę, wyniesie ok. 1 150 tonn, czyli w ciągu kampanji zużyje się ok. 70 000 tonn.

Cenę węgla przyjmujemy 30 zł. tona loco cukrownia, lub elektrownia okręgowa.

Dla obliczenia kosztów stałych przyjmujemy następujące założenie, licząc w procentach od kosztów inwestowanego kapitału:

	Dla elektrowni ciepłych okręgowych i cukrownianych	Dla urządzeń transformatorowych i rozdzielczych
Koszty odnowienia, napraw i utrzymania	6%	4%
Koszty personelu, administracji i świadczeń społecznych	6%	3%
Oprocentowanie kapitału wraz z umorzeniem	8%	8%
Razem	20%	15%

Na podstawie podanych powyżej założeń przystępujemy do obliczeń porównawczych kosztu wytwarzania energii.

I. Wytwarzanie energii w elektrowniach w Poznaniu i w Kaliszu bez pomocy elektrowni cukrownianych.

- 1) Koszty opału:
 - a) roczna ilość węgla, zużyta w elektrowni w Poznaniu (93 500 000 × 0,9 kg) 84 150 t
 - b) roczna ilość węgla, zużyta w elektrowni w Kaliszu (34 000 000 × 1,1 kg) 37 400 „
 - Razem 121 550 t

Koszty węgla: 121 550 × 30 zł.	3 647 000 zł.
2) Koszty stałe wytwarzania energii w obu elektrowniach:	
a) wartość elektrowni w Poznaniu o mocy 40 000 kW	22 600 000 zł.
b) wartość elektrowni w Kaliszu o mocy 19 200 kW	13 400 000 „
Razem	36 000 000 zł.
20% od powyższej sumy =	7 200 000 zł.
3) Koszty stałe przetwarzania energii w stacjach transformatorowych w Poznaniu i w Kaliszu:	
Koszty stacji transformatorowych obu elektrowni	1 240 000 zł.
15% od powyższej sumy =	186 000 zł.
Razem	11 033 000 zł.

II. Wytwarzanie energii w elektrowniach w Poznaniu i w Kaliszu i w elektrowniach cukrownianych, dostarczających energii odpadkowej podczas kampanji i wytwarzających energię na pokrycie szczytów poza kampanją przy zastosowaniu turbozespołów kondensacyjnych:

1) Koszty opału:	
a) roczne zużycie węgla w elektrowni w Poznaniu: (90 000 000 × 0,9 kg) =	81 000 t
b) roczne zużycie węgla w elektrowni w Kaliszu: (21 000 000 × 1,1 kg) =	23 100 „
c) zużycie węgla na produkcję energii odpadkowej w cukrowniach: (14 400 000 × 0,2 kg) =	2 880 „
d) zużycie węgla na produkcję energii w cukrowniach poza kampanją: (2 700 000 × 1,5 kg) =	4 050 „
Razem	111 030 t
Koszty węgla: 111 030 × 30 zł. =	ok. 3 331 000 zł.

2) Koszty stałe wytwarzania energii w elektrowniach okręgowych:	
a) wartość elektrowni w Poznaniu o mocy 40 000 kW	22 600 000 zł.
b) wartość elektrowni w Kaliszu o mocy 9 200 kW	8 200 000 „
Razem	30 800 000 zł.
20% od powyższej sumy:	6 160 000 zł.

3) Koszty ruchu turbin cukrownianych w czasie kampanji (poza kosztami paliwa):	
Do wytwarzania energii odpadkowej należy uruchomić wszystkie turbiny, a więc również rezerwowe. Wartość tych dodatkowo uruchomionych turbozespołów stanowi ok. 50% wartości wszystkich turbozespołów, czyli około 1 500 000 zł.	
Ruch tych turbin w ciągu całego roku pociągałby tylko wydatki na odnowienie, naprawy i utrzymanie w wysokości 6%, czyli ok. 90 000 zł. Ponieważ kampanja trwa ok. 60 dni, należy liczyć:	
$90\,000 \times (60 \text{ dni kampanji})$	
$(300 \text{ dni roboczych w roku}) =$	18 000 zł.
Kosztów kapitału nie liczymy, jak również kosztów administracji i personelu.	

4) Koszty stałe ruchu kotłów w czasie kampanji i poza kampanją:	
---	--

Koszty stałe, poza kosztami kapitału, wynosiłyby 12% wartości kotłów, zainstalowanych w cukrowniach, czyli 13 000 000 × 0,12 = 1 560 000 zł.	
Wytwarzanie jednak energii do celów ogólnej elektryfikacji może być obciążone tylko częścią tych kosztów. Przyjmujemy, że część ta zależna jest od stosunku ilości węgla spalonego do celów elektryfikacji ogólnej do ilości węgla spalonego pod kotłami przez cały rok.	
Wobec tego, że na wytwarzanie energii odpadkowej zużywa się	2 830 t,
na produkcję energii poza kampanją	4 050 „
na cele fabrykacyjne cukrowni	70 000 „
możemy obciążyć wytwarzanie energii kosztami:	
$1\,560\,000 (2\,880 + 4\,050) =$	ok. 140 000 zł.
$(70\,000 + 2\,880 + 4\,050) =$	
5) Koszty stałe ruchu turbin kondensacyjnych poza kampanją:	
20% od 800 000 zł. =	160 000 zł.
6) Koszty stałe przetwarzania energii we wszystkich stacjach transformatorowych:	
15% od 2 700 000 zł.	405 000 zł.
7) Koszty stałe w związku z rozszerzeniem urządzeń rozdzielczych niskiego napięcia w 2-ch cukrowniach, w których będą ustawione turbozespoły do pracy poza kampanją:	
15% od 160 000 zł. =	24 000 zł.
Razem	10 238 000 zł.

III. Wytwarzanie energii w elektrowniach w Poznaniu i w Kaliszu przy otrzymywaniu energii odpadkowej z cukrowni podczas kampanji i korzystaniu z urządzeń elektrowni cukrownianych jako rezerwy poza kampanją:

1) Koszty opału:	
a) roczne zużycie węgla w elektrowni Poznańskiej: 92 000 000 × 0,9 kg =	82 800 t
b) roczne zużycie węgla w elektrowni w Kaliszu: 21 500 × 1,1 kg =	23 650 „
c) zużycie węgla na wytwarzanie energii odpadkowej w cukrowniach: 14 400 000 × 0,2 kg =	2 880 „
d) zużycie węgla na utrzymanie pod oparą w stanie gotowości do ruchu kotłów w cukrowniach poza kampanją	1 250 „
Razem	110 580 t
Koszty węgla: 110 580 × 30 zł.	3 318 000 zł.
2) Koszty stałe wytwarzania energii w obu elektrowniach:	
a) Wartość elektrowni w Poznaniu o mocy 40 000 kW	22 600 000 zł.
b) Wartość elektrowni w Kaliszu o mocy 9 200 kW	8 200 000 „
20% od powyższej sumy	6 160 000 zł.
3) Koszty ruchu turbin cukrownianych w czasie kampanji (poza kosztami paliwa), jak w poprzednim obliczeniu	18 000 zł.

- 4) Koszty ruchu kotłowni w czasie kampanji i poza kampanją — wg. metody obliczania, podanej w poprzednim wypadku:
 $\frac{1560\ 000\ (2\ 880+1\ 250)}{70\ 000+2\ 880+1\ 250} =$ ok. 87 000 zł.
- 5) Koszty stałe przetwarzania energii we wszystkich stacjach transformatorowych:
 15% od 2 485 000 zł. ok. 373 000 zł.
 Razem 9 956 000 zł.

IV. Wytwarzanie energii w elektrowniach w Poznaniu i w Kaliszu i w elektrowniach cukrownianych, dostarczających energii odpadkowej w czasie kampanji i wytwarzających energję na pokrycie szczytów poza kampanją zapomocą istniejących turbozespołów, pracujących na wydmuch.

- 1) Koszty opału:
 a) zużycie roczne węgla w elektrowni w Poznaniu:
 $90\ 000\ 000 \times 0,9\ \text{kg} = 81\ 000\ \text{t}$
 b) zużycie roczne węgla w elektrowni w Kaliszu:
 $21\ 000\ 000 \times 1,1\ \text{kg} = 23\ 100\ \text{,,}$
 c) zużycie węgla na wytwarzanie energii odpadkowej w cukrowniach:
 $14\ 400\ 000 \times 0,2\ \text{kg} = 2\ 880\ \text{,,}$
 d) zużycie węgla na produkcję energii w cukrowniach poza kampanją:
 $2\ 700\ 000 \times 28\ \text{kg} = 7\ 560\ \text{,,}$
 Razem 114 540 t

- Koszty węgla:
 $114\ 540 \times 30\ \text{zł.} = 3\ 436\ 000\ \text{zł.}$
- 2) Koszty stałe wytwarzania energii w elektrowniach okręgowych — jak w wypadku II i III 6 160 000 zł.
- 3) Koszty ruchu turbin cukrownianych poza kampanją (przy pracy na wydmuch):
 Dla możliwości dostarczenia mocy 10 000 kW wypadnie uruchomić odpowiednie turbozespoły o wartości ogólnej ok. 1 200 000 zł. Wydatki roczne na odnawianie, naprawy, utrzymanie i personel wyniosą ok. 9% od powyższej sumy, czyli 108 000 zł. Wobec trwania czasu pracy poza kampanją w ciągu 80 dni, otrzymamy wydatki:
 $\frac{108\ 000\ (80\ \text{dni pracy})}{300\ \text{dni roboczych w roku}} =$ ok. 29 000 zł.

- 4) Koszty ruchu turbin cukrownianych w czasie kampanji, jak w wypadku II i III 18 000 zł.
- 5) Koszty ruchu kotłowni w cukrowniach w czasie kampanji i poza kampanją, wg. metody obliczania, podanej w wypadku II:
 $\frac{1560\ 000\ (2\ 880+7\ 560)}{70\ 000+2\ 880+7\ 560} =$ ok. 202 000 zł.
- 6) Koszty stałe przetwarzania energii we wszystkich stacjach transformatorowych:
 15% od 2 245 000 zł. 337 000 zł.
 Razem 10 182 000 zł.

Koszty wytwarzania prądu we wszystkich rozpatrzonych wypadkach wyniosą:

W y p a d e k	I	II	III	IV
Roczne koszty wytwarzania prądu zł.	11 033 000	10 238 000	9 956 000	10 182 000
Te same koszty w % w porównaniu z wypadkiem I	100%	92,8%	90,25%	92,3%

Należy zaznaczyć, że w wypadku II może być osiągnięte potanie, o ile zamiast nowych turbin kondensacyjnych będą ustawione turbiny kondensacyjne niskoprężne, które będą otrzymywały parę od istniejących w cukrowniach turbin przeciwprężnych.

Turbiny te będą przypuszczalnie kosztowały, łącznie z kondensacją, po 500 000 zł. każdy zespół, razem więc 1 000 000 zł., wskutek czego koszty w wypadku II poz. 5 spadną do 200 000 zł., a ogólne koszty prądu w wypadku II do 10 163 000 zł., czyli będą stanowiły 92,1% w porównaniu z wypadkiem I.

W wypadku III koszty mogą natomiast wzrosnąć, jeżeli elektrownie cukrowniane będą nietylko trzymane w pogotowiu, lecz wypadnie czasami uruchomić zespoły prądotwórcze wskutek jednoczesnego uszkodzenia głównych zespołów w Poznaniu i w Kaliszu.

Jeżeli porównamy koszty inwestycji we wszystkich wypadkach, otrzymamy następujący obraz:

W y p a d e k	I	II	III	IV
Elektrownie w Poznaniu i w Kaliszu zł.	35 000 000	30 800 000	30 800 000	30 800 000
Koszty stacyj transformatorowych, zł.	1 240 000	2 700 000	2 485 000	2 245 000
Koszty 2-ch zespołów turbinowych kondensacyjnych w cukrowniach .	—	800 000	—	—
Koszty rozszerzenia urządzeń rozdzielczych w 2-ch cukrowniach	—	160 000	—	—
Razem	37 240 000	33 460 000	33 285 000	33 045 000
Koszty inwestycji w % w stosunku do wypadku I	100%	92,5%	89,4%	88,75%
Oszczędności w porównaniu z wypadkiem I	—	2 780 000	3 955 000	4 195 000

Zarówno oszczędności w kosztach inwestycji, jak też oszczędności w kosztach wytwarzania prądu będą cokolwiek mniejsze, jeżeli uwzględni się urządzenie połączeń telefonicznych między elektrowniami.

Z powyższego zestawienia widoczna jest jawna przewaga rozwiązania III i IV nad rozwiązaniem II.

Gdy porównamy zaś wypadek III i IV, to musimy uznać, że racjonalniejsze rozwiązanie jest w wypadku III, gdy nienormalne korzystanie z turbin cukrownianych (praca na wydmuch) będzie stosowane tylko w wyjątkowych okolicznościach.

Z powyższych przeliczeń porównawczych wynika, że przyciągając do współpracy elektrownie cukrowniane można osiągnąć zmniejszenie kosztów inwestycji w urządzeniach wytwórczych i przetwórczych w wysokości nie mniej niż 10%, przy-

czem jednocześnie średnie koszty własne wytwarzania prądu zmniejszą się o 9 — 10%.

Są to korzyści tak poważne, że powinny one dać dostateczną zachętę do udziału cukrowni w szerszej akcji elektryfikacyjnej.

Dla pobudzenia jednak zainteresowanych stron do tej akcji nie można ograniczyć się tylko do ogólnego ujęcia zagadnienia, lecz należy zbadać indywidualne okoliczności w każdej cukrowni z osobna.

Okazuje się wtedy, że może być cały szereg powodów, przemawiających za dołączeniem cukrowni do wspólnej sieci. Np. należy pamiętać o tem, że poza kampanją w okresie przeszło 9-miesięcznym w ciągu roku cukrownie mają zapotrzebowanie na energię elektryczną, której wytwarzanie we własnych elektrowniach może okazać się, wskutek potrzeby uruchomienia dużych zespołów, mniej korzystne, niż zakup w elektrowniach okręgowych.

Dalej, przy rozważaniu sprawy trzymania w rezerwie kotłowni w cukrowniach, należy wziąć w rachubę zapotrzebowanie pary do urządzeń grzejnych poza kampanją, co może stworzyć dodatkowy bodziec do zorganizowania współpracy.

Poza stroną techniczną zagadnienia powinna być poważnie zwrócona uwaga na stronę organizacyjną współpracy, a również na ustalenie prawidłowych zasad wzajemnego rozrachunku między zainteresowanymi stronami. Nie wystarcza bowiem stwierdzić, że ten czy inny rodzaj współpracy daje pewne sumaryczne zyski. Należy oszacować należycie rolę każdego udziałowca we wspólnej akcji i zależnie od tego ustalić, na jakich zasadach zyski te powinny być dzielone.

Wszystkie te jednak zagadnienia wymagają głębszego przestudjowania, z uwzględnieniem w każdym poszczególnym wypadku lokalnych warunków, i dlatego powinny być przedmiotem odrębnych prac.

Celem zaś niniejszej pracy jest ujawnienie w szerszych zarysach dodatnich stron udziału cukrowni w ogólnej akcji elektryfikacyjnej i pobudzenie do tych dalszych studjów, mogących w ostatecznym wyniku doprowadzić do zrealizowania tych narazie teoretycznych rozważań.

SPRAWOZDANIA Z POSIEDZEŃ

PREZYDJUM PKE_n

Protokół posiedzenia z dnia 9 lutego 1935 r.

Obecni pp.: L. Tołłoczko, przewodniczący, K. Siwicki, wiceprzewodniczący, B. Stefanowski, sekretarz generalny, Cz. Mikulski, B. Pikusa, St. Słiwiński, Cz. Świerczewski, St. Turczynowicz.

1. **Protokół** poprzedniego zebrania, po odczytaniu, przyjęto.

2. **Program prac i organizację Komisji Gazyfikacyjnej** referuje p. dyr. Cz. Świerczewski. Prace rozpoczęto od ustalenia ogólnego programu wspólnie z komisją studjów Zrzeszenia Gazowników i Wodociągowców Polskich, narazie zaś skoncentrowano się nad najaktualniejszą w chwili obecnej sprawą doprowadzenia gazu ziemnego do okręgu Radomsko-Kieleckiego i dalej do Warszawy; zaczęto od opracowania danych co do konsumpcji gazu wzdłuż trasy przyszłego gazo-

ciągu, posługując się zbieraną statystyką i danymi z literatury. Równocześnie specjalna Komisja Zrzeszenia G. i W. P. opracowuje zasoby gazu ziemnego na terenach Daszawskich i Jasielskich. Na podstawie danych o zasobach i konsumpcji będzie opracowany konkretny projekt gazociągów.

W skład komisji zaproszono, na wniosek jej prezesa p. dyr. Cz. Świerczewskiego, pp.: Dazwańskiego, Biluchowskiego, Gigiela, Wieleżyńskiego, Sulimirskiego i Kozickiego.

Po dłuższej dyskusji program prac Komisji Gazyfikacyjnej, przedstawiony przez p. dyr. Świerczewskiego, przyjęto.

Wobec podniesienia przez p. prof. Stefanowskiego sprawy funduszy na prace Komisji Gazyfikacyjnej, p. dyr. Cz. Świerczewski prosi P. K. En., by zwrócił się do szeregu zarządów miejskich o subwencjonowanie tej komisji z funduszy gazowni, jak również do Polminu, Gazoliny i innych przedsiębiorstw.

3. **Sprawy wydawnicze.** P. Prof. Stefanowski zreferował stan prac nad mapami węgla brunatnego, stwierdzając, iż tylko jedna mapa jest gotowa do druku, a do lata można liczyć na wykończenie zaledwie dwu dalszych. Równocześnie wnosi, by P. K. En. wydał materiały dotyczące otworów wiertniczych przez powielenie spisu tych otworów na powielaczu w ilości 200 — 300 egz., kosztem ok. 3000 zł.

Po dyskusji, w której zabierali głos pp.: Turczynowicz, Pikusa, Siwicki, Słiwiński i Stefanowski, wniosek ten przyjęto.

Następnie p. prof. Stefanowski zawiadomił o sytuacji wydawnictwa książki o elektryfikacji rolnictwa. Koszt jej obliczono na ok. 4000 zł.; subskrypcja dała dotąd ponad 1500 zł.; proponuje za te pieniądze nabyć papier, ewentualnie klisze, oraz wypłacić honorarium autorskie.

4. **Wydawnictwo Komitetu Wykonawczego p. t. „World Survey”.** Po zaznajomieniu się z tem wydawnictwem, które ma wychodzić od kwietnia r. b., postanowiono wziąć udział w jego kosztach w wysokości 10 f. sterl. rocznie. Równocześnie postanowiono zwrócić uwagę Komitetu Wydawniczemu na to, że w nadesłanym egzemplarzu okazowym pisma w niektórych zestawieniach brak danych o Polsce.

5. **Sprawy bieżące.** P. sekretarz generalny odczytał list Elektrowni Łódzkiej, zawiadamiający o przyznaniu P. K. En. 3000 zł. na dalsze prace, co Prezydjum przyjęło do wiadomości, uchwalając wysłać stosowne podziękowanie Elektrowni.

Wniosek p. inż. K. Szpotańskiego, dotyczący ceny energii elektrycznej dla zakładów przemysłowych, postanowiono przekazać Komisji Gospodarki Elektrycznej.

6. **Wnioski członków.** Na wniosek p. prof. Turczynowicza, poparty przez p. dyr. Siwickiego, postanowiono, by członkowie Prezydjum otrzymywali „Przegląd Mechaniczny”, przyczem P. K. En. postara się o obniżenie przedpłaty dla Prezydjum P. K. En.

NEKROLOGJA

Ś. p. Dr. chemii Stefan Bartoszewicz.

W dniu 17 grudnia 1934 r. zmarł ś. p. Dr. chem. Stefan Bartoszewicz, członek Komisji Rewizyjnej Polskiego Komitetu Energetycznego.

S. p. Stefan Bartoszewicz, opracowując pierwsze materiały w dziedzinie inwentaryzacji źródeł energii w Polsce w dziale naftowym, był jednym z tych, którzy przyczynili się do stworzenia zębów, na których powstał i rozwinał się Polski Komitet Energetyczny. Lecz i później, w ciągu całego okresu działalności Komitetu, pełniąc w nim obowiązki członka Komisji Rewizyjnej, służył nam zawsze radą i współpracą w dziedzinie zagadnień energetyczno-naftowych. Z pod jego pióra, między innymi, wyszedł dział naftowy wydawnictwa Komitetu p. t. „Power Sources in Poland”.

To też Komitet odczuł dotkliwie stratę ś. p. Stefana Bartoszewicza, jako towarzysza pracy i człowieka wiedzy, do którego tak często udawaliśmy się o pomoc.

Cześć Jego pamięci!

Prezydjum
Polskiego Komitetu Energetycznego.

„Przegląd Mechaniczny” wychodzi 2 razy mies. Przedpłata w kraju (z przesyłką): kwart. zł. 10, półr. zł. 20, roczna zł. 40, zagr. (z przesyłką) zł. 60 rocznie. Ceny ogłoszeń podaje Administracja na żądanie.

Wydawca: STOW. INŻ. MECH. POLSKICH
Redaktor odp. inż. CZESŁAW MIKULSKI, SIMP

Adres Administracji: Warszawa, ul. Czackiego 3 (gmach Stow. Techn.) m. 22, telefon 281-85
Redakcja: (Czackiego 3/5 m. 22) otwarta w piątki od godz. 19-ej do 20-ej (telefon 244-78)

Sp. Akc. Zakł. Graf. „Drukarnia Polska”, Warszawa, Szpitalna 12, telefony: 272-06, 587-98, w dzierzawie Spółki Wydawniczej Czasopism, Sp. z o. o.

Zgłoszenia na Wystawę Techniczną, organizowaną na czas IX Zjazdu Inżynierów Mechaników Polskich we Lwowie 8 — 11 czerwca 1935 r.

Na czas tegorocznego (IX-go) Zjazdu Inżynierów Mechaników Polskich (8 — 11 czerwca) przygotowana jest Wystawa Techniczna, która mieścić się będzie w gmachu Politechniki Lwowskiej i obejmie pokazy:

- 1) wyrobów przemysłu naftowego;
- 2) wyrobów przemysłu narzędziowego;
- 3) prac konstrukcyjnych przemysłu maszynowego;
- 4) prac konstrukcyjnych i laboratoryjnych studentów oraz prac konstrukcyjnych i badawczych Katedr i Instytutów Wydziału Mechanicznego Politechniki Lwowskiej;
- 5) wydawnictw i prasy technicznej.

Poniżej podane są wstępne informacje co do zgłoszonych narazie na tę Wystawę eksponatów z działu narzędziowego i konstrukcyjnego.

DZIAŁ PRZEMYSŁU NARZĘDZIOWEGO

będzie reprezentowany przez wytwórnie następujące:

1. Państwowe Wytwórnie Uzbrojenia,

które wystawiają: narzędzia tnące do obróbki metali, sprawdziany i pomiarowe przyrządy precyzyjne;

2. Stow. Mechaników Polskich z Ameryki, S. A.,

które nadesłały zbiór narzędzi, ujęty na 2 tablicach oraz w gablocie;

3. Galicyjskie Karpackie Naftowe Tow. Akc., które zademonstruje swe urządzenia i narzędzia wiertnicze;

4. Sp. Akc. „Perun“ w Warszawie,

zamierzające zorganizować pokaz spawania elektrycznego i acetylenowego w specjalnym namiocie oraz nadesłać urządzenia i materiały do spawania acetylenem (wytwornice, palniki, zawory redukcyjne, druty i proszki do spawania), jak również do spawania elektrycznego (spawalnice, elektrody).

DZIAŁ PRZEMYSŁOWO-KONSTRUKCYJNY

zawierać będzie eksponaty następujące:

1. Stow. Mechaników Polskich z Ameryki, Sp. Akc.

a) Album konstrukcyj samodzielných, obejmujący następujące obrabiarki:

1. Tokarkę precyzyjną szybkoobrotową narzędziową jednopasową, 150 mm wzn. kłków.
2. Tokarkę j. w., lecz z napędem od stopniowego koła pasowego.

3. Tokarkę precyzyjną szybkoobrotową 150 mm wzn. kłków o liczbie obr. wrzeciona 32 — 1 200/min do noży z twardych stopów.
4. Tokarkę precyzyjną wysoce szybkoobrotową (50 — 1 870 obr./min) do b. drobnych posuwów (0,006 — 0,6 mm) do toczenia diamentem lekkich metali.
5. Tokarkę pociągową jednopasową 225 mm wzn. kłków.
6. Tokarkę szybkoobrotową pociągową 275 mm wzn. kłków.
7. Tokarkę szybkoobrotową pociągową 275 mm wzn. kłków ze stopniowym kołem pasowym.
8. Tokarkę szybkoobrotową pociągową jednopasową 350 mm wzn. kłków.
9. Tokarkę szybkoobrotową pociągową 350 mm wzn. kłków ze stopniowym kołem pasowym.
10. Tokarkę szybkoobrotową pociągową jednopasową 500 mm wzn. kłków.
11. Tokarkę szybkoobrotową pociągową ze stopniowym kołem pas. 500 mm wzn. kłków.
12. Tokarkę pociągową zdzierarkę jednopasową 270 mm wzn. kłków z dod. przyrządem do profilowego toczenia.
13. Tokarkę rewolwerową jednopasową, prześw. wrzeciona 65 mm, \varnothing toczenia w uchwycie 300 mm, z głowicą na 8 narzędzi, z przyrządem do toczenia stożków i do gwintowania oraz z podajnikiem.
14. Tokarkę rewolwerową jednopasową o prześw. 800 mm i \varnothing toczenia w uchwycie 260 mm.
15. Tokarkę tarczową o \varnothing tarczy 1250 mm, \varnothing toczenia 2 000 mm.
16. Tokarkę karuzelową z pion. suportem rewolwerowym na 6 narzędzi i suportem bocznym, \varnothing tarczy 825 mm, \varnothing toczenia 950/1050 mm.
17. Tokarkę do roztaczania obręczy wagonowych i tendrowych, obróbki kół bosych \varnothing do 900 mm i in. robót.
18. Tokarkę j. w. \varnothing 1350 mm.
19. Tokarko-szlifierkę — do przetaczania, szlifowania i polerowania zapomocą rolek czopów i przedpiał zestawów kół wagonowych i przednich parowozowych.
20. Tokarkę do przetaczania i polerowania zapomocą rolek czopów i przedpiał j. w.
21. Tokarkę do walców \varnothing 450 mm, wzn. kłków 375 mm, rozstawność 2000 mm.
22. Tokarkę do walców \varnothing 1200 mm, wzn. kłków 800 mm, rozstawność 5000 mm.

23. Tokarkę szybkobiezną pociągową, wzn. kł. 500 mm, rozstawność 7000 mm.
24. Tokarko-wiertarkę o wzn. kłów 500 mm, rozst. 7120 mm do toczenia i nacinania gwintów.
25. Tokarkę o wzn. kłów 150 mm, rozst. 550 mm do nacinania uzwojeń na rozpórkach kotłowych.
26. Tokarkę do zestawów kół wagonowych i tendrowych „ do 1200 mm z napędem od silnika elektr. 40 KM.
27. Tokarkę j. w. „ 1500 mm, 50 KM.
28. Tokarkę j. w. „ 2300 mm, 60 KM.
29. Frezarkę przenośną do zwierciadeł cylindrowych.
30. Frezarkę szybkobiezną poziomą do masowej produkcji.
31. Frezarkę pionową z pochylnem wrzecionem.
32. Strugarkę poprzeczną jednopasową o skoku 250 mm.
33. Strugarkę poprzeczną jednopasową o skoku 400 mm.
34. Strugarkę poprzeczną jednopasową o skoku 600 mm.
35. Szlifierkę uniwersalną do okrągłego szlifowania zewnętrznego, wewnętrznego i stożków do „ 110 mm.
36. Wytaczarkę przenośną do cylindrów do „ 750 mm.
37. Wytaczarkę przenośną do cylindrów do „ 750 mm.
38. Prasę frykcyjną o nacisku 14 t.

b) Album konstrukcyj częściowo opartych na wzorach obcych, obejmujący 20 różnych maszyn.

c) Album konstrukcyj zaprojektowanych, obejmujący 34 różnych obrabiarek.

Poza tem liczne obrabiarki z tych 3-ch albumów będą uwidocznione na rysunkach konstrukcyjnych, obrazujących ważniejsze i ciekawsze ich elementy.

2. Zakłady Przemysłowo-handlowe Wł. Paschalski w Warszawie

nadesłały szereg opracowanych przez nie w ostatnich latach konstrukcyj maszynowych, mian.:

- 1) szybkobieżnej maszyny do wyrobu gilz papierosowych,
- 2) aparatu do spłaszczania gilz okrągłych na owalne,
- 3) wielotemplowej maszyny do wyrobu papierosów ustnikowych,
- 4) noża tarczowego do obcinania pasma tytoniu na napychaczce,
- 5) urządzenia napędowego do okresowo - przerywanego ruchu bębna gilzowego w maszynach papierosowych,
- 6) maszyny do automatycznego pakowania papierosów w pudełka,
- 7) urządzenia do samoczynnego wyrzucania z maszyny do pakowania papierosów nieprawidłowo napełnionych paczek,
- 8) maszyny do wyrobu pudełek tekturowych,
- 9) taśmownika do samoczynnej broni palnej,
- 10) maszyny do wyrobu klamerek do spinania lub broszurowania papierów.

Sp. Akc. J. John w Łodzi

nadesłał zbiór druków, obrazujących całokształt jej wytwórczości.

Przyczynek do historii rozwoju pewnej gałęzi techniki polskiej

CAŁA działalność naukowo-techniczna zakładów naukowych, instytutów badawczych, stowarzyszeń technicznych, prasy technicznej, zjazdów krajowych i międzynarodowych etc. ma jako cel ostateczny, praktyczny — rozwój przemysłu. Gros jednak tej pracy nie odbywa się w łonie instytucji naukowo-technicznych o charakterze społecznym, lecz właśnie na terenie samych, zainteresowanych we własnym rozwoju wytwórni.

Powodem tego są niedostateczne dotacje, jakie otrzymują od społeczeństwa bezpośrednio lub pośrednio (od Skarbu) instytucje społeczno-techniczne; można przypuszczać, że skoncentrowanie prac nad rozwojem techniki w tych instytucjach, z pozostawieniem wytwórniom głównie funkcji wytwarzania, dałoby w rezultacie dużo oszczędności dla gospodarki narodowej, jako całości, a sam postęp odbywałby się w szybszym tempie. Faktem jest jednak, że obecnie historia postępu techniki polskiej pokrywa się w znacznej mierze z historią rozwoju technicznego poszczególnych wielkich przedsiębiorstw.

Jako przykład można zacytować jedną z najmłodszych gałęzi techniki — spawanie.

Rozwój spawania w Polsce jest tak nierozłączny ze Sp. Akc. Perun, że nieledwie we wszystkim, co się dzieje u nas na tem polu, współdziała Sp. Perun. Gdy naprz. przyszło do zrealizowania pierwszej spawanej konstrukcji w Polsce — Gmachu P. K. O. w Warszawie — przypadło w udziale wykonać ją Sp. Perun, chociaż nie zajmowała się konstrukcjami budowlanymi, ani nie zamierzała otwierać tego działu, ograniczając swą działalność wyłącznie do samych robót spawalniczych. Rzecz w tem, że w r. 1929 żadne przedsiębiorstwo konstrukcyj żelaznych nie było nastawione na konstrukcje spawane, punkt ciężkości leżał więc w spawaniu, a nie samych konstrukcjach, jako takich, w tych warunkach więc na Peruna spadł ten trudny, choć zaszczytny obowiązek wykonania pierwszej konstrukcji budowlanej całkowicie spawanej tej wielkości (700 tonn). Dopełnieniem tej pionierskiej akcji w tym dziale była produkcja pierwszych krajowych elektrod do spawania łukowego i spawalnic „Per-

trans", które zyskały duże wzięcie na naszym rynku. Dziś „Perun” kroczy już na czele silnego przemysłu elektrodowego, który całkowicie zaspakaja potrzeby naszego spawalnictwa, a import zagraniczny ogranicza się do wypadków wyjątkowych. W tym roku przystąpiono do wyrobu spawalnic „Peral”, typu dotychczas w Polsce nieznanego, posiadających specjalne walory (przetwornica obrotowa do spawania prądem jednofazowym 100 okr.).

Dla propagowania nowych zastosowań spawania Perun wydaje od 5 lat „Kalendarz Spawalniczy”, w którym co roku, na podstawie własnych prac i doświadczeń zebranych z prasy spawalniczej całego świata, opracowuje się poszczególne działy spawalnictwa*). Nowe zastosowania wymagają niezrędko nowych urządzeń i materiałów. Sprowadza się je często z zagranicy, ale tylko do czasu, gdy zapotrzebowanie rynku staje się dostateczne do otworzenia krajowej produkcji. Pierwsze dwa kalendarze (r. 1931 i 1932) były poświęcone nowym metodom spawania acetylenowego i spawaniu różnych metali, a rozwój na tem polu spowodował produkcję w kraju całej gamy drutów specjalnych, jak „Pelot” do spawania konstrukcji samolotowych, drut miedziany „Efkade”, który okazał się lepszym od najbardziej renomowanych drutów zagranicznych i jest eksportowany na Zachód, drut „OBR” do spawania stali twardych, druty aluminiowe specjalne etc. W Kalendarzu 1933 r. opracowana została metoda lutospawania, wprowadzona na kontynent ze St. Zjednoczonych, wraz z drutem „Bronz Tobin”. W Polsce drut ten był rozpowszechniany w okresie początkowym, obecnie jednak wytwarza się już w kraju — według warunków technicznych, opracowanych przez Peruna — drut „Bronzyt”, który daje lepsze wyniki, i są usprawiedliwione nadzieje, że drut ten da się również eksportować.

Kalendarz Peruna w r. 1934 był poświęcony cięciu tlenem, szczególnie zastosowaniu tej metody w obróbce części maszyn. W związku z tem rozpoczęto produkcję maszyn do cięcia bloków, stworzono nowe palniki o wielkiej mocy do 600 mm grubości cięcia, wprowadzono na rynek maszyny do automatycznego cięcia „Pantotom” i „Oxytom”, których fabrykacja w kraju jest obecnie w opracowaniu i rozpocznie się w najbliższym czasie.

Tegoroczny Kalendarz Peruna zawiera pracę o metalizowaniu natryskowem. Śledząc praktykę zagraniczną, można wnioskować, że i w Polsce ten dział musi się rozwinąć z wielką korzyścią dla na-

*) Kalendarze otrzymują bezpłatnie wszyscy odbiorcy Peruna, instytucje naukowe i osoby prywatne interesujące się spawaniem.

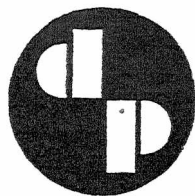
szego gospodarstwa, do czego dokumentacja stworzona przez Peruna da solidną podstawę, a wówczas będzie można i w tym dziale rozwinąć produkcję urządzeń i drutów, które narazie trzeba sprowadzać z zagranicy. Już obecnie Perun produkuje środki utrwalające do powłok metalizowanych, których stosowanie jest absolutnie niezbędne, aby zapewnić powodzenie tej metodzie metalizowania.

Najważniejszym punktem programu Peruna w najbliższej przyszłości jest wprowadzenie utwardzania powierzchni narzędzi i części maszyn przez napawanie twardymi metalami. Przygotowano całą gamę drutów o wzrastającej twardości i opracowano metody postępowania — dokumentacja ta ukaże się w Kalendarzu na r. 1936. Znany jest wszystkim udział Peruna w świetnym rozwoju metody napawania acetylenowego do naprawy torów kolejowych, który przyniósł naszym kolejom w ciągu 3 lat już miljonowe oszczędności. Podstawą tego rozwoju było stworzenie przez Peruna drutu ze stali specjalnej „Tor”.

Powodzenie napawania w tym dziale skłoniło Sp. Perun do prac nad rozszerzeniem tej metody w dziedzinę konstrukcji maszyn. Materiały bardzo twarde nie nadają się do konstrukcji; korzyści stosowania materiałów o dużej wydłużalności na części maszyn, przy napawaniu powierzchni narażonych na zużycie lub korozję metalami odpornymi — są bijące w oczy. Otwierają się tu nowe bardzo ciekawe dla konstruktorów możliwości wykorzystania spawania.

Z powyższego przeglądu jasne jest, że życiem Peruna — jeśli tak się można wyrazić — nie jest produkcja tlenu i acetyleny, urządzeń i materiałów do spawania acetylenowego i łukowego, o czem wszyscy dokładnie wiedzą, lecz to, co stanowi historję rozwoju spawalnictwa w Polsce, ta nieustanna praca nad tworzeniem nowych dziedzin zastosowania spawania i cięcia, opracowywanie nowych metod, nowych środków, a gdy one zyskują rozpowszechnienie — stwarzanie nowych obiektów produkcji dla naszych zakładów metalurgicznych i chemicznych, przy jednoczesnym oczywiście rozwijaniu i własnych warsztatów. Rozwój ten jest tylko konsekwencją rozwoju spawalnictwa wogóle, którego korzyści już dziś wszyscy należycie oceniają, a co nie dałoby się zrealizować, gdybyśmy w Polsce nie rozporządzali odpowiednimi środkami i personelem technicznie wykształconym.

Tem rozporządza właśnie w Polsce Sp. Perun i dlatego działalność tego przedsiębiorstwa tworzy w znacznej mierze historję rozwoju spawalnictwa w Polsce.



SPÓŁKA AKCYJNA
ZAKŁADÓW
GRAFICZNYCH

drukarnia

oolska

W DZIERŻAWIE
SPÓŁKI WYDAWNICZEJ CZASOPISM SP. Z O. O

POSIADA DZIAŁY:
L I N O T Y P Y
M O N O T Y P Y
Z E C E R N I Ę R Ę C Z N Ą
M A S Z Y N Y P Ł A S K I E
R O T A C Y J N E
G I S E R N I Ę
F O T O C H E M I G R A F J Ę
I N T R O L I G A T O R N I Ę

W Y K O N Y W A
D Z I E N N I K I • C Z A S O
P I S M A • K S I Ą Ż K I
S T A T Y S T Y K I • C E N
N I K I • K A T A L O G I
P R O S P E K T Y • A F I S Z E
D R U K I J E D N O I W I E
L O B A R W N E • B I L E T Y
T R A M W A J O W E I T. P.

W A R S Z A W A
S Z P I T A L N A 1 2
T E L E F O N Y : 2 7 2 - 0 6 ,
5 8 7 - 9 8 , 6 4 3 - 3 3 , 2 7 2 - 2 2