

# PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

Z E S Z Y T Z J A Z D O W Y

## Od Redakcji

Zeszyt niniejszy, ukazujący się w chwili otwarcia VII-go Zjazdu Inżynierów Mechaników Polskich, poświęcamy temu dorocznemu zgromadzeniu kół naukowo-technicznych i techniczno-przemysłowych, pracujących na polu przemysłu metalowego, energetyki, uzbrojenia, komunikacji i dziedzin pokrewnych.

Doceniając znaczenie tego rodzaju zgromadzeń dla rozwoju techniki i wytwórczości krajowej, wyrażamy życzenie, by ponowny Zjazd Inżynierów Mechaników dał jaknajwięcej cennych przyczynków, nowych myśli i bodźców do prac dalszych — by był nową manifestacją szerokiej współpracy jednoczonych przezeń kół społeczeństwa. Jeśli bowiem zawsze współpraca taka jest warunkiem pomyślnego rozwoju rzeczy, to w chwili obecnej, najeżonej licznymi trudnościami, z którymi nam walczyć wypada i które nas oczekują w przyszłości, jest ona jeszcze bardziej niezbędną.

## Bezkorbową silniko-sprężarka o dwu swobodnych tłokach przeciwbieżnych\*)

Napisał inż. A. W i c i ń s k i.

Mysłą przewodnią bezkorbowej silniko-sprężarki, którą w dalszym ciągu oznaczać będziemy skrótem *b-s-s*, jest sprzężenie silnika i sprężarki, z zupełnym pominięciem układu korbowego, jako elementu przenoszącego pracę z silnika na sprężarkę.

Dążenie do wyeliminowania układu korbowego ma swoje uzasadnienie w tem, że układ korbowy jest elementem stosunkowo drogim. Poza tem sposób jego działania nie jest korzystny dla procesów termodynamicznych, występujących w cylindrach, gdyż w pobliżu punktów zwrotnych tłoka, a więc w chwili panowania w cylindrach najwyższych ciśnień, posiada małą sprawność mechaniczną (nawet ujemną w pewnym zakresie około punktu zwrotnego, patrz Dr. R. Witkiewicz „Praca tarcia układu korbowego”). Odbija się to na ogólnej sprawności mechanicznej w ten sposób, że maszyny o wyższych ciśnieniach sprężania mogą posiadać mniejszą sprawność użyteczną, wbrew temu, czego należałoby oczekiwać ze względów termodynamicznych; każde zaś obniżenie sprawności mechanicznej przy normalnym obciążeniu wywołuje tem większy spadek sprawności mechanicznej przy obciążeniach mniejszych, w których obrębie odbywa się normalnie praca maszyn w przemyśle. Usiłowania zastąpienia układu korbowego innymi elementami, jak w układzie Michel'a, Brzeskiego i innych, dając pewne korzyści natury konstrukcyjnej, nie rozwiązują sprawy strat mechanicznych, gdyż wszystkie te układy posiadać muszą straty mechaniczne tego samego charakteru, jakie ma normalny układ korbowy.

Chociaż *b-s-s* nie jest maszyną, którą można wprost porównywać z silnikiem korbowym, gdyż dla otrzymania pracy mechanicznej wymaga maszyny wtórnej, wirnikowej lub korbowej, to jednak jest w stanie, wirtualnej lub korbowej, to jednak jest w stanie, nawet łącznie z maszyną wtórną, wytrzymać pod względem sprawności mechanicznej, konkurencję z silnikiem korbowym, gdyż — jak wykazały doświadczenia z lokomotywą powietrzną M.A.N. z roku 1930 — moc użyteczna maszyny wtórnej, w wypadku zastosowania podgrzewania powietrza napędowego spalinami silnika, może być większa od mocy dostarczanej przez silnik napędzający.

Pierwszym jednak terenem szerokiego zastosowania *b-s-s* jest dostarczanie powietrza do celów fabrycznych i kopalniach, gdzie jest *b-s-s* jednostką samodzielną, dającą znaczne obniżenie kosztów produkcji sprężanego powietrza, tak przez obniżenie kosztów zakładowych, jak i napędu.

W dużych silnikach korbowych nie przekroczone 9 m/sek średniej prędkości tłokowej. Jedną z głównych przyczyn jest względ na uderzenie, występujące w dolnym łbie korbowodu i związane z tem wysokie nateżenia śrub tego łoża. Względ ten odpada w zupełności w *b-s-s*, gdzie użyć można dużo większych prędkości tłokowych i gdzie maksymalne ich wartości ograniczają czynniki zupełnie innej natury.

Ponieważ w *b-s-s* przyspieszenia tłoka zależne są jedynie od różnicy ciśnień panujących po obu stronach tłoka oraz od jego masy i ponieważ przyspieszenia są kilkakrotnie większe od występujących w silnikach korbowych, przeto zagadnienie zupełnego zniesienia oddziaływania sił masowych tłoka na fundament jest bez porównania ważniejsze

\*) Referat zgłoszony na VII Zjazd Inżynierów Mechaników Polskich (26—28 maja r. b.).

w *b-s-s* niż w silnikach korbowych. Rys. 1, 2, 3 przedstawiają schematy trzech sposobów wyrównania sił masowych.

Rys. 1 uwidoczniła układ o ruchomym cylindrze, gdzie masa cylindra wykonywała swobodnie ruchy przeciwnie ruchom tłoka, przyczem na „fundament” przenosi się jedynie siła tarcia cylindra o jego prowadzenia. Układ ten nie ma żadnej wartości przemysłowej z tego powodu, że wszystkie rurociągi, ze kompensatory lub połączenia dławikowe. Pierwsze względem na ruchy cylindra, otrzymałoby musiały rozwiązanie daje możliwość pęknięcia rurociągów, wskutek zmęczenia materiału, i duże wymiary kompensatorów, drugie zaś — możliwość i trudności natury warsztatowej i montażowej.

Rys. 2 przedstawia inne rozwiązanie konstrukcyjne, gdzie cylinder jest stały, lecz końce jego zamknięte są ruchomymi tłokami - głowicami, połączonymi ze sobą za pomocą drągów. Tłoki - głowice i drągi stanowią masę o ruchach przeciwnych ruchom tłoka. Na „fundament” przenosi się jedynie różnica tarć tłoków-głowic i tłoka roboczego o cylinder. Układ ten, w porównaniu z układem o ruchomym cylindrze, posiada tę samą myśl przewodnią, przy równoczesnym wyeliminowaniu opisanych poprzednio trudności.

W układzie tym środek drgań tłoków-głowic utrzymywany być musi w tym samym miejscu za pomocą osobnego urządzenia sprężynowego lub pneumatycznego.

Rys. 3 przedstawia układ o dwu swobodnych tłokach przeciwbieżnych, poruszających się w przytwierdzonym do fundamentu cylindrze. Układ ten mógłby mieć wartość realną w razie udatnego rozwiązania zagadnienia stałego utrzymywania ruchów obu tłoków w synchronizmie.

#### Doświadczenia wstępne.

We wstępie zaznaczono już, że *b-s-s* dopuszcza stosowanie wysokich średnich prędkości tłokowych. Uzyskanie jednak średnich prędkości tłokowych rzędu kilkudziesięciu m/sek budziło w swoim czasie u wielu poważne wątpliwości, przeto w pierwszym rzędzie przeprowadzone zostały doświadczenia nad możliwością ich zrealizowania. W tym celu ustawiony został w Laboratorium Maszynowym Politechniki Lwowskiej w roku 1930 model sprężarki o układzie ruchomego cylindra i jednego tłoka w nim się poruszającego. Z jednej strony tłoka dawane były stałe impulsy powietrzne (sterowanie uzależnione od ruchów cylindra), których zadaniem było pokonywanie oporów własnych modeli. Model ten posiadał następujące dane charakterystyczne:  $d$  cyl. = 94 mm,  $L$  cyl. = 7 300 mm, skok  $s$  = 5 600 mm,  $n$  = 260 nawrotów/min. Po pokonaniu wstępnych trudności okazało się, że wywoływanie i utrzy-

mywanie ruchu tłoka przy średniej prędkości tegoż około 48 m/sek odbywa się bez szczególnych trudności technicznych.

Następnie przystąpiono do doświadczeń nad możliwością technicznego zrealizowania synchronizacji ruchów dwu tłoków przeciwbieżnych w układzie przedstawionym na rys. 3. Użyty do doświadczeń cylinder posiadał  $d$  = 94 mm.  $L$  = 7 000 mm. W środku długości cylindra dano urządzenie wytwarzające stałe impulsy powietrzne, których zadaniem było pokonywanie oporów własnych maszyny. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że technicznym rozwiązaniem problemu synchronizacji jest odpowiednio dobrany rurociąg, łączący oba końce cylindra ze sobą. Uzyskane w tym wypadku wyniki przedstawiały się następująco: przy ustawieniu jednego tłoka w wewnętrznym punkcie zwrotnym, drugiego zaś w odległości  $2/5$  skoku od środka cylindra, po puszczeniu modelu w ruch, już w ciągu dwu nawrotów (odpowiadających pojęciu obrotów) dysynchronizm sprowadzony był do wielkości, której nie można było wykryć. Stwierdzenie dysynchronizmu odbywało się za pomocą obserwacji ruchów cylindra, który leżąc na podporach miał możność przesuwania się.

Następnie wykonana została bezkorbowa silniko - sprężarka o układzie zamykających tłoków-głowic (rys. 2), posiadająca następujące dane konstrukcyjne  $D$  cyl. = 198 mm,  $L$  cyl. = 6 800 mm, skok  $S$  = 4 400 mm,  $n$  = 220 nawrotów/min. Jednostka ta, ustawiona również w Laboratorium Maszynowym Politechniki Lwowskiej, była kilkadziesiąt godzin w ruchu. Typ ten został jednak zarzucony ze względu na niemożliwość stworzenia urządzenia, któreby w sposób przemysłowo niezawodny utrzymywało w stałym położeniu środek drgań ruchomych tłoków - głowic.

Budowa bezkorbowej silniko - sprężarki w układzie dwu swobodnych tłoków przeciwbieżnych odbywa się już na terenie Warszawskiej Spółki Akcyjnej Budowy Parowozów, która podjęła się w międzyczasie sfinansowania dalszych prób i doświadczeń.

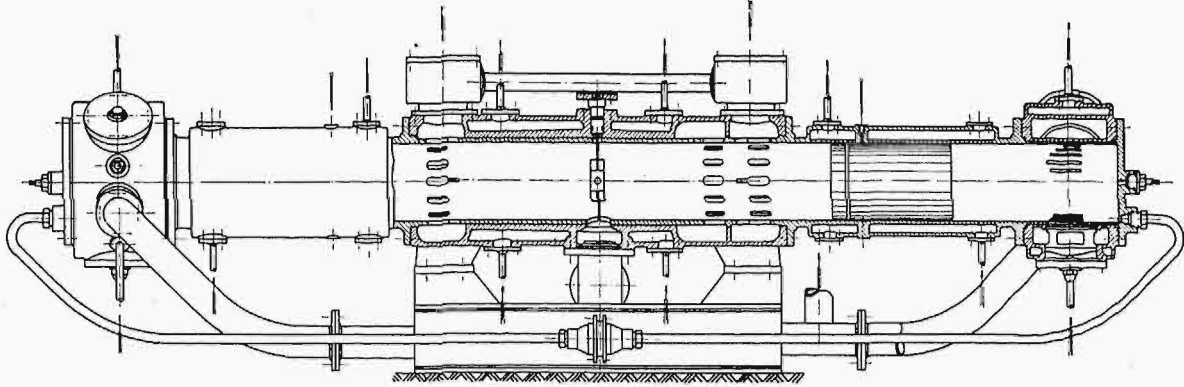
#### Bezkorbowa silniko - sprężarka o dwu swobodnych tłokach przeciwbieżnych.

Budowa jej przedstawiona jest na rys. 4. Posiada ona następujące wymiary:  $d$  cyl. = 280 mm, skok  $s$  = 1 200 mm, ilość nawrotów na min  $n$  = 400 (przy ciężarze tłoka 48 kg). Przestrzeń, w której odbywają się przebiegi spalania, znajduje się między tłokami. Przestrzeń zewnętrzną stanowią sprężarki. W pobliżu wewnętrznych punktów zwrotnych tłoków, a więc pod koniec sprężania w silniku, wstrzykuje się paliwo. Paliwo dostarcza pompka paliwowa o napędzie pneumatycznym od ciśnienia sprężania w silniku. W swie rozprężania oba tłoki poruszają się od środka maszyny, przyczem w pewnej chwili tłok prawy odstawia szczeliny wydmuchowe. Szczeliny te połączone są rurociągiem ze skrzynką wydmuchową, w której znajdują się samoczynne wentyle wydmuchowe. Z chwilą odstawienia szczelin wydmuchowych następuje wylot spalin z przestrzeni silnikowej, który trwa (pominąwszy bezwładność słupa gazu) aż do chwili, gdy ciśnienie w cylindrze spadnie do ciśnienia około atmosferycznego, przyczem zamykają się samoczyn-

ne wentyle wydmuchowe. W międzyczasie tłoki odsłaniają dwie grupy szczelin ssących, komunikujących się ze skrzynkami, w których znajdują się samoczynne wentyle ssące. Przy dalszym ruchu tłoków nazewnątrz wywołane zostaje podciśnienie w przestrzeni silnikowej, które powoduje otwarcie wentyli ssących. Słup spalin, znajdujący się między szczelinami ssącymi, pozostaje w spoczynku, a wpływające do cylindra powietrze zajmuje przestrzenie

kości tłumienia asynchronizmu, zależy od wielkości różnicy ciśnień, panujących w obu sprężarkach, i wymiarów oraz kształtu rurociągu synchronizującego. Idealny rurociąg synchronizujący posiadać powinien takie wymiary, aby przy każdym możliwym dysynchronizmie dawał maximum możliwych strat.

Straty w rurociągu synchronizującym osiągają wartość maksymalną, gdy iloczyn panującej różni-



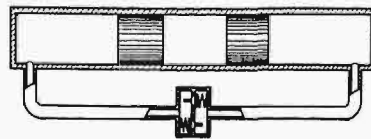
Rys. 4. Ustrój silniko-sprężarki bezkorbowej o dwu swobodnych tłokach przeciwbieżnych.

między szczelinami ssącymi a tłokami. Przy ruchu powrotnym tłoka słup powietrza, który znajdował się między lewymi szczelinami ssącymi a lewym tłokiem wprowadzony zostaje do przestrzeni silnikowej, wypychając przed sobą, przez szczeliny wydmuchowe, znajdujący się w cylindrze słup spalin. W suwie tym wydany zostaje z cylindra słup powietrza, który znajdował się między lewymi szczelinami a lewym tłokiem, przyczem mieszanie się powietrza obniża temperaturę wylatujących spalin, co chroni wentyle wylotowe od przepalenia. W przestrzeniach zewnętrznych odbywa się normalny obieg sprężarkowy, składający się ze sprężania, wytłaczania oraz rozprężania i dosysania powietrza, następującego z chwilą odsłonięcia przez tłok szczelin ssących na stronę sprężarki.

Stały synchronizm ruchu obu tłoków utrzymywany jest przez urządzenie synchronizujące, składające się z rurociągu łączącego obie sprężarki, a umożliwiającego przepływ gazów w obu kierunkach. Myślą przewodnią pracy urządzenia synchronizującego jest wywoływanie strat energii, wskutek dysynchronizmu ruchu tłoków, co wobec ogólnego prawa natury, że straty tłumią czynnik wywołujący ich powstanie (zasada przekory le Chatelier'a), musiałoby w konsekwencji prowadzić do tłumienia asynchronizmu. Jeżeli ruch obu tłoków jest synchroniczny, to wówczas w tych samych okresach czasu (w założeniu identycznej budowy obu sprężarek) ciśnienia występujące w obu sprężarkach są sobie równe, rurociąg synchronizujący jest ładowany i wyładowywany, lecz niema przepływu gazów przez przekrój, znajdujący się w środku jego długości. Z wystąpieniem asynchronizmu ruchów obu tłoków związane jest ujawnienie się różnic ciśnień, panujących w danych chwilach w obu sprężarkach. Jeżeli więc połączymy obie sprężarki rurociągiem, to różnice ciśnień, powodujące przepływ gazu przez środkowy przekrój rurociągu synchronizującego, wywołują straty energii, tłumiące dysynchronizm (który je wywołał). Moc strat, decydująca o szyb-

cy ciśnień i ilości przepływającego gazu osiąga maximum. Jeżeli zwrócimy uwagę na zjawisko zmniejszania się różnicy ciśnień między sprężarkami, wskutek przepływu gazów w rurociągu synchronizującym, to dochodzimy do wniosku, że przy danej wielkości panującego dysynchronizmu, tylko pewna wielkość rurociągu synchronizującego da maximum strat. Rurociąg o średnicy mniejszej da straty mniejsze, wskutek zbyt małego przepływu, rurociąg o średnicy większej — wskutek uniemożliwienia powstania większych różnic ciśnień między sprężarkami. Mniejszy dysynchronizm posiadać będzie optimum zachowania się rurociągu synchronizującego przy mniejszym jego przekroju (lub większej liczbie kolan, większej chropowatości) i odwrotnie — dysynchronizmy większe — przy większym. Widać z tego, że rurociąg synchronizujący, pracujący stale przy maximum strat, musi posiadać odpowiednio zmienny przekrój, którego wielkość powinna być ściśle uzależniona od chwilowej wielkości występującego dysynchronizmu. Zagadnienie to rozwiązano, używając jako czynnika, sterującego zmienność rurociągu synchronizującego, różnicy ciśnień chwilowych w obu sprężarkach, które to różnice zmieniają się wraz z wielkością dysynchronizmu.

Rurociąg synchronizujący, uwidoczniony na rys. 5 składa się z rurociągu, łączącego obie sprężarki, i „synchronizatora“, przedstawionego na rys. 6, który wstawiony jest w środku długości rurociągu. Synchronizator zawiera przeponę, posiadającą otworek takiej

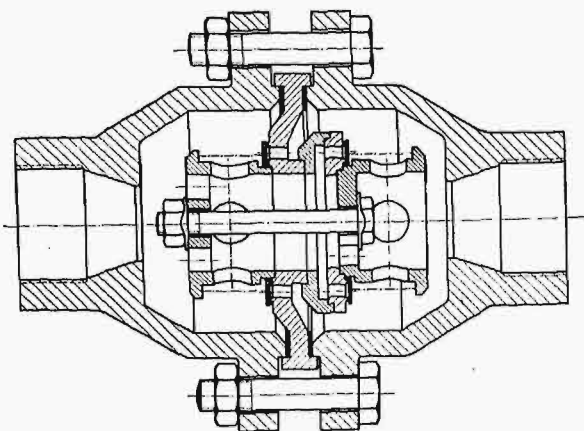


Rys. 5. Rurociąg z synchronizatorem.

wielkości, aby energicznie tłumić dysynchronizmy małe. Przepona posiada dwa wentyle obciążone sprężynkami, które łącznie zezwalają na przepływ gazu w obu kierunkach. Działanie syn-



chronizatora jest następujące. W wypadku istnienia dużych dysynchronizmów, a więc dużych stosunkowo różnic ciśnień między obu sprężarkami, przepływ odbywa się przez wentyle i otworki. Duży ten stosunkowo przepływ tłumnie energicznie powstały dysynchronizm; gdy ten (a więc i różnica ci-



Rys. 6. Ustrój synchronizatora.

śnień) odpowiednio spadnie, wentyle przestają się otwierać, zaś przepływ przez sam tylko otworek tłumnie energicznie w dalszym ciągu dysynchronizm mały.

Usiłowania analitycznego ujęcia procesów zachodzących w rurociągu synchronizującym nie dały rezultatów, wobec dużych trudności natury matematycznej. Gdyby się nawet udało wyprowadzić wzory na występujące tam tłumienie, to i tak wzory te miałyby małą wartość praktyczną, ze względu na nieznaną spójność i oporów przepływu, przy jego pulsującym charakterze.

Rozruch uskutecznił się przez zawór rozruchowy, wbudowany w przestrzeń dawkową silnika.

Po uzyskaniu ruchu ciągłego (20/VIII r. ub.) okazało się, że:

- 1) Synchronizacja działa bez zarzutu;
- 2) bieg maszyny jest spokojny, chociaż istnieje dość silny hałas, wywołany przez wentyle ssące;
- 3) wentyle tłoczące muszą być starannie dobierane, gdyż nierównomierność ich zachowania się przy obciążaniu maszyny daje bodźce dysynchronizujące, powoduje drgania maszyny i stałą pracę rurociągu synchronizującego;

4) Przy obciążaniu maszyny występuje pulsowanie ciśnienia sprężania w silniku około pewnego ciśnienia podstawowego, które to ciśnienie opada silnie wraz ze wzrostem obciążania.

Takie zmniejszanie się ciśnienia sprężania w silniku przy rosnących obciążeniach określić należy, jako zjawisko bardzo niemiłe, ograniczające znacznie wartość przemysłową tego układu. Przeprowadzone rozważania teoretyczne wyjaśniły mechanizm tego przebiegu oraz dały teoretyczne podstawy budowy bezkorbowej silnikowo-sprężarki o stałym ciśnieniu sprężania w silniku.

#### Bezkorbowa silnikowo-sprężarka o stałym ciśnieniu sprężania po stronie silnika.

W bezkorbowej silnikowo-sprężarce praca przenosi się z silnika na sprężarkę za pośrednictwem energii kinetycznej jednego lub więcej tłoków, poruszających się w cylindrze i nie oddających bezpośrednio

żadnej pracy mechanicznej na zewnątrz maszyny. Wynika stąd, że musi tu zachodzić równość prac wykonywanych po obu stronach tłoka. Praca pobrana przez tłok po stronie silnika musi być równa pracy oddanej po stronie sprężarki plus opory własne maszyny. Jeżeli maszyna zostanie w ten sposób zbudowana, że równość ta nie będzie zachodzić, to wówczas nastąpić musi uszkodzenie maszyny lub jej stanięcie, w zależności od tego, czy nadwyżka pracy ujawniona została po stronie silnika, czy sprężarki.

Przy takiej budowie maszyny, że tłok przy ruchu od strony silnika ku sprężarce nie może przesłonić sobą szczelin, za pomocą których cylinder sprężarki komunikuje się z wentylami tłoczącymi, występuje proces samoregulacyjny, utrzymujący samoczynnie równość prac po obu stronach tłoka. Ilość wytłoczonego przez sprężarkę powietrza dostosowuje się wówczas każdorazowo do ilości paliwa, spalonego po stronie silnika.

Wyobraźmy sobie bezkorbową silnikowo-sprężarkę np. o dwu swobodnych tłokach przeciwbieżnych, biegnącą luzem. Dla uproszczenia załóżmy, że maszyna nie posiada oporów ruchu. Wówczas tłok wykonywa sprężanie po stronie silnika i sprężarki, przyczem prace sprężania tu i tam są sobie równe. Tłok po stronie sprężarki zawraca w chwili, gdy ciśnienie tam uzyskane osiągnie wysokość ciśnienia w zbiorniku powietrza tłoczonego (p. 2 rys. 7). Ruch powrotny tłoka odbywa się wskutek rozprężania powietrza sprężonego, a niewytłoczonego przez sprężarkę. Jeżeli zwiększymy ilość paliwa, wtryskiwanego po stronie silnika, wówczas w czasie ruchu tłoka od strony silnika ku sprężarce energia kinetyczna tłoka wzrośnie ponad wartość przy biegu luzem, przyczem po osiągnięciu w sprężarce ciśnienia roboczego nastąpi wytłaczanie powietrza do zbiornika tem większe, im więcej wtryskujemy paliwa. Rozprężanie niewytłoczonego ze sprężarki po-

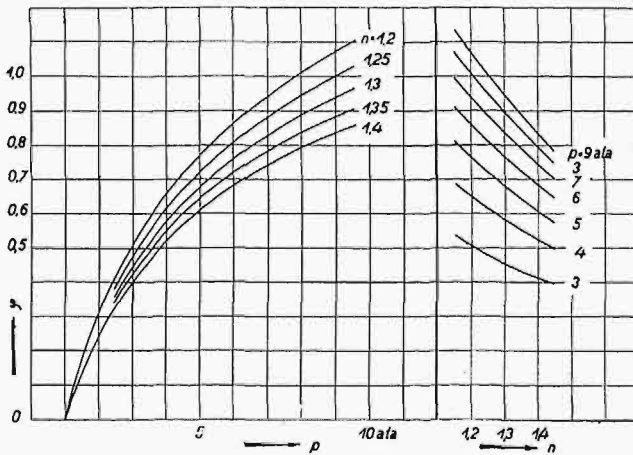


Rys. 7. Obieg silnikowo-sprężarki.

wietrza wywołuje ruch powrotny tłoka i sprężanie po stronie silnika. Energia tego ruchu powrotnego jest tem mniejsza, im więcej wytłoczmy powietrza ze sprężarki, czyli im większe jest obciążenie. Np. w wypadku wytłaczania 25% powietrza, zawartego po stronie sprężarki, energia ruchu powrotnego tłoka zmniejsza się o około 25%, co powoduje zmniejszenie się ciśnienia sprężania po stronie silnika o znacznie więcej niż 25%. Ponieważ ze względu na zapłon nie można dopuścić do zbyt dużego spadku ciśnienia sprężania w silniku, a z drugiej strony ze względu na wytrzymałość nie można przy biegu luzem podwyższać sprężania bez ograniczenia — wynika stąd, że przy pełnym obciążeniu sprężarka może wytłaczać tylko pewną, niezbyt wielką część sprężanego przez nią powietrza, zwykle nie więcej niż około 25%.

Rozpatrzmy bliżej, w jaki sposób odbywa się w bezkorbowej silnikowo-sprężarce przejście z jednego obciążenia na inne. Jeżeli mamy maszynę w biegu luzem, tłok po stronie sprężarki zawraca

w p. 2 rys. 7. Jeżeli wtrysniemy do silnika większą ilość paliwa, wówczas cała nadwyżka pracy uzyskanej po stronie silnika zużyta zostanie na pracę wytłaczania, np. między p. 2 i 3. W następujących suwach (przy stałym wtryskiwaniu tej większej ilości paliwa) tłok nie może dochodzić do p. 3, gdyż stałe wytłaczanie do zbiornika tej ilości powietrza, jaka odpowiada odcinkowi 2 — 3, wymaga znacznie większej nadwyżki pracy silnika aniżeli ta, która została ujawniona (energia zawarta w wytłoczonym powietrzu składa się z pracy sprężania i wytłaczania). Widać z tego, że w suwie, następującym po ujawnieniu nadwyżki pracy po stronie silnika, sprężarka wytłoczyła zbyt dużą ilość powietrza. Skutkiem tego w cyklu następnym sprężarka wytłoczyła za mało powietrza, następnie znów za dużo i t. d. Jeżeli proces samoregulacyjny posiada charakter równowagi stałej, to po kilku takich zaburzeniach wstępnych tłok zacznie zawracać już stałe w takim punkcie na odcinku 2 — 3, że energia zawarta w przyroście wytłaczanego powietrza równą będzie ujawnionej nadwyżce pracy silnika. W ten sposób osiągnięta zostanie równowaga przy nowym obciążeniu.



Rys. 8. Zależność współczynnika  $\psi$  od ciśnienia roboczego i wykładnika politropy sprężania.

Przeprowadzone rozważania teoretyczne dały wzory do ustalenia warunków, w których proces samoregulacyjny posiada charakter równowagi stałej. W tym celu wprowadzona została pewna wielkość, oznaczmy ją przez  $\varphi$ , która stoi w ścisłym związku ze statecznością procesu samoregulacji. Jeżeli  $\varphi$  jest mniejsze od 1, proces samoregulacyjny posiada równowagę stałą. Rys. 8 przedstawia zależność  $\varphi$  od ciśnienia roboczego i wykładnika politropy sprężania, w założeniu, że ciśnienie początkowe sprężania równe jest 1 at.

Z wykresu tego widać, że przy sprężaniu jednostopniowym, np. do 8 at, przy wykładniku większym od 1,2, proces samoregulacyjny posiada zawsze charakter równowagi stałej, chociaż stałość jego nie jest duża. Im większy jest stopień sprężania w sprężarce i im mniejszy jest wykładnik politropy, tym większe jest  $\varphi$ , tym mniejsza stałość procesu samoregulacji. Dla  $\varphi = 1$  proces samoregulacyjny nie posiada już równowagi stałej, lecz powstaje zaburzenia przy przejściu z jednego obciążenia na inne utrzymują się stale w pierwotnej wielkości (sprężarka wytłacza w jednym cyklu za dużo powietrza, w drugim za mało, tak jednak, że wydatek

minutowy odpowiada ściśle mocy rozwijanej przez silnik). Ponieważ ciśnienie powietrza używanego do celów technologicznych wynosi zwykle od 6 — 8 at, przeto w bezkorbowej silniko-sprężarce, np. o dwu swobodnych tłokach przeciwbieżnych, zastosowanej do tego celu, występować musi z natury rzeczy dość długi okres zaburzeń przy przejściu z jednego obciążenia na inne. Chociaż mała stałość procesu samoregulacji, ewent. nawet niestałość, nie stanowi żadnego niebezpieczeństwa, ani nawet trudności ruchowych (przy odpowiednio zbudowanej maszynie), niemniej jednak cecha ta, w połączeniu z dużą zmiennością ciśnienia sprężania po stronie silnika w zależności od obciążenia, daje maszynę, która nie jest idealnym rozwiązaniem bezkorbowej silniko-sprężarki. Z przeprowadzonych rozważań teoretycznych wynika również, że stałość procesu samoregulacji stoi w ścisłym związku ze zmiennością ciśnienia sprężania w silniku. Maszyna, która posiadałaby stałe ciśnienie sprężania w silniku, automatycznie posiadać musi nieskończenie wielką stałość procesu samoregulacji, t. zn. że osiągnięcie nowego stanu równowagi odbywa się jeszcze w tym samym cyklu pracy, w którym ujawniona została dana nadwyżka pracy silnika. Wobec takich wyników analizy, dalsze prace nad zagadnieniem bezkorbowej silniko-sprężarki poszły w kierunku zrealizowania stałego ciśnienia sprężania w silniku.

Stale ciśnienie sprężania w silniku występuje wówczas, gdy energia kinetyczna tłoka przy jego ruchu powrotnym jest wielkością stałą, niezależną od obciążenia. Ponieważ ze wzrostem obciążenia maleje ilość powietrza, pozostałego w sprężarce po procesie wytłaczania, przeto przy rosnącym obciążeniu maleje energia, jaką tłok przy swoim ruchu powrotnym otrzymuje od sprężarki. Widać z tego, że chcąc uzyskać stałe ciśnienie sprężania w silniku, musimy dodać czynnik, któryby przy rosnącym obciążeniu akumulował i oddawał tłokowi przy jego ruchu powrotnym coraz większe ilości energii. Ściśle stałe ciśnienie sprężania w silniku bez względu na obciążenie (pominąwszy opory ruchu) wystąpi wówczas, gdy przy wzroście obciążenia przyrost pracy akumulowanej i oddanej przez ten dodatkowy czynnik będzie równy ubytkowi pracy rozprężania niewytłoczonego powietrza przez sprężarkę. Elementem, któryby spełniał postawione żądanie akumulowania i oddawania energii tłokowi przy jego ruchu powrotnym, może być sprężyna lub zderzak pneumatyczny. Techniczne znaczenie może tu mieć tylko zderzak pneumatyczny, ponieważ przy rosnącym obciążeniu rośnie skok tłoka w przestrzeń sprężarki (dzięki czemu wytłacza się coraz większe ilości powietrza), przeto rosnąć musi również i stopień sprężania w zderzaku pneumatycznym, a więc i ilość akumulowanej w nim energii.

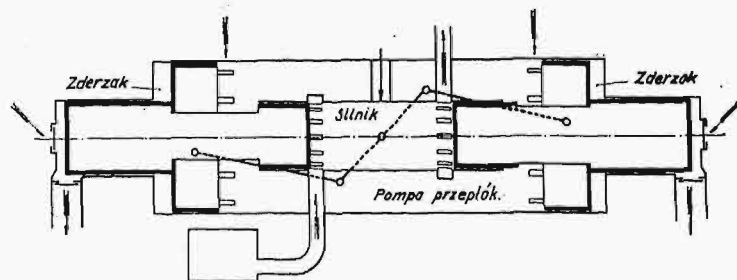
Ponieważ praca rozprężania w sprężarce powietrza, które nie zostało wytłoczone, jest (przy stałym ciśnieniu roboczym) proporcjonalna do ilości tego powietrza, a równym przyrostom obciążenia odpowiadają równe zmniejszenia ilości tego pozostałego powietrza, przeto równym przyrostom obciążenia odpowiadać muszą równe zmniejszenia energii otrzymanej przez tłok (przy jego ruchu powrotnym) od sprężarki. Dokładne skompensowanie tych zmian energii, otrzymanej przez tłok od spr-

żarki, wystąpi wówczas, gdy zderzak pneumatyczny posiadać będzie tę własność, że równym przyrostom skoku tłoka w tym zderzaku odpowiadać będą równe przyrosty akumulowanej w nim energii, t. zn. gdy w czasie całego procesu wyłaczania w sprężarce (2 — 3 rys. 7) ciśnienie w zderzaku będzie stałe. Widać z tego, że linja sprężania w zderzaku pneumatycznym, zrątkinizowana na powierzchni przekroju cylindra silnika, powinna być możliwie płaska. Z rozwiązań tych wynikałoby również, że w bezkorbowej silniko - sprężarce nie można zrealizować ściśle stałego ciśnienia sprężania w silniku, gdyż linja sprężania w zderzaku pneumatycznym z natury rzeczy odbiegać musi od linii poziomej. Tak jednak nie jest, gdyż są aż dwa czynniki, które to umożliwiają, mianowicie: 1) wzrost oporów ruchu przy rosnącym obciążeniu (zmiana długości skoku), 2) zmniejszanie się ciśnienia roboczego w sprężarce przy rosnącym obciążeniu (co konieczne jest ze względu na aparaturę automatycznej „regulacji zewnętrznej”, której zadaniem jest samoczynne zwiększenie ilości wtryskiwanego do silnika paliwa, a więc i wzrostu ilości wyłaczanego przez sprężarkę powietrza w razie zwiększonego zapotrzebowania tegoż).

Ad 1. Wobec wzrostu oporów ruchu przy rosnącym obciążeniu, linja sprężania w poduszce powietrznej odbiegać musi o tyle od linii poziomej, aby uzyskane w ten sposób nadwyżki akumulowanej energii pokryły wzrost oporów ruchu. Zaznaczyć tu należy, że wystarczy już uwzględnienie tego czynnika (zmian oporów ruchu), aby przy odpowiednio dobranym zderzaku uzyskać ściśle stałe ciśnienie kompresji w silniku.

Ad 2. Zmienność ciśnienia roboczego w zależności od obciążenia powoduje, iż przy równych przyrostach obciążenia zmniejszenia ilości energii oddawanej przez sprężarkę nie są już proporcjonalne do przyrostów obciążenia, lecz większe niż proporcjonalne, wskutek czego linja sprężania w zderzaku, zrątkinizowana na silnik, tembardziej odbiegać musi od poziomej.

Widać z tego, że wielkość zderzaka i obrany w nim stopień sprężania spełnić muszą pewne warunki, o ile mamy uzyskać stałe ciśnienie spręża-



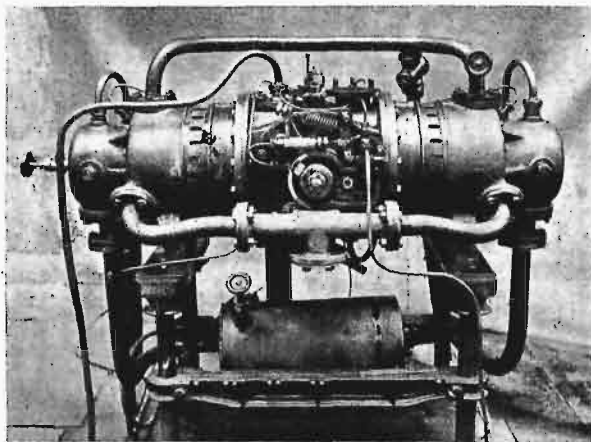
Rys. 9. Schemat bezkorbowej silniko-sprężarki o stałym ciśnieniu sprężania w silniku.

nia po stronie silnika. Przeprowadzona w tym celu analiza wykazała, że o ile ciśnienie początkowe sprężania jest atmosferyczne lub zbliżone do atmosferycznego, to stałe ciśnienie sprężania w silniku uzyskać można tylko wówczas, gdy powierzchnia czynna tłoka zderzaka jest większa od powierzchni przekroju cylindra silnika. W przeciwnym wypadku ciśnienie sprężania w silniku staje się tembardziej zmienne, im bardziej wielkość zderzaka i występu-

jący w nim stopień sprężania odbiegają od wartości optymalnych.

Rys. 9 przedstawia schemat bezkorbowej silniko - sprężarki o stałym ciśnieniu sprężania w silniku.

Rys. 10 przedstawia bezkorbową silniko - sprężarkę, ustawioną na stanowisku próbnym Warszawskiej S-ki Akc. Budowy Parowozów, dostarcza-



Rys. 10. Bezkorbową silniko-sprężarkę na stanowisku próbnym w fabryce.

jącą 3,5 m<sup>3</sup>/min powietrza sprężonego. Jednostka posiada następujące wymiary: średnica cyl. silnika = 120 mm, cyl. sprężarki = 130 mm, zderzaka = 300 mm, największy skok  $s = 2 \times 135$  mm,  $n = 900$  obr./min.

W typie tym użyto korbowodów i wahaczy do utrzymania ruchów obu tłoków w stałym synchronizmie. Synchronizacja pneumatyczna nie została tu zastosowana ze względu na to, że od jednostki pracującej na zasadzie stałego ciśnienia sprężania w silniku wymaga się pełnego wyzyskania objętości skokowej sprężarki, co byłoby niemożliwe przy połączeniu obu sprężarek rurociągiem, zawierającym dość znaczną martwą pojemność.

Jednostka ta ma już za sobą stokilkadziesiąt godzin ruchu. Wyniki przeprowadzonych prób wykazały w całej pełni, iż ten typ maszyny jest typem przemysłowym, posiadającym następujące poważne zalety: 1) pewność ruchu, nie ustępującą, a w pewnej mierze nawet przewyższającą pewność ruchu silników korbowych (ze względu na dużą prostotę konstrukcji; 2) nie wymaga umiejętnej obsługi, której zadaniem jest, poza uruchomieniem i zatrzymaniem, tylko kontrola stanu oliwy i paliwa w zbiornikach; 3) dostosowanie się do każdorazowego zapotrzebowania powietrza dokonywane jest przez samoczynny aparat regulujący; 4) oliwienie wszystkich części trących odbywa się przymusowo od praski oliwnej, napędzanej przez ruch tłoków; 5) długi czas służby jednostki ze względu na brak sił poprzecznych na tłokach, co powoduje, iż zużycie tłoków i cylindrów musi być dużo mniejsze niż analogiczne w silnikach korbowych; 6) niskie koszty zakładowe, które wahają się około połowy kosztów dziś potrzebnych w wypadku zespołu silnik korbowy - sprężarka, lub silnik elektryczny - sprężarka; 7) niskie koszty ruchu, głównie ze względu na rodzaj paliwa (olej ga-



zowy), która to zaleta występuje tak w małych jednostkach przwoźnych, gdzie dotychczas są używane do napędu silniki benzynowe, jak w większych jednostkach, dostarczających powietrza do celów technologicznych, gdzie do napędu sprężarek używane są silniki elektryczne. Odgrywa tu rolę również i brak dławienia powietrza ssanego przez sprężarkę (idea procesu samoregulacyjnego), co eliminuje straty na dławienie ssania, a rów-

nocześnie umożliwia doskonałą ciągłą regulację ilości wyłaczanego powietrza od zera do maximum.

Obecny stan prób zezwala na twierdzenie, że w ciągu najbliższych miesięcy ten typ sprężarki będzie mógł być już wypuszczony na rynek. Oparta na tych samych zasadach jednostka projektowana na 16 — 18 m<sup>3</sup>/min znajduje się obecnie w stadium konstrukcji.

## Przyczynki do techniki usprawnienia zakładu przemysłowego\*)

Napisał inż. M. T h u g u t t .

L iteratura światowa, poświęcona sprawom organizacji przemysłu, jego racjonalizacji, metodom wyznaczania właściwego czasu roboczego, usuwania najrozmaitszych strat we wszelkiego typu zakładach i t. p. zagadnieniom, mającym wspólny cel obniżenia kosztów wytwarzania, jest już dziś tak wielka, że utworzyłaby kilkotysięczną i nadal szybko wzrastającą bibliotekę.

Polska wniosła również niejedną pierwiastek twórczy do tego ogólnego dorobku naukowego, pozostaje atoli, niestety, wielki odstęp między nami a narodami przodującymi, jeśli chodzi o zastosowanie praktyczne, t. j. wykorzystanie w przemyśle wymienionych wyżej działów. Pod tym względem przemysł Stanów Zjedn. i Europy Zachodniej osiągnął już, jako całość, wyniki zdumiewające, podczas gdy u nas nieliczne wytwórnie, prowadzące systematyczne badania, mające na celu usprawnienie swej produkcji, są ciągle jeszcze pionierami na tem polu, a wysiłki ich nie zawsze spotykają się z dostatecznym zrozumieniem ogółu. Szczególniej dzisiaj, w zakresie ciężkiego przesilenia gospodarczego, poglądy przeciwne stosowaniu nowoczesnych metod osiągnięcia racjonalnej wydajności pracy spotykają się coraz częściej, i niewiele jest chyba zarzutów, których oszczędzonoby racjonalizacji i mechanizacji przemysłu — głównym jakoby sprawczyniom najboleśniejszych niedomagań społecznych. Zwalczaniem tych szkodliwych przesądów zajmują się u nas organizacje i czasopisma fachowe, nie będąc im też poświęcając więcej miejsca, zaznaczając tylko, że hasła, głoszące w konsekwencji powrót do przemysłu o charakterze niemal chałupniczym są u nas bardziej niebezpieczne niż w innych krajach, w których nowoczesne formy wytwarzania tak już okrzykły, że stanowią same przez się potężną zaporę przeciwko jakimkolwiek sugestjom wstecznym.

Z pośród wielu czynników, wpływających na koszt wytworzenia, a więc rozchodu surowców, energii mechanicznej, narzędzi i t. p. oraz czasu wytwarzania, ten ostatni, zdawałoby się abstrakcyjny czynnik, którego straty niewątpliwie są najtrudniejsze do usunięcia, odgrywa bodaj najważniejszą rolę, oddziałując nader silnie na kształtowanie się ceny produktu. Wartość czasu wytwarzania rośnie

wraz z postępem technicznym, a więc, dla danego zakładu przemysłowego, wraz z inwestycjami, poczynionymi na jego terenie. Gdy w przedsiębiorstwie przemysłowym typu chałupniczego, w granicznym wypadku, czas pracy stanowi tylko o kosztach robocizny, przy braku jakichkolwiek obciążeń pośrednich, to — przeciwnie — w zakładzie nowoczesnym, posiadającym nowe, niezamortyzowane jeszcze instalacje, a szczególnie takim, który położony jest w dużym mieście lub ośrodku przemysłowym, czas robocizny, przemnożony przez coraz to wzrastające koszty maszynogodziny, względnie chociażby tylko placogodziny przy pracy ręcznej, stanowi tak wielką odsetkę w ogólnych kosztach wytwarzania, że nawet drobne jej wahania stanowiąc mogą o skutecznym współzawodnictwie na rynku. Oczywiście koszt robocizny, który przez cały czas będziemy odróżniać od czasu robocizny, jest w przedsiębiorstwie nowoczesnym drobnym nieraz ułamkiem w porównaniu do tegoż kosztu w przedsiębiorstwie pierwotnym; nawet dla tej samej pracy ręcznej jest on zawsze mniejszy, — pod warunkiem uprzedniego, celowego jej zorganizowania i usprawnienia.

Wyznaczanie racjonalnych metod pracy i właściwych czasów wykonania poszczególnych operacji może być prowadzone z korzyścią w zakładach wszelkich wielkości, od najmniejszych do największych, z tego jednak co powiedziałem wyżej wynika, że specjalnie wymagają racjonalizacji, niejako „dojrzewają” do niej, zakłady o znacznych kosztach pośrednich wytwarzania.

Uwagi, które zamieszczone będą niżej, dotyczą takiego właśnie zakładu przemysłowego, który, po odbudowaniu z dotkliwych zniszczeń okresu wojny i zaopatrzeniu w nowoczesne urządzenia wytwórcze, wznowił i ustalił swoją produkcję w okresie kilku lat pracy powojennej, poczem, nie chcąc iść zawodną nieraz drogą nadmiernego rozszerzania swych warsztatów, zdecydował się na przeprowadzenie wewnętrznej reorganizacji metod wytwarzania, celem osiągnięcia możliwości, zarówno jakościowego jak i ilościowego, podniesienia produkcji. W tym celu, w połowie r. 1928, kierownictwo wytwórni zaprosiło do współpracy znanego na gruncie przemysłu amerykańskiego organizatora, p. W. Clarka i p. A. Kucharzewskiego, którzy po zapoznaniu się z warunkami miejscowymi opracowali w ciągu paru lat następnych szereg wytycznych, mających

\*) Referat zgłoszony na VII Zjazd Inżynierów Mechaników Polskich.

przedewszystkiem na celu stworzenie takiego szkieletu organizacyjnego wytwórni, który umożliwiłby zarówno zwiększenie wydajności pracy w granicach poszczególnych wydziałów, jak i sprawniejszą współpracę między wydziałami. W miarę posuwania się prac p. Clarka, pojawiła się konieczność utworzenia placówki, która, w ramach realizowanych form organizacyjnych wytwórni, zajęłaby się usprawnieniem samej produkcji. Instytucja, jaką powołano wówczas do pracy, posiadała początkowo charakter sekcji usprawnień w wydziale montażowym, z czasem zaś, objawwszy swą działalnością inne wydziały, przekształcona została na Biuro Usprawnień, jednostkę samodzielną, podlegającą bezpośrednio kierownictwu fabryki.

Utworzenie samodzielnego Biura Usprawnień na terenie fabryki było najbardziej celowym rozwiązaniem, posiadającym szereg wyróżniających je zalet. Mianowicie, pracownicy Biura, mimo że zatrudnieni w różnych wydziałach, podlegają jednolitemu kierownictwu, co wpływa dodatnio na znormalizowanie metod usprawnienia poszczególnych warsztatów, usuwa możliwość jakichkolwiek wpływów ubocznych na przebieg usprawnienia, uniemożliwia nawet czasowe oderwanie pracowników Biura od ich właściwych zadań i zajęcie ich sprawami związanymi z ruchem, zapewnia wreszcie wymianę doświadczenia, nabytego w różnych wydziałach, i bezstronne rozstrzyganie tych wszystkich kwestyj spornych, które powstają mogą podczas rozmów z przedstawicielami robotników.

Przed zajęciem się pracami Biura Usprawnień, opiszę w paru słowach ten stan planowania, przygotowania i wydawania roboty na warsztat, jaki istniał w chwili jego utworzenia. A więc wytwórnia posiadała już Centralny Wydział Planowania, który, na podstawie napływających zamówień i uzgodnionych z klientami terminów, ustalał szczegółowe terminarze wykonania danego zamówienia dla każdego z interesowanych nim wydziałów; w terminarzu podana była, zapomocą wykresów Gantta, ilość sztuk danego półfabrykatu, względnie fabrykatu, która winna być wykonana na żądany termin; w ten sposób ujęto w czasie nie tylko ostateczny termin ukończenia zamówienia w danym warsztacie, ale i sposób rozłożenia zamówienia na okres czasu, odpowiadający jego realizacji. Było to podstawowym warunkiem zarówno dla osiągnięcia równomiernego obciążenia wydziałów i zmniejszenia przez to ich kosztów pośrednich, jak i uniknięcia przestoju tych wydziałów, których produkcja uzależniona była od terminowego otrzymania półfabrykatów lub gotowych części składowych. O ewentualnych przekroczeniach terminów wykonania danej części zamówienia, wydziały informują natychmiast kierownictwo wytwórni, podając przyczynę opóźnienia. Taki sposób postępowania podkreśla wielką odpowiedzialność kierowników wydziałów pod względem dotrzymania terminu zamówienia, z drugiej zaś strony ułatwia kierownictwu wytwórni usunięcie tych przyczyn opóźnienia, które przestają nosić znamiona przypadkowości, a mogą leżeć poza kompetencją kierowników wydziałów.

Po otrzymaniu terminarzy z Centralnego Wydziału Planowania i potrzebnych rysunków z Biura Technicznego, Wydziały przystępują do sporzą-

dzania kart operacyjnych<sup>1)</sup>, w dalszym zaś ciągu, na podstawie kart operacyjnych i terminarzy, — do przygotowania poleceń terminowych na daną ilość sztuk bieżącego zamówienia; wreszcie — dziennych list pracy i kart roboczych; te ostatnie odbierają robotnicy z szafek lub okienek Biur Wydziałowych przed rozpoczęciem roboty, zwaracając je kartkowym, natychmiast po jej ukończeniu. To, co powiedziałem wyżej, jest tylko najogólniejszym szkicem, który w poszczególnych wydziałach ulega pewnym zmianom, nie zniekształcającym jednak głównych wyliczeń, mających na celu osiągnięcie tak prostego i logicznego planowania oraz przygotowania produkcji, aby zapewnione być mogło niezawodne jej wykonanie w przewidzianym terminie i jak najłatwiejsza kontrola. Wszystkie czynności składowe, a więc przygotowanie kart operacyjnych, poleceń i t. p. ujęte jest co do terminów wykonania wieloma drobiazgowymi, logicznie uszeregowanymi przepisami, przyczem jako punkt wyjścia służy zawsze data rozpoczęcia zamówienia. Jak widzimy, forma zorganizowania produkcji była w chwili powstania Biura Usprawnień całkiem już nowoczesna, chodziło jedynie o wypełnienie jej treścią sprawnej i wydajnej pracy warsztatu.

Aby to osiągnąć, postanowiono przeprowadzić szczegółowe badania poszczególnych operacji, połączone z *chronometrażem*, które tworzyłyby niejako odbitkę fotograficzną tego przebiegu pracy, jaki był na warsztacie przed rozpoczęciem usprawnienia. Dopiero dalsze przeanalizowanie zaobserwowanej w ten sposób operacji dawało możliwość wyciągnięcia wniosków, które w formie zredagowanych na piśmie zaleceń kierowano wraz z krótkim opisem przebiegu pracy do kierownictwa interesowanych wydziałów. Praca obserwatorów wymaga dokładnej znajomości warsztatu i wykonywanych w nim prac, ponadto zaś dużej spostrzegawczości i umiejętności logicznego wnioskowania. Cechy te posiadają tak wielkie znaczenie, że cała niemal wartość obserwacji zależy od kwalifikacji tego, kto ją przeprowadza. Wykształcenia techniczne i umiejętność najlepszego zastosowania tych środków, jakimi rozporządza warsztat, występują głównie przy redagowaniu zaleceń, mających na celu usunięcie zaobserwowanych strat. Metoda obserwacji bezpośrednich jest kosztowna, długotrwała przy dużej różnorodności operacji, ale ona jedna daje możliwość usunięcia tych wszystkich strat, które latami pokutują na warsztacie, zapewniając nadto w sposób najbardziej wiarogodny wyznaczenie właściwych czasów roboczych. Toteż *chronometraż* jest dzisiaj podstawą wyznaczania czasów w przemyśle zagranicznym, należycie cenioną przez najpoważniejszych autorów, zarówno teoretyków, jak i praktyków. Nie kwestionuję bynajmniej wielkiego znaczenia tabel i wykresów, ułatwiających określanie czasu roboczego, a przydatnych nie tylko jako pomocniczy środek kontrolny przy ustalaniu wyników obserwacji, lecz wygodnych nieraz do wykorzystania np. przez kalkulację ofertową (rys. 1). Tem niemniej jednak pogląd wyrażony przed kilku laty przez jednego ze znanych naszych warsztatowców, jakoby badania czasu pracy podczas jej wykonywania

<sup>1)</sup> O ile nie były już wykonane przy poprzednich analogicznych zamówieniach, a sposób wykonania nie uległ zmianie.

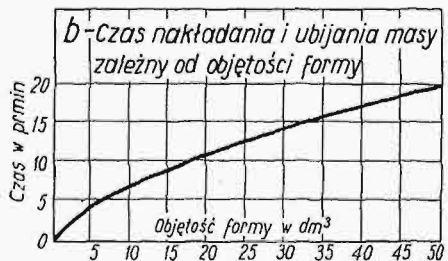
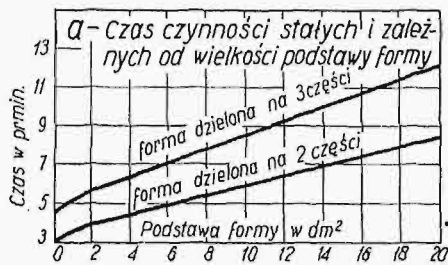


doprowadzały do fałszywych wyników naskutek umyślnego przedłużania pracy i złośliwego sabotażu ze strony robotników, wydaje się, przy posiadaniu dostatecznego krytycyzmu, absolutnie nieuzasadniony.

Przeciwnikami chronometrażu są również ci autorzy, którzy widzą w nim biegunowo przeciwne wady, a mianowicie: środek do nadmiernego przeciążania pracą robotników, — sprzecznego z zasadami fizjologii i higieny pracy. Panowie ci usunęliby chętnie inżynierów i techników od określania norm wydajności pracy, zatrudniliby natomiast na ich miejsce fizjologów i lekarzy, przekształcając wytwórnię na sanatorium. Dlaczego jednak chronometraż pracy przeciętnych robotników, dokonywany przez obserwatora niezainteresowanego materialnie w zmniejszaniu czasu pracy, nie wywierającego żadnej presji na wykonawców, miałby się przyczyniać do utraty zdrowia robotników, po wprowadzeniu czasów, wyzna-

ilości robotników z ilością zatrudnionych podczas obserwacji. Harmonizacja pracy grupowej. Przestrzeganie podziału pracy w ramach grup roboczych, w zależności od wysokości płac.

- 4) Dążenie do najsprawniejszego wyzyskania kosztów maszynogodzin.
- 5) Możliwie daleko posunięte ograniczenie ilości robotników dniówkowych, względnie, co na jedno wychodzi, robotników pracujących na t. zw. premje gwarantowane.
- 6) Zbadanie, czy nie mają miejsca błędy techniczne przy wykonywaniu danej operacji.
- 7) Sprawdzenie opłacalności i ewentualne zastosowanie środków ułatwiających pracę i kontrolę produkcji, jak uchwyty, szablony, sprawdziany i t. p.
- 8) Stwierdzenie racjonalności rodzaju, wielkości i ilości używanych przy robocie narzędzi.
- 9) Zastosowanie właściwych dla danego warsztatu środków transportowych, dostarczanie części składowych operacji w takim terminie, aby usunąć przestoje robotników. Zmniejszanie długości drogi surowców i fabrykatów w obrębie wytwórni lub wydziału.
- 10) Ustawienie nowych, względnie przeróbka istniejących, ale niedostatecznych urządzeń ochronnych.



czenie otwartych płaszczyzn. Nakłucie otworów gazowych. Posmarowanie glinką szarą płaszczyznę słykowej. Wyglądzenie formy z zewnątrz.

Instrukcja: Czas faktyczny formowania należy brać jako sumę  $T = [a + b + c] \text{prmin}$

Rys. 1. Tabela orientacyjna do wyznaczania czasu formowania ręcznego w skrzynkach rozbiieranych.

Tabele sporządzono po przeprowadzeniu kilkudziesięciu obserwacji wykonywania różnych form bezskrzynkowych, co dało podstawę do ustalenia rodzaju i wielkości czynności elementarnych.

czonych na podstawie średnich, a nie najmniejszych danych z obserwacji, autorzy ci nie piszą, poprzestając na rzuceniu ogólnikowego nieuzasadnionego oskarżenia.

Wkrótce po rozpoczęciu prac Biura Usprawnień okazało się, że we wszystkich operacjach, niezależnie od tego, w jakich one były wykonywane wydziałach, występowały pewne wspólne zagadnienia, których należyte opracowanie decydowało w każdym poszczególnym wypadku o zmniejszeniu, względnie usunięciu istniejących strat, a które możemy ująć zgrubsza w następujących punktach:

- 1) Zbadanie, czy zakres pewnej wyodrębnionej operacji jest racjonalny i czy nie należałoby rozbić jej na dalsze operacje składowe, lub też — przeciwnie — połączyć z operacjami poprzedzającymi, względnie następującymi.
- 2) Stwierdzenie, czy czas na wykonanie danej operacji określony został właściwie, czy nie występują straty wskutek zbyt małego wysiłku, wprawy oraz ewentualnej bezczynności robotników.
- 3) Porównanie najwłaściwszej do wykonania operacji

C - Czas wyznaczony indywidualnie dla 1-ej formy	
Nazwa czynności	prmin.
Wstawienie i zaprawienie rżenia	0,40
Wstawienie 1-go drutu, względnie 1-go chłodnika, gwoźdźcia lub sprężynki.	0,10
Wstawienie i wyjęcie 1-go leja lub nadlewu, obustronnie wykończenie otworu	0,75
Spięcie formy obustronnie szpilkami	0,04 <sub>kszp</sub>
Czas na wstawienie części ruchomych modelu, poprawki i zabiegi nieprzewidziane wyznaczać na podstawie obserwacji lub przez analogię.	

A. Czasy stałe dla 1 formy:  
 Pokrycie blachą i odwrócenie skrzynek.  
 Ostukanie i zdjęcie denek.  
 Nałożenie górnej skrzynki na dolną i wyjęcie klinów.  
 Ostukanie i zdjęcie ramek.

A. Czasy zależne od wielkości podstawy formy:  
 Zwilżenie skrzynek naftą.  
 Zgarnięcie nadmiaru masy i wyglądzenie.

Po ustaleniu powyższego podziału, który nie rości pretensji do ścisłości i całkowitego wyczerpania wszystkich możliwych rodzajów strat, zachodzących w toku produkcji, uzupełnimy go szeregiem przykładów, wybranych z spośród kilkuset przeprowadzonych na terenie wytwórni obserwacji.

Ad. 1. W wydziale montażowym, w którym większość operacji ślusarskich, stolarskich, lakierniczych i tapicerskich dotyczy wagonów osobowych i towarowych różnych typów, wykonywane były operacje, indywidualne lub grupowe, trwające po parę, a nawet kilka dni. Kontrola pracy przy tak długich robotach była nadzwyczaj utrudniona, gdyż samo określenie stanu operacji w danej chwili nie było łatwe z powodu braku ich logicznego uszeregowania, nie mówiąc już o racjonalnej kolejności i przygotowaniu roboty. To też jedno z pierwszych zaleceń p. Clarka miało na celu przeprowadzenie takiego podziału prac montażowych, aby operacja, o ściśle określonych granicach, mogła być wykonana nie dłużej, niż w ciągu 1-go 8-godzinnego dnia roboczego.

Wprowadzenie tego zalecenia dało znaczne korzyści w postaci zmniejszenia kosztów robocizny. Tak np. operacja p. t. „Wykonać 2 kompletne harmonje przejściowe” (do wagonów 3-ej klasy), zatrudniała 4 rymarzy w ilości 140 godzin. Po rozbięciu tej operacji na 17 składowych takich, jak „Uciąć 18 nitok, nasmołować i skręcić po 2 końce”, „Zakończyć ręcznie grzbiety 2 harmonij”, „Obszyć ręcznie płótnem 20 listew usztywniających” i t. p., uzyskano zmniejszenie czasu robocizny o 18%, mianowicie do 114,9 prg.; ponadto część łatwiejszych operacji wykonywana jest przez pracowników ry-



marskich, o mniejszych stawkach zarobkowych. Warto zaznaczyć, że po usprawnieniu tego kompletu operacyj, premje wyrabiane przez rymarzy i pomocników wzrosły z 5 — 10% do 58,5% (średnia za r. 1932).

Ad. 2. Ten punkt był istną kopalnią strat. We wszystkich wydziałach czasy wykonywania poszczególnych operacyj wyznaczane były „na oko”, na podstawie mniej lub bardziej przybliżonych porównań z dawniejszemi podobnymi operacjami, co prowadziło do utrwalania się i odradzania w kolejnych zamówieniach raz poczynionych błędów<sup>2)</sup>.

Robotnicy, obawiając się niestępnie zmniejszenia swych zarobków, kryli czasy zbyt duże, podczas gdy nieliczne czasy za małe odpadały natychmiast wskutek ich reklamacyj, a przy zwiększaniu ich nie opierano się również na żadnej racjonalnej podstawie. Z chwilą rozpoczęcia naszych badań, wprowadziliśmy, prócz chronometrażu, który z zasady odbywa się jawnie, również ocenę wysiłku oraz wprawy robotnika, co łącznie z warunkami jego pracy służy do określenia sprawności wykonawcy i daje możliwość wprowadzenia poprawek czasu zaobserwowanego. Obawiając się zarzutu, że i tak określanie sprawności pracy fizycznej odhyla się „na oko”, pragnę zaznaczyć, że przez rozbitcie sprawności na trzy składowe jest już ono znacznie ułatwione, ponadto dokonywane jest zawsze przez specjalistę, który pewne wskazówki charakterystyczne otrzymuje już z wyników chronometrażu. Wreszcie, co najważniejsze, ocena nie odbywa się a priori, lecz po wykonaniu operacji. Poniższa, zaczerpnięta ze źródeł amerykańskich, tabelka obrazuje wielkości współczynników, stosowanych przez nas do określania sprawności robotnika:

O c e n a	Wprawa	Wysiłek	Warunki
Wyjątkowa . . .	+ 0,15	+ 0,12	+ 0,05
B. dobra . . .	+ 0,10	+ 0,08	+ 0,04
Dobra . . .	+ 0,05	+ 0,04	+ 0,02
Przeciętna . . .	0,00	0,00	0,00
Słaba . . .	- 0,05	- 0,04	- 0,03
Zła . . .	- 0,15	- 0,12	- 0,10

Sprawność = 1 + Wprawa + Wysiłek + Warunki.

Jak widzimy, obiektywny układ tabeli i sposób określania sprawności, sprowadzający czas wyznaczony do przeciętnego wysiłku i wprawy robotnika oraz przeciętnych warunków pracy, wykazuje dostatecznie ignorację tych czynników, które w chronometrażu widzą największe zło robotnika.

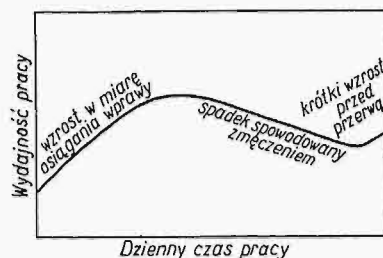
Przykład: Przypuśćmy, że czas wykonywania pewnej operacji wyniósł na podstawie chronometrażu, 60 pracominut, po odliczeniu strat na przestoje i bezczynność; wprawę robotnika oceniliśmy

<sup>2)</sup> Również i w przemyśle zagranicznym metody wyznaczania kosztów robocizny dalekie są jeszcze od ujednostajnienia. Np. według Transact. Bull. Am. Foundrym. Ass. (styczeń 1932) ze 196 odpowiedzi na ankietę, rozesłaną do odlewni amerykańskich, otrzymano następujące dane. Koszt robocizny przed zaformowaniem modelu określony był w 12 zakładach przez biuro kosztów wł., w 73 — przez kierownictwo odlewni, w 55 — przez majstra, a tylko w 40 przez obserwatora. 65% odlewni nie posiadało żadnego systemu obliczania kosztów produkcji, ustalając cenę odlewu wg. przybliżonego oszacowania. Z różnych metod obliczania kosztów wyróżniała się metoda Brown and Sharpe Co, oparta głównie na wynikach badania czasów roboczych.

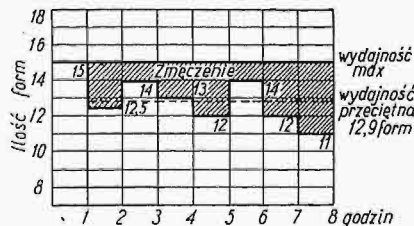
jako słabą, wysiłek — zły, warunki — przeciętne. W takim razie sprawność robotnika wyniesie:  $1 - 0,05 - 0,12 + 0,00 = 0,83$ , a czas wyznaczony =  $60 \times 0,83 = \sim 50$  prmin.

Liczbę pomiarów czasu roboczego ustala się w zależności od znaczenia, jakie posiada badana operacja dla warsztatu (koszta pośrednie operacji), z drugiej zaś strony liczyć się trzeba z kosztem obserwacji, który nie powinien przekraczać korzyści, na jej podstawie uzyskanych. W razie przeprowadzenia kilku lub kilkunastu pomiarów operacji, rozbitej na zabiegi elementarne, wyznacza się ich czasy średnie, zgodne z największymi częstościami ujętych chronometrażem wielkości czasu.

Wydatność pracy, dostatecznie sprawnej, zmienia się w ciągu dnia w zależności od zmęczenia robotnika; ustalenie związku między zmęczeniem a rodzajem pracy napotyka na na wielkie trudności, mimo że ich zależność funkcjonalna nie może być kwestionowana (rys. 2<sup>3)</sup> i 3<sup>4)</sup>). Droga uciążliwych pomiarów ustalono, często dzisiaj spotykane w literaturze fachowej wykresy lub tabelę współczynników zmęczenia, dla robót fizycznie najbardziej wyczerpujących, takich jak przenoszenie



Rys. 2. Wpływ zmęczenia na wydajność pracy przy robotach ślusarskich.



Rys. 3. Wpływ zmęczenia na wydajność pracy formierzy.

ciężarów, kopanie, ubijanie piasku (np. w odlewniach) i t.p. Współczynniki te służą do obliczenia dodatku czasu na zmęczenie. W naszej praktyce nie uważaliśmy za właściwe wyznaczania dodatków czasu na zmęczenie, gdyż wydajność pracy robotników daleka jest jeszcze od wyników, osiągniętych w zracjonalizowanych przedsiębiorstwach zagranicznych. Tam natomiast, gdzie wysiłek robotników wynikałby z narzuconego im niejako mechanicznie tempa pracy, np. przez ruch taśmy lub łańcucha, drobiazgowo określanie współczynnika zmęczenia stałoby się koniecznością.

Ad 3. W obserwowanych operacjach zmieniliśmy niejednokrotnie ilość zatrudnionych przy nich robotników, celem uniknięcia bezczynności w razie zbyt wielkiej ich liczby, albo też, przeciwnie, przeniesienia czynności nie wymagających specjalizacji na tańsze siły robocze. Jako przykład, służyć może operacja kształtowania śruby sprzęgowej, wykonywana uprzednio przez 2-ch kowali i 2-ch pomocników, przynoszących nagrzaną materjał z pie-

<sup>3)</sup> Freund - Wüstehube, Schlosserei und Montage - Arbeitszeit - Ermittlung.

<sup>4)</sup> H. Tillman. Lehrbuch der Stückzeitermittlung in der Maschinenformerei.

ca. Po szczegółowym porównaniu czasów elementarnych kształtowania i transportu, okazało się, że objęcie 1-go pomocnika nie zmniejszy ilości sztuk, kształtowanych na godzinę, obniżając natomiast koszt robocizny o 20%.

Wyznaczywszy zgrubsza skład grupy roboczej, należało przystąpić do szczegółowego podziału pracy na czynności elementarne, tak, aby uniknąć w miarę możliwości tych nieuniknionych przestoju, które wynikały skutkiem czekania jednych robotników na drugich. Tutaj wielką pomocą były metody graficzne, uwypuklające jednoczesność czynności elementarnych w grupie (rys. 4). Ogólna suma pracogodzin, wyznaczonych dla danej operacji, nie jest sumą arytmetyczną składowych, lecz z konieczności obejmuje i drobne czasy stracone.



Rys. 4. Harmonogram formowania maszynowego jednego z modeli w odlewni staliwa.

Przestoje robotników przed usprawnieniem wynosiły wskutek złego podziału pracy 28,6% ogólnego czasu robocizny; po szczegółowym zbadaniu czynności elementarnych i dodaniu 3-go robotnika (C) do wykończenia obu skrzynek, ograniczono nieuniknione straty do 0,18%, osiągając oszczędność 33,5% całkowitego czasu robocizny.

Stabilizacja ceny danego produktu pociąga za sobą, caeteris paribus, konieczność wykonywania kolejnych operacji przez robotników o zbliżonych, jeśli nie tych samych, stawkach zarobkowych. W przeciwnym razie najdokładniejsze nawet ustalenie akordów czasowych nie osiąga pełnych korzyści, gdyż różnice kosztów robocizny w kuźni np. przekraczać mogą 30%. Sprawa jest prosta przy stałym obciążeniu warsztatu, dziś jednak, gdy obciążenia wahają się w b. szerokich granicach, przydzielanie operacji robotnikom o przewidzianych stawkach zarobkowych nastęrcza duże trudności, gdyż w miarę redukcji personelu, wydziały ujawniają tendencję zatrzymywania starych, droższych pracowników, zwalniając siły tańsze, mniej ukwalifikowane, ale zupełnie wystarczające dla ogromnej ilości operacji.

Ad. 4. Do tego punktu Biuro Usprawnień przywiązywało dużo uwagi. Typową metodą zmniejszenia ilości rozchodowanych na daną robotę maszynogodzin stało się takie dobieranie ilości robotników, obsługujących maszyny, aby mogły one uzyskać możliwie pełne obciążenie podczas pracy. W ostatecznym razie zdecydowaliśmy się raczej na częściowo nieuniknioną bezczynność robotnika lub robotników, niż na bezczynność maszyny, zawsze jednak po przeprowadzeniu szczegółowej kalkulacji kosztów w obu wypadkach. Jednym z przykładów takiego prostego usprawnienia operacji jest

wykonywanie na 2-ech maszynach wstrząsowych pewnych form do odlewów stalowych; operacja wykonywana była przez 2-ech formierzy maszynowych, którzy kolejno obsługiwali swe maszyny, wykańczali górne i dolne połówki, wreszcie odnosili je na plac do odlewu i składali. W czasie 2-ech ostatnich czynności wstrząsarki były bezczynne.

Koszt całkowity wykonania 1-ej formy (robocizna + maszynogodziny) wynosił 1,97 zł. Po dodaniu 3-go robotnika do wykańczania form i kolejnego odnoszenia ich na plac wraz z jednym z pozostałych robotników, wyzyskanie wstrząsarek zwiększyło się o 38%, a koszt wykonania 1-ej sztuki obniżył się do 1,31 zł.

Spotykaliśmy się atoli z wypadkami, w których produkcja maszynowa, nawet po usprawnieniu, była droższa niż ręczna. Wykonanie np. małych form na obustronnych płytach modelowych trwało na pewnym specjalnym typie wstrząsarki tylko o 9% krócej niż ręcznie, to też koszt formowania maszynowego były 2,78 razy większe, niż ręcznego; po usprawnieniu, przez rozbitcie operacji i obniżeniu kosztu maszynogodziny wstrząsarki, można było w najlepszym wypadku osiągnąć pracę maszynową o ok. 14% szybszą niż ręczna i 1,18 razy droższą. Oczywiście, taki wynik kalkulacji stawia pod znakiem zapytania celowość instalowania maszyny, która zysku nie daje i nie da, a równoważna co do jakości produkcja wypada taniej przy pracy ręcznej.

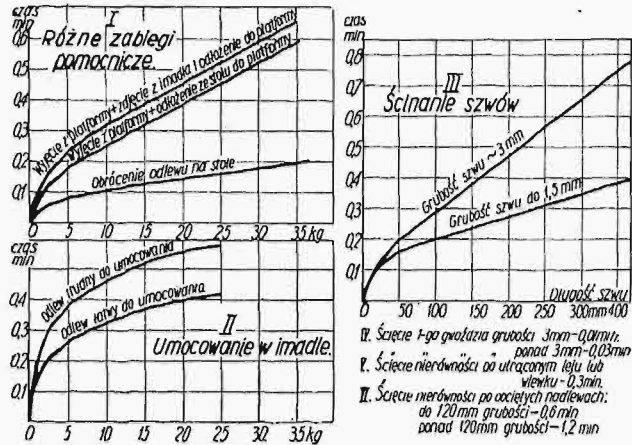
Podobnie np. w kuźni czas prostowania (na zimno) trzonów zderzakowych zmniejszono 2-krotnie, umożliwiając także zwiększenie wydajności młota, tylko wskutek dogodniejszego ustawienia platform z materiałem dowożonym pod młot, co skróciło czas podawania trzonu na kowadło i przestoje młota.

Dążąc do zmniejszenia maszynogodzin, analogicznie postępowaliśmy i z placogodzinami, szczególnie w większych wartościach jednostkowych. Było to kwestią szczególnie palącą w montażu wagonów osobowych, gdzie znaczna powierzchnia rzutu poziomego wagonu zmuszała do obciążenia montażu poważnymi kosztami placogodzin, sięgającymi kilkudziesięciu zł. na dobę, ponadto zaś czas przebywania wagonu w montowni decydował w znacznej mierze o możliwościach wytwórczych całych zakładów. Początkowo sprawa ta nie była dostatecznie doceniana i znany mi jest np. charakterystyczny wypadek przetrzymania wagonu w jednej z hal montażowych o 24 g. jedynie z powodu niedostarczenia na czas 2-ech kłódek do skrzynek akumulatorowych. Z czasem jednak, po dłuższej współpracy Biura Usprawnień z kierownictwem interesowanego wydziału, nie tylko osiągnięto terminowe zaopatrzenie w części składowe lokalnego magazynu podręcznego, ale, co najważniejsze, zdołano podwoić ilość stanowisk, które można było obsadzić równocześnie w wagonie podczas jego pobytu w montowni. Ponieważ i czasy zajmowania poszczególnych stanowisk ulegały ustawicznym poważnym zmianom na lepsze (na co składały się prawie wszystkie przyczyny wymienione wyżej w 10 punktach), osiągnięto (po dłuższym okresie czasu) zredukowanie czasu pobytu wagonu osobowego w montowni ze 185 do 32 dni.

Ad. 5. Pragnąc się przyczynić do usprawnienia kalkulacji kosztów wytwarzania, w myśl zasad któ-



rej żadna robota nie powinna być obciążona kosztami, do niej nie należącymi, staraliśmy się przerzucić na produkcję jaknajwiększą ilość tych robotników dniówkowych, którzy przedtem obciążali specjalne konta wydziałowe. Dotyczyło to przede wszystkim pomocy warsztatowej różnych rodzajów, której część wogóle okazała się zbędna, część otrzymuje obecnie zwykłe akordowe karty robocze, resz-



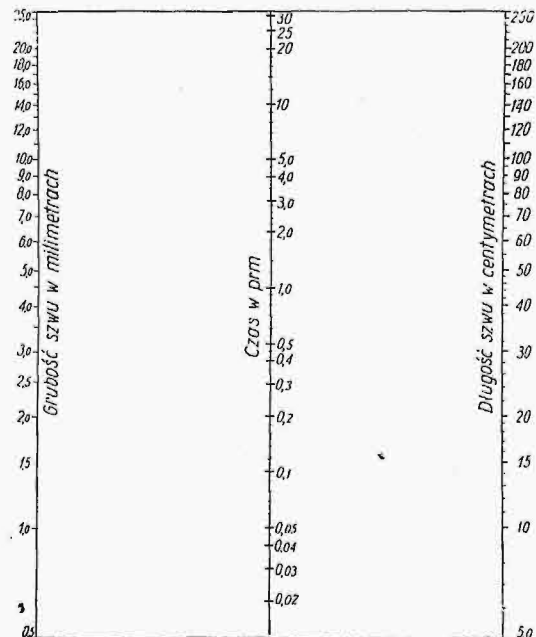
Rys. 5. Wykresy do wyznaczania czasu ścinania szwów na odlewach stalowych za pomocą wycinaków pneumatycznych.

ta zaś pozostała jako robotnicy dniówkowi, ale o zadaniach możliwie ściśle określonych. Praca pewnych kategorii robotników była wprawdzie przemijająca, jednakże nie zawsze w sposób dość racjonalny. Np. robotnicy oczyszczający odlewy stalowe i żeliwne za pomocą młotków pneumatycznych odpłacani byli stawkami godzinowymi, ponadto zaś otrzymywali dodatkowe wynagrodzenie stałe (różne dla odlewów stalowych i żeliwnych) od każdej tonny oczyszczonych odlewów. Taki sposób postępowania nie był słuszny, jeśli pamiętać o wielkiej różnorodności odlewów, różnych grubościach szwów, ilościach chłodziaków, średnicach lejów i nadlewów i t.p. To też dążyliśmy do wprowadzenia akordów czasowych, co jednak uczyniliśmy dopiero po przeprowadzeniu obserwacji wszystkich seryj powtarzalnych; na podstawie otrzymanych wyników ułożyliśmy wykresy (rys. 5), opatrzone instrukcją do obliczania czasu oczyszczania nowych odlewów stalowych. Dla odlewów żeliwnych czasy ścinania szwów ujęte są w postaci nomogramu (rys. 6). Wprowadzenie akordów czasowych wywołało wiele utyskiwań robotników, którzy z początku wszyscy przerabiali czasy wyznaczone. Dopiero po 3-4-ch miesiącach zaczęli przyzwyczajać się do zwiększonego wysiłku, dziś zaś, po nabyciu wprawy w szybszej pracy, zarabiają przewidziane, ukryte w akordach czasowych premje.

W podobny sposób, t. j. przez sporządzenie wykresów kalkulacyjnych, wprowadzono akordy czasowe dla spawaczy łukiem elektrycznym, którzy przedtem otrzymywali wynagrodzenie pod postacią t. z. premij gwarantowanych. Mimoходом zaznaczyłem, że o ile kalkulacja czasu spawania blach, prętów i t. p. nie nastrecza żadnych trudności i znaleźć ją można dzisiaj w każdym bodaj podręczniku spawania, o tyle kalkulacja spawania odlewów jest uciążliwa z powodu trudności określania tych zmiennych niezależnych, których funkcją może być czas spawania.

Ad. 6. Tutaj należy się parę słów wyjaśnienia. Otóż w zasadzie sprawy techniki produkcji danego wydziału winny obciążać zatrudnionych w nim specjalistów, inżynierów i techników, którzy, trzymając stale rękę na pulsie produkcji, mając ją ciągle przed oczami, winni kontrolować celowość tych środków technicznych, jakie przeznaczają dla danej operacji biuro fabrykacyjne, istniejące w tej czy innej postaci. W rzeczywistości atoli bardzo często spotykaliśmy się z przykładami tak słusznie skrytykowanego przez Taylora systemu „inicjatywy i zachęty”, który nie tylko wymagał od robotnika wykonania powierzonej mu roboty, ale przerzucał na niego inicjatywę wyboru najlepszej metody wykonania, rodzaju i kolejności poszczególnych czynności elementarnych, miejsca wykonania, zastosowania najodpowiedniejszych narzędzi i t. p., co, z natury rzeczy, musiało przekraczać i przekraczało kwalifikacje najzdolniejszych i najpilniejszych nawet robotników. To też zadaniem naszym stało się opracowywanie szczegółowych instrukcji wykonywania operacji, szczególnie tam, gdzie stosowane przedtem metody powodowały duże straty robocizny i nie dawały gwarancji dostatecznej jakości produktu.

Jako przykład z odlewni służyć może sposób ustawiania rdzeni, zwłaszcza w dużych formach. Prawie wszystkie rdzenie podlegały przed zmontowaniem opitowaniu tych powierzchni, które pasowane być miały z odpowiednimi częściami formy lub innych rdzeni. Uważając takie postępowanie, przy którym robotnicy tracili niejednokrotnie powyżej 50% czasu ogólnego montażu rdzeni za wysoce nieracjonalne, dążyliśmy stopniowo do całkowitego usunięcia pilnika z rąk formierzy i rdzenia-ry<sup>5)</sup>, pozostawiając im conajwyżej arkusz szkła-



Rys. 6. Nomogram do wyznaczania czasów ścinania szwów na odlewach żeliwnych za pomocą wycinaków pneumatycznych.

5) Jedno ze swych zaleceń sformułowaliśmy następującymi słowami: „Bezwzględnie usunąć pilowanie rdzeni po wyjęciu z suszarni, mające na celu dopasowanie ich wymiarów i kształtów. Pociąga to za sobą nie tylko ogromne straty robocizny rdzenia-ry i formierzy, ale naogół nadaje rdzeniom dowolne, indywidualne kształty, niezgodne z ry-

nego papieru do usunięcia szwów i drobnych nierówności rdzeni.

Innym przykładem jest sposób mocowania jednego z dużych rdzeni w formie; celem ustalenia jego położenia, skręcano linkę z drutów żelaznych, którą przewlekano przez wąski krzywy kanał naszerętną formy, gdzie umocowywano koniec linki szeregiem klinów i podkładek. Takie wykonanie było bardzo niepewne, rdzeń mógł być przesunięty w czasie odlewu pod działaniem wyporu ciekłego metalu, a czas wiązania i przewlekania linki wynosił... przeszło 9 godzin. Zredukowano go do zera po zaprojektowaniu prostego uchwytu, ustalającego położenie końca grubego drutu, wygiętego według krzywizny tego kanału, przez który miał być przesunięty. Oba przykłady dotyczą robót, które wykonywane były w większych serjach, a to decydowało w naszych pracach o skali stosowanych środków zaradczych.

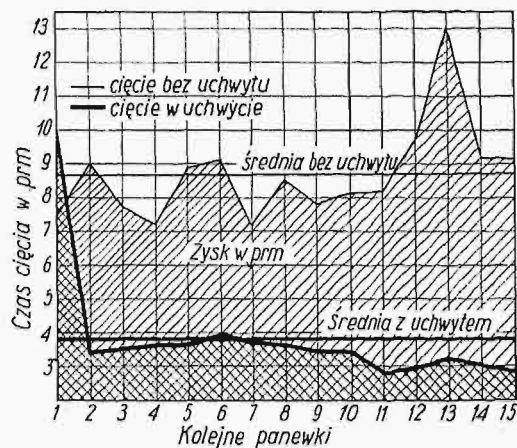
W kuźni przez drobne zmodyfikowanie czynności elementarnych uzyskiwano zmniejszanie ilości nagrzań i znaczne skrócenie czasu pracy. Tak np. przy kształtowaniu jednej z części o prostym kształcie ilość nagrzań spadła z 5 na 3, a czas operacji uległ 4-krotnemu zmniejszeniu.

W jednym z wydziałów mechanicznych, głównie, często spotykane niedociągnięcia techniczne polegały na stosowaniu nieracjonalnych prędkości skrawania i zbyt małym wyzyskaniu dopuszczalnego obciążenia maszyn. Tutaj jedynym sposobem usunięcia strat było zebranie brakujących charakterystyk i opracowanie przejrzystych tabel kalkulacyjnych obrabiarek oraz przestrzeganie pracy według ich wskazań. Pracę tę rozpoczęliśmy, osiągając zadowalające wyniki w postaci zmniejszenia kosztów obróbki, jednakże jest to zadanie, które, jak wiadomo, nie da się skutecznie w krótkim przeciągu czasu.

Ad. 7. Zastosowanie uchwytów i sprawdzianów w wydziale mechanicznym jest już dzisiaj tak powszechne, że nie będę się nad tem zatrzymywał. Obecnie, przy fabrykacji seryjnej, i inne warsztaty dążą do osiągnięcia tych korzyści, jakie daje uchwyt, szablon i sprawdzian (rys. 7). W montowni wagonów osobowych np. wyginanie rur walcowanych do sprężonego powietrza, pary i wody odbywało się na miejscu, pod wagonem. Po naznaczeniu, rury były wypełniane piaskiem, nagrzewane, krępowane na wyginarkach, poczem znowu przynoszono je do wagonu i, po przymierzeniu, dokonywano poprawek; oczywiście każdy przewód był wyginany inaczej, nie była to więc produkcja seryjna, ale wielokrotnie indywiduálne dorabianie i pasowanie części składowych fabrykatu. Po wykonaniu szablonów z prętów żelaznych, rury wyginano na maszynach według profilu szablonów, poczem kontrolowano ich kształty w pomysłowych sprawdzianach,

sunkiem. Jeśli po wyjęciu z rdzennicy rdzeń nie posiada odpowiednich wymiarów — wina leży w spazzonej, niewłaściwie wykonanej lub zużytej rdzennicy. Jeżeli wymiary prawidłowego po wykonaniu rdzenia nie zgadzają się po wyjęciu z suszarni — wina nieodpowiedniej (zbyt tłustej) masy, niedostatecznych lub źle rozmieszczonych kanałów gazowych, zbyt mocnego ucięcia masy, względnie zbyt gwałtownego suszenia lub uszkodzenia rdzenia przed wstawieniem do suszarni. Natychmiast po odnalezieniu właściwej przyczyny należy ją usunąć, a opłukaniu podlegać może tylko 1-szy egzemplarz, na którym stwierdzono odkształcenie”.

wykrępowanych z połówek rur, rozciętych wzdłuż osi. Różnica między wewnętrzną średnicą rury-sprawdzianu a zewnętrzną średnicą wykrepowanego przewodu stanowiła dopuszczalną tolerancję wykonania. Przygotowane w ten sposób serjami przewody montowane były pod wagonem już bez żadnych trudności. Wykrępowanie i ułożenie np. przewodu hamulca Westinghouse'a zmniejszono w ten



Zysk z zastosowania uchwytu (55%):

Warunki pracy	Czas w pracogodzinach								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
bez uchwytu									
z uchwycem									

Rys. 7. Wyniki zastosowania uchwytu przy obcinaniu nadlewów panewek na szybkoobrotowej pile tarczowej i oszczędności, uzyskane tą drogą w ciągu r. ub.

sposób ze 148 prg. poniżej 71 prg. W odlewni stosuje się już obecnie na szeroką skalę sprawdziany do kontrolowania wymiarów form i rdzeni, zarówno oddzielnych części, jak i zestawionych całości. Cyrkiel i skalę milimetrową spotyka się coraz rzadziej i rozumiałe jest, że zarówno dla dobra dokładności wykonania, jak i jego kosztów będziemy dążyć do całkowitego usunięcia tych nieracjonalnych przyrządów pomiarowych. Szczególniej formiernia odlewów precyzyjnych, przy daleko posuniętych podziale pracy, drobiazgowym zharmonizowaniu czynności składowych i powszechnem zastosowaniu sprawdzianów (także i różnicowych), upodobia się w swych metodach pracy do pioniera nowoczesnej, seryjnej i masowej fabrykacji — warsztatu mechanicznego.

Innym charakterystycznym przykładem ułatwienia produkcji jest zastosowanie szablonu do spawania klatek drucianych o dość zawiłym kształcie, a służących jako szkielet wewnętrzny rdzenia, wykonywane seryjnie. Klatki te były wykonywane przez ślusarzy, którzy łączyli sąsiadujące druty, zawiązując końce prętów i tworząc w ten sposób całość sztywną i zbyt mocną, co nastęrczało duże trudności przy usuwaniu rdzenia z odlewu. Pozatem czas wykonywania takiej klatki był bardzo duży, wynosił bowiem ok. 20 prg. Pragnąc obniżyć koszt tego uzbrojenia, odlewnia wykonała szablon, w którym układano uprzednio wykrepowane druty, poczem spawano lekko węzły łukiem elektrycznym. Przeprowadzona obserwacja potwierdziła słuszność takiego rozwiązania, a po usunięciu drobnych stosunkowo strat czasu robotnika i urządzenia spawalniczego

czego wyznaczono czas na krępowanie drutów w ilości 1 prg. 25 prm. i na spawanie w ilości 16 prm.

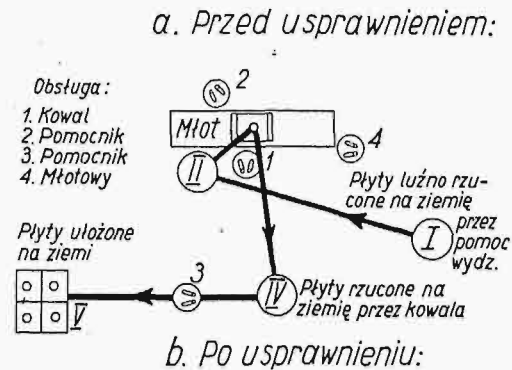
W odlewni bronzów i mosiądzów, czas ogrzewania tygli z całkowicie już stopionym wsadem wahał się, w zależności od przyczyn, nie mających zresztą nic wspólnego z procesami metalurgicznymi, od 6 do 50 min, co mogło mieć poważne znaczenie, szczególnie dla stopów zawierających cynk. To też zalecenia nasze szły w kierunku ustalenia przez odlewnię norm czasu topnienia, a w konsekwencji sprawdzianem pośrednim jakości topnienia stał się zegar, zawieszony tak, że mógł być widziany przez piecowego.

Ad. 8. Jesteśmy przeciwnikami używania przez robotników własnych narzędzi, gdyż uniemożliwia to ich normalizację i niejednokrotnie prowadzi do przedłużania roboty, wykonywanej narzędziem nieodpowiednim. Ilość narzędzi była zwykle niepotrzebnie za duża, robotnicy zabierali ze sobą na miejsce wykonywania operacji te wszystkie narzędzia, które „mogły im się przydać”, nie zaś te, które były niezbędnie potrzebne. W tych wydziałach, gdzie wielokrotnie zauważyliśmy dużą ilość narzędzi zbędnych, dołączaliśmy do instrukcji wykonania operacji wykaz niezbędnych narzędzi, co korzystnie przyczyniło się do zmniejszenia kosztów utrzymania magazynów narzędziowych. Gwoli ścisłości warto zaznaczyć, że spotykaliśmy się i z przeciwnym zjawiskiem: robotnicy, obawiając się zagubienia pobranych na marki narzędzi, pobierali ich z magazynu mniej, niż potrzebowali, wypożyczając brakujące u sąsiadów; rzecz prosta, przeciwdziałaliśmy wynikającym z takiego postępowania stratom robocizny za pośrednictwem administracji interesowanych warsztatów.

Dużo wysiłku wymagało usunięcie ostrzenia zużytych noży, dłut, przecinaków i t. p. przez pracujących temi narzędziami robotników. Dzisiaj zgadzamy się na to w pewnych, nielicznych wypadkach, w zasadzie jednak zdołaliśmy osiągnąć naprawę, a w szczególności ostrzenie narzędzi wyłącznie przez szlifierzy — specjalistów, zatrudnionych w magazynie narzędziowym lub jego filjach, rozrzuconych po wydziałach.

Ad. 9. Transport surowców i fabrykatów w obrębie wytwórni, długość i kierunek drogi oraz koszt przewożenia produktu, przechodzącego kolejne fazy fabrykacji, wreszcie stosunek kosztów transportu do kosztów całkowitych produkcji stanowią dzisiaj, przy konieczności szybkiego obrotu, splot zagadnień pierwszorzędnej doniosłości, mających wydatny wpływ na bieg samego wytwarzania. Zgóry jednak musimy zaznaczyć, że naprawę racjonalne rozwiązania można obmyśleć tylko przy projektowaniu nowej wytwórni, na pewną ilościowo i jakościowo określoną produkcję. Gdy mowa o fabryce, rozbudowanej stopniowo w ciągu szeregu lat, której wytwórczość w tym okresie ulegała również zmianom, zgodzić się trzeba z tem, że rozwiązania całkowicie zadowalającego nie znajdziemy, możemy tylko zmniejszyć straty i usprawnić przewóz w sztywnych granicach zabudowy. Na terenie wytwórni, w której rozwinęła się opisywana działalność Biura Usprawnień, punkt przelomowy w transporcie nastąpił z chwilą ukończenia budowy dróg betonowych, łączących poszczególne wydziały. Większe ciężary, względnie większe ilości materiałów przewożone są

naład w wagonach normalnotorowych, drobnica natomiast do wagi ok. 1000 kg, transportowana jest obecnie trójkołowymi wózkami silnikowymi z pomocnikami, podnoszącymi pneumatycznie skrzynki z zabieranym towarem. Wózki te przejęły w znacznej mierze dawny transport wąskotorowy, na platformach konnych, w taczkach i t. p. Zmodernizowany przewóz zyskał ogromnie na sprawności, gdyż wózki mogą rozwijać przy pełnym obciążeniu prędkość 10 km/godz., bez obciążenia zaś — 15 km/godz., należało jednak przeprowadzić dłuższą obserwację, celem usunięcia strat przestojów, opracowania szczegółowych instrukcyj pracy i sieci najkrótszych połączeń między wydziałami.



Stosunek dróg przebywanych przez materiał:

a- przed usprawnieniem.  
b- po usprawnieniu.

Droga	Długość drogi w m										Oszcz. w%	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
a												
b												70

Rys. 8. Długość drogi, przebywanej przez materiał podczas kształtowania pod młotem ½ t przed i po usprawnieniu.

Obserwacja wykazała, że czas pracy wózka uzyskany był tylko w 37%, a dopiero w ciągu następnych miesięcy, w miarę wykonywania zaleceń, wielkość ta zaczęła wzrastać. Dla porównania podamy kilka cyfr, dotyczących się ładowania koksem palenisk suszarni form do odlewów staliwnych. Na przewiezenie 28 taczek koksu z zasięku do paleniska robotnik zużywał 2<sup>3</sup>/<sub>4</sub> godz., przechodząc podczas pracy drogę 11 km; wózek silnikowy przenosi tę samą ilość koksu w skrzyniach w ciągu 19 min, przyczem przewidujemy dalsze zmniejszenie czasu, aż do ok. 9 min. W tym wypadku, zmiana środka transportu dała poważny zysk, mimo dużych kosztów godzinowych przewozu mechanicznego.

Praca suwnic napotyka na przeszkody wówczas, gdy kilka suwnic porusza się na wspólnych torach; przestoje, wynikać mogą częściowo wskutek bezczynności suwnic, częściowo jednak z powodu niemożności ich wymijania się. W tych wypadkach



staraliśmy się przynajmniej w pewnym stopniu usprawnić transport suwnicami, przez takie przegrupowanie wewnętrznych instalacji warsztatowych w kierunku torów aby uniknąć przenikania zasięgów suwnic.

Dostarczanie części składowych operacji na miejsce pracy powodowało duże straty z powodu licznych opóźnień w dostawie. Nasunęło to konieczność zróżniczkowania początku pracy w tym sensie, że robotnicy zajęci czynnościami przygotowawczymi, np. przywiezieniem na wózkach części składowych z magazynu na miejsce montażu, rozwiezieniem masy formierskiej w odlewni i t. p., rozpoczynają pracę wcześniej, o wielkość czasu ustaloną indywidualnie dla różnych robót. Przykład zmniejszenia długości drogi, przebywanej przez fabrykat w kuźni podczas operacji, ilustruje rys. 8.

*Ad. 10.* Klasyczne niejako miejsca możliwych wypadków, a więc pasy pędni, wirujące koła zębate, tarcze pił oraz szlifierek i t. p. były już na terenie wytwórni należycie chronione osłonami, sprawdzonymi przez organa kontrolne. Zalecenia nasze szły w kierunku zabezpieczenia pracy w urządzeniach o charakterze bardziej indywidualnym; wymienić tu mogę np. dostawanie się na pomost jednej z suwnic, pracę chwytaka elektromagnetycznego, uzupełnienie osłon młynków, zaczepy drabin o dużej długości etc.

Trudności w unikaniu wypadków nie polegają atoli na niemożności zdobycia odpowiednich urządzeń ochronnych, których istnienia, świadoma skutków wypadku wytwórnia nie lekceważy, lecz na niechęci stosowania ich przez robotników.

Plakaty i instrukcje rozwieszane w warsztacie, napomnienia ze strony administracji, nawet kary nie mogą przełamać lekkoomyślności, z jaką wiele osób traktuje własne życie i zdrowie. Myślę, że poprawa w tej mierze jest sprawą dalszej przyszłości i łączy się z wychowywaniem młodego pokolenia w szkołach zawodowych.

Na tem kończę ten krótki szkic. Prace nasze przynoszą korzyść wytwórni, nie stoją jednak bynajmniej w sprzeczności z interesami robotników. Zarobki ich zwiększyły się po usunięciu strat i wprowadzeniu racjonalniejszych sposobów wytwarzania, nieraz bardzo znacznie; spadek zarobków mógł być tylko czasowy, do chwili osiągnięcia przeciętnej sprawności w zmienionych warunkach pracy. Zarzutów przemęczania robotników nie obawiamy się, gdyż nie opracowaliśmy ani jednego zalecenia, które miałoby na celu utrudnianie, a nie ułatwienie pracy. Uzyskane wyniki skłaniają nas do przypuszczenia, że usprawnienie zakładu przemysłowego nigdy nie straci na żywotności i posuwać się będzie równolegle z postępem techniki. Ta zaś nie zna kresu, jak każda wielka myśl twórcza.

## Niektóre metody sprawdzania kół czołowych o ząbieniu ewolwentowym\*)

Napisał Inż. S. Szulc.

Wymaganiem, stawianem zespołowi kół zębatach, jest przeniesienie ruchu obrotowego z jednej osi na drugą, w sposób jednostajny, przy założeniu ruchu jednostajnego koła napędzającego. Jednostajność ruchu zespołu musi być, oczywiście, tem większa, im większą jest wymagana dokładność pracy zespołu.

Ważność jednostajności przeniesienia ruchu ze względu na działanie całego mechanizmu niech zobrazują dwa przykłady: rozpatrując warunki przeniesienia ruchu np. na precyzyjnej tokarce do nacinania gwintu, widzimy, że błędy skoku gwintu obrabianego będą odwzorowaniem sumy błędów skoku śruby pociągowej i błędów kół zębatych. Te ostatnie będą się wyrażać, jako niejednostajność obrotów śruby pociągowej.

Przy przenoszeniu ruchu w zespołach, pracujących z bardzo wysoką liczbą obrotów, niejednostajności ruchu kół będą się objawiać w postaci impulsów sił, które przy odpowiedniej częstotliwości (np. skutkiem błędów, powtarzających się na większej ilości zębów) mogą być źródłem drgań zespołu.

Powyzsze dwa przykłady wskazują, że warunek jednostajności przeniesienia ruchu nabiera w pewnych warunkach szczególnej wagi.

Otrzymanie jednostajności ruchu koła napędzającego zależy od dokładności wykonania koła, na któ-

ry mają wpływ następujące jego elementy: grubość zęba, podziałka, koło zasadnicze, względnie podziałowe, profil zęba. Wszystkie te elementy są ze sobą nawzajem tak powiązane, że błąd poszczególnego elementu wpływa na inne, i na tem polega trudność sprawdzania kół zębatych.

Dla objaśnienia, w jakim stopniu elementy koła są nawzajem ze sobą związane, weźmy pod uwagę trzy zęby koła (rys. 1), każdy o idealnym profilu, grubości zęba  $s$  i podziałce  $t$  równych teoretycznym. Wówczas osie symetrii poszczególnych zębów zawierają między sobą stały kąt  $\alpha$ .

Przypuśćmy, że ząb 1 jest cieńszy od innych i posiada grubość  $s$ , co możemy stwierdzić, jako błąd podziałki, pomimo że właściwie błąd leży w grubości zęba.

Przypuśćmy, że ząb 3 posiada inny kąt przyporu, t. zn. inną ewolwentę niż reszta zębów; wówczas, mierząc grubość zęba i podziałkę, stwierdzimy, że są złe, pomimo że błąd leży w wadliwym profilu ewolwenty.

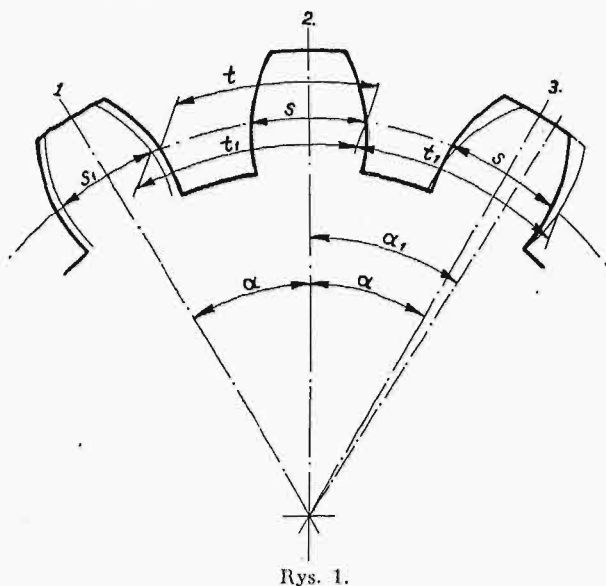
Mierząc wreszcie grubość zębów przez oparcie się o profil dwóch sąsiednich zębów (przy użyciu suwmiarki lub wałków), nie wiemy, który z dwóch sąsiednich zębów posiada błędną grubość, względnie czy błąd grubości jest rozłożony na oba zęby równomiernie.

Mierząc współśrodkowość wieńca koła z osią przy pomocy wałków, nie wiemy, czy czujnik wy-

\*) Referat zgłoszony na tegoroczny Zjazd Inżynierów Mechaników.

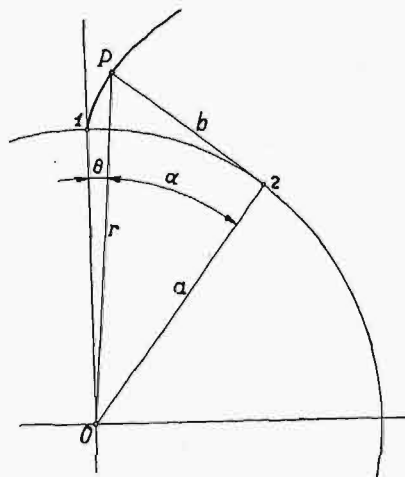
kazuje odchylenie z powodu mimośrodkowości wieńca, czy też z powodu błędu grubości zęba.

Tych kilka przykładów wystarczy do stwierdzenia, że pomiar jednego tylko elementu koła dowolną metodą może doprowadzić do wniosków zupełnie fałszywych.



Rys. 1.

Omawiając metody pomiaru poszczególnych elementów, rozpatrzę je m. in. pod względem ich zależności od innych elementów koła. Przed przystąpieniem jednak do omawiania tych metod, chcę powiedzieć kilka słów o pewnym uproszczeniu w obliczeniach, związanych ze sprawdzaniem kół.



Rys. 2.

Dowolny punkt  $P$  ewolwenty (rys. 2) posiada promień wodzący  $r$ , zawierający  $\alpha$  z promieniem  $a$  koła zasadniczego, prowadzonego przez punkt styczności 2 prostej tworzącej  $b$  z kołem zasadniczym. Ponieważ prosta tworząca ewolwenty jest, jak wiadomo, styczną do koła zasadniczego, musi być  $a$  prostopadłe do  $b$ .

Nazwijmy przez  $\theta$  kąt zawarty między promieniem wodzącym  $r$  a promieniem koła zasadniczego, przechodzącym przez punkt 1 (początek ewolwenty). Wówczas mamy

$b = a(\alpha + \theta)$  w mierze łukowej, gdyż promień  $b =$  łukowi 12, ponadto  $b = atg\alpha$ , stąd  $tg\alpha = \alpha + \theta$ , czyli  $\theta = tg\alpha - \alpha$  w mierze łukowej.

Funkcję tę, określającą w bardzo prosty sposób zależność między kątami, zawartymi między promieniem wodzącym ewolwenty a promieniami koła zasadniczego, nazwijmy:

$$\text{inv}\alpha = tg\alpha - \alpha = \theta.$$

Mając ułożone tablice cyfrowe wartości powyższej funkcji w zależności od  $\alpha$ , możemy rozwiązać każde zagadnienie, dotyczące wielkości poszczególnych elementów koła zębatego, redukując je do znalezienia funkcji  $\text{inv}\alpha$ , a stąd kąta  $\alpha$  w mierze kątowej. Znając wartość kątową  $\alpha$ , stosujemy drugi związek  $r = \frac{a}{\cos\alpha}$ . Te dwa równania stanowią podstawę w rozwiązywaniu zadań z zakresu trygonometrii ewolwenty.

Ponieważ wyprowadzenie wzorów i uzasadnienie matematyczne własności ewolwenty wyprowadziłoby nas poza ramy referatu, ograniczę się tylko do wymienienia najważniejszych zagadnień, dotyczących obliczenia wielkości poszczególnych elementów koła, przy użyciu wyprowadzonej wyżej funkcji  $\text{inv}\alpha$ , a potrzebnych do obliczenia wyników pomiarów koła.

1) Dana podziałka zębów na pewnym promieniu, znaleźć wielkość podziałki na dowolnym promieniu koła. Zagadnienie to jest podstawą do badania podziałki po kole i podziałki  $t$ , zw. normalnej, czyli mierzonej w kierunku prostopadłym do profilu zęba.

2) Dana grubość zęba na pewnym promieniu, znaleźć grubość zęba na dowolnym promieniu.

3) Dana grubość zębów na pewnym promieniu, określić wymiar przez wałki o znanej średnicy, umieszczone w dwóch przeciwległych łukach zębów. Zagadnienie to stanowi podstawę do obliczenia grubości zęba przy pomocy wałków, co omówimy później.

4) Znaleźć średnicę wałka taką, aby styk jego z profilem zęba nastąpił na pewnym ściśle określonym promieniu. Zagadnienie to daje możliwość zbadania profilu zęba, względnie jego grubości, w kilku punktach, przy pomocy wałków o różnych średnicach.

5) Dany wymiar przez wałki i średnica wałków, znaleźć grubość zęba. Zagadnienie to jest odwróceniem zagadnienia 3.

Całość zagadnień, dotyczących kół czołowych, jest w bardzo przystępny sposób ujęta w książce Buckingham „Spur Gears”, z której opracowanie kilku wyjątków opublikowano w Mechaniku w roku 1931. (Tomkowicz M. Matematyczne zagadnienie kół zębatych o zazębieniu ewolwentowym).

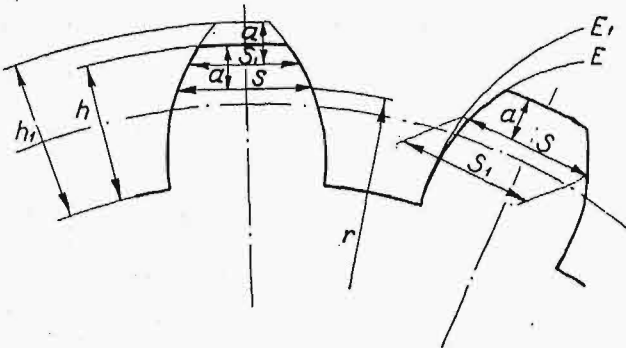
Przyrządy pomiarowe można podzielić na dwie grupy, mianowicie: przyrządy, przeznaczone do badania tylko jednego elementu koła, oraz przyrządy, których budowa pozwala na sprawdzenie kilku elementów koła naraz. Wynikiem sprawdzania przyrządami, sprawdzającymi kilka elementów koła, będzie nie wartość absolutna błędów poszczególnych elementów koła, lecz obraz zachowania się koła w zespole, czyli suma błędów poszczególnych elementów, jako błąd wypadkowy. Wartość absolutną błędów poszczególnych elementów można przy sprawdzaniu otrzymać w niektórych wypadkach drogą pośrednią, najczęściej z wykresu.

Metody sprawdzania.

Pomiar grubości zęba suwmiarką daje, jako wynik bezpośredni, grubość zęba, mierzoną po cięciwie. Wymiar ten należy przeliczyć na wymiar po łuku, którym określa się zwykle grubość zęba.

Pomiar grubości zęba odbywa się w znanej odległości od zewnętrznej średnicy koła, przez oparcie suwmiarki o głowę zęba. O ile zęby koła nie zostały nacięte współśrodkowo w stosunku do jego osi, różna ich wysokość powoduje błędy pomiaru. (Odkształcenie wieńca po nacięciu zębów, np. wskutek obróbki termicznej, nie ma tu wpływu na wynik pomiaru).

Błąd kąta przyporu, objawiający się jako zmiana kształtu ewolwenty, wpływa również na wynik pomiaru. Obydwa błędy podaje w przesadzie rys. 3.



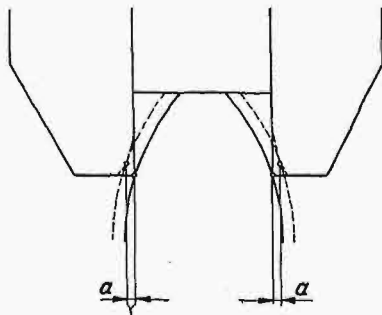
Rys. 3.

Grubość zęba w odległości  $a$  od wierzchołka powinna wynosić  $S$ . Z powodu wadliwej wysokości zęba, pomiar jego grubości w odległości  $a$  od wierzchołka wykazuje inną grubość  $S_1$ , pomimo to, że grubość zęba jest prawidłowa, a pomiar wykonany na promieniu  $r$ , odpowiadającym odległości  $a$  od wierzchołka, wykazałby prawidłową grubość  $S$ . Wpływ zmiany profilu zęba z  $E$  na  $E_1$  na jego grubość jest z rysunku jasny.

Wpływ mimośrodowości wieńca na błąd pomiaru grubości zęba podaje następujący przykład obliczony dla  $m = 2,25$  i  $\alpha = 20^\circ$ . Przy mimośrodowości  $0,05$  mm i  $z = 17$ , błąd pomiaru grubości zęba wynosi  $0,027$  mm, natomiast przy  $z = 80$  — wynosi on  $0,035$  mm. Są to wartości, których w pewnych wypadkach pominąć już nie można, zwłaszcza przy zębach szlifowanych, gdzie wymagania dokładności bywają ostre.

Chcąc otrzymać zatem dokładne dane co do grubości zębów, mierząc je suwmiarką Zeissa, należy równocześnie zbadać mimośrodowość zewnętrznej średnicy koła w stosunku do jego osi, oraz zbadać profil zębów.

Stopień skutkiem zużycia ostrych krawędzi szcęk suwmiarki wprowadza nowy błąd pomiaru (rys. 4). Błąd pomiaru, mierzony po cięciwie wynosi  $2a$ .

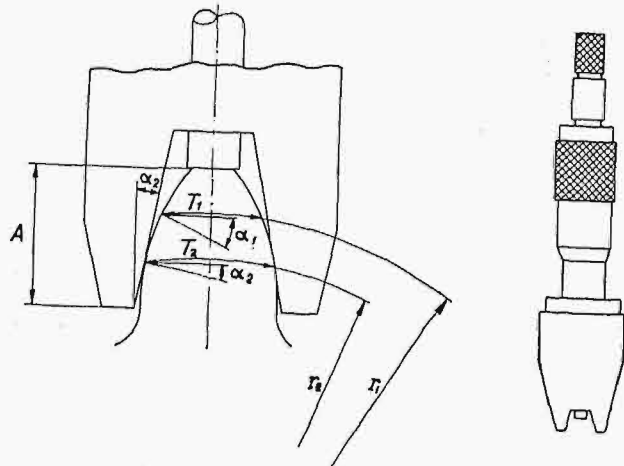


Rys. 4.

Suwmiarkę tę trzeba dlatego co pewien czas korygować przy pomocy wałka o znanej średnicy.

Te same uwagi, dotyczące wpływu mimośrodowości zewnętrznej średnicy koła, odnoszą się do pomiaru grubości zęba przy pomocy klina i mikromiery. Klin ma tu odpowiadać flankom dwu sąsiednich zębów zębalki o pewnym kącie przyporu  $\alpha_2$  (rys. 5).

Pomiar odbywa się tu pośrednio przez mierzenie wymiaru  $A$ , którego wielkość teoretyczną należy sprawdzić obliczeniem. Zachodzi możliwość, że punkt styku klina z profilem zęba będzie leżał zbyt



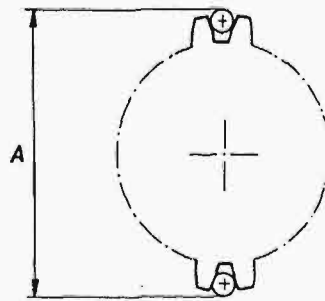
Rys. 5.

daleko od koła podziałowego, jeśli różnica pomiędzy kątem przyporu na średnicy podziałowej, a kątem klina będzie zbyt duża. Ma to szczególnie ujemny wpływ na dokładność pomiaru, jeśli punkt styku z miarką leży poniżej koła podziałowego, gdyż kształt ewolwenty na odcinku między kołem podziałowym a zasadniczym jest najbardziej wrażliwym na błędy wykonania, z powodu najsilniejszej krzywizny ewolwenty w tem miejscu. Duża różnica kątów może sprawić, że przyrząd ten może być w pewnych warunkach nieużytecznym, ze względu na fałszywe wyniki pomiaru.

Następną metodą pomiaru grubości zęba jest metoda pośrednia przy użyciu wałków.

Metoda ta polega na zmierzeniu wymiaru  $A$  (rys. 6). Obliczenie tego wymiaru dla żądanej grubości zęba wymaga stosunkowo dużych przeliczeń, dlatego może metoda ta jest stosunkowo mało używana. Wyniki otrzymane tą metodą są stosunkowo bardziej dokładne w porównaniu do innych, gdyż błąd grubości zęba zostaje w tym wypadku zwiększony 2—3-krotnie, zależnie od kąta przyporu, ilości zębów i stosunku średnicy wałka do modułu. Zależność tę podaje rys. 7.

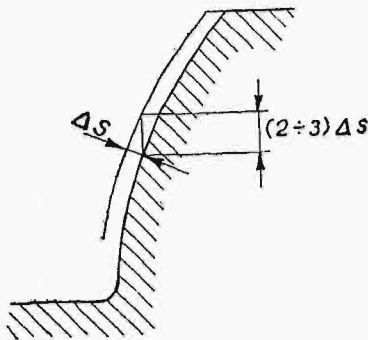
Dobór średnicy wałków powinien być taki, aby ich styk z zębami następował tylko w najdokład-



Rys. 6.



dniejszej części profilu zęba, t. j. między kołem podziałowym a połową głowy zęba dla  $z < 20$ . Część profilu zęba, sięgająca od koła podziałowego do połowy stopy zęba, można brać pod uwagę dla pomiaru przez wałki tylko przy ilości  $z \geq 50$ , t. j. wówczas, gdy zachodzi pewność, że stopa zęba nie będzie podcięta. Powyżej połowy wysokości głowy zęba profil



Rys. 7.

bywa zniekształcony przez jednostronny nacisk materiału na wychodzące zeń narzędzie, z tego też powodu nie jest korzystnym używanie tej części profilu do pomiaru.

Stosując pomiar przy pomocy kilku par wałków o różnych średnicach, można sprawdzić grubość zęba w kilku

punktach, czyli wnioskować o profilu zęba.

Stosownie do powyższych założeń, należy przy sprawdzaniu grubości zęba w kilku punktach przyjąć maksymalny i minimalny promień punktów styku z wałkami i obliczyć konieczne średnice wałków. Dokładność wykonania wałków ma duży wpływ na dokładność pomiaru. Średnice wałków powinny być jednakowe i równe wymiarowi obliczonemu w ciasnych granicach tolerancji.

Błąd pomiaru w zależności od dokładności średnicy wałka podają tabele I — IV, ułożone dla kilku rodzajów kół, oraz wykres na rys. 8.

Z wykresów rys. 8 widać, że przy stałym module błąd pomiaru rośnie silniej dla kół o większym kącie przyporu, co wyjaśnia rys. 9.

Na mniejszym kącie przyporu, czyli bardziej stromym profilu zęba, ten sam błąd grubości daje większe różnice odczytów na mikromierzu, niż w wypadku większego kąta przyporu. Prowadzi to do wniosku, że najdokładniejsze wyniki pomiaru otrzymamy przy uzyskaniu styku wałków z najbardziej stromą częścią profilu zęba. Granicę dokładności odczytu stanowi tu gładkość powierzchni zęba, gdyż przy zbyt stromym ewolwencie pomiar zacznie być wrażliwym na lokalne nierówności, dając przez to fałszywy obraz grubości zęba. Granica ta leży oczywiście dla zębów szlifowanych znacznie wyżej, niż dla zębów dłutowanych, lub frezowanych. W metodzie pomiaru przy pomocy wałków, wielkością mierzoną jest właściwie szerokość łuki zęba, a nie grubość zęba. Wskutek tego pomiar nie daje nam wskazówek, którego zęba grubość jest zła,

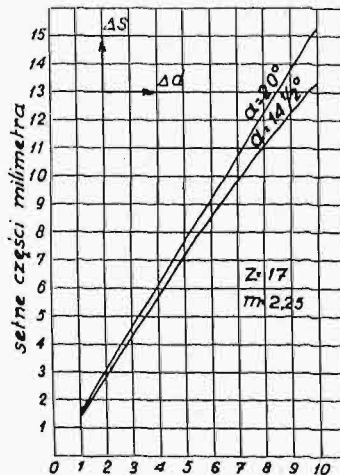


TABELA I.

	$z=17$	$m=2,25$	$\alpha=20^\circ$	$S_0=3,534$
Błąd średnicy wałka	-0,01	-0,02	-0,05	-0,10
Grubość zęba $S$ na kole podziałowym .	3,549	2,535	3,610	3,687
$\Delta = S - S_0$ . . . . .	+0,015	+0,031	+0,076	+0,153

TABELA II.

	$z=17$	$m=2,25$	$\alpha=14^\circ 30'$	$S_0=3,534$
Błąd średnicy wałka	-0,01	-0,02	-0,05	-0,10
Grubość zęba $S$ na kole podziałowym .	3,549	3,563	3,606	3,678
$\Delta = S - S_0$ . . . . .	+0,015	+0,029	+0,072	+0,134

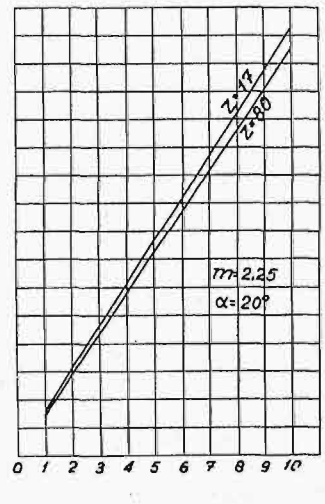
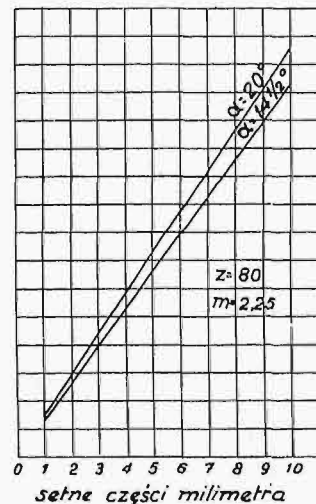
TABELA III.

	$z=80$	$m=2,25$	$\alpha=20^\circ$	$S_0=3,534$
Błąd średnicy wałka	-0,01	-0,02	-0,05	-0,10
Grubość zęba $S$ na kole podziałowym .	3,549	3,563	3,605	3,680
$\Delta = S - S_0$ . . . . .	+0,015	+0,029	+0,072	+0,146

TABELA IV.

	$z=80$	$m=2,25$	$\alpha=14^\circ 30'$	$S_0=3,534$
Błąd średnicy wałka	-0,01	-0,02	-0,05	-0,10
Grubość zęba $S$ na kole podziałowym .	3,547	3,560	3,600	3,667
$\Delta = S - S_0$ . . . . .	+0,013	+0,026	+0,066	+0,133

czy położonego na prawo, czy na lewo od wałka, czy zębów leżących przy jednym, czy też przy drugim wałku. Również wadliwy profil zęba i mimośrodkowość, względnie owalizacja wieńca mają wpływ, objawiając się przy tym sposobie pomiaru w postaci zbyt wielkiej, lub małej grubości zęba.



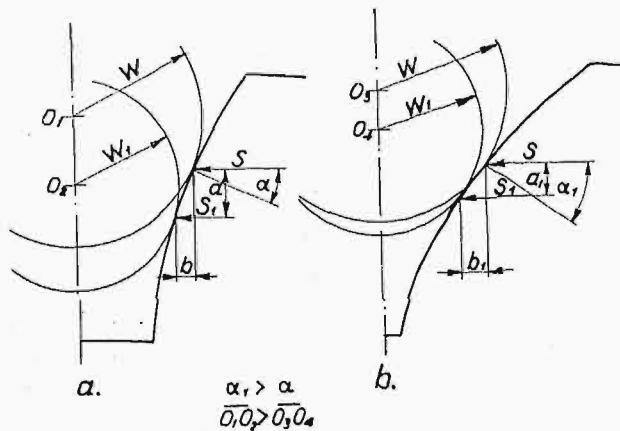
Rys. 8.

Ażeby móc zatem wyeliminować z pomiaru wpływ błędów innych elementów, należy uzupełnić pomiar grubości zęba sprawdzeniem mimośrodkowości, lub owalizacji koła i sprawdzeniem profilu ewolwenty.

Czwarty z kolei sposobem pomiaru grubości zęba jest sposób, podany na rys. 10.

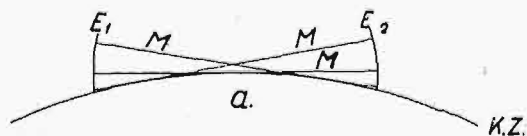
Metoda pomiaru opiera się na tej własności ewolwenty, że długość odcinka  $M$ , zawartego po-

między dwiema ewolwentami  $E_1$  i  $E_2$ , poprowadzonymi ze wspólnego koła zasadniczego, jest stała i niezależna od punktu przecięcia się odcinka z ewolwentą. Odcinek  $M$  musi być przytem stycznym w każdym położeniu do koła zasadniczego. Metoda ta daje błąd zęba w skali 1:1 nie zwiększony, jak

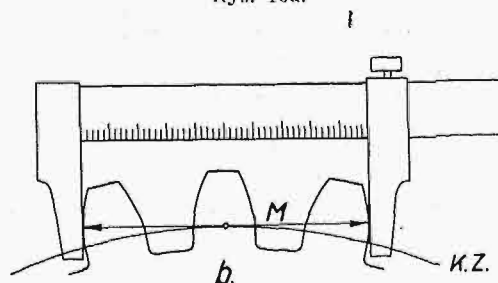


Rys. 9.

przy pomiarze przez wałki, eliminuje zato ewentualne błędy wałków. Nadaje się ona do kół o mniejszej dokładności wykonania, gdyż dokładność odczytu suwmiarką nie przekracza praktycznie 1/25 mm. Sam pomiar nastęrcza nieco trudności przy modułach poniżej 3, ze względu na małą wysokość zębów. Należy tu zwrócić uwagę, że ilość zębów, przez które należy pomiar wykonywać nie jest dowolna. Ilość ta zależy od modułu i ilości zębów koła, leży w dość ciasnych granicach, ze względu na warunek, aby punkt styku był położony w najbliższym sąsiedztwie koła podziałowego. Przy zbyt dużej ilości zębów, objętych szczękami suwmiarki, może się zdarzyć, że punkt styku będzie leżał na krawędzi zęba, co może być nawet dla oka niewidocznym, uczyni jednak wynik pomiaru bezwartościowym.



Rys. 10a.



Rys. 10b.

Pomiar opisaną wyżej metodą może doprowadzić do fałszywych wniosków, skutkiem wpływu błędów innych elementów koła. Przypuśćmy np., że jeden z zębów posiada wadliwy profil, wówczas wymiar  $M_1$  będzie fałszywy. Błąd profilu wystąpi zatem, jako pozorny błąd grubości zęba. Jeśli ten

sam błąd profilu powtórzył się na przeciwległym zębie, wówczas odczytany wymiar  $M_1$  może się stać nawet równym żądanemu wymiarowi  $M$ , czyli pomiar tą metodą nie wykryje błędu. Stwierdzić istnienie takiego błędu można tylko, mierząc suwmiarką Zeissa, lub wałkami, pod warunkiem, że pomiar będzie wykonany przynajmniej w dwóch punktach profilu.

Sprawdzanie współśrodkowości koła podziałowego z osią koła.

W wypadkach, gdzie zależy na współśrodkowości wieńca z osią koła, należy zwrócić uwagę na specjalnie staranne założenie koła na maszynę do nacinania zębów. Pomimo jednak starannej obróbki, odkształcenia wieńca mogą zachodzić po nacięciu zębów, podczas obróbki termicznej.

Najprostszą i bezpośrednią metodą pomiaru odkształcenia wieńca jest pomiar przy użyciu wał-



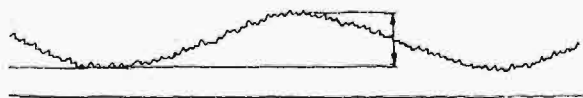
Rys. 11.

ka i czujnika (rys. 11), przy czym koło jest umieszczone w kłach, czujnik dotyka wałka o dowolnej średnicy, który wkładamy kolejno w poszczególne luki.

Drugą metodą jest pomiar współśrodkowości w zespole z kołem wzorcowym na aparacie typu Saurera, lub Maaga.

Na wynik pomiaru mają w obu wypadkach wpływ różnice grubości i profile zębów, tak że wskazania czujnika będą stanowić wypadkową tych dwóch wielkości, przy czym czujnik pokaże tylko różnice, zachodzące między poszczególnymi zębami, a nie wartości bezwzględne błędów.

Wpływ błędu grubości zębów można wyeliminować z pomiaru, ujmując wyniki wykreslinie (rys. 12). Wykres taki będzie posiadał kształt sinusoidy. Eliminując drobne załamania, pochodzące od błędów innych elementów, bierzemy pod uwagę samą sinusoidę, której amplituda będzie równa badanej



Rys. 12.

mimośrodkowości wieńca względem osi. Ilość fal sinusoidy, przypadających na jeden obrót koła, będzie zależna od tego, czy mamy do czynienia tylko z mimośrodkością wieńca, lub z jego owalizacją, czy też zachodzi jedno i drugie.

Używane do tego pomiaru aparaty Maaga i Saurera posiadają specjalne przyrządy do sporządzania wykresów.

Sprawdzanie podziałki zębów.

Sprawdzanie podziałki w sposób bezpośredni jest może najmniej stosowane, z tego powodu, że pomiar jej jest niewygodny, a pomiar grubości zęba daje już w wyniku błędy podziałki. Błąd podziałki zależy m. in. od prawidłowego wykonania narzędzia, na którego wykonanie fabryki przeważnie mają mały wpływ, kupując je gotowe. Wytwórca kół zębatych ma zatem możliwość wpływać na dokładność

podziałki tylko utrzymując obrabiarki w takim stanie, aby produkcję otrzymać możliwie dokładną.

Najprostszym sposobem sprawdzania podziałki jest sprawdzanie przy pomocy suwmiarki, lub wałków i mikromierza. Oprócz tego, istnieje cały szereg aparatów, z których najczęściej używane są aparaty Maaga, lub odontograf. Zasada obydwóch tych aparatów opiera się na tej własności ewolwenty, że szereg ewolwent, wyprowadzonych w jednakowych odległościach  $a$  z koła zasadniczego, dzieli dowolną tworzącą na szereg odcinków o tej samej długości  $a$ , które to odcinki można uważać za podziałkę zębów t. zw. „normalną”, t. j. mierzoną w kierunku prostopadłym do profilu zęba.

Zależność podziałki koła od dokładności narzędzia jest powodem, że wykrycie błędów podziałki koła nie jest możliwym przez zbadanie podziałki normalnej, ponieważ dowolny punkt profilu narzędzia nie trafia na poszczególne zęby koła w punktach, leżących na prostej tworzącej. Punkty te powinny natomiast leżeć w jednakowych odległościach od osi koła. Własność powyższą wykorzystują aparaty Lees'a, Bradner'a i Maag'a, ten ostatni zaopatrzony w dodatkowe urządzenia do pomiaru podziałki na obwodzie koła.

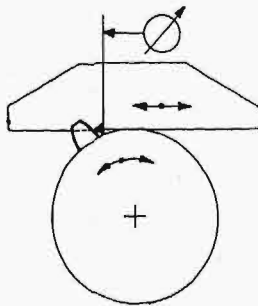
Na błąd pomiarów ma tu wpływ oparcie aparatu o zewnętrzną średnicę zębów koła, skutkiem czego może wystąpić błąd dodatkowy, spowodowany mimośrodowością obwodu koła względem jego osi.

Aparat Maaga do pomiaru podziałki jest bardzo niewygodny w użyciu. Położenie koła mierzzonego względem szczęk aparatu jest niestalone, a małe przesunięcia koła wywołują tak duże odchylenia czujnika, że wynik pomiaru zależy w znacznej mierze od zręczności mierzącego.

#### Sprawdzanie profilu zębów.

Do sprawdzania profilu zębów są najczęściej używane aparaty Maaga, lub Saurera. Zasada ich jest porównanie ruchu, wykonanego przez profil zęba badanego, z ruchem, wykonanym przez dwa koła podziałowe (Saurer), lub przez koło zasadnicze i linję, odpowiadającą linii tworzącej (Maag). Błędy profilu zęba wywołują ruch względny profilu w stosunku do napędzanego koła podziałowego, lub linii tworzącej, i powodują tem samym wychylenia czujnika, lub przyrządu piszącego związanego z nimi.

Rys. 13 objaśnia zasadę działania aparatu. Kształt wykresu dla idealnie wykonanego profilu zęba będzie kołem (Saurer), lub linją (Maag). Profil zęba będzie się w tym wypadku ołaczał po ostrzu czujnika, nie powodując jego wychylenia, natomiast jakkolwiek błąd profilu uwidoczni się jako wychylenie czujnika. Kształt wykresu będzie w rzeczywistości odbiegał od linii prostej, względnie koła, a z charakteru wykresu można wnioskować o błędach profilu. Błędy grubości zęba, podziałki i mimośrodowości będą również odwzorowane przez



Rys. 13.

przyrząd piszący, skutkiem czego wykres będzie zawierał sumę błędów wszystkich elementów koła.

Widzimy, że i sprawdzania profilu nie można przeprowadzić, uniezależniając się od wpływu reszty elementów koła. Ponieważ jednak w tym wypadku mamy możliwość otrzymania wyników sprawdzania drogą wykreślną, nie stanowi to takiego utrudnienia w ocenie błędów koła, jak przy pomiarach, wykonywanych innymi metodami. Z charakteru wykresu można wnioskować o rodzaju błędów, z jakimi ma się w danym wypadku do czynienia, oraz wysnuć wnioski co do błędów samego profilu, niezależnie od błędów innych elementów koła.

#### Badanie kół w zespole.

Błędy kół zębatach mogą się objawiać w pracy zespołu albo jako dążność do zmiany szybkości kątownej koła napędzanego, albo jako dążność do zmiany odległości osi (przy zazębieniu bez luzu). Na pierwszej zasadzie są zbudowane aparaty Saurera i Maaga, według drugiej — aparaty Parkinsona i Fellowsa („Red Liner”). Ostatnio rozpowszechnia się badania współpracy kół drogą akustyczną; na tej zasadzie polega aparat Fellowsa „Red Ring”. Metoda ta nie pozwala jednakże wysnuć bezpośrednich wniosków co do dokładności wymiarów kół, ani na wykrycie źródeł ich błędów.

Badając koła w zespole, jest korzystniej badać ich współpracę z kołami wzorcowymi, gdyż błędy koła wzorcowego powinny być w stosunku do błędów koła badanego tak niewielkie, że cały błąd pomiaru można przetrzucić na koło badane. Natomiast badając współpracę dwóch kół produkcyjnych, nie wiemy, które koło powoduje błędy i w jakim stopniu; ponadto kontrola będzie mimowoli dobrać koła tak, aby wynik ich współpracy okazał się jaknajlepszym, czyli wejdzie na drogę selekcji.

Jeśli chodzi o wyższość tych lub innych typów aparatów, uważam, że aparaty, oparte na zasadzie porównania ruchu kół zębatach z ruchem kół podziałowych, mają tę zaletę, że stwarzają warunki sprawdzania bliższe warunkom rzeczywistej pracy, niż aparaty, oparte na zasadzie pracy kół bez luzu. Oprócz tego, warunkiem możliwości wysnuwania wniosków o dokładności wyrobu jest możliwość otrzymania wyników pomiaru w postaci wykresu.

Jeśli chodzi o wydanie oceny współpracy zespołu kół pracujących na wysokich obrotach, stanowi metoda akustyczna dobrą drogą do przeprowadzenia selekcji kół. Metoda ta nie analizuje wcale warunków kinematycznych ich współpracy, ograniczając się tylko do stwierdzenia, że każdy błąd, czy to profilu, czy podziałki, czy grubości zębów, powoduje uderzenie w chwili wejścia zęba na linję przyporu. Drugim powodem uderzenia jest zmiana kierunku tarcia między dwoma zębami współpracującymi w chwili przekroczenia punktu styku kół podziałowych. Uderzenia te wywołują drganie zespołu, które daje się słyszeć, o ile ich częstość przekracza pewne granice. Dobierając odpowiednio koła w zespole, wpływa się na zmniejszenie hałasu. Metoda ta znalazła zastosowanie przy budowie samochodów.

Z omówienia metod sprawdzania poszczególnych elementów koła wynika, że niema sposobu spraw-



dzania jednego elementu tak, aby wyniki były wolne od wpływu błędów innych.

Wnioski, jakie się stąd nasuwają, są następujące:

1) Badanie koła przy pomocy sprawdzania jednego tylko elementu jest niewystarczające.

2) Badanie kół w zespole z kołem wzorcowym, lub dwóch produkcyjnych, albo badanie tylko profilu daje w wyniku sumę błędów wszystkich elementów koła i może służyć jedynie, jako punkt wyjścia do szczegółowego badania.

3) Usunięcie wpływu innych elementów przy badaniu jednego z nich, jest możliwym przez zbadanie tego elementu przynajmniej dwiema metodami, opartymi na różnych zasadach.

4) Ponieważ błędy koła zależą m. in. od dokładności wykonania narzędzia, należy je sprawdzać, traktując ważność tej czynności na równi ze sprawdzaniem samych kół. Również należy sprawdzać współśrodkowe umocowanie koła na obrabiarce i współosiowość noża (na strugarkach Fellows) z osią wrzeciona, gdyż inny sposób uniknięcia mimośrodowości wieńca jest niemożliwy.

5) Podczas obróbki należy stosować te metody pomiaru, które dadzą się uskuteczyć bez zdejmowania koła z maszyny, a więc pomiar suwmiarką Zeissa, wałkami i mikromierzem, lub suwmiarką dla grubości zęba, a wałkiem i czujnikiem dla zbadania współosiowości wieńca.

Sprawdzanie końcowe (odbior) gotowych kół należy zaczynać od sprawdzania profilu zębów, najlepiej przy pomocy wykresu. Analiza wykresu wskaże element, którego błędy przeważają, poczem należy sprawdzić, czy wymiary tego elementu nie przekraczają dozwolonych granic. Pomiaru te ograniczają się zwykle do sprawdzenia grubości zębów jedną, lub dwiema metodami, oraz mimośrodowości wieńca.

Fakt istnienia z jednej strony błędów koła, z drugiej zaś strony wymagania konstruktora zmuszają do wynajdywania coraz to nowych sposobów osiągania przepisanych warunków dokładności produkcji.

Zarysowują się w ostatnich czasach dwie drogi wykonywania kół, mianowicie: jedna droga — przez ścisłą kontrolę poszczególnych elementów kół, zakończona sprawdzeniem współpracy kół z kołem wzorcowym i stwierdzeniem wielkości luzu międzyzębnego, jako kontrolą odbiorczą. Droga ta może być uważana, jako tendencja ku obróbce na zasadzie zamienności. Głównym elementem, kompensującym błędy wykonania, jest w tym wypadku luz międzyzębny, który, wobec istnienia błędów elementów kół, musi być ściśle zachowany w przepisanych granicach.

Drugą drogę stanowi zakończenie obróbki przez docieranie kół, bądź zespołów kół współpracujących, z użyciem, lub bez użycia środków docierających (lapping, rodage, Einlaufen). Celem tej operacji jest usunięcie z powierzchni zębów nierówności, pozostałych skutkiem obróbki. Ostatecznym sprawdzeniem jest w tym wypadku metoda słuchowa, która zmusza do daleko większej dokładności wykonania poszczególnych elementów kół, niż w wypadku pierwszym. Słuchowa metoda odbioru jest tak ostra w porównaniu do odbioru na wymiary, że przekracza osiągalne dziś warunki dokładności wykonania i oddala produkcję od zamienności, kierując ją ku selekcji. Wielkość luzu międzyzębnego nie odgrywa tu takiej roli, jak w wypadku pierwszym, natomiast na cichą współpracę zespołu wpływa najbardziej dokładność profilu i podziałki zębów.

Rozgraniczenie obu metod nie jest oczywiście nigdy tak ostro przeprowadzone, jak to przedstawiłem; zakres stosowania poszczególnych sposobów obróbki i sprawdzania zależy od warunków miejscowych i wymagań odbiorcy.

Jedno da się stwierdzić zupełnie pewnie, że niezależnie od tego, czy jako ostateczny wskaźnik prawidłowej współpracy kół zębatych przyjmujemy wielkość luzu międzyzębnego w zespole, czy też cichość pracy kół, nie dało się ustalić dotychczas metodyki sprawdzania kół zębatych, ani doprowadzić do ich zamienności w każdym granicach dokładności.

## Postępy i kierunki rozwoju spawania i obróbki płomieniem\*)

Napisał Inż. Z. Dobrowolski.

Najbardziej charakterystyczną cechą postępów spawania w ostatniej dobie jest równoległość rozwoju licznych już obecnie metod spawania. Trudno byłoby się dopatrzeć oznak zanikania jednych metod na rzecz innych, doskonalszych, jak to normalnie zdarza się w technice. Przeciwnie, niektóre metody, które zdawało się poszły w zaniechanie, jak np. spawanie elektrodą węglową, odżywają na nowo i mają szanse rozwoju; pozatem wszystkie metody wykazują żywotność, wszystkie niewątpliwie wciąż się doskonalą, a pewnego rodzaju współzawodnictwo między poszczególnymi metodami, jak np. między spawaniem elektrycznym, a acetyleno-

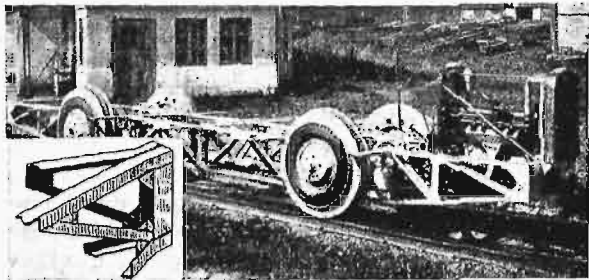
wem, wychodzi tym metodom tylko na korzyść, gdyż pobudza specjalistów obu gałęzi do jeszcze większych wysiłków.

Drugą charakterystyczną cechą rozwoju spawania jest brak oznak wyraźnego wypierania pracy ręcznej przez maszynową, gdyż można powiedzieć, iż 90% robót jest wciąż wykonywane ręcznie. Zastąpienie ręcznego prowadzenia palnika czy łuku przez maszynę nie daje takich korzyści, jak w innych działach obróbki metali, gdyż moc palnika, czy prądniczy, jest taka sama przy ręcznym, jak i przy maszynowym spawaniu; maszyna pracuje tylko z większą regularnością, a więc szybciej.

Stosowanie maszyn z powodu ich wysokiej ceny jest możliwe tylko przy masowej produkcji i przy

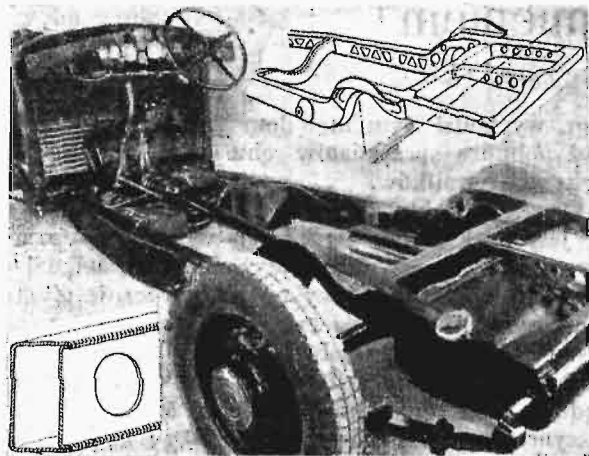
\*) Referat, zgłoszony na VII Zjazd Inż. Mech. Polskich.

długich szwach, z którymi mamy do czynienia np. w kotlarstwie, natomiast do krótkich spoin w konstrukcjach stalowych, gdzie spawanie tak wielkie dziś znajduje zastosowanie, tylko praca ręczna może mieć zastosowanie. A gdy w masowej produkcji projektuje się stosowanie maszyn, wówczas na pierwszy plan wysuwają się te metody, które są z natury rzeczy domeną maszyny: spawanie oporowe i iskrowe, które w efekcie swym znacznie przewyższają to, co może dać spawacz zapomocą palnika lub łuku.



Rys. 1. Rama wagonu motorowego f. Austro-Daimler, spawana acetylenem.

Nietylko mniejsza lub większa masowość wyrobu decyduje o wyborze metody spawania, ale przede wszystkim same kształty konstrukcji. Doskonale to ilustrują przykłady, zaczerpnięte z fabrykacji samochodów, przedstawione na rys. 1—6. Podwozie znanego z pokazu u nas wagonu motorowego firmy Austro-Daimler, wykonane jako konstrukcja kratowa z kształtowników i blach spawanych na styk, jest spawane zapomocą palnika acetylenowego, gdyż ta metoda najlepiej się nadaje do spoin stykowych (rys. 1). Natomiast kształt ramy przyjęty przez firmę Delage, (rys. 2) — ramka skrzynkowa, spoiny krawędziowe, daje pole do zastosowania spawania elektrycznego łukowego<sup>1)</sup>. Peugeot znowu, dla uzyskania analogicznego zamkniętego profilu belek podwozia stosuje ceowniki z wywiniętymi krawędziami, łączone zapomocą spawania oporowego punktowego. Na rys. 3 z lewej strony widzimy gotowe podłużnice w ten sposób wykonane. Z kolei na rys. 4 widzimy ramę samochodu Spöttla wyrobu krajowego, wykonaną z rurek, które oczywiście są spawane acetylenem, gdyż jest to najodpowiedniejszy sposób łączenia cienkościennych ru-



Rys. 2. Rama samochodu Delage, spawana łukiem elektrycznym.

rek. Mamy więc już na miejsce dawnego łączenia nity i śruby — szereg metod spawania, wszystkie jednakowo nowoczesne, każda bezkonkurencyjna w zastosowaniu do danych kształtów konstrukcyjnych. Jeżeli przejdziemy teraz do karoserji, to znowu znajdziemy wszystkie powyższe wspomniane metody, z dodatkiem spawania iskrowego (rys. 5), które tak w praktyce amerykańskiej, jak i francuskiej, wysuwa się tu na pierwsze miejsce. Sam szkielet, najrozmaitsze dodatkowe części i wzmocnienia są wykonywane najchętniej zapomocą spawania punktowego (rys. 6), jednak bardzo często również — spawanie acetylenowe i łukowe znajdują tu zasto-



Rys. 3. Belki podłużne ramy samochodu Peugeot, wykonane zapomocą spawania oporowego punktowego.

sowanie. Rys. 5 i 6 ilustrują fabrykację w f. „Studebaker”<sup>2)</sup>, jednak w ten sam sposób są wykonywane i w Europie pudła t. zw. „monopièce” firmy Citroën lub Renault. Należy zaznaczyć, że szwy, od których wymaga się wysokiej wytrzymałości, są wykonywane zapomocą spawania acetylenowego.

Z przykładów powyższych jest jasne, że nie może być mowy o przewadze jednej metody spawania nad drugą lub o ścisłym oznaczeniu granic stosowności każdej z metod. Zapomocą odpowiednio dobranych przykładów zawsze można dowieść wyższości jednej metody nad drugą. Konstruktor nie może się dać uwieść propagandzie organizacji przemysłowo-handlowych, które rozporządzając wielkimi środkami przyczyniają się wprawdzie nadzwyczaj skutecznie do postępu techniki w poszczególnych działach spawania, i za to należy się im uznanie, natomiast, cele handlowe mając na oku, często ulegają pokusie zwalczania metod spawania, w których nie są zainteresowane, co oczywiście utrudnia technikom wyrobienie sobie właściwego poglądu na zagadnienia spawalnicze. Konstruktor musi znać doskonale właściwości każdej metody

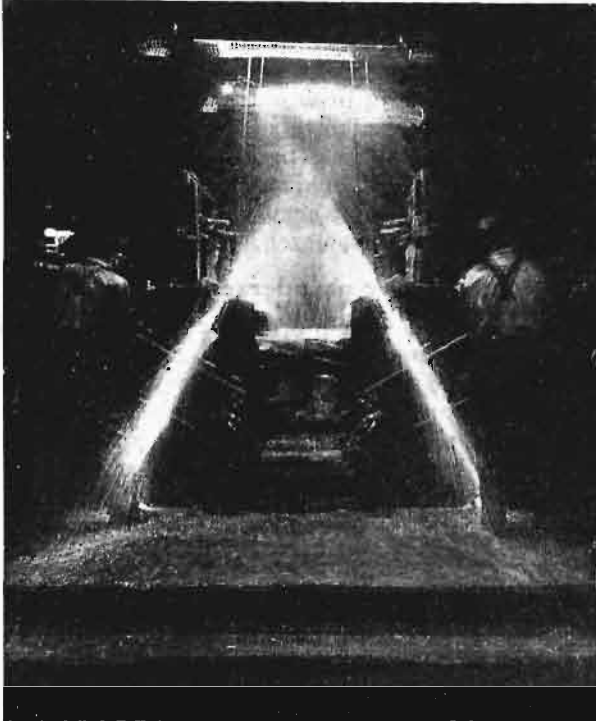


Rys. 4. Rama samochodu Spöttla, spawana acetylenem.

1) Bulletin d. l. Soc. d. Ing. Soudeurs, Nr. 19—20, 1932.

2) The Welding Engineer, Nr. 3, 1933.

spawania i jej możliwości, a przedmiot ten jest bardzo rozległy i wymaga wiadomości z wielu gałęzi wiedzy technicznej, nie jest więc łatwy do opanowania. Nadzwyczajna łatwość tworzenia połączeń spawanych staje się często pułapką dla konstruktorów, którzy posiadają w tej dziedzinie tylko powierzchowne wiadomości. Nic łatwiejszego, jak



Rys. 5. Łączenie dachu pudła samochodu ze ścianami bocznymi zapomocą spawania elektr. iskrowego.

stworzyć konstrukcję spawaną, której wykonanie jest 100 i 200% droższe, niż inne wykonanie, gdzie lepiej dostosowano konstrukcję do metody. Są to rzeczy, które zupełnie uchodzą uwagi, a można je wykryć dopiero przy dokładnej analizie. W tym względzie można byłoby zacytować cały szereg przykładów z codziennej praktyki, nie wchodzi to jednak w ramy dzisiejszego odczytu.

Ustaliwszy — na podstawie równorzędnego rozwoju metod spawania — zasadą ich równorzędnego traktowania, przejdziemy z kolei do omówienia ostatnich postępów badań naukowych w spawalnictwie.

### Ewolucja pojęcia spawalności.

Sam cel badań naukowych, który dawniej polegał na wykryciu warunków umożliwiających otrzymanie w połączeniu materiału możliwie jednorodnego z materiałem rodzimym, uległ z biegiem czasu ewolucji, a z nim i samo pojęcie „spawalnoci”. Regułą stała się raczej niejednorodność połączenia, a stąd i kwalifikacja metali na spawalne i niespawalne została zastąpiona przez „zdatne” lub „niezdatne” do spawania, niezależnie od tego, czy spawa się materiałem o składzie tym samym, co materiał rodzimy, czy różnym od niego. Rozwój metod lutospawania, t. j. spawania przy użyciu specjalnego mosiądzu jako spoiwa, jest tej ewolucji wybitnym przykładem. Dzięki lutospawaniu, można dziś łączyć stale wysokowęgliste, przedmioty cynkowane, żeliwo „na zimno”, co przy zasadzie

jednorodności spoiny nie dawało się dawniej urzeczywistnić. Również stale manganowe, które dotychczas uważane były za niespawalne, dają się spawać przy użyciu stali chromoniklowej i t. d.

### Materiały dodatkowe.

W związku z powyższym nadzwyczajnie rozwinęły się prace nad materiałami dodatkowymi. Największe postępy w tym względzie należą do spawania łukowego elektrodami metalowymi i dotyczą głównie pokrycia elektrod. Gołe druty już zdecydowanie zostały wyparte przez elektrody powłokowe. Wobec wielkiej ilości różnych typów tych elektrod, istnieje tendencja do pewnej normalizacji w tej dziedzinie, co spawalnicy powitają z wielką ulgą, gdyż mnogość najrozmaitszych rodzajów, służących do tych samych celów, utrudnia orientację, szczególnie w mniejszych zakładach, które nie mogą przeprowadzać prób i są zdane na pastwę reklamy. Z chaosu tego wyłaniają się zdecydowanie 2 typy elektrod, do których należy przyszłość. Pierwszy — to elektrody o powłoce „lotnej”, której zadaniem jest stworzyć wokół łuku atmosferę gazów redukujących; powłoka ta ulatnia się, nie daje więc żużła, którego usuwanie jest kłopotliwe. Drugi typ — to elektrody o grubej powłoce, zawierającej dodatki polepszające własności spoiwa; elektrody te, stosowane do poważniejszych robót, dają na powierzchni grubą warstwę żużła, tak nie lubianego przez spawaczy, który jednak zapewnia spoinie cenne zalety. Pośrednie powłoki pomiędzy „lotną” a „grubą” wykazują tendencję do zaniku.

Dla każdego rodzaju stali musi być dobrana specjalna elektroda i w miarę przybywania nowych gatunków stali musi się zwiększać i ilość rodzajów elektrod. Jest to naturalne i słuszne, jednak — rzecz dziwna — istnieje również tendencja do tworzenia elektrody „uniwersalnej”. Tym zamierzeniem, które mogą powstać tylko w głowach handlowców - idealistów, nie można rokować powodzenia.

Postępem na naszym gruncie jest stworzenie produkcji krajowej elektrod, które z bardzo nieznaczными wyjątkami pokrywać może całkowicie zapotrzebowanie wewnętrzne.



Rys. 6. Łączenie szkieletu karoserji zapomocą spawania oporowego punktowego.

Spawanie acetylenowe, które, dzięki istnieniu atmosfery redukującej, dawało przy użyciu zwykłego drutu wyniki wystarczające w zastosowaniu do zwykłych stali konstrukcyjnych, musiało dziś wraz z rosnącymi wymaganiami, stworzyć druty, dające spoiny o wysokiej wytrzymałości. Dzięki licznym badaniom, przeprowadzonym w ostatnim



roku nad spawaniem drutami ze stali specjalnych o najrozmaitszym składzie (Ni, Cr, Mo, Va), zagadnienie doboru wysokowartościowych drutów do spawania acetylenowego posunęło się znacznie naprzód. Praktycznie największe zastosowanie znajdują druty o zawartości 0,15 - 0,25% C i 3 - 3,5% Ni.

Należy zaznaczyć, że niema żadnych trudności, aby te wartościowe druty mogły być również wyrabiane w kraju, czego dowodem jest stworzenie ostatnio specjalnego drutu (Cr, Mo, Va) do napawania acetylenowego zużytych szyn kolejowych, specjalnego drutu do spawania kadłubów pługowców itp.

Na zakończenie omawiania zagadnienia materiałów do spawania należy wspomnieć o miedzi, która jest dziedziną wyłącznie spawania acetylenowego. Kwestja spawania miedzi rozwiązana została pomyślnie, gdy się okazało, że, jak przy spawaniu stali węgiel jest „wrogiem spawania”, tak przy spawaniu miedzi tlen jest tym czynnikiem niepożądanym. Oddlenioną miedź spawa się bez żadnych trudności. Zagadnienie to przeniosło się więc ze spawalni do huty. Zdobyczą ostatniej doby jest wyrób w kraju specjalnego drutu do spawania miedzi, lepszego od sprowadzanego dotychczas drogiego patentowanego drutu niemieckiego, co zasługuje na specjalne podkreślenie. Również spawanie niklu palnikiem acetylenowym, które dotychczas przedstawiało duże trudności, zostało ostatnio pomyślnie rozwiązane.

#### Normalizacja prób.

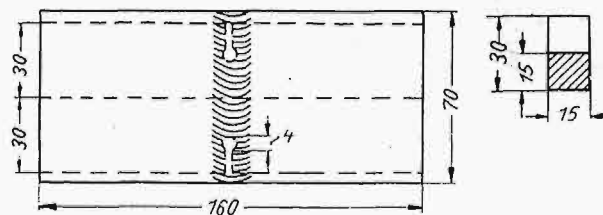
Wartości poszczególnych materiałów dodatkowych należy oczywiście mierzyć wynikami, jakie się osiąga na próbach spawania. Wyniki tych prób zależą jednak również od materiału rodzimego, z którego przygotowuje się próbki. Poza to, jeżeli wytrzymałość spoiny na rozerwanie łatwo zmierzyć przez obrabianie próbki na mniejszy przekrój w miejscu spawaniem, to wydłużenia spoiwa w ten sposób określić nie można. Do tego celu robi się próbki całkowicie ze stopionego metalu (drutu lub elektrody). Te próbki nie nam jednak nie mówią o jakości np. sfery przejściowej między czystym spoiwem a materiałem rodzimym. Poza to spoiwo, jako takie, nie istnieje samoistnie w praktyce i badania próbek z samego spoiwa może dać jedynie porównanie jakości dwu różnych spoiw, natomiast nie może służyć do określenia jakości połączenia spawanego.

W wielu rodzajach spawania, jak np. przy spawaniu iskrowem, nie stosuje się spoiwa wogóle, natomiast materiał rodzimy zostaje przetopiony, i to w tak cienkich i niemożliwych do wyodrębnienia warstwach, że nie można go poddać oddzielnie jakimkolwiek próbom. Próby te zresztą byłyby bezcelowe. Dlatego zawsze najlepszym sposobem stwierdzenia wytrzymałości połączeń spawanych jest poddać próbce konstrukcję w naturalnej wielkości, obciążając ją odpowiednio, statycznie lub dynamicznie, w sposób najbardziej zbliżony do rzeczywistości. Gdy to jest niemożliwe lub zbyt kosztowne, można wykonane w mniejszej skali typowe elementy połączenia poddać próbom na rozrywanie, ścinanie, gięcie i t. p. i z nich wnioskować o wytrzymałości konstrukcji, złożonej z tych elementarnych połączeń, trzeba jednak zdawać sobie sprawę, że próby te świadczą o wytrzymałości konstrukcji jako ca-

łości, a nie samej spoiny, choćby ta konstrukcja miała najprostszy kształt. Weźmy jako przykład, próbkę na rozciąganie. Przy rozrywaniu tego rodzaju próbki otrzymuje się wytrzymałość pręta spawanego, a nie wytrzymałość samej spoiny, gdyż cyfry otrzymane zależą w równej mierze od wytrzymałości spoiwa, jak i materiału rodzimego, od kształtu krawędzi spawanych, promienia zaokrąglenia w miejscu zwężonym próbki, a poza to od wielu innych okoliczności związanych z samym wykonaniem. W tych warunkach dążenie do znormalizowania tego rodzaju prób natrafia na nadzwyczajne trudności i nieprędko to zagadnienie doczeka się rozwiązania. Próby zaś, przewidziane w różnych przepisach i regulaminach, warunkach odbioru itp., są raczej kontrolą spawaczy pod względem wykonania, aniżeli próbą połączeń.

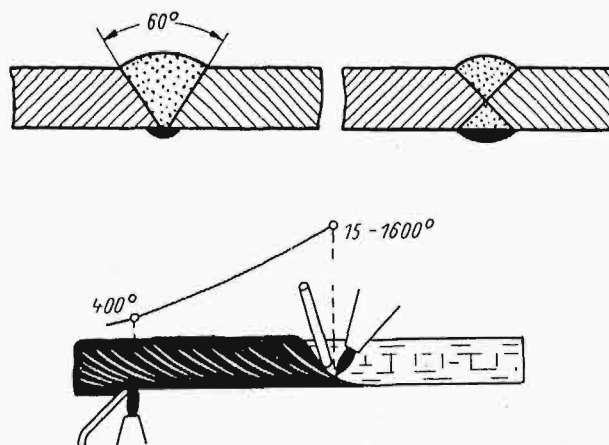
#### Próby na uderzenie.

Ze względu na niejednorodność struktury w połączeniu spawanem, możliwość zanieczyszczenia tlenkami i żużlem, przegrzania materiału, niedostatecznego przetopienia i t. p. — badania mikro i makrograficzne są dziś nieodłączne przy wszelkich studjach wytrzymałości. Ponieważ braku struktury wychodzą na jaw najwyraźniej przy próbach na uderzenie (rys. 7) i na zmęczenie, próby te wysu-



Rys. 7. Sposób przygotowania próbki na uderzenie.

wają się na pierwsze miejsce. W tym względzie wykonano cały szereg ciekawych prac, które dają cenne wskazówki, tak co do materiałów dodatkowych, jak i metod spawania. Okazało się naprzykład, że przy spawaniu palnikiem, stosując metodę wskazaną na rys. 8, można znacznie podnieść wytrzy-



Rys. 8. Spawanie acetylenowe obustronne w celu wyżarzenia spoiny.

małość na uderzenie, a to dzięki wyżarzeniu spoiny, jakie w tym wypadku się osiąga przez dodatkowe spawanie z odwrotnej strony<sup>3)</sup>. Przy spawaniu łukowym wielowarstwowym, gdy każda następna

<sup>3)</sup> Die Wärme, Nr. 22, 1932.

warstwa odziera warstwę poprzednią, daje się zauważyć to samo zjawisko.

Mimo pewnych postępów na tem polu, wytrzymałość na uderzenie połączeń ze stali miękkiej w dobrych warunkach dochodzi zaledwie do połowy wytrzymałości materiału rodzimego, pole więc do dalszych postępów jest szeroko otwarte, nie tedy dziwnego, że sprawa ta jest jedną z najbardziej studjowanych w obecnym czasie.

#### Odkształcenia i naprężenia skurczowe.

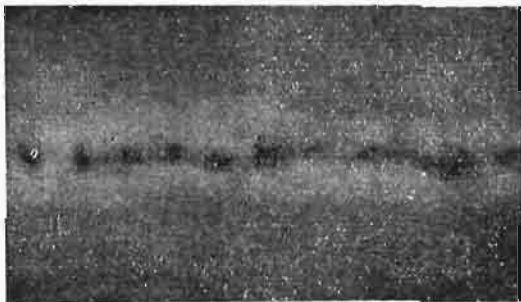
Drugim zagadnieniem, które najczęściej obecnie zajmuje badaczy, są naprężenia skurczowe.

Dotychczas więcej się zajmowano odkształceniami niż naprężeniami, gdyż pierwsze w widoczny sposób zmieniają wygląd przedmiotu, choć własnie niewidoczne naprężenia są bardziej groźne, gdyż zmniejszają wytrzymałość. O niektóre jednak odkształcenia należałoby się raczej starać, niż ich unikać. Przez odkształcenia wstępne przedmiotu, odwrotne do odkształcenia spowodowanego skurczeniem, można bowiem otrzymać przedmiot wolny od naprężeń. Niezawsze daje się to zrealizować, wobec nadzwyczaj skomplikowanego i zmiennego rozkładu sił skurczu. Przez dokładne pomiary tych naprężeń badacze starają się wykryć mechanikę tego zjawiska, i mamy już w tym względzie kilka prac nadzwyczaj ciekawych. Przytem dokonywa się „rehabilitacja” spawania acetylenowego, które uchodziło dotychczas za gorsze pod tym względem od spawania łukowego, dlatego, że przy spawaniu acetylenowym większe ilości ciepła są doprowadzane do przedmiotu. Nie brano pod uwagę, że wysokość naprężeń zależy od różnicy temperatur stygnącej spoiny i zimnego metalu obok spoiny, a ta różnica jest przy łukowym spawaniu znacznie większa, niż przy acetylenowym, gdyż przy tem ostatniem ciepło rozchodzi się na większą powierzchnię metalu i spadek temperatury od spoiny ku materiałowi rodzimemu jest łagodniejszy. Zagadnienie naprężeń skurczowych jest dziś jednym z najważniejszych w spawalnictwie.

Jak poważnie należy je traktować, dowodem ostatnio wydane przepisy amerykańskie spawania kotłów, które przewidują wyżarzanie spoin jako obowiązujące.

#### Kontrola spoin.

Najrozmaitsze sposoby kontroli spoin bez zniszczenia materiału, jak akustyczna, oporowo - elektryczna, magnetyczna i t. p., pozostały raczej na papierze, natomiast praktyczne zastosowanie posiada jedynie metoda rentgenograficzna, choć wykazuje ona liczne niedogodności. Dużym postępem



Rys. 9. Pęcherze w spoinie grub. 25 mm, wykryte zapomocą prześwietlenia promieniami gamma.

w tym względzie jest uproszczenie i obniżenie kosztu urządzeń. Być może, że przez zastosowanie promieni gamma, (rys. 9), które mają znacznie większą przenikliwość niż promienie X i nie wymagają skomplikowanych urządzeń, osiągnie się wreszcie narzędzie kontroli, dostępne dla szerszej praktyki. Sprawa ta zresztą nie dotyczy wyłącznie spawania, dlatego omawiać jej tu szerzej nie będziemy.

Omówiwszy najgłówniejsze tematy badań naukowych, które są podstawą rozwoju w tej, jak i w każdej innej gałęzi techniki, przejdziemy obecnie do omówienia postępów w dziedzinie urządzeń do spawania różnymi metodami.

#### Urządzenia do spawania.

W dziale spawania acetylenowego usiłowanie lepszego wyzyskania ciepła płomienia palnika doprowadziło do stworzenia palników wielopłomienych. Na rys. 10 widzimy palnik, w którym funkcje samego spawania wykonywa większa dysza, natomiast 2 małe służą do podgrzewania materiału dodatkowego<sup>4)</sup>. W innych rozwiązaniach



Rys. 10. Palnik wielopłomieniec acetylenowo-tlenowy.

funkcje, podgrzewania krawędzi łączonych przedmiotu powierzone są także osobnej dyszy. Dla danej grubości blachy, gdy moc palnika jednopłomiennego wzrasta, szybkość spawania też wzrasta, lecz nie proporcjonalnie, gdyż jednocześnie szybciej jeszcze rośnie strata ciepła, natomiast zapomocą palnika wielopłomiennego, uzyskuje się tu znacznie lepszy stosunek. Palniki nowego typu, po dokładnem przystosowaniu, powinny znaleźć duże rozpowszechnienie. Należy tu wspomnieć również o palniku acetylenowym do opalania drzewa (rys. 11). Starożytny ten sposób konserwacji drzewa stał się na nowo aktualnym, dzięki udoskonaleniu samego procesu opalania<sup>5)</sup>.

Aby zakończyć z palnikami, za cytujemy jeszcze palnik amerykański „Lindeweld”, który prowadzi się wzdłuż spoiny na podobieństwo palnika do cięcia (rys. 12). Druć spoczywa tu w głębi rowka,

<sup>4)</sup> Revue d. l. Soudure Aut., Nr. 4, 1933.

<sup>5)</sup> Industrial Gases, Nr. 2, 1932.

utworzonego przez krawędzie łączone, i opuszcza się sam pod własnym ciężarem w miarę topienia, a spawacz prowadzi tylko równomiernie palnik. Jest to więc palnik półautomatyczny, szczególnie dogodny do spawania rur. Dzięki większej równomierności posuwu i łatwiejszej manipu-

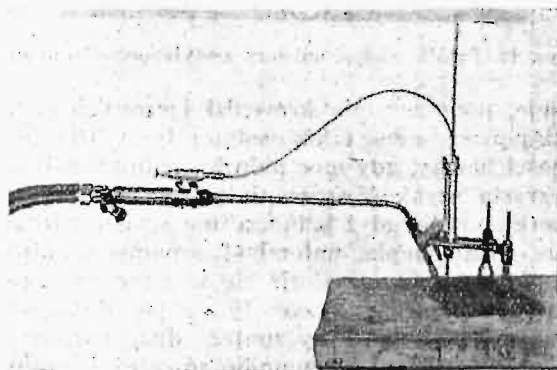


Rys. 11. Opalanie drzewa w celu konserwacji zapomocą palnika acetylenowo-tlenowego.

lacji, szybkość spawania jest tu znacznie większa. Przez zastosowanie płomienia z lekkim nadmiarem acetyleny, a więc na węglającego, można jeszcze powiększyć szybkość topienia, gdyż obniża się przez to punkt topliwości metalu. Amerykanie w tym wypadku zrywają z zasadą norm obojętności chemicznej płomienia, która stanowiła rodzaj kanonu w spawaniu stali zwykłej.

W spawaniu łukowym stosuje się w dalszym ciągu równolegle prąd stały i zmienny, i spawalnice obu typów nie doznały ostatnimi czasy poważniejszych ulepszeń.

Natomiast w maszynowym spawaniu łukowym rozwiązano pomyślnie sprawę zasilania maszyny elektrodą powlekaną. Ponieważ drut musi być nawinięty na bęben, nie mógł być zaopatrzony w po-

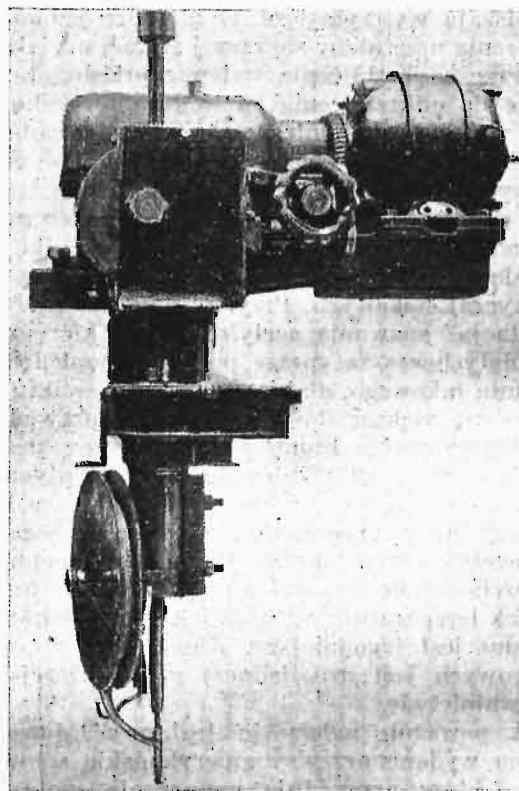


Rys. 12. Palnik półautomatyczny „Lindeweld”.

włokę, która się łatwo kruszy, zaś konieczność stosowania drutu gołego stanowiła dużą wadę tej metody. Na rys. 13 widzimy urządzenie do powlekania drutu tuż przed dojściem do łuku, co pozwala i w maszynowym spawaniu korzystać z wysoko-wartościowego materiału dodatkowego.

Spawanie wodorowe, syst. Langmuira, znane od kilku lat w Ameryce, propagowane obecnie z Niemiec pod nazwą „Arcatom”,

zasługuje na specjalną uwagę. Co się dzieje naprawdę w łuku, wytworzonym między dwiema elektrodami z wolframu, żarzącymi się w atmosferze wodoru, trudno oczywiście zbadać, i trzeba wierzyć różnym teorjom. Faktem jest, że osiąga się tu nadzwyczaj wysoką temperaturę, a spoina, chroniona od dostępu powietrza, wykazuje wysoką jakość. Metodą tą można wykonywać roboty o znaczeniu zupełnie wyjątkowym, jak spawanie stali wysokowęglowych (narzędzia) i specjalnych i t. p. Wadą tej metody jest trudność dodawania materiału do spoiny, dlatego stosuje się ją raczej do spawania cienkich blach. Wszystkie starania idą obecnie w tym kierunku, aby zamienić elektrodę z wolframu na inny tańszy materiał i tym sposobem upraktyczyć tę metodę.



Rys. 13. Przyrząd Als-Thom do owijania elektrod przy spawaniu łukowym maszynowym.

Postęp w dziedzinie maszyn do spawania oporowo-punktowego należy raczej do historii elektrotechniki, dlatego ograniczę się tu tylko do wyliczenia charakterystycznych cech rozwoju tej metody, jak samoczynne niezawodne działanie, poręczność ruchomych maszyn, udogodnienia (ręczne kleszcze), zacisk pneumatyczny, regulacja naciśku i czasu spawania, zależnie od grubości blach łączonych, zgrzewanie jednoczesne wielu punktów i t. p.

#### Obróbka płomieniem.

Dotychczas palnik acetylenowo-tlenowy był używany do jednego rodzaju obróbki, mianowicie do cięcia. Szczególnie na polu maszynowego cięcia całkowicie lub półautomatycznie, poczyniono ogromne postępy, wszystkim dobrze znane. Mniej znane są uśiłowania zastosowania palnika do wiercenia, toczenia, strugania i t. p. Taka obróbka jest możliwa, przez ustawienie płomienia nie prostopadle, ale



stycznie do powierzchni obrabianej. W pierwszym rzędzie zastosowano ten sposób do usuwania pęknięć na półfabrykatkach walcowanych, co dotychczas wykonywało się mechanicznie, zapomocą ściłaka pneumatycznego lub toczenia. Aby materiał nie ulegał zawijaniu przy dalszem walcowaniu, bró-

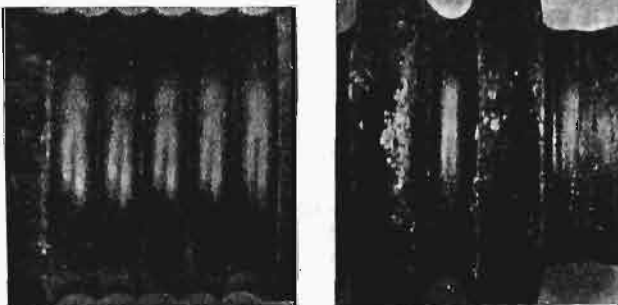


Rys. 14. Wypalanie nakielków zapomocą palnika tlenowo-acetylenowego.

zda utworzona po usunięciu rysy musi posiadać szerokość u góry kilkakrotnie większą niż głębokość, usuwać więc trzeba dużo materiału. Do tego celu skonstruowano potężne palniki, zasilane gazami jednocześnie z kilku butli; palniki te wypalają brózdę wszelkiej głębokości w czasie znikomym w stosunku do obróbki mechanicznej.

Sukcesy osiągnięte na tem polu zrodziły tendencję do zastosowania palnika do normalnej obróbki. Na rys. 14 widzimy wypalanie nakielków na wałkach. Palnik, zastosowany do stapienia powierzchni płaskich lub walcowych, działa jak nóż o kształcie łukowym (rys. 15)<sup>6)</sup>.

Czy ta metoda się rozwinie — nie pewnego dziś mówić nie można. Cięcie nawskroś rozwija się stale, i już dość skomplikowane kształty są wycinane palnikiem, być może, że za cięciem pójdą i inne rodzaje obróbki. W każdym razie fakt, że można stal obtoczyć, choćby zgrubsza, bez użycia energii



Rys. 15. Toczenie wałków zapomocą palnika tlenowo-acetylenowego.

mechanicznej, poza energją, którą potrzeba zużyć do obracania samego przedmiotu, zasługuje na podkreślenie, jako nowa zdobycz techniki, której konsekwencji dziś jeszcze przewidzieć nie można.

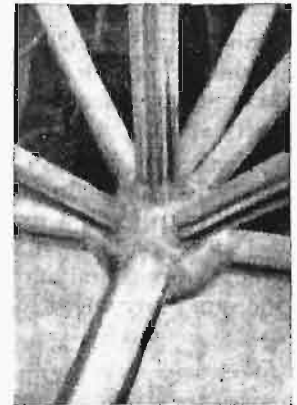
<sup>6)</sup> Industrial Gases, Nr. 1, 1933.

## Zastosowania.

Ten krótki przegląd spawalnictwa należy uzupełnić choć w paru słowach charakterystyką rozwoju spawania w przemyśle, gdyż wyniki praktyczne są właściwą miarą do oceny celowości wysiłków badaczy, konstruktorów i techników na tem polu.

Na pierwszy plan wysuwa się bezsprzecznie zastosowanie spawania w konstrukcjach stalowych i w budowie maszyn. Pięknym przykładem konstrukcji, aczkolwiek nie całkowicie spawanej, jest u nas gmach Tow. „Przezorność”, który już był opisany w *Prze gl. Technicznym*. W tym dziale wysuwamy się bodaj na pierwsze miejsce w Europie. Wspomnieć tu trzeba o rozwoju spawanych konstrukcyj rurowych, które z wielu powodów są nadzwyczaj interesujące (rys. 16). Co można osiągnąć, stosując racjonalnie rurę w konstrukcji, mieliśmy przykład na kopule gmachu P. K. O. w Warszawie<sup>7)</sup>.

Największym jednak rozgłosem cieszy się spawanie w gałęzi przemysłu, u nas nieistniejącej — w budowie okrętów wojennych oraz statków wszelkiej wielkości — od transoceanicznych aż do kajaków. Wogóle w środkach transportowych (samochody, samoloty, wagony), gdzie obniżenie ciężaru gra tak wielką rolę, spawanie ma największe pole zastosowania. Jeżeli idzie o samoloty i wagony kolejowe, możemy wytrzymać porównanie z najbardziej uprzemysłowionymi krajami. W najstarszych działach zastosowania spawania: zbiorniki i rurociągi — rozwój podąża szybkim krokiem. 12 000 km spawanych rurociągów dalekosiężnych w Ameryce jest tego najlepszym dowodem. Aczkolwiek wielkie plany dalekosiężnych rurociągów gazowych w Polsce nie zostały narazie zrealizowane, nie można wątpić, że gdy nadejdzie czas, tylko spawane rurociągi będą miały zastosowanie.



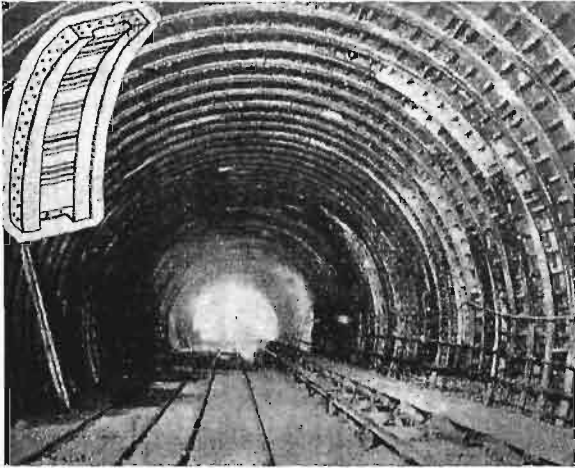
Rys. 16. Kula jako element węzłowy w konstrukcjach z rur.

W dziale kolejnictwa na uwagę zasługuje wprowadzenie ostatnio w Polsce sposobu naprawy styków z cyną i krzyżownic zapomocą spawania acetylenowego. Poza tem zagadnienie trwałe łączenia szyn na stykach zapomocą spawania, które we wszystkich krajach, a szczególnie w St. Zj. jest od szeregu lat studjowane bez powodzenia, jest obecnie u nas na drodze do pomyslnego rozwiązania. W niedługim czasie wyniki będą podane do ogólnej wiadomości i jeżeli próby okażą się zadowalające — do czego są zupełnie uzasadnione nadzieje — będzie to prawdziwym tryumfem polskiej techniki.

W dziale zamiany odlewów na konstrukcje spawane podano niedawno w tem piśmie ciekawy przykład zamiany odlewów stalowych w budowie dział, a więc w dziedzinie, gdzie z natury rzeczy wymagania są nadzwyczaj ostre. Tu pozwolę sobie przy-

<sup>7)</sup> *Prze gl. Techn.* Nr. 8, 1933.

toczyć przykład jednej tylko konstrukcji, dzięki której zaoszczędzono przeszło milion dolarów. Na rys. 17 przedstawiono tunel w Bostonie, złożony z szeregu pierścieni stalowych; każdy pierścień jest złożony z odcinków, posiadających kształt skrzynkowy, z blach prasowanych, łączonych ze sobą za-



Rys. 17. Tunel kolejowy w Bostonie wykonany z elementów stalowych spawanych.

pomocą spawania. Żebra wewnątrz skrzynki są utworzone z odcinków szyn, łączonych do dna skrzynki zapomocą spawania. 213 km długości wynosiły spoiny. Ciężar 12 500 t<sup>s</sup>).

Spawanie pozwala na stosowanie konstrukcyj opartych na zupełnie nowych zasadach. Np. dach z blachy grubości 3 mm, przedstawiony na rys. 18, wisi swobodnie na rozpiętości 47 m, opierając się tylko krawędziami na konstrukcji betonowej. Blacha sama przybiera odpowiedni kształt powierz-



Rys. 18. Dach wiszący, rozpiętości 47 m, z blachy spawanej grub. 3 mm.

chni krzywej. Dach, długości 96 m, składa się z 76 pasów blachy, każdy zaś pas złożony jest z 5 blach. Wszystkie blachy są łączone zapomocą spawania. Ciężar konstrukcji 400 t, długość spoin — 20 km<sup>o</sup>).

s) The Welding Eng., Nr. 7, 1932.

o) Welding, Nr. 10, 1932.

## S. I. S.

Jakie możliwości rozwoju posiada spawanie w Polsce? Niewątpliwie większe, niż w jakimkolwiek bardziej uprzemysłowionym kraju. Gdy przy innych metodach fabrykacji trzeba maszyn, transmisji, budynków i t. p., spawanie wymaga małego kąta do postawienia dwóch butli lub przetwornicy elektrycznej. Zagospodarowanie się na spawanie jest znacznym ułatwieniem dla każdej gałęzi przemysłu metalowego. Aby jednak wyciągnąć korzyści z postępów tej gałęzi techniki zagranicą i rozwijać u nas spawanie, należałoby stworzyć pewne ramy organizacyjne dla współpracy, polskich inżynierów spawaczy. W obecnym stanie rzeczy rozsiani małymi grupkami lub pojedynczo, pracują oni, nie wiedząc nawet o sobie, nie wspomagając się wzajemnie wynikami swych doświadczeń. A czekają nas zadania bardzo poważne, choćby w związku z koniecznością wyzyskania możliwości spawania w dziedzinie środków obrony kraju, która wymaga obecnie jak największych wysiłków.

W tak młodej gałęzi techniki, która niedawno wyszła z rzemiosła, gdy dopiero kształtuje się typ inżyniera-spawacza, jako specjalisty w swym dziale, współpraca jest bardziej potrzebna niż w jakimkolwiek innym zawodzie inżynierskim. Przypuszczam, że wszyscy technicy pracujący na tem polu odczuwają brak organizacji zawodowej nas łączącej i że będą wyrazicielem ich życzeń, składając wniosek utworzenia przy S.I.M.P. osobnej sekcji inżynierów spawaczy (S.I.S.). Sekcja ta pozwoliłaby zjednoczyć pracujących na tem polu, głównie inżynierów - mechaników, a zarazem byłaby związkiem przyszłego Stow. Inż. Spawaczy, analogicznego do organizacji istniejących już zagranicą.

## Nowe wydawnictwa\*)

**Polskie ustawy budowlane.** Zebrał i zestawiał Inż. R. Hand. Str. 323 (1/16°). Nakł. autora. Kraków 1933.

**Podręcznik ogrzewania i wietrzenia.** H. Rietschel. Wyd. IX-te. Przekład polski, przejrzany i uzupełniony przez Inż. Fr. Bąkowskię. Str. 259 (1/4°), rys. 298. Nakł. Zw. właścicieli przedsiębiorstw urządzeń zdrowotnych R. P. Warszawa 1933. Cena zł. 30.

**Zarys budowy geologicznej złóż soli kamiennej w Bochni i Wieliczce.** Inż. J. Kuhl. Str. 19, rys. 16. Odbitka z „Przegl. Gór.-Hutniczego”. Sosnowiec 1932.

**Zarys historyczny i opis techniczny tramwajów i autobusów miejskich m. st. Warszawy.**, wyd. przez Dyрекcję Tramwajów Miejskich w Warszawie dla upamiętnienia 25-lecia tramwajów elektrycznych w Warszawie. Str. 124, rys. 39. Warszawa 1933.

**Chemiker - Kalender 1933** wyd. przez prof. Dr. J. Koppela, rocznik 54, w dwu tomikach. Str. 650 + 105. Wyd. J. Springer. Berlin 1933. Cena zł. 44.70.

**Richtige Maschinenschmierung.** Kraftmaschinen, Arbeitsmaschinen, Transportwesen, Kraftfahrzeuge, Dipl.-Ing. E. W. Steinitz. Str. 177 z 36 rys. J. Springer. Berlin, 1932. Cena zł. 17.40.

**Die Hochstrassen des Weltluftverkehrs.** Prof. C. Pirath. Forschungsergebnisse des Verkehrswissenschaftlichen Instituts für Luftfahrt, Stuttgart, zes. 5, str. 46 (4°). R. Oldenbourg. Berlin, 1932. Cena zł. 22.50.

\*) Podawane w tym dziale wydawnictwa są do nabycia w Księgarni Technicznej „Przeglądu Technicznego”, Warszawa, ul. Czackiego 3/5.

# Postępy w budowie wagonów\*)

Napisał Inż. P. Małkiewicz\*\*).

Szybki rozwój kolejnictwa powodował stałe i znaczne zmiany konstrukcji wagonów osobowych, mające na celu zapewnienie podróżnym z jednej strony maximum wygody, z drugiej — bezpieczeństwa przy katastrofach. Głównie ten ostatni wzgląd skłonił koleje amerykańskie, jeszcze przed wojną eu-

ropejską, do zastosowania konstrukcji pudła ze stali. Rys. 1 przedstawia na przykład widok zewnętrzny wagonu kolei Pensylwańskiej na 88 miejsc, zaś rys. 2 przedstawia widok wewnętrzny szkieletu pudła bez o-

szalowania. Koleje amerykańskie postawiły sobie za zadanie, aby wagon w kierunku podłużnym przy zderzeniu mógł wytrzymać siłę 181 500 kg bez żadnych uszkodzeń, lub też przy stoczeniu się z wysokiego nasypu, względnie przy spiętrzeniu się wzajemnym, nie uległ znacznijszym uszkodzeniom. Wymagania te wywołały konieczność zastosowania nader mocnej konstrukcji stalowej, zwłaszcza ścian czołowych i przedścionków. Dalsze wymagania całkowitego bezpieczeństwa przeciw pożarowi prowadziły niemal do zupełnego wyrugowania drzewa, nawet z urządzeń wewnętrznych, sprowadzając jego ilość w niektórych wypadkach do kilkudziesięciu kilogramów na cały wagon. Oczywiście, wagony tak zbudowane posiadały znaczną wagę, która jednakże ze względu na silnie zbudowane tory mogła być jeszcze zastosowana.

W Europie zaczęto również przed wojną światową myśleć o zastąpieniu konstrukcji drewnianej przez stalową, ale tu nie stawiano tak wysokich wymagań pod względem wytrzymałości. Względem na znacznie słabsze tory od amerykańskich zmuszał do liczenia się z wagą. Mając na uwadze wzmocnienie konstrukcji na zderzenia, zaczęto stosować jako poszycie wagonu grubą blachę 5 — 6 mm do

wysokości pasa podokiennego, uwzględniając ją już w obliczeniach wytrzymałościowych. Reszta pudła pozostała konstrukcji drewnianej. Takiej konstrukcji była zbudowana pewna ilość wagonów dla kolei niemieckich, niektórych rosyjskich, a także i Warszawsko - Kaliskiej. Wzorując się na Ame-

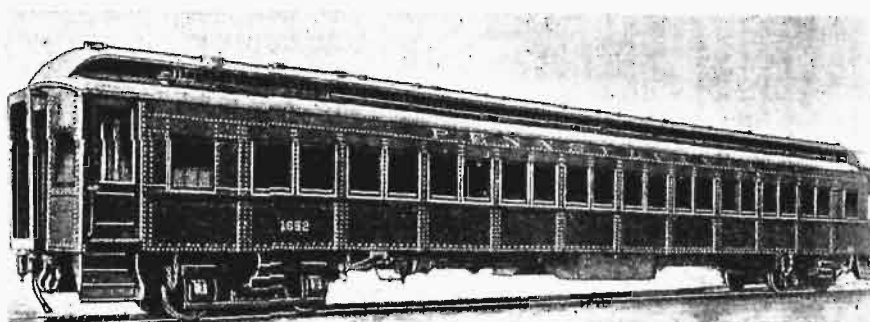
ryce, kraje zachodnio - europejskie przystąpiły około 1908 roku do studjów nad opracowaniem wagonów stalowych, lecz właściwe uskutecznienie tego dużego przedsięwzięcia, nie licząc niewielkiej liczby wagonów

zbudowanych w 1914 roku w Niemczech, nastąpiło dopiero po wojnie. Francja i Włochy zdecydowały się zrazu na zastosowanie omówionego już typu wagonu pokrytego blachą grubości 5 mm do

wysokości parapetu okien. Niemcy opierając się na gruntownych studjach nad amerykańskimi wagonami stalowymi i zbudowanymi u siebie jeszcze przed wojną, przystąpiły w roku 1920 do budowy wagonów stalowych. Rys. 3 uwiidocznia zasady, jakie zostały przyjęte w konstrukcji tych wagonów. Z początku dach pozostawiano drewniany, ściany otrzymały poszycie z blachy grub. 3 mm, która już została wliczona do konstrukcji nośnej, wraz z ostojnicami, słupkami i silnym pasem górnym. W tym czasie konstrukcje francuskie i włoskie poszły o krok dalej, stosując blachę również i na dach, ścianki przedziałowe, a nawet w niektórych wypadkach i na pokrycie wewnętrzne ścian podłużnych wagonu. Mocowanie blachy wewnętrznej nie mogło być uskutecz-

niane bezpośrednio na słupkach i beleczkach, użyto więc różnego rodzaju podkładek izolacyjnych. Z rys. 4 widzimy charakter takiej konstrukcji, opracowanej przez biuro O. C. E. M.

Co się tyczy naszych wagonów, to po uzyskaniu niepodległości odziedziczyliśmy tabor stary i bardzo zniszczony, a fabryki nasze doszczętnie zrujnowane musiały zainstalować całe urządzenie i dopiero powoli przystępować do produkcji nowych wagonów. Ponieważ nie było żadnego materiału



Rys. 1. Wagon o pudle stalowym kolei Pensylwańskiej.



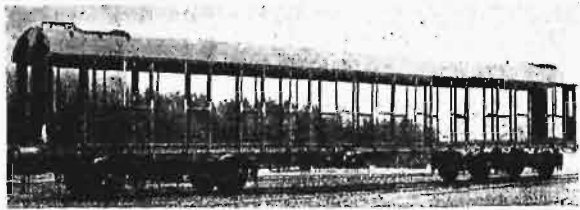
Rys. 2. Szkielet stalowy pudła wagonu.

\*) Referat zgłoszony na VII Zjazd Inżynierów Mechaników Polskich.

\*\*\*) Autor wyraża podziękowanie p. J. Mittemu za pomoc przy opracowywaniu niniejszego referatu.

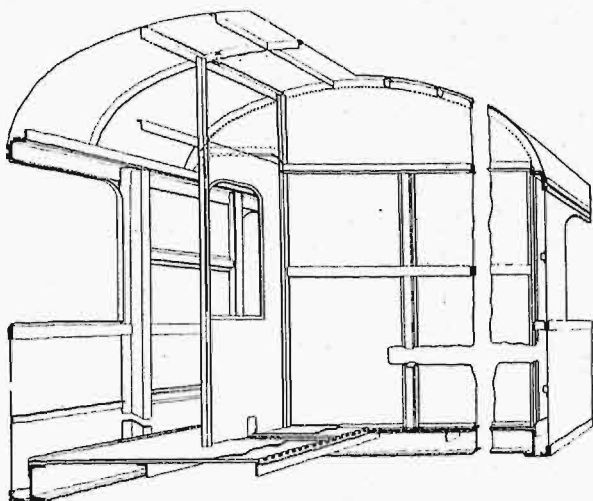


rysunkowego, trzeba było go corychlej stworzyć. Ze względu na pośpiech, konstrukcje pierwszych wagonów osobowych oparto na wzorach przedwojennych austriackich wagonów drewnianych na stalowym podwoziu, gdyż znaczną część rysunków tych wagonów udało się dostać. Po uruchomieniu produkcji przystąpiono w roku 1925 do



Rys. 3. Konstrukcja szkieletu pudła wagonu niemieckiego z r. 1920.

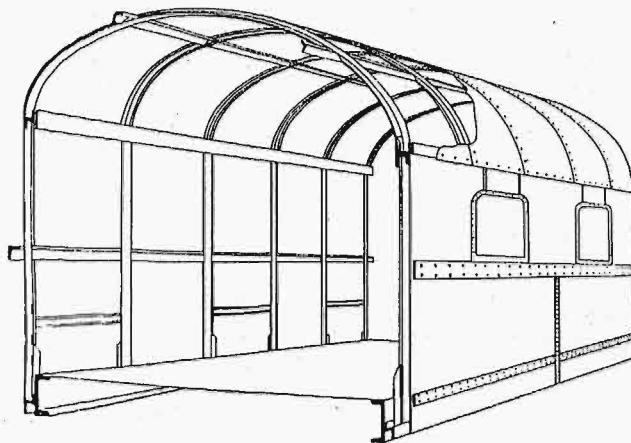
opracowania wagonów o pudle całkowicie ze stali, opierając się częściowo na wzorach niemieckich, francuskich i włoskich. Ze względu na przyjęte zasady konstrukcji, typ naszego wagonu najbardziej się zbliża do typu niemieckiego. Zasada konstrukcji widoczna jest z rys. 5. Przy obliczaniu uwzględniony został całkowity szkielet wagonu wraz z poszyciem blachą gr. 3 mm i blachą dachową 2 mm. Po zbudowaniu pudła stalowego poddano go próbnemu obciążeniu, odpowiadającemu rzeczywistemu. Skrupulatne pomiary wykazały zgodność z obliczeniami największego ugięcia pudła, które wynosiło w środku wagonu 2 mm. Naprężenia, mierzone w różnych punktach konstrukcji przyrządami do pomiarów naprężeń w mostkach, wykazały również całkowitą zgodność z obliczeniami, co potwierdziło słuszność przyjętej zasady, że w pracy biorą udział zarówno szkielet pudła, jak i poszycie blachą ścian i dachu. Konstrukcja dachu była jednakże słabsza od podwozia i w katastrofach w 1929 r. na Pomorzu, a w 1931 r. w Krakowie, aczkolwiek wagony stalowe wykazały nierównie większą wytrzymałość od ta-



Rys. 4. Konstrukcja wagonu stalowego kolei francuskich.

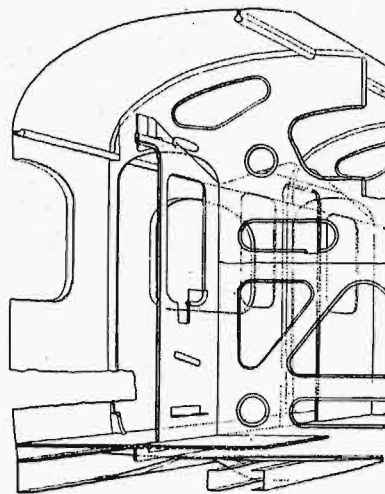
kich wagonów drewnianej konstrukcji, to jednak dach, a zwłaszcza ściany czołowe, uległy pewnym odkształceniom; to też ostatnio budowane wagony otrzymały silniejsze uźebrowanie podłużne dachu i wzmocnienie ścian czołowych. Jednocześnie

w projektowanych wagonach państw zachodnich przyjęto również za zasadę, że w pracy bierze udział cała konstrukcja, wraz z blachą poszycia i dachu, zarazem dano w dachu możliwie mocne usztywnienia podłużne. Zwrócono nadto uwagę na wzmocnienie ścian czołowych przez silną budowę i połączenie konstrukcji ściany czołowej z konstrukcją przedśionka. Stałe dążenie do podniesienia bezpieczeństwa podróży podczas katastrof wpłynęło zarazem na zastępowanie oszalowania wewnętrznego ścian i urządzeń wewnętrznych z drzewa, które podczas katastrof, przy łamaniu się ścian, dają bardzo niebezpieczne drzazgi, na metalowe. W Europie najdalej poszła pod tym względem konstrukcja francuska, zmniejszając do minimum stosowanie drzewa. Przykładem tej konstrukcji mogą być nowe wagony sypialne i restauracyjne Międzynarodo-



Rys. 5. Konstrukcja stalowego wagonu kolei polskich.

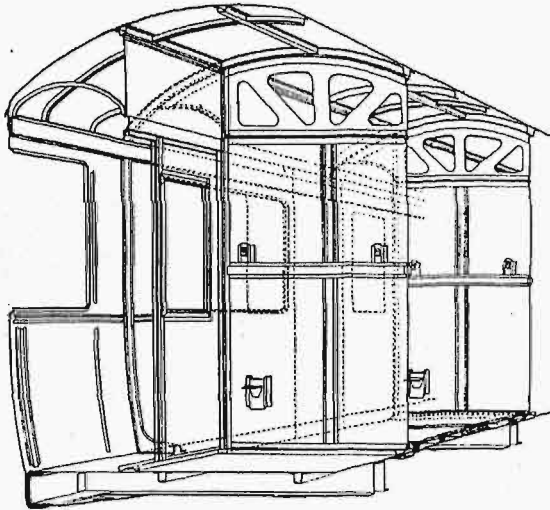
wego T-wa Wagonów Sypialnych. Wagony restauracyjne tego typu były w zeszłym roku zbudowane przez zakłady Cegielskiego w Poznaniu i kursują na naszych kolejach. Rys. 6 przedstawia nader ciekawą i oryginalną konstrukcję z blach prasowanych wagonów



Rys. 6. Konstrukcja pudła z blach prasowanych dla kolei francuskich.

zbudowanych dla francuskich kolei Północnych, a rys. 7—taką konstrukcję metalową Towarzystwa Kolei Wschodnich we Francji. Inne państwa, jak Włochy, a ostatnio i Niemcy, wykazują wyraźne dążenia do zupełnego zastąpienia drzewa konstrukcją metalową. Przy projektowaniu naszych wagonów stalowych była również rozpatrywana ewentualność zastąpienia wewnętrznego urządzenia drewnianego przez metalowe, ale trudność uzyskania dobrej izolacji części metalowych wewnętrznych od konstrukcji metalowych zewnętrznych skłoniła nasze wytwórnie do pozostawienia wewnętrznego

urządzenia z drzewa, mian. oszalowania ścian i sufitów wewnątrz dyktą, która przy łamaniu się nie daje ostrych drzazg, a zatem jest mniej niebezpieczna niż zwykłe szalówki. Sprawę zastosowania wewnętrznych ścian metalowych należy w naszym dość surowym klimacie uważać za przedwczesną, gdyż nawet w obecnej konstrukcji zaobserwować można podczas dużych mrozów pokrywanie się szronem lebków wkrętek i śrubek, które przypadkowo ze-



Rys. 7. Ustrój pudła z blach prasowanych dla kolei wschodnich we Francji.

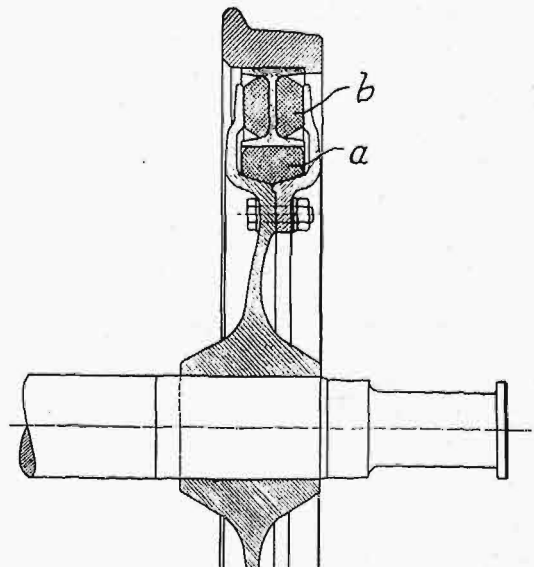
tknęły się z konstrukcją metalową zewnętrzną. Poza to zefknięcie się z metalem wywoływać będzie zawsze nieprzyjemne uczucie zimna, na co zresztą nie poradzi nawet najlepsza izolacja. W wewnętrznym urządzeniu zwrócono po wojnie baczną uwagę na nadanie miętego wyglądu wnętrzom, a zarazem na proste, gładkie kształty, aby jaknajmniej było miejsca na osadzanie się kurzu i aby czyszczenie było łatwe. Z tych względów stosuje się przy wykończeniu metalowem gładkie blachy, odpowiednio lakierowane, z cienkimi listwami metalowymi na stykach, a przy wykonaniu z drzewa daje się ściany gładkie, fornierowane odpowiednim drzewem, jak jesion, dąb, mahoń, orzech i t. p., z gładkimi, cienkimi listwami.

Dalszym wynikiem starań o zapewnienie dostatecznej wygody podróżnym są wygodne kanapy, dostateczne oświetlenie elektryczne, ogrzewanie, wentylacja, wygodne i higieniczne przedziały klozetowe i umywalnie z ciepłą i zimną wodą. Ogrzewanie przeważnie wykonywane jest niskoprężne parowe z regulacją ogólną centralną, uskutecznianą przez obsługę, i regulacją w poszczególnych przedziałach, dostępną dla podróżnych. Systemów ogrzewania istnieje parę i każdy z nich posiada pewne zalety i wady. U nas stosowany jest system niskoprężny wiedeńskiej firmy Friedmana, lecz wszystko jest wykonywane przez firmę krajową na zasadzie licencji. Ostatnią dążnością jest wprowadzenie samoczynnej regulacji ogrzewania przy pomocy odpowiednich termostatów. W Polsce w paru wagonach zainstalowano w roku 1931 urządzenia automatyczne elektryczne, lecz o działaniu ich nie mamy jeszcze dokładnych informacji. Na skutek elektryfikacji wielu linii, zrodziła się potrzeba zainstalowania w wagonach kursujących po liniach zwy-

kłych i zelektryfikowanych, prócz parowego, również ogrzewania elektrycznego, które dla naszych wagonów nie wyszło jeszcze ze stadjum projektu. Wentylację stosuje się wyciągową lub natłaczającą. Oba systemy mają swych zwolenników. Ostatnio we Francji w jednej z serji wagonów luksusowych zainstalowano wentylację szluczną przez natłaczanie powietrza wentylatorem elektrycznym, przyczem w lecie powietrze przelączane jest przez odpowiednie urządzenie, chłodzone lodem.

Wyważenie okien we Francji stosowane jest przeważnie syst. Kleina, z podnoszeniem bądź korbą, bądź tylko za pośrednictwem uchwyty ręcznego. W Niemczech wyważenie stosują przeważnie nożycowe i podnoszenie za pośrednictwem uchwyty. U nas jest dotąd stosowane wyważenie bębenniami ze sprężyną spiralną, a podnoszenie uskutecznią się za pośrednictwem uchwyty z mechanizmem samozatraskującym się w górnym położeniu. W jednej serji wagonów bagażowych zostało zastosowane podnoszenie oryginalnej konstrukcji za pośrednictwem korbki z automatycznym zakładaniem, względnie zdejmowaniem okna z parapetu przy kręceniu korbką.

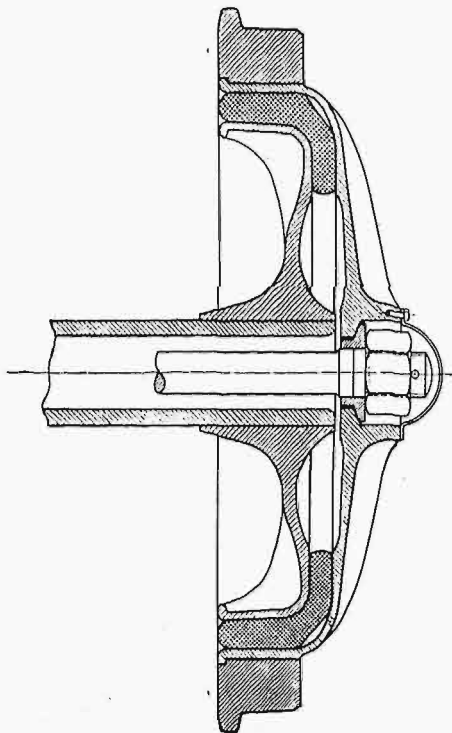
W budowie wózków w czteroosiowych rozpowszechniła się w ostatnich latach we Francji wózek z ramą monoblokową z odlewu stalowego. Daje to większą sztywność i trwałość wózka. W Niemczech został ogólnie przyjęty wózek typu fabryki w Zgorzelicach. Poza to używane są wózki bardzo różnorodne. W dążeniu do uzyskania cichego biegu wagonu i pozbycia się drobnych drgań, powstających wskutek nierówności toru, a niedostatecznie pochłanianych przez sprężyny, zaczęto próbować stosowania kół z oponami gumowymi. Wprowadziła je firma Michelin we Francji do swoich autobusów szynowych, zaś firma Austro - Daimler



Rys. 8. Ustrój koła wagonu z wkładkami gumowymi (a i b) pomiędzy obręczą a tarczą koła.

w Austrii. Poza to próbuje się wykonywanie odpowiednich wkładek gumowych pomiędzy obręczą i tarczą lub piastą koła. Powstały już różne rozwiązania, zastosowane w Ameryce i Niemczech, a użyteczność ich wykaże niebawem praktyka. Rys. 8 wskazuje jedno z rozwiązań, a rys. 9 — drugie. Zastosowanie wskazanych konstrukcyj kół ma,

prócz cichego biegu wagonu, i to ważne znaczenie, że zmniejsza masy nieodsprężynowane, a zatem wpływa na zwiększenie trwałości zarówno toru, jak i konstrukcji wagonu. Tak ze względu na zmniejszenie szarpnięć, jak i trwałości łączników oraz samej konstrukcji wagonu, stosowane są na



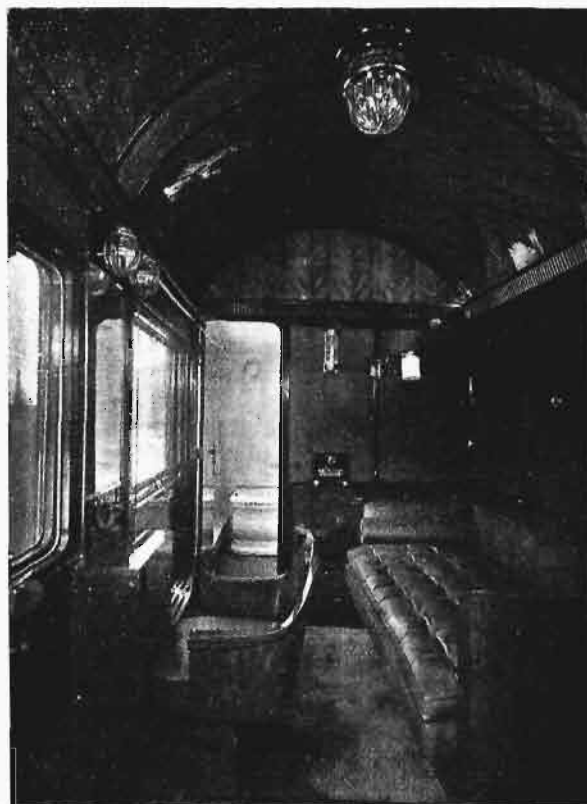
Rys. 9. Inne rozwiązanie konstrukcji koła z wkładką gumową.

zachodzie do zderzaków, jak również do aparatu pociągowego w połączeniu ze sprężyną urządzenia amortyzacyjne do pochłaniania pracy uderzeń i szarpnięć. We Francji stosowane są w tym celu odpowiednie wkładki gumowe, a w Niemczech specjalne sprężyny pierścieniowe stożkowe cierne lub stożkowe wkładki cierne pod sprężyny, pochłaniające uderzenia przez pracę tarcia. Zderzaki trzono-owe przy silnych uderzeniach okazały się za słabe, gdyż ulegały zginaniu, są też zastępowane przez zderzaki rurowe, znacznie odporniejsze. U nas zastosowano wprawdzie zderzaki rurowe do niektórych wagonów, lecz bez urządzeń amortyzacyjnych, a tylko ze zwykłymi sprężynami, używanymi do-tychczas.

W celu podniesienia sprawności i pewności hamulców stosowane są urządzenia, pozwalające na stopniowe hamowanie i odhamowywanie, oraz regulatory automatyczne, kompensujące zużycie

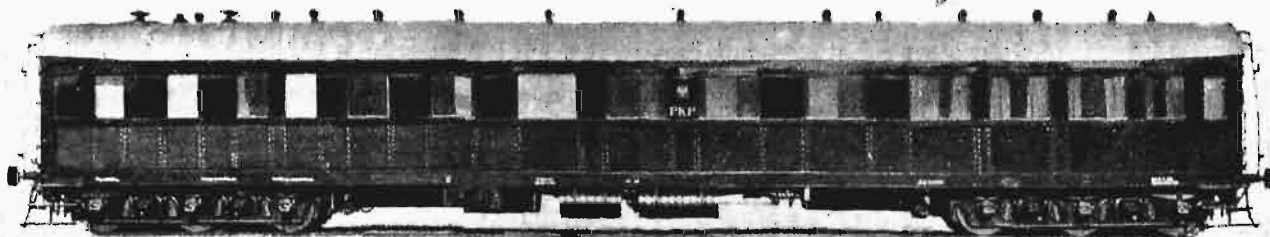
klocków i obręczy. Hamulców automatycznych istnieje już wiele typów, z których najczęściej znanymi są Westinghouse'a, Kunze - Knorra, Knorra, Drolshammera, Bozica, Lipkowskiego i inne, a z automatycznych regulatorów zużycia klocków najbardziej rozpowszechnionym jest szwedzki S. A. B.

Przez stałe dążenie do uzyskania wagonów coraz to mocniejszych i przez stosowanie wszelkich udogodnień i urządzeń kulturalnych uzyskiwało się coraz to cięższe wagony i wreszcie zbliżono się do kresu możliwego dla wagonów czteroosiowych, stosowanie zaś wagonów sześcioośiowych podraża i komplikuje konstrukcję. Tylko więc w wyjątkowych wypadkach jest ono tolerowane, jak to miało miejsce w zbudowanym przez firmę Lilpop, Rau i Loewenstein w Warszawie wagonie sa-



Rys. 11. Fragment wnętrza luksusowego wagonu salonowego z rys. 10. Wgłębni — wejście do łazienki.

lonowym (rys. 10 i 11), który zarówno ze względu na jego długość 24 m, największą z dotychczas stosowanych, jak i z powodu bogatego wyposażenia wewnętrznego — z łazienką, kuchnią, zaopatrzoną we wszelką zastawę stołową na 6 osób i przybory kuchenne, chłodnią elektryczną, dwiema prądnicami



Rys. 10. Sześcioośiowy wagon salonowy, bud. zakł. Lilpop, Rau i Loewenstein w Warszawie, najdłuższy z dotąd wykonanych w Europie. Ciężar 66 tonn.



mi do światła, chłodni i kuchenki elektrycznej, samodzielną kotłownią do ogrzewania wodnego z gorącą wodą do wanny, waży 66 t, a zatem musiał być budowany z wózkami trójosiowymi. Jak już wspomniano, ciągłe zwiększanie wymagań wpływało na zwiększenie się wagi wagonu, zmuszeni zatem zostali konstruktorzy poddać rewizji stosowane metody i położyć bardzo wielki nacisk na poczynienie możliwie dużych oszczędności w tym względzie. Zmniejszenie wagi wagonów ma również olbrzymi wpływ na trwałość toru, gdyż ciężkie wagony, w połączeniu ze stałym zwiększaniem szybkości pociągów w ostatnich czasach, wpływały na szybkie niszczenie torów. Poza to jeszcze jeden wzgląd przemawia stanowczo za zmniejszeniem wagi wagonów, a mianowicie oszczędność na paliwie przy jednoczesnym przyspieszeniu przebiegu pociągu, gdyż lżejszy pociąg wymaga słabszej lokomotywy i uzyskuje większe przyspieszenie przy ruszaniu i hamowaniu pociągu, a przez to krótszy czas przejazdu danej trasy. Zrozumiałe więc jest, że oszczędność na wadze daje tak duże korzyści, że warto wyteńczyć wszelkie usiłowania w celu jej osiągnięcia.

Lekką budowę można osiągnąć przez: 1) celową konstrukcję, 2) stosowanie części prasowanych, 3) stosowanie lekkich metali, 4) stosowanie spawania zamiast nitowania, 5) stosowanie stali wysokowartościowej zamiast zwykłej, używanej dotychczas. Pod mianem celowej konstrukcji rozumieć należy taką, przy której wszystkie części konstrukcji pomyślane są w ten sposób, iż biorą udział w pracy, a wymiary są tak ustosunkowane, że wszystkie części pracują jednakowo, to jest osiągają jednakowe największe dopuszczalne naprężenie jednostkowe w stosunku do swej jakości, przyczem przestrzegana winna być harmonia konstrukcji. Dawniejsze konstrukcje grzeszyły pod tym względem w znacznej mierze, gdyż za pracujące uważano tylko stalowe podwozie, natomiast całe pudło drewniane nie wchodziło w rachubę przy obliczeniach wytrzymałościowych. Pochodziło to z wielkiej różnicy rodzaju materiałów i trudności zharmonizowania pracy obu tworzyw. Dopiero przyjęcie całkowitej konstrukcji pudła ze stali pozwoliło wysunąć koncepcję, że pudło takie można uważać za całość, stanowiącą rurę o cienkich ściankach, odpowiednio uźebrowaną. Dało to możliwość racjonalnego rozłożenia materiału i przy zmniejszonej ogólnej wadze uzyskania konstrukcji nader sztywnej i wytrzymałej.

W dalszym etapie, przez zastosowanie belek i innych części prasowanych, zamiast zwykłych, z żelaza profilowego lub kutych, możemy tym przedmiotom nadać celową formę, przystosowaną do sił działających w danym miejscu, a przez to wykonać przedmiot lżejszy. W tym względzie przoduje Francja: przy rozpatrywaniu konstrukcji francuskich niemal na każdym kroku spotykamy się z częściami prasowanymi. Jest to, przynajmniej należy, celowe, lecz zarazem kosztowne, ze względu na koszt matryc; opłaca się więc tylko przy budowie większych seryj. W stosowaniu lekkich metali przoduje również Francja, gdzie przemysł ten jest bardzo rozwinięty. Jednakże materiały lekkie są kosztowne i konstrukcja wypada znacznie drożej niż stalowa. Prócz tego, części narażone na przenoszenie większych obciążeń lub podlegające uderzeniom

albo tarcu nie mogą być wykonane z lekkich metali ze względu na ich miękkość i należy stosować stal. Z drugiej strony, ze względu na różnice w wydłużeniu, lekkie metale w połączeniu ze stalą nie harmonizują, konstrukcja więc mieszana pracuje źle. Właściwym jest zatem stosowanie lekkich metali na konstrukcje, pracujące niezależnie od konstrukcji stalowej.

Spawanie również jest wielką pomocą w budowie oszczędnej konstrukcji pod względem wagi, gdyż odpadają tu nie tylko łąby nitów, ale wszystkie części, służące jedynie do łączenia w konstrukcji nitowanej. Przy stosowaniu spawania powinno się przedmiotom nadawać formy monolityczne, odpowiadające analogicznemu z odlewu. Uzyskuje przez to celowy i lekki kształt przedmiotu. Pod względem ceny, konstrukcja spawana nieraz taniej wypada, a w żadnym wypadku nie powinna wypaść droższą. W dążeniu do uzyskania możliwie lekkich wagonów Niemcy nie poszli za przykładem Francji, stosując części prasowane i lekkie metale w stosunkowo wąskim zakresie, poszli zato bardzo daleko w stosowaniu do konstrukcji cienkich profili walcowanych ze stali wysokowartościowych.

Naprzykład zamiast stali St - 37 o wytrzymałości 37 do 44 kg/mm<sup>2</sup>, granicy płynności 22 kg/mm<sup>2</sup>, wydłużeniu 22% i wytrzymałości na zmęczenie 18 kg/mm<sup>2</sup>, stosują stal St - 48 o odpowiednich wartościach 48 — 58 kg/mm<sup>2</sup>, 29 kg/mm<sup>2</sup>, 18% i 25 kg/mm<sup>2</sup>, lub stale krzemowe o jeszcze wyższych własnościach i stale stopowe. W celu zabezpieczenia cienkich przekrojów od przedkiego przerdzewienia stosują Niemcy stale nierdzewiejące. Ze względu na znacznie lepsze warunki wytrzymałościowe stali wysokowartościowych można w konstrukcji dopuszczać znacznie większe naprężenia, przekraczające w niektórych wypadkach o 70% przyjęte przy stosowaniu zwykłych stali, używanych poprzednio; daje to więc znaczną oszczędność na wadze. Osie wagonowe próbują obecnie Niemcy stosować ciągnięte ze stali lepszych niż poprzednio i wydrażone wewnątrz. Daje to również pewną oszczęd-



Rys. 12. Niemiecki wagon o wielkiej pojemności (50 t).

ność na wadze. Dalsze oszczędności osiągnąć można na ogrzewaniu, stosując rury cienkościennie, na hamulec, szczególnie przy zmianie klockowego hamulca na hamulec bębnowy, na oświetleniu — przez zastosowanie akumulatorów żelazoniklowych zamiast ołowianych — i na urządzeniu wewnętrznym. Jak wielkie oszczędności można osiągnąć wymienionymi środkami, niech posłuży przykład, wzięty z prak-

tyki niemieckiej. Wagony stalowe 4-osiowe, zbudowane w roku 1926, ważą 47 t. Po dokładnym zanalizowaniu całej konstrukcji i przekonstruowaniu według zasad wyłuszczonych poprzednio, otrzymano wagę analogicznego wagonu około 35 t, czyli około 25% oszczędności (patrz *Org. f. d. Fortsch. d. E. W.*). Jest to różnica olbrzymia i nie w każdym wypadku możliwa do osiągnięcia, ale wyniki są bardzo zachęcające.

W naszych warunkach produkcji nie możemy stosować w szerszym zakresie ani prasowania, ani lekkich metali, ze względu na zbyt wielkie koszty. Do wykonywania profilów walcowanych ze stali wysokowartościowych huty nasze jeszcze nie przystąpiły i prawdopodobnie nie prędko to nastąpi, więc pozostaje nam tylko stosowanie celowej konstrukcji i spawania w możliwie najszerszym zakresie. Można i na tej drodze osiągnąć znaczne wyniki, jak to miało miejsce z dwuosioowymi wagonami - lodowniami do przewozu mięsa. Poprzednie wagony, o podwoziu ze stali i szkieletcie pudła drewnianym, ważyły 19 t, a zatem ładowność może wynosić zaledwie 12 t, ze względu na dopuszczalny nacisk osi na szyny, czyli stosunek wagi własnej do ładowności wynosi około 0,6. Wagon ten został przekonstruowany przez Centr. Biuro Konstr. Wag. z zastosowaniem szkieletu pudła ze stali oraz spawania i otrzymano wagon o wadze własnej 16 t, a zatem ładowność podnieść można do 15 t, czyli stosunek wagi własnej do ładowności wynosi już około 0,9. Izolacja ścian sufitu i podłogi w tej konstrukcji nie została pogorszona w stosunku do dawnej. Wagony te nie są jeszcze wykonane z przyczyn od fabryk niezależnych, tem nie mniej można się spodziewać, że okażą się trwalsze niż poprzednie. W wagonach towarowych dążność do lekkiej budowy datuje się znacznie wcześniej niż w osobowych, głównie ze względów ekonomicznych, aby przy możliwie małej wadze własnej wagonu, tak zwanej martwej, można było przewieźć jaknajwięcej towaru, to jest wagi użytecznej, co oczywiście wpływa na koszt przewozu.



Rys. 13. Amerykański wagon samowyladowujący się.

Znaczne oszczędności na wadze własnej wagonów towarowych, podobnie jak i w wagonach osobowych, można osiągnąć przez:

1. odpowiednie założenia konstrukcyjne,
2. wprowadzenie jako tworzywa stali,
3. zastosowanie spawania.

Pozatem panują silne dążenia do zmechanizowania i uproszczenia obsługi wagonu oraz wprowadze-

nia do ruchu jednostek o wielkiej ładowności, zwłaszcza dla obsługi ciężkiego przemysłu. Dążenie to jednak napotyka na trudności, ponieważ znaczna część torowisk nie jest dostosowana do przejścia zwiększonych obciążeń.

Ameryka pod tym względem znalazła się w najlepszych warunkach, to też budowa wagonów o wielkiej ładowności, dochodzącej do 100 t, najszybciej tam się rozwinęła. Obciążenie toru zestawem kołowym podniesiono tam do 24 t, przy stosunku długościowym 9,6 t/m b.

U nas do tej pory przestrzegany jest warunek, by nacisk zestawu kołowego na szyny nie przekroczył 16 t.

Niemieckie wagony wielkopojemnościowe nie przekraczają 50 t ładowności i są przeznaczone głównie do przewozu węgla, rudy, piasku i t. p. (rys. 12). Skrzynie takich wagonów są znacznie podwyższone, prawie całkowicie wypełniają obrysie skrajni wagonowej, co pozwala na znaczną oszczędność w długości wagonu.

U nas myśl budowy takiego wagonu została podjęta przez Ministerstwo Komunikacji w roku 1929, przy czym łączna waga 4-osiowego wagonu wraz z nośnością miała nie przekraczać 80 t, czyli maksymalny nacisk zestawu kołowego wynosić miał 20 t, przy maksymalnym obciążeniu toru 7 t/m b. Wagon miał być przeznaczony do transportu węgla do Gdyni. Został on opracowany przez Centralne Biuro Konstrukcyjne Wagonowe, lecz wykonania nie doczekał się.

Teoretyczne rozważania korzyści wspomnianego wagonu wypadły bardzo dodatnio, bowiem przy pojemności wagonu 75 m<sup>3</sup> i ładowności 57 t stosunek ładowności do wagi własnej wagonu wyniósł 2,78 i był wyższy niż w podobnych wagonach niemieckich, zaś o 1,5 wyższy niż w obecnie budowanych 20-tonnowych węglarkach. Wagony wielkopojemnościowe dają znaczne korzyści, bowiem długość składu pociągu może być znacznie skrócona tak, że pociągi o składzie 50-tonnowych wagonów w porównaniu z 20 tonnowymi wypadają blisko 2,5 raza krótsze.

Ze względu na zmniejszenie kosztów obsługi, istnieje dążność do zmechanizowania obsługi wagonów, to też wymienione wagony wielkopojemnościowe do przewozu rudy, węgla i t. p. budowane są przeważnie jako samowyladowujące się. Istnieje tu cały szereg systemów, wszystkie jednak można podzielić na dwie zasadnicze grupy, mianowicie: wagony wywrotne, oraz wagony zaopatrzone w pochyłą podłogę, po której, po otworzeniu klap, ładunek zsuwa się własnym ciężarem. Odchylanie klap wyładowczych jest często zmechanizowane i może być zcentralizowane w jednym miejscu, np. na parowozie, przy pomocy sprężonego powietrza. Przykładem mogą służyć wagony budowane w Ameryce, gdzie pod tym względem osiągnięto największe udoskonalenia i różnorodność typów (rys. 13).

U nas wagony o dużej ładowności, głównie ze względu na stan torowisk, zastosowania nie mają. Zaznaczyć należy, że Zakłady Ostrowieckie zbudowały w r. b. na eksport pewną ilość 30-tonnowych wagonów wywrotnych pomysłowej konstrukcji inż. Radwana, których opis znajduje się w majowym zeszycie „Inżyniera Kolejowego”.

Przykładem uproszczenia, a przez to obniżenia kosztów załadunku i wyładunku, mogą służyć wagony do przewozu cieczy, budowane przez Zakłady Kruppa (rys. 14). Cztery małe cysterny o pojemności 4,15 m<sup>3</sup> zaopatrzone są w dolnej części w kółka i mogą być w prosty i szybki sposób wtoczone na platformę kolejową lub przy wyładunku stoczone na odpowiednio dostosowaną samochodową przyczepkę.

Należy wspomnieć też o t.zw. „container'ach“, czyli skrzyniach metalowych, dostosowanych do transportu produktów spożywczych, jak na przykład mięsa. Skrzynie takie, jako samodzielne jednostki transportowe, są załadowywane do odpowiedniego wagonu, a następnie w całości przeładowywane na platformy ciężarowe. Obecnie nawet powstało specjalne „Międzynarodowe Biuro Skrzyń Wagonowych“, do którego mają narazie przystąpić koleje niemieckie, francuskie i włoskie w celu znormalizowania oraz wykorzystania skrzyń w ruchu międzynarodowym.

W dalszym dążeniu do zmechanizowania obsługi wagonów są postanowienia zastąpienia hamulca

ręcznego przez hamulec zespolony, co jest realizowane w miarę posiadanych środków przez poszczególne państwa. Nasze koleje państwowe są w trakcie przeprowadzania prób nad kilkoma systemami takich hamulców i od wyniku tych prób zależy wybór odpowiedniego systemu. Pokrótkie wspomnieć należy, że ze względu na oszczędności w niektórych państwach stosowane są łączniki automatyczne, których udoskonalenie postępuje stale naprzód, lecz żaden typ nie został przyjęty jako międzynarodowy. Wagony z temi łącznikami mogą być zestawione

tylko w oddzielne pociągi i nie dadzą się łączyć ze zwykłymi wagonami, co oczywiście utrudnia ich szersze zastosowanie. Największą popularność znalazł sprzęg automatyczny w Ameryce, gdzie — jak wiadomo — jest oddawna i powszechnie stosowany.

W szczytłych ramach niniejszego referatu zaledwie można było poruszyć najogólniejsze dążenia, zmierzające do postępu w konstrukcji wagonów. Szersze potraktowanie tematu wymagałoby znacznego rozszerzenia objętości referatu.



Rys. 14. Wyładowywanie wagonu do przewozu cieczy.

## Wyniki prób zastosowania koksu krajowego w żeliwiakach

Napisał Inż. R. Dawidowski, Profesor Akademii Górniczej.

Na I-szym Zjeździe Odlewników Polskich, który odbył się w Warszawie dn. 9, 10 i 11 maja 1931 r. zapadła uchwała: „Dążąc do zastąpienia importowanego koksu odlewniczego koksem krajowym, Zjazd stwierdza konieczność prowadzenia przez polskie odlewnie regularnych badań wytrzymałości i palności stosowanych obecnie gatunków koksu, według metod, zaproponowanych przez prof. R. Dawidowskiego, w celu ustalenia wytycznych norm dla koksownictwa krajowego”.

Uchwała ta zapadła na podstawie referatu autora<sup>1)</sup>, w którym tenże uzasadniał konieczność przeprowadzania tego rodzaju prób w Polsce ze względu na wyjątkowe nasze warunki, jak nadmiar koksu miękkiego, natomiast zupełny brak krajowego szlachetnego koksu odlewniczego. Stosownie do powyższej uchwały, sam autor, widząc żywe zainteresowanie odlewników zagadnieniem koksu, przeprowadził w międzyczasie wraz ze swym asystentem, inż. M. Czyżewskim, bardzo liczne próby w wielu naszych odlewniach i osiągnął wprost nieoczekiwane znamienne wyniki.

<sup>1)</sup> „Przeł. Techn.“, zes. 41—42 z 14—21 października 1931.

Przedewszystkiem należało stwierdzić dowodnie w żeliwiaku, czy dotąd powszechnie, zwłaszcza zagranicą, tak w sferach naukowych, jak i w praktyce, przypisywane koksom odlewniczym dwie uzewnętrzniające się cechy, mianowicie odpowiednia wytrzymałość oraz niska reakcyjność, są rzeczywiście podstawowymi i nieodzownymi cechami koksu odlewniczego. Co do wpływu reakcyjności i jej modyfikacji, t. j. palności, przeprowadził autor szczegółowe badania w kilkunastu żeliwiakach o średnicy od 0,5 do 0,9 m, o wydajności 1 do 7 t/godz. nadto przeprowadził autor próby w żeliwniakach typu specjalnego, np. Schürmanna'a, przy czem wypróbowane zostały w żeliwiakach wszystkie bez wyjątku rodzaje koksu krajowych oraz t. zw. szlachetny koks karwiński, który uchodzi za stu procentowy koks odlewniczy. Z tych badań przytoczony zostanie tylko przykładowo jeden wynik, który jest zresztą zupełnie zgodny z licznymi innymi wynikami badań autora.

Ustawione według rys. 1 rejestrujące samoczynne analizatory gazów gardzielowych, kontrolowane dla ścisłości równoległe aparatami do precyzyjnej analizy, wykazywały widoczną z rys. 2 zawartość



CO<sub>2</sub> w gazach spalinowych. Na rysunku, dla przejrzystości, nie podaje autor innych składników gazów odlotowych, zwłaszcza, że zawartość ich pod względem stechiometrycznym wykazywała niemal

dań autora, wykazuje dobitnie, jak dalece różni się palność reakcyjna w żeliwiakach od stwierdzonej laboratoryjnie reakcyjności, która była przyczyną, że dotąd, w usilnem poszukiwaniu charakterysty-

TABELA 1.

Oznaczono Kawałki	Laboratoryjnie			W żeliwiaku								
	8 - 10 mm			150 mm			100 mm			40 mm		
	%CO <sub>2</sub>	%CO	R*)	%CO <sub>2</sub>	%CO	R*)	%CO <sub>2</sub>	%CO	R*)	%CO <sub>2</sub>	%CO	R*)
Koks karwiński . . . . .	80	20	11,1	16	8,5	19	11	16,5	42,8	4	28	77,9
Koks górnośląski . . . . .	od 56 do 12	44 88	28 78,5	15,5	9	22,5	10,5	17,4	44,2	3,5	29	80,5

\*) Reakcyjność obliczona wedł. wzoru  $R = \frac{100 (\% \text{ CO})}{(\% \text{ CO}) + 2(\% \text{ CO}_2)}$

teoretyczną zgodność. W żeliwiaku stosowano kolejno niskoreakcyjny szlachetny koks karwiński w kawałkach wysortowanych wielkości 150 mm, następnie tenże koks w wysortowanych kawałkach 40 mm oraz identycznej wielkości koks krajowy,



Rys. 1. Aparatura w czasie badań żeliwiaka.

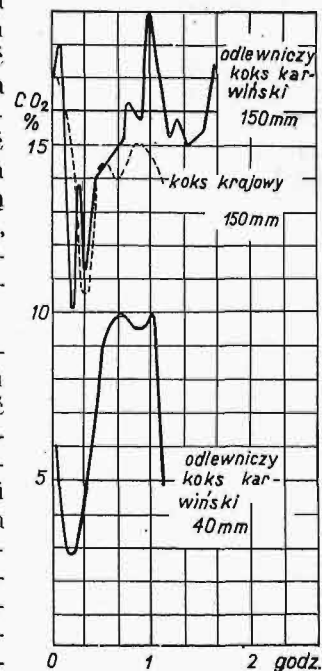
oznaczony na rys. 5 jako Nr. VI, który wykazywał według badań laboratoryjnych inż. M. Czyżewskiego<sup>2)</sup> szczególnie wysoką reakcyjność. Z rys. 2 wynika wyraźnie, że reakcyjność, a zatem i palność w żeliwiaku, zależy prawie wyłącznie od wielkości kawałków, a nie zależy od natury koksu.

Tabela 1 zestawiona na podstawie licznych ba-

nych cech koksu odlewniczego, trudno było nie ulec złudzeniu, iż co do reakcyjności laboratoryjnej tak wyraźny odskok koksu odlewniczego nie miałby odgrywać w praktyce, w procesie żeliwiaka, żadnej roli. Z tabeli wynika także, że przy normalnym biegu żeliwiaka (ilość wdmuchanego powietrza w m<sup>3</sup>/min = 100 przekrojem żeliwiaka w m<sup>2</sup>) ilość przeciętna CO<sub>2</sub> w gazach odlotowych jest równą wielkości kawałków w cm, która to reguła jest oczywiście zupełnie przypadkowa.

Na podstawie przytoczonych wyników badań możemy już dziś uważać kwestję reakcyjności koksu odlewniczego za ostatecznie wyjaśnioną. Jeśli pod tym kątem widzenia rozpatrzmy dotychczasowe hipotezy wpływu reakcyjności koksu odlewniczego, dojdziemy do wniosku, że dotąd byliśmy niejako jednostronnie zaserwowani obszerną literaturą o reakcyjności koksu odlewniczego i wskutek

tego przeoczyliśmy, że wszystkie bez wyjątku przejawy przemawiały za brakiem wpływu reakcyjności w procesie żeliwiaka. Pomijając już ostrzeżenia z praktyki, np. M. Zillgena<sup>3)</sup> z Wetzlar, oraz Knapp'a i Jungblut'a<sup>4)</sup>, mieliśmy liczne ściślejsze dowody nikomego wpływu reakcyjności koksu, jak na przykład licznie przeprowadzane próby wapnowania koksu (sztucznego podwyższania reakcyjności), które wprawdzie wykazały znaczną różnicę reakcyjności laboratoryjnie<sup>5)</sup>, w praktyce jednak, t. j. w żeliwiaku, zupełnie zawiodły. Także teoria

Rys. 2. Zawartość CO<sub>2</sub> w gazach odlotowych w zależności od wielkości koksu.

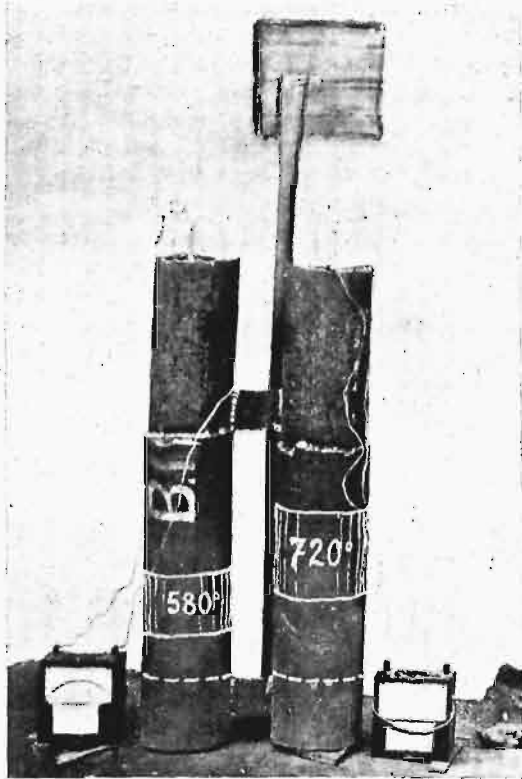
<sup>3)</sup> Stahl. u. Eisen 1930, str. 916.

<sup>4)</sup> Giesserei 1929, str. 761/787.

<sup>5)</sup> Dr. Fr. Pisek. Przegl. Techn. Nr. 33-34 z 1921, str. 510.

<sup>2)</sup> Inż. M. Czyżewski. Przegl. Górn.-Hut. Nr. 4, 5 i 6 z 1932, str. 202/216, 250/264, 310/333.

procesu spalania przemawia za nikłym wpływem reakcyjności w żeliwiaku, ponieważ proces spalania i redukcji koksu, jako typowa reakcja chemiczna układu dwufazowego, w swych głównych przebiegach t. j. kinetyki reakcji, jak i dyfuzji, co do szybkości reakcji zależy w prostym stosunku od wielkości powierzchni reagującego ciała stałego, czyli koksu.



Rys. 3. Próbné ustalenie różnicy temperatur spalania różnych koksów.

Ta powierzchnia wzrasta jednak proporcjonalnie do 3 potęgi rozdrobnienia koksu, wskutek czego w żeliwiaku 1 m<sup>3</sup> koksu z kostek o boku 150 mm będzie miał powierzchnię  $F = 6 \left(\frac{1}{0,15}\right)^3 0,15^2 =$

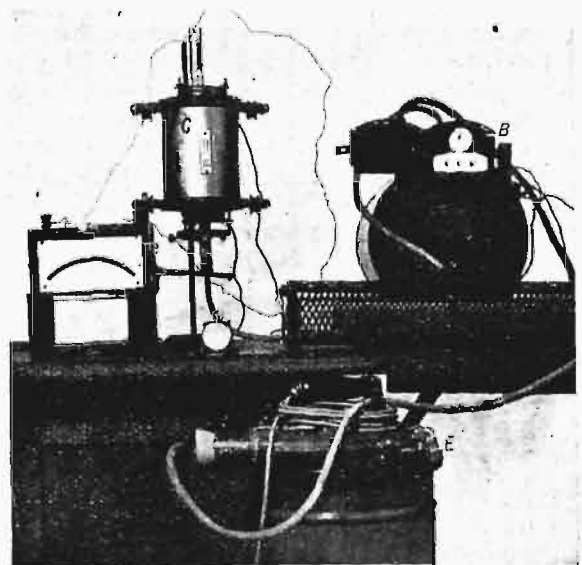
$$= \frac{6}{0,15} = 40 \text{ m}^2, \text{ (maksymalna powierzchnia) wzglę-}$$

dnie jako kule  $F = \frac{\pi}{0,15} = 20,9 \text{ m}^2$  (powierzchnia minimalna), czyli w rzeczywistości w żeliwiaku musi być coś pośredniego między 20,9 a 40 m<sup>2</sup>, podczas gdy dla boku (względnie średnicy) 40 mm powierzchnia 1 m<sup>3</sup> koksu wzrośnie do pośredniej cyfry między  $F = 150 \text{ m}^2$  (kostki) oraz 78 m<sup>2</sup> (kule); jeśli natomiast weźmiemy koks ziarnisty z ziarn 1 mm, to powierzchnia 1 m<sup>3</sup> ziarn koksu przybiera olbrzymie rozmiary w granicach od 3 140 m<sup>2</sup> (format kulisty) do 6 000 m<sup>2</sup> (format kostki).

Nic więc dziwnego, że współczynnik reakcyjności, zależny od natury powierzchni koksu (struktury), od którego zależy w prostym stosunku szybkość przebiegu reakcji, musi odgrywać znikomą rolę, wobec nieproporcjonalnie gwałtownego wzrostu powierzchni w razie rozdrobnienia koksu. Ten gwałtowny wzrost powierzchni koksu rozdrabnianego był też dotąd przyczyną doskonale odlewnikom znanych,

stuszných wynogów odlewnictwa, ażeby koks odlewniczy był możliwie wielkokawałkowy.

Drugą cechą koksu, o której również sądziliśmy, że jest podstawowym warunkiem dobroci koksu odlewniczego, jest wytrzymałość t. zw. hębnowa, która wynosi dla znanego z dobroci szlachetnego koksu westfalskiego 90 do 95% (procentowa pozostałość na sicie o 40 mm oczkach po przemylkowaniu koksu w bębnie o 100 obrotach w ciągu 4 minut), dochodzi dla szlachetnego koksu odlewniczego z Karwiny do 82 i 85%, podczas gdy nasz krajowy koks miękki wykazuje tę wytrzymałość w wysokości 35 do 55%. Wytrzymałość ta odgrywałaby wielką rolę w odlewnictwie, gdyby w żeliwiaku koks ulegał łukiemu naciskowi, względnie uderzeniom, które powodowałyby rozdrobnienie koksu. Autor stwierdził w czasie badań żeliwiaków, że koks w żeliwiaku wprost zadziwiająco mało się rozdrabnia, a nawet koks, rozmyślnie przez koksownię Wolfgang dla badań autora wytworzony, o tak małej wytrzymałości, że z trudem go można było dowiesić bez rozkruszenia się do pomostu żeliwiaka, przeszedł przez żeliwiak w czasie wytopu bez jakiegokolwiek rozdrobnienia. Mamy tu zresztą dawniejsze potwierdzenie tego spostrzeżenia, ponieważ wielkie piece, o wysokości do 30 m, w których koks musi się przeciskać przez zwężenia i gdzie na koks zwała się wielkie ciężary namiaru, pędzone koksem górnośląskim, musiałyby już w dziesiątym metrze od góry mieć tylko sam miąż koksowy, gdyby ten sam koks w odlewnictwie, przy wysokości żeliwiaków 2 do 4 m, miał ulegać rozdrobnieniu.

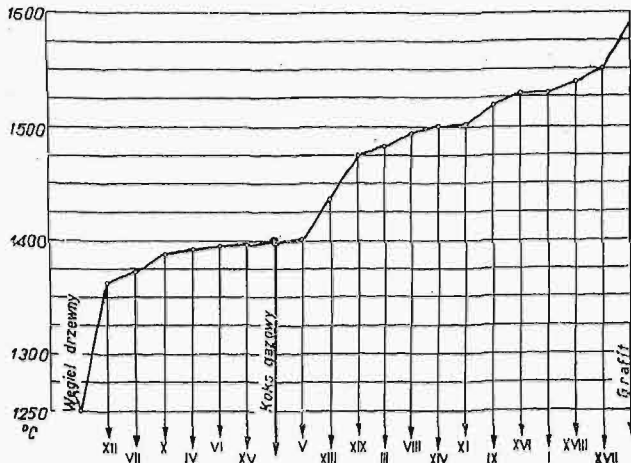


Rys. 4. Aparat Akademji Górniczej do badania temperatur spalania koksu.

Wobec tak ujemnego wyniku badań autora co do dwóch, uważanych dotąd za podstawowe, cech koksu odlewniczego, należało zająć się w dalszych badaniach wyszukaniem innych utajonych cech tego koksu, które niewątpliwie w nim tkwić muszą, nadto znaną bowiem jest rzeczą w praktyce, jak wybitnie wyróżnia się w swym zachowaniu w żeliwiaku koks szlachetny odlewniczy od koksu miękiego.

Autor przeszedł zatem do porównawczego śledzenia zachowania się różnych rodzajów koksów

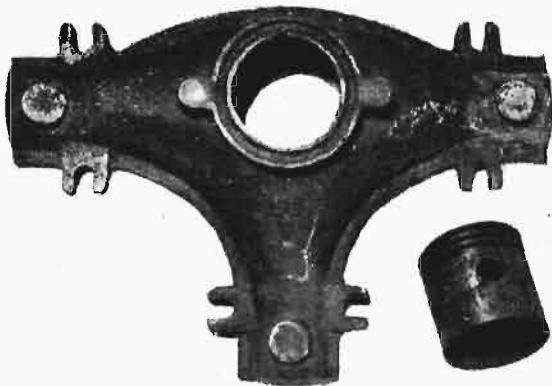
wewnątrz żeliwiaka i tu stwierdził jedynie stale wyższą temperaturę stupa koksu przy koksie odlewniczym szlachetnym. Dla uwidocznienia tej różnicy napisał autor według rys. 3 dwie jednakowe rury szlachetnym koksem odlewniczym i miękkim koksem gornośląskim oraz doprowadził do obu rur anemometrycznie kontrolowaną zupełnie równą



Rys. 5. Temperatury spalania się różnych gatunków koksu.

ilość powietrza, przyczem uzyskał w rurze prawej z koksem karwińskim o wiele wyższą temperaturę spalania, aniżeli w rurze lewej z koksem gornośląskim, co także proporcjonalnie ujawniło się nazewną rur, jak to zaznaczył autor kredą na rurach. Wobec tego z inicjatywy autora przeprowadził jego asystent inż. M. Czyżewski określenie naturalnych temperatur spalania wszystkich kokсів gornośląskich oraz używanego u nas przeważnie w odlewnictwie koksu odlewniczego karwińskiego w aparacie widocznym na rys. 4, zestawionym w Instytucie badawczym Akademii, który pozostaje pod kierownictwem autora.

Badania te więc doprowadziły do wykrycia istotnej i jedynej cechy podstawowej koksu odlewniczego, która w postaci naturalnej temperatury spalania przedstawiona jest na rys. 5. Tak więc wspom-



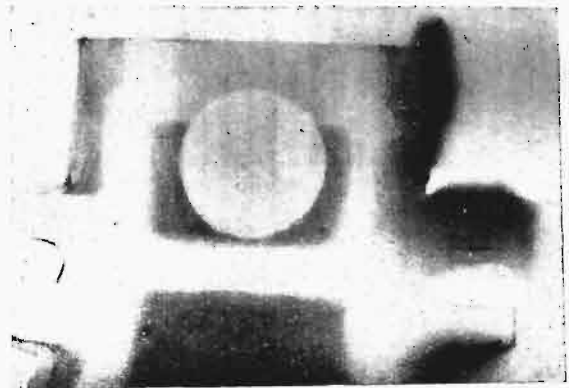
Rys. 6. Odlawy wykonane na koksie z gazowni miejskiej w Krakowie.

niany Instytut posiada aparat, którym można z największą ścisłością zakwalifikować przydatność każdego koksu do celów odlewniczych. Obszerny opis aparatu oraz szczegóły badań znajdują się w osobnej pracy inż. M. Czyżewskiego<sup>6)</sup>.

<sup>6)</sup> M. Czyżewski. Przegl. Hutn. 1932, Nr. 6, str. 328.

Jak widzimy z wykresu rys. 5, najlepszym koksem odlewniczym byłby czysty grafit, zaraz po nim następuje Nr. XVII, t. j. szlachetny koks odlewniczy karwiński, od którego nieco gorszym jest Nr. XVIII, t. j. koks karwiński wielkopieczowy. Zarazem widzimy z wykresu niezwykle dobitnie, jak wielką rozbieżność pod względem przydatności do celów odlewniczych wykazują koksy gornośląskie Nr. I do XVI włącznie. Najgorszym materiałem opałowym żeliwiaka jest węgiel drzewny, którym postugiwano się w dawnych czasach w odlewnictwie w ilościach 35 do 45% i wyżej wagi wsadu, czyli wielkiem skupieniem ciepła starano się nadrobić brak należytej temperatury, podobnie jak i my to dziś czynimy w niektórych odlewniach, zużywając wiele wyższy procent koksu w żeliwiaku, gdy posługujemy się koksem miękkim.

O ile rzeczywiście wyniki badań autora były realne, t. zn. głównie o ile naturalna temperatura spalania koksu odgrywa rolę, jako zasadnicza cecha dobroci koksu odlewniczego, wówczas musiałby się udać w żeliwiaku eksperyment sztucznego podwyższenia temperatury spalania koksu miękkiego, co da się przeprowadzić zapomocą podgrzania powietrza dnuchem. Sposób ten próbowany bywa niemal bezustannie w odlewnictwie od lat stu,<sup>7)</sup> a może



Rys. 7. Rentgenogram do rys. 6.

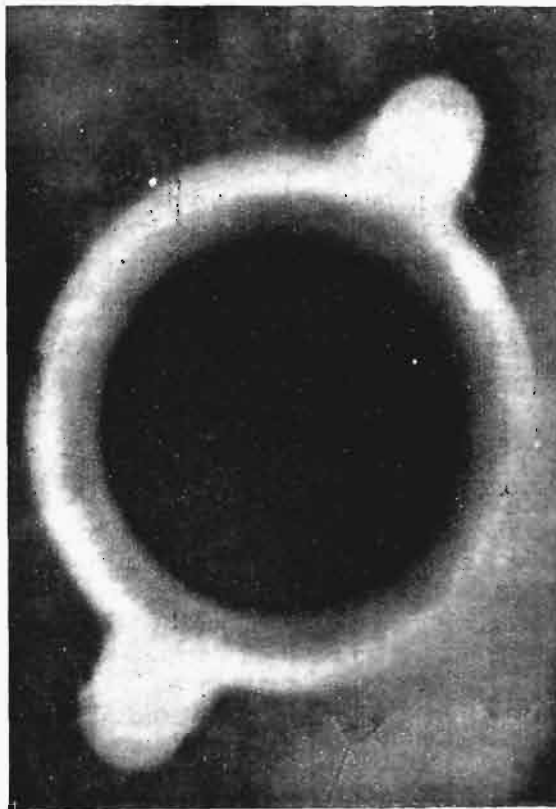
i więcej, jednak, jak wiadomo, z wynikiem ujemnym lub, o ile chodzi o koks miękki, z wynikiem conajmniej niepokaźnym. Topienie np. żeliwa w żeliwiakach Schürmann'a, lub Griffin Wheel Company, które posiadają wysoko podgrzane powietrze, natrafia przy użyciu koksu miękkiego na te same trudności, co i w zwykłym żeliwiaku.

Mimo to, autor, opierając się na niezawodnych przesłankach teoretycznych, zajął się tem zagadnieniem, pokonał trudności, wskutek których podgrzewanie powietrza nie mogło dać dotąd dobrych wyników, i doszedł do ostatecznego celu, ustaliwszy sposób, który opatentował, jako sposób wyrobu pełnowartościowego żeliwa w żeliwiaku na koksie miękkim. Wyniki tego sposobu w praktyce okazały się wprost nieoczekiwane. Mianowicie w Krakowie odlewnia firmy H. Immerglück pracuje od października 1932, a więc 5 miesięcy, koksem gazowni krakowskiej, którego by się przedtem nikt nie odważył użyć do celów odlewniczych, i uzyskuje przy użyciu 9,5% koksu wsadowego gazowniczego tempera-

<sup>7)</sup> Faber du Faur w roku 1831 wg. Stahl u. Sisen 1904, str. 562.



ture upustową żeliwa o 50°C wyższą, aniżeli poprzednio uzyskiwana w tym samym żeliwiaku temperatura przy użyciu 12% szlachetnego karwińskiego koksu wsadowego. Urządzenie opatentowane przez autora może być wbudowane w ciągu kil-



Rys. 8. Rentgenogram do rys. 6.

ku dni niewielkim kosztem do przewodu powietrznego każdego żeliwiaka i wskutek różnicy cen koksu twardego zagranicznego oraz miękkiego krajowego, a także z powodu zmniejszenia rozchodu koksu amortyzuje się zakup aparatu bardzo szybko.

Żeliwo jest z powodu wyższej temperatury lepsze, zawartość siarki i fosforu nie ustępuje odlewniczemu koksom zagranicznym, a nawet niejednokrotnie je przewyższa, jak to wykazują szczegółowe analizy wszystkich kokсів polskich oraz używanego u nas zagranicznego koksu odlewniczego, wykonane<sup>8)</sup> w Instytucie naukowym, który pozostaje pod kierownictwem autora.

Na rys. 6 uwidocznione są odlewy cienkościennne, np. tłoczki silników samochodowych odlane przy użyciu 9,5% koksu z gazowni krakowskiej.

Rentgenogramy tych odlewów, według zdjęć rentgenologicznych (rys. 7 i 8), wykonanych w Instytucie prof. Dr. inż. Łoskiewicza, wykazały, że odlewy są zdrowe i czyste.

#### STRESZCZENIE.

Badania cech zasadniczych koksu odlewniczego, przeprowadzone celem możliwości równoważnego zastąpienia koksu zagranicznego koksem krajowym, wykazały:

1) Uważane dotychczas za podstawowe cechy koksu, mian. reakcyjność i wytrzymałość, nie są bynajmniej właściwymi cechami do oceny dobroci koksu odlewniczego.

2) Na podstawie badań stwierdzono, że główną, nieodzowną cechą koksu odlewniczego jest naturalna temperatura jego spalania.

3) Im wyższa jest ta temperatura, tem lepiej nadaje się koks do celów odlewniczych, podczas gdy każde obniżenie tej temperatury powoduje konieczność uzupełnienia tego braku większym skupieniem ciepła, czyli większym rozchodem koksu, przyczem traci się na jakości z powodu niższej temperatury upustowej żeliwa.

4) Wynik badania doprowadził do ustalenia sposobu i aparatu do kwalifikowania dobroci koksu odlewniczego według ściślej skali, którą możemy podawać bądźto bezpośrednio w wysokości naturalnej temperatury spalania w stosunku do naturalnej temperatury spalania szlachetnego koksu odlewniczego, względnie w stosunku do naturalnej temperatury spalania idealnego koksu odlewniczego, t. j. grafitu.

5) Powyższe wyniki należy uważać za udowodnione nie tylko próbami badawczymi, lecz także i praktycznie; stosując bowiem od dłuższego czasu w praktyce odlewniczej, oparty ściśle na wynikach powyższych, opatentowany sposób autora wyrobu pełnowartościowego żeliwa na miękkim koksie krajowym, autor osiągnął bardzo pomyślne wyniki, które znacznie przewyższyły oczekiwania, wydedukowane teoretycznie.

## Wyniki badania niektórych krajowych piasków formierskich<sup>\*)</sup>

Napisał inż. K. Gierdziejewski i W. Gurycki.

Niniejszy komunikat ma na celu podanie pierwszych wyników badania niektórych gatunków piasków formierskich, przeprowadzonych w Zakładzie Odlewnictwa Politechniki Warszawskiej.

Jako metody wyjściowe dla określenia poszczególnych podstawowych i technicznych własności piasków formierskich, zostały przyjęte metody A. F. A., jednak już wstępne badania wykazały konieczność wprowadzenia do nich zmian, a w stosunku do niektórych własności zmusiły do poszukiwania nowych dróg i daleko idących prac wstępnych, w celu opracowania nowych metod, któreby nie na-

suwały tak znacznej ilości uwag krytycznych, jakie nasuwają metody dotychczas stosowane i ogólnie opisane w pracy inż. K. Gierdziejewskiego p. t. „Współczesne metody i cele badania piasków formierskich”. Sprawie metod badania własności piasków formierskich, mamy nadzieję, uda się poświęcić osobną rozprawę i obecnie rzeczy te pomijamy.

Do badania były wzięte następujące piaski formierskie:

1. Piasek formierski średnio-tłusty ze wsi Babice w północnej części Warszawy.
2. Piasek formierski średnio-tłusty z zachodniej części okolic podwarszawskich.
3. Piasek formierski czerwony z okolic Myszkowa.
4. Piasek formierski średnio-tłusty z Tarnowskich Gór.
5. Piasek chudy ze wsi Kolo z północno-zachodnich okolic Warszawy.

<sup>8)</sup> Inż. M. Czyżewski. Przegl. Gór.-Hutn., 1932 r. Nr. 4, str. 204/214.

<sup>\*)</sup> Referat zgłoszony na 2-gi Zjazd Odlewników.

Podobny dobór tego asortymentu daje możliwość porównać charakterystyki ogólnie znanych w całej Polsce wysokich gatunków piasku formierskiego, podanych jako Nr. 3-ci i 4-ty, z gatunkami piasku formierskiego, używanymi przez wszystkie odlewnie warszawskie i podwarszawskie.

W tabeli I-ej zestawione są własności chemiczne powyższych piasków. Z tabeli tej widzimy, że we wszystkich piaskach formierskich z okolic Warszawy teoretycznie dopuszczalna zawartość CaO+MgO jest znacznie przekroczona, w praktyce jednak piaski te nie dają wyników negatywnych.

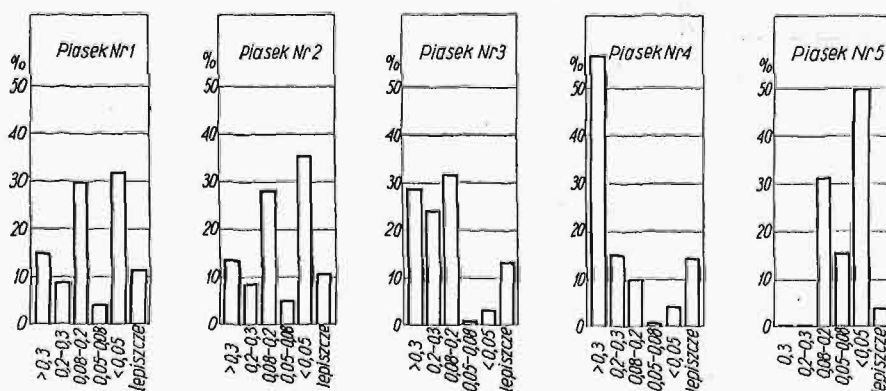
TABELA I.

Nr. piasku	Straty na pranie przy 800°	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
1	3,00	86,35	3,57	2,43	2,28	1,08
2	3,52	85,70	3,87	2,13	3,87	0,80
3	2,60	87,45	5,67	3,63	0,69	—
4	2,55	89,25	5,64	0,91	0,91	—
5	1,87	88,95	4,57	2,43	2,43	1,33

W tabeli II-ej zestawiona jest ziarnistość wszystkich piasków.

TABELA II.

Nr. piasku	Zawartość lepiszcza w %	Ziarnistość w %				
		> 0,3	0,2 - 0,3	0,08 - 0,2	0,08 - 0,05	< 0,05
1	11,15	14,85	8,68	29,70	3,92	31,70
2	10,45	13,20	8,41	27,83	4,79	35,32
3	13,02	28,48	23,72	31,25	0,62	2,91
4	14,18	56,60	14,84	9,67	0,72	3,99
5	3,60	0,17	0,23	31,10	15,23	49,67



Rys. 1—5. Wykresy ziarnistości piasków badanych.

Ziarnistość ta jest ujęta na wykresach ziarnistości (rys. 1—5), z których widać, że tylko piaski Nr. 3 i 4 oraz do pewnego stopnia Nr. 5 wykazują charakterystyki, które można uważać za normalne dla piasków użytkowych w odlewni. Przytem piaski Nr. 3 i 4 należy zaliczyć do piasków gruboziarnistych, zaś Nr. 5 — do drobnoziarnistych. Piaski Nr. 1 i 2, z punktu widzenia norm teoretycznych, wymagających wyraźnej przewagi zbliżonych frakcyj piasku, nie mogą być uważane za gatunki odpowiednie do stosowania w odlewni. Na rys. 6a—c do 6a—e pokazane są zdjęcia fotograficzne poszczególnych frakcyj omawianych piasków. Fotografje te, w odróżnieniu od fotografii niektórych piasków zagranicznych, wykazują wyjątkowo dokładny stopień oczyszczenia ziarn piasku od lepiszcza. W tem miejscu należy zaznaczyć, że sposoby oddzielania lepiszcza, zalecane przez A. F. A., wzgl. prof. Auli-

cha, zostały, po kilku próbnym doświadczeniach, zmodyfikowane w kierunku zwiększenia dokładności przemywania i mieszania na mieszarce (w niektórych wypadkach przeszło 50 razy). Dało to możliwość osiągnięcia bardzo daleko idącego stopnia oczyszczenia i poddało nawet w wątpliwość samo istnienie t. zw. lepiszcza stałego. Przy tej sposobności udało się również stwierdzić związek między koncentracją ługu, stopniem oczyszczenia, jak również i czasem, w którym osiągnano całkowite oddzielenie lepiszcza, w zależności od gatunku piasku formierskiego.

Obserwacje mikroskopowe dają możliwość następującego scharakteryzowania badanych piasków.

Nr. 1. Kształt ziarn we frakcjach grubszych — okrągły i powierzchnia gładka. We frakcji 0,05 — 0,08 — 0,2 przeważają ziarna ostrokanciaste o powierzchni niezbyt gładkiej; we frakcji najdrobniejszej — duża zawartość pyłu.

W piasku surowym lepiszcza naogół otacza ziarna dosyć równomiernie.

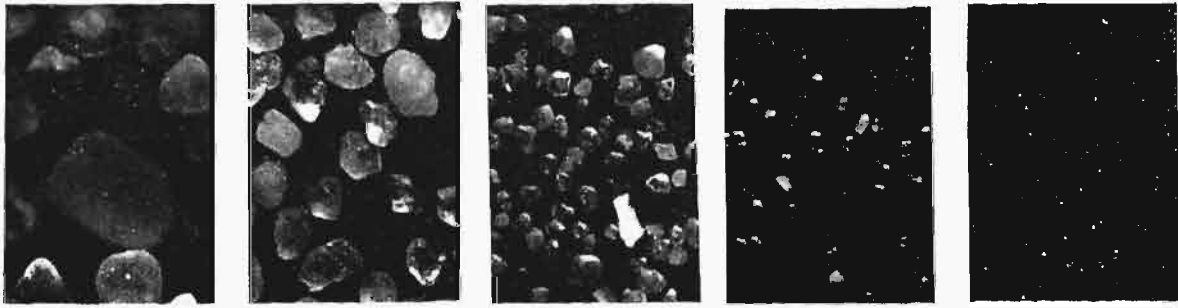
Nr. 2. Charakterystyka ziarn zbliżona do poprzedniej, z tą różnicą, że powierzchnia ziarn jest znacznie gładsza, aniżeli w odnośnych frakcjach piasku Nr. 1. We frakcji < 0,05 mm bardzo duża ilość drobnego pyłu.

Nr. 3. Ziarna kanciaste przeważają. Powierzchnia ziarn chropowata, nierówna; we frakcji < 0,05 mm prawie wyłącznie pył.

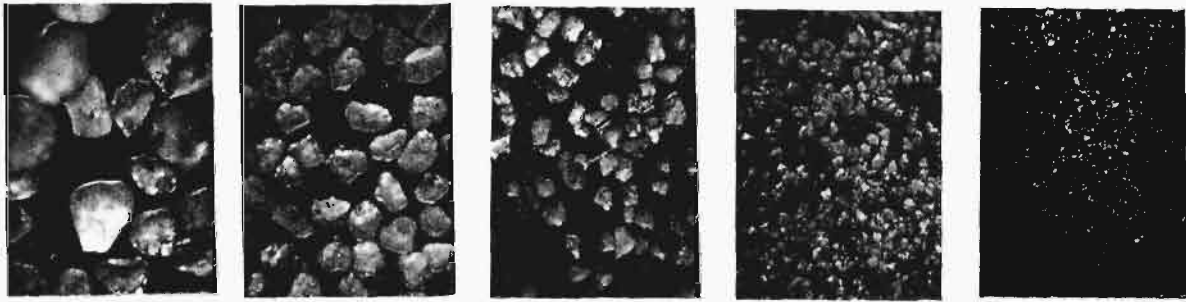
Nr. 4. Ziarna przeważnie kanciaste; okrągłe ziarna są rzadkie i spotykane tylko we frakcji grubszej. Wszystkie ziarna o powierzchni nierównej, chropowatej, mocno nadgryzionej. Ziarna naogół matowe.

Nr. 5. Ziarna okrągłe tylko o połysku matowym we frakcji najgrubszej (> 0,3 mm), ilościowo jednak w b. małej ilości. We frakcjach drobniejszych ziarna wyraźnie ostrokanciaste, błyszczące.

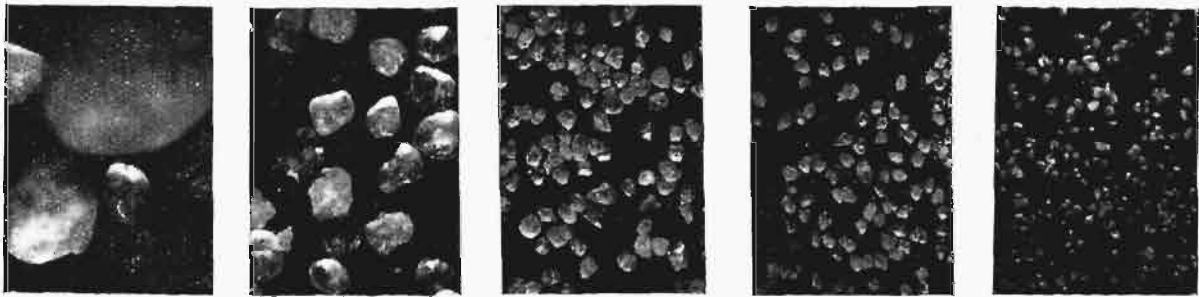
Z pośród własności technicznych przeprowadzono badanie przepuszczalności na przyrządzie A.F.A., zmodyfikowanym przez prof. Auli-cha, oraz spoistości na aparacie H. Dieterta. Badania tych własności przeprowadzone zostały w funkcji różnego stopnia nawilżenia i ujęte zostały w wykresy, podane na rys. 9 — 13. Piaski Nr. 3 i 4 z Myszkowa i Tarnowskich Gór wykazują wyjątkowo wysoką przepuszczalność i spoistość, potwierdzając tem samym opinię praktyków co do wysokiej jakości tych piasków, są one jednak gruboziarniste i nie mogą być stosowane do form na odlewy drobne bez specjalnej przeróbki. Piaski Nr. 1, 2 i 5 wykazują przepuszczalność, która podług klasyfikacji prof. Auli-cha może być określona jako umiarkowana, zaś spoistość tych piasków, z wyjątkiem Nr. 5, jest naogół dość wysoka. Biorąc pod uwagę, że piaski formierskie oznaczone Nr. 1 i Nr. 2 stosowane są do form i rdzeni, można sobie wytłumaczyć, dlaczego piaski Nr. 1 i Nr. 2, których ziarnistość jest z teoretycznego punktu widzenia nieodpowiednia, znaj-



Rys. 6 a — e. Poszczególne frakcje piasku tłustego Nr. 1.



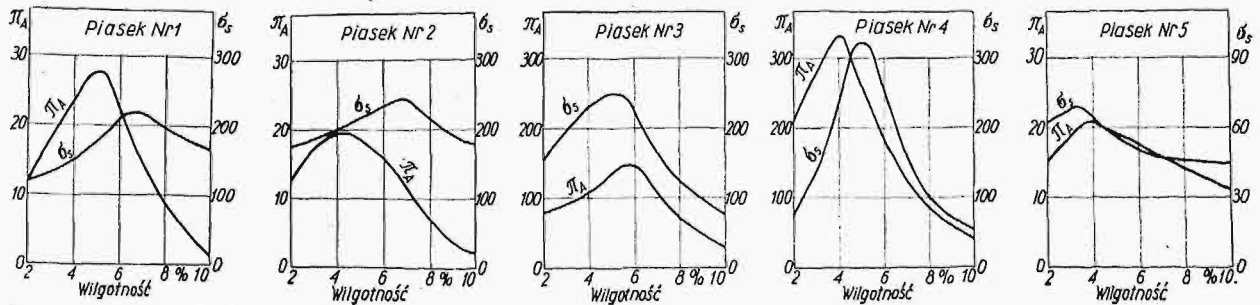
Rys. 7 a — e. Frakcje piasku Nr. 3 (z okolic Myszkowa).



Rys. 8 a — e. Frakcje piasku chudego Nr. 5.

dują zastosowanie w odlewniach warszawskich. Piasek Nr. 5, o umiarkowanej przepuszczalności i niskiej spoistości, ma tę zaletę, że posiada najdrobniejsze frakcje w znacznej ilości, co pozwala na otrzymanie gładkiej powierzchni odlewu, szczególnie przy drobnych odlewach i rdzeniach, na które

Z dużym nakładem cierpliwości i wytrzymałości udało się jednak w okresie ciężkiej konjunktury finansowej zorganizować laboratorium piasków Zakładu Odlewnictwa Politechniki Warszawskiej i zaopatrzyć je w niezbędne urządzenia i aparaty; mogło to być wykonane tylko dzięki poparciu Rady



Rys. 9 — 13.

Przepuszczalność ( $\pi_A$ ) w  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ , min i spoistość ( $\delta_s$ ) w  $\text{g}/\text{cm}^2$  piasków w zależności od ich wilgotności.

bywa specjalnie stosowany. Zdaje się jednak, że wartość tych piasków mogła być znacznie podniesiona przez wydmuchiwanie pyłu z frakcji  $< 0,05$  mm.

Ta garść wiadomości jest pierwszym krokiem na drodze inwentaryzacji krajowych piasków formierskich.

Wydziału Mechanicznego Politechniki Warszawskiej oraz dotacjom M. S. Wojsk.

Na tem miejscu w imieniu odlewników polskich pozwalam sobie złożyć podziękowanie za umożliwienie realizacji uchwał I-go Zjazdu Odlewników Polskich.



# Próba ustalenia normalnego typu laboratorium chemicznego w odlewniach samodzielnych<sup>\*)</sup>

Napisał St. Szczawiński, kand. nauk przyrodniczych.

**K**onstruktorzy maszyn coraz częściej wymagają od tworzyw lanych wysokich własności wytrzymałościowych, czasami dochodzących do maximum tego, co dane tworzywo posiadać może. Współczesne więc prowadzenie odlewni powoli przestaje być polem działania majstrów - praktyków, z których każdy ma swoją „receptę” przygotowania danego stopu, którą otacza zazwyczaj tajemnicą; metody badawcze wkraczają do wszystkich zakątków odlewni i laboratorium chemiczne staje u podstaw zracjonalizowanego przemysłu odlewniczego.

Laboratorium w odlewni ma następujące zadania do spełnienia:

1. kontrolę surowców używanych do wytwórczości;
2. kontrolę topienia i procesów metalurgicznych;
3. kontrolę wyrobów gotowych;
4. ulepszenie istniejących i poszukiwanie nowych metod produkcji, konsultacje w wypadkach trudności warsztatowych przy otrzymywaniu stopów lanych, ulepszenie istniejących i poszukiwanie nowych tworzyw odlewniczych.

Pierwsze trzy zadania są, praktycznie biorąc, najważniejsze, najprędzej dają namacalne korzyści i nie wymagają nadzwyczajnych wydatków. Czwartego zadania podjąć się mogą laboratorja dużych zakładów przemysłowych, posiadające odpowiednio przygotowany personel kierowniczy i wyposażone w odpowiednie urządzenia badawcze i biblioteki fachowe.

Podjmując próbę ustalenia normalnego typu laboratorium chemicznego w odlewniach samodzielnych, przyjmuję następujące założenia za podstawę:

1. laboratorium winno być w stanie obsłużyć wszystkie zasadnicze rodzaje odlewni, t. j. żeliwa, staliwa, stopów miedzi, stopów aluminium, stopów łożyskowych i t. p.
2. laboratorium powinno posiadać instalacje możliwie proste i tanie,
3. badania laboratoryjne muszą być: celowe, ściśle, proste, szybkie i tanie.

Laboratorium odlewnicze powinno posiadać instalacje, urządzenia i przyrządy do wykonywania następujących analiz:

1. żelaza i stali węglistej na zawartość: C, Si, S, P, Mn, As, Cu i t. p.;
2. surowek żelaza i żeliwa na zawartość: C (cał.), C (związanego), C (grafitu), Si, S, P, Mn, Ti, Ni, Cr i t. p.;
3. stali stopowej i stopów żelaza na zawartość: C, Si, S, P, Mn, Ni, Cr, Wo, Va, Mo, Ti i t. p.;
4. stopów miedzi na zawartość: Cu, Sn, Zn, P, Mn, Ni, Al, Fe i t. p.;
5. stopów aluminium na zawartość: Cu, Zn, Ni, Mg, Si i t. p.;
6. stopów łożyskowych na zawartość: Sn, Sb, Pb, Cu i t. p.;
7. węgla i koksu na zawartość: popiołu, części lotnych, koksu i siarki;
8. ciekłych materiałów palnych na gęstość, punkt zapłonu, punkt zapalności, smarność i t. p.;
9. materiałów ogniotrwałych, rud i topników na zawartość: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ca<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, CO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i t. p.;
10. gazów spalinowych i technicznych na zawartość: CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub> i t. p.

Przy wykonaniu tych analiz należy dążyć do uproszczenia i zmechanizowania metod analitycznych a więc metody analityczne wagowe powinny być we wszystkich wypadkach, gdzie to jest możliwe, zastąpione miareczkowaniem, elektrolizą, metodami kolorymetrycznymi, objętościowymi lub analizą zmechanizowaną.

Laboratorium powinno więc być zaopatrzone w:

1. Urządzenia, aparaty i naczynia do wagowej analizy ilościowej.
2. Aparaty do miareczkowania.
3. Instalację do elektrolizy.
4. Aparaty do analizy objętościowej.
5. Odczynniki do analiz zmechanizowanych.

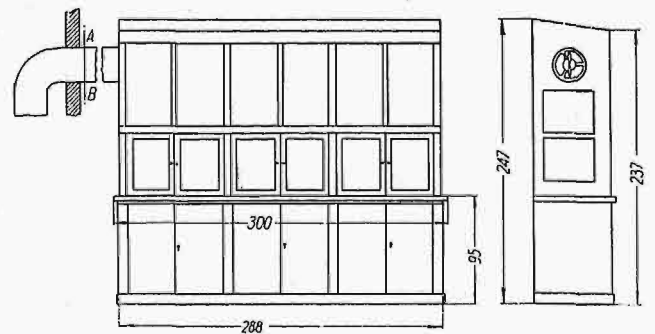
Pozatem laboratorium powinno posiadać komplet wzorców chemicznych, które są jakby „metrem chemicznym” analityka.

Z powyższych rozważań wynika, że laboratorium powinno być wyposażone w niżej podane ruchomości, urządzenia, aparaty i przyrządy:

1. digestorium, stół laboratoryjny i inne ruchomości;
2. wagi: analityczną i precyzyjną;
3. instalację do określania węgla w stopach żelaza;
4. instalację do elektrolizy;
5. instalację do ogrzewania;
6. aparat Orsata do analizy gazów;
7. aparat Englera do określania ciepłości smarów;
8. komplet naczyń i aparatów szklanych;
9. komplet naczyń porcelanowych;
10. komplet naczyń platynowych;
11. komplet statywów i podstawek do sączenia;
12. komplet odczynników chemicznych;
13. komplet odczynników do analizy zmechanizowanej na P i Mn;
14. komplet wzorców chemicznych;
15. wiertarkę stołową z silnikiem;
16. narzędzia i przyrządy mechaniczne.

Przechodząc z kolei do omówienia ważniejszych wyliczonych wyżej urządzeń i aparatów:

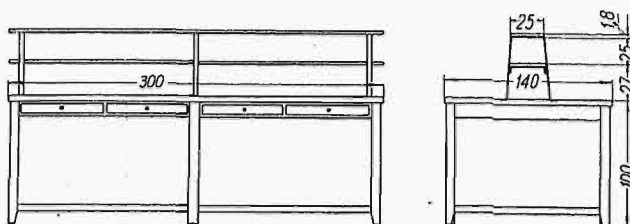
Digestorium może posiadać konstrukcję żelazną (wykonaną z kątowników i płaskowników żelaznych oraz ram żeliwnych) lub być wykonane z drze-



Rys. 1. Digestorium. Wymiary w cm.

wa. Proponuję zainstalowanie digestorium drewnianego, gdyż jest ono tańsze i chroni analizy od zanieczyszczenia rdzą żelazną, co może mieć niepożądane skutki przy określaniu żelaza w stopach żelaznych. Płyta digestorium winna być wyłożona blachą ołowianą; ściana, przylegająca do niego od tyłu powinna być pokryta pokostem. Do wentylacji nie należy używać wyciągów kominowych, lecz zastosować wentylator elektryczny, umieszczo-

<sup>\*)</sup> Referat zgłoszony na II-gi Zjazd Odlewników.

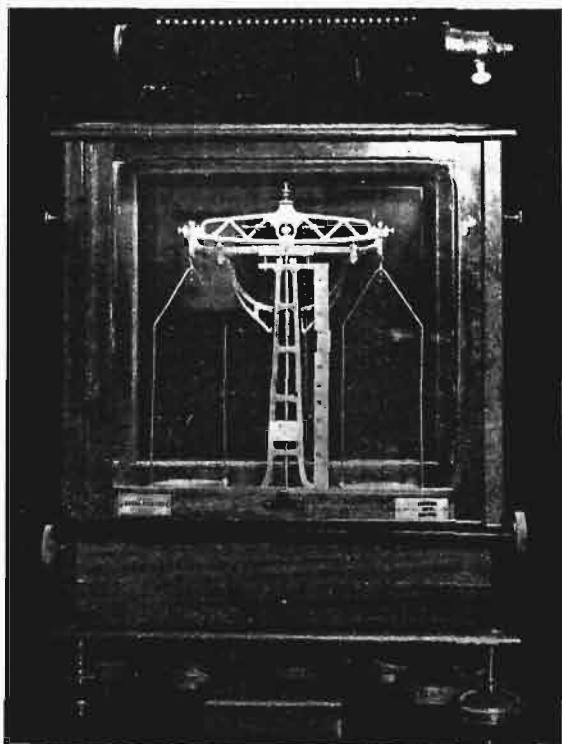


Rys. 2. Stół laboratoryjny. Wymiary w cm.

ny w rurze z blachy żelaznej, pokrytej lakierem kwasoodpornym od wewnątrz i zewnątrz, wyprowadzonej nazewnątrz budynku. Digestorium takie z trzema szafkami dolnymi pokazane jest na rys. 1.

Stół laboratoryjny z 4-mi szufladami, dwiema półkami na odczynniki, na podstawkach z płaskowników żelaznych, pokazany jest na rys. 2. Płyta stołu winna być pokryta czarnym lakierem kwasoodpornym.

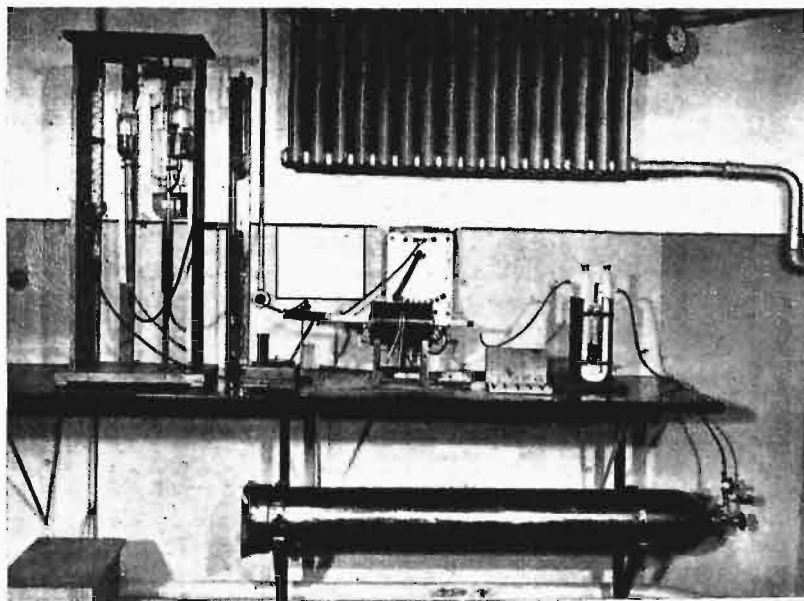
Waga analityczna winna odważać z dokładnością do 0,2 mg i posiadać nośność do 200 g. Niestosownie uważane są za najlepsze powszechnie używane u nas w laboratorjach wagi analityczne niemieckie. W swoim projekcie zaopatruję laboratorium we francuską wagę firmy Rhône-Poulenc w Paryżu<sup>1)</sup>, rys. 3, z dodatkowym urządzeniem łańcuszkowym, polegającym na tem, że na prawym ramieniu wagi zawieszony jest łańcuszek, którego dolny koniec zawieszony jest na oprawce nonjusa, przesuwanego się po ustawionej pionowej skali o 100



Rys. 3. Waga analityczna Rhone-Poulenc (Paryż).

<sup>1)</sup> Przedstawicielstwo na Polskę posiada firma Ludwik Spiess i Syn w Warszawie.

podziałkach. Waga łańcucha jest tak dobrana, że gdy przy ustawieniu oprawki na podziałkę zerową waga jest zrównoważona, to po przesunięciu oprawki na podziałkę setną waga równoważy odważnik 0,1 g. Urządzenie łańcuszkowe, jak widać z powyższego, pozwala nam ograniczyć się do używania odważników powyżej 0,1 g, dalsze zaś wyrównanie wagi uskutecznia się przesuwaniami oprawki po skali i odczytywaniem setnych i tysięcznych części grama na podziałkach skali i dziesięciotysięcznych na podziałkach nonjusa. Waga ta jest nadzwyczaj praktyczna, gdyż skraca czas odważania o połowę.



Rys. 4. Instalacja do określania zawartości węgla w stali i żeliwie.

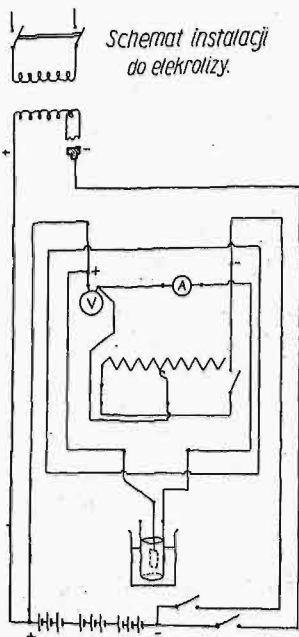
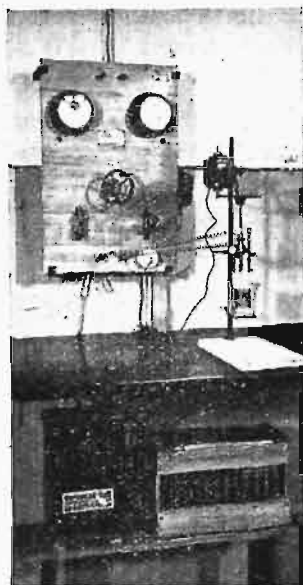
Instalacja współczesna do określania objętościowo węgla w żeliwie i stali drogą spalania, przedstawiona jest na rys. 4. Składa się ona z butli do tlenu z wentylem redukcyjnym typu laboratoryjnego, płóćek do oczyszczania tlenu, pieca elektrycznego rurowego z grzejnikami silitowemi i opornicą, pirometru termoelektrycznego z ogniwiem platyna—platyna - rod, peryskopu do obserwowania przebiegu spalania, aparatu Ströhlein'a<sup>2)</sup> do objętościowego określania węgla w postaci CO<sub>2</sub> oraz manometru rtęciowego do wprowadzenia poprawek na zmiany ciśnienia atmosferycznego. Zaletą tej instalacji jest to, że określenie węgla trwa tylko 5 minut, co pozwala szybko kontrolować przebieg procesów metalurgicznych w piecach.

Do analiz stopów nieżelaznych niezbędnym jest posiadanie instalacji do elektrolizy, gdyż ułatwia ona i przyspiesza określenie miedzi, ołowiu, niklu, cynku i t. p. Przy zastosowaniu statywu z wirującą elektrodą, czas określenia skraca się do pół godziny. Na rys. 5 przedstawiona jest instalacja do elektrolizy, bardzo praktyczna w użyciu, posiadająca prostownik Philips'a typu Nr. 366, baterję z 3-ch akumulatorów firmy „Tudor” o pojemności 60 amperogodzin, tablicę, statyw z silnikiem i elektrody platyno - irydowe typu Kling Lassieur'a firmy Rhône-Poulenc w Paryżu. Na rys. 6 pokazany jest schemat tego urządzenia. Aparat do elektrolizy po-

<sup>2)</sup> Düsseldorf, Aderstrasse Nr. 93.

dobnego typu wykonywa obecnie w kraju inż. J. Łopatyński<sup>3)</sup>, elektrody platynowe — firma inż. Turczyński i Rapke<sup>4)</sup>.

Przyrządy do ogrzewania: mufla, suszarnia, płytki do podgrzewania mogą być elektryczne lub gazowe; elektryczne są wygodniejsze od gazowych, gdyż ogrzewają wolniej i spokojniej, co ułatwia do-



Rys. 5. Instalacja do elektrolizy. Rys. 6. Schemat instalacji z rys. 5.

zór nad przebiegiem ogrzewania, tam więc, gdzie prąd jest tani lub niema gazu, zawsze należy je stosować, tem bardziej, że firmy krajowe wykonywają tanio i doskonale elektryczne grzejniki laboratoryjne.

Pomijam opis dobrze znanych wszystkim aparatów do badania smarów, gazów, naczyń i aparatów szklanych, porcelanowych i platynowych, a z kolei przechodzę do omówienia metod analizy zmechanizowanej.

Zasada analizy zmechanizowanej polega na tem, że wybiera się najprostszą metodę jakiegoś określenia i dodaje się odczynniki w postaci sprasowanych tabletek o wadze przepisowej. Firma Ridsdale & Co, Middlesbrough w Anglii<sup>5)</sup> dostarcza odczynników w pastylkach i opracowała metodę zmechanizowaną określenia P i Mn w stopach, skracającą czas określenia Mn do 5 minut i fosforu do 10 minut. Tabletki do tych analiz, wypuszczone



Rys. 7. Tabletki „Analoid” do analizy zmechanizowanej na Mn i P oraz wzorce (standarty) angielskie.

<sup>3)</sup> Warszawa, Warecka 14.

<sup>4)</sup> Warszawa, ulica Focha 4.

<sup>5)</sup> Przedstawiciel P. Lebidziński, Warszawa, Trębacka 4.

pod nazwą „Analoid”, znalazły powszechne zastosowanie w Anglii i szerokie rozpowszechnienie w Europie.

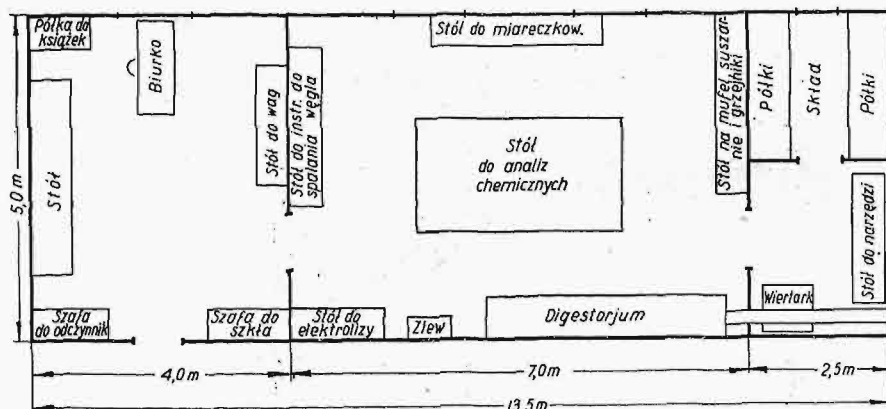
Standarty (wzorce) chemiczne służą do sprawdzania wyników przy opracowaniu nowych metod analitycznych, do ustawiania świeżych roztworów do miareczkowania, do kontroli pracowników laboratoryjnych i t. p. W laboratorium chemicznym używane są w charakterze wzorców próbki stali, żeliwa i innych stopów o wiadomej zawartości składników chemicznych. Wspomniana wyżej firma Ridsdale & Co, opracowała i wypuściła na rynek t. zw. Brytyjskie Standarty Chemiczne (British Chemical Standards). Są to stale, żeliwa, brzozy, mosiądze, stopy aluminiowe, stopy żelazkowe, rudy i żużle o wiadomej zawartości składników chemicznych; komplet takich standartów do chwili opracowania polskich wzorców metalurgicznych powinien znaleźć się w każdym laboratorium odlewniczym. Na rys. 7 mamy fotografię tabletek „Analoid” i standartów brytyjskich.

Po omówieniu zasadniczych ruchomości, instalacji i aparatów, które powinny się znaleźć w laboratorium, podaję na rys. 8 plan takiego laboratorium, zakładając, że rozporządzam lokalem trzy-pokojowym.

Na zakończenie podaję kosztorysy urządzenia normalnego laboratorium odlewniczego w dwóch alternatywach, droższej i tańszej.

#### ALTERNATYWA I.

Ruchomości: digestorium, stół laboratoryjny, biurko, stół do narzędzi, pięć stołków na kroksztynach żelaznych, stołek pod wiertarkę, dwie szafy, półka na książki, półki do składu 2500 zł.



Rys. 8. Plan laboratorium. Wymiary w m.

Wagi: analityczna łańcuszkowa i precyzyjna.	830 „
Instalacja do określania węgla, zawierająca: butlę do tlenu o pojemności 6 m <sup>3</sup> , zawór redukcyjny typu laboratoryjnego, płóćki, piec rurowy Morsa z grzejnikami silnikowymi i opornicę, pirometr termoelektryczny, peryskop, aparat do określania węgla Ströhleina, barometr rtęciowy	1545 „
Instalacja do elektrolizy, posiadająca: prostownik Philips'a typu N. 366, baterję z 3-ech akumulatorów o pojemności 6 Ah „Tudora”, aparat do elektrolizy inż. J. Łopatyńskiego z tablicą i statywem do wirującej elektrody, elektrody platynowe Kling Lassieur'a o wadze ok. 27 g w wykonaniu firmy inż. Turczyński i Rapke	1185 „
Przyrządy do ogrzewania elektryczne: mufla, suszarnia, trzy płytki o wymiarach 24 × 36 cm firmy inż. J. Łopatyński	1000 „
Aparat Englera	100 „



Aparat Orsata . . . . .	250 „	Komplet naczyń platynowych: 1 tygiel duży, 1 tygiel mały, 2 konusy o wadze 44 g . . . . .	440 „
Komplet aparatów i naczyń szklanych . . . . .	1000 „	Komplet statywów i podstawek do filtrowania . . . . .	150 „
Komplet naczyń porcelanowych . . . . .	250 „	Komplet odczynników chemicznych . . . . .	1000 „
Komplet naczyń platynowych: 1 tygiel duży, 3 tygle małe, 3 konusy do filtrowania o wadze 74 g . . . . .	740 „	Wiertarka stołowa z silnikiem . . . . .	500 „
Komplet 6 statywów żelaznych i 4 podstawek drewnianych do filtrowania . . . . .	150 „	Narzędzia i przyrządy mechaniczne . . . . .	100 „
Komplet odczynników chemicznych . . . . .	1000 „	Inne wydatki . . . . .	1000 „
Komplet 10-ciu standartów chemicznych . . . . .	220 „		
Komplet pastylek „Analoid” do 1000 określeń P i Mn . . . . .	195 „		
Wiertarka stołowa z silnikiem . . . . .	500 „		
Narzędzia i przyrządy mechaniczne . . . . .	100 „		
Inne wydatki . . . . .	1000 „		
	Razem 12565 zł.		Razem 10385 zł.

## ALTERNATYWA II.

Ruchomości te same, co w altern. I . . . . .	2500 zł.
Waga analityczna typu normalnego i waga zwyżajna . . . . .	600 „
Instalacja do określania węgla wagowo, jak w altern. I, lecz bez peryskopu, aparatu Ströhleina i barometru . . . . .	1050 „
Instalacja do elektrolizy, jak w altern. I . . . . .	1185 „
Przyrządy do ogrzewania gazowe . . . . .	600 „
Komplet naczyń i aparatów szklanych . . . . .	1000 „
Komplet naczyń porcelanowych . . . . .	250 „

## PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH

## METALOZNAWSTWO.

## Żeliwo specjalne.

Jako jeden z najlepszych gatunków żeliwa specjalnego należy nwaćać t. zw. żeliwo „Nicrosilal”, zawierające 18% Ni, 6% Si, 2% Cr, 1,8% C, 1% Mn. Jest ono odporne na zendrowanie, nie zachodzi w nim zjawisko pęcznienia, jest przytem ciągliwe. Dzięki tej ostatniej właściwości, nie zachodzi niebezpieczeństwo pęknięcia, przy raptownem stygnięciu lub podgrzaniu, co często się zdarza z gatunkiem żeliwa „Silal”, o 4 — 10% Si. „Nicrosilal” różni się od żeliwa „Ni-resist”, badanego ostatnio w Ameryce (2,75—3,10% C og.; 12—15% Ni; 1,5—4% Cr; 1—1,5% Mn; 5—7% Cu; 1,25—2% Si) wyższą zawartością krzemu. Żeliwo to można otrzymać w żeliwiaku, przyczem otrzymanie tak niskiej zawartości węgla, jak 1,8%, nie następuje większych trudności, gdyż przy zawartości 6% Si i 20% Ni punkt eutektyczny jest przesunięty z 4,3% C do około 2% C. Omawiane żeliwo daje się dobrze obrabiać skrawaniem, może być utwardzane zgniotem na zimno, jest odporne na rdzewienie; poza tem jest niemagnetyczne, a jego oporność elektryczna wynosi 160 mikromów.

Otrzymać grafit w postaci drobnych wydzielin, co jest pożądane ze względu na zmniejszenie pęcznienia, możemy albo zmniejszając ogólną ilość węgla, albo podnosząc ilość chromu, przegrzewając żeliwo, względnie stosując dodatek stali. Zbyt daleko jednak posuwać się w kierunku obniżenia zawartości węgla nie możemy, ze względu na jednocześnie obniżenie zdolności do wypełniania form oraz powstawanie w cienkich przekrojach surówki białej. Jako optymalną zawartość węgla ustalono 1,8% C. Dla otrzymania tła austenitycznego ilość niklu musi być conajmniej 18%, o ile żeliwo nie zawiera chromu; gdy zaś ilość chromu wzrasta do 1,8%, ilość niklu, dla otrzymania budowy austenitycznej, stanowi 13%. Krzem nie wywiera wpływu na ilość niklu. Przy zawartości chromu 5%, co stosuje się ze względu na odporność na wpływ wyższych temperatur oraz na podniesienie twardości, żeliwo musi być już obrabiane stałą szybkością. Gdy

zawartość niklu zostanie obniżona poniżej 13%, żeliwo to staje się martenzytycznym i przy dalszem obniżeniu niklu jest coraz kruchsze. Ilość krzemu powinna być możliwie duża ze względu na lepszą odporność na pęcznienie i zendrowanie, lecz przy zawartości niklu równej 20% krzemu nie może być więcej niż 6%, zaś przy 16% Ni — 7% Si. Większe bowiem zawartości krzemu nadają żeliwu kruchość.

Ważną własnością żeliwa jest ciągliwość. Żeliwo austenityczne o 7% Si odznacza się doskonałą ciągliwością, którą traci, gdy przechodzi w martenzytyczne, względnie gdy zjawiają się wolne krzemiany.

Odporność na zendrowanie wzrasta, gdy ilość krzemu wzrasta w granicach 3—7%; jednocześnie zmniejsza się pęcznienie. Ostatnie zmniejsza się z obniżeniem zawartości ogólnej węgla oraz ze wzrostem zawartości chromu, co wpływa na obniżenie ilości grafitu dzięki tworzeniu się karbidków podwójnych.

Żeliwo austenityczne, dzięki brakowi zmian objętościowych przy przemianach alotropowych, jest mniej narażone na pęknięcie. Engineering. 1932 r., zes. 3479, str. 345—346). E. P.

## PALIWO.

## Z badań nad poprawą jakości koksu górnośląskiego.

W dalszym ciągu swojej pracy autorzy postanowili sprawdzić wyniki swoich badań, wykonanych w piecu Wöblinga, w skali przemysłowej — w piecach koksowniczych. W taki sposób został zbadany wpływ temperatury koksowania na wytrzymałość mechaniczną koksu, ogrzewanie w dwu stadjach, wpływ dodatku półkoksu. Autorzy doszli do wniosków następujących: 1) przy ogrzewaniu powolnem, a więc przy niskiej temperaturze koksowania, otrzymuje się koks w dużych kawałkach, mniej porysowany, natomiast łatwo ścierny. Ze wzrostem szybkości ogrzewania — ściernalność maleje, koks jest jednakże łupliwy i w małych kawałkach. 2) Ogrzewanie w dwu stadjach wpływa dodatnio na jakość koksu, zwłaszcza otrzymanego z węgla gorszego. Ogrzewanie

takie nie ma natomiast dużego wpływu na poprawę własności mechanicznych koksu z węgla dobrze spiekającego się. 3) Dodatek półkoksu do węgla przed koksovaniem wpływa bardzo korzystnie na poprawę jakości tego koksu, o czym świadczy dość znaczny wzrost wytrzymałości mechanicznej koksu. 4) Do koksovania powinien być użyty półkok w zupełnie określonych warunkach fizycznych. 5) Dodatek węgla niekoksującego wpływa w pewnych wypadkach dodatnio na jakość otrzymywanego koksu. (W. Świętosławski, B. Rogo i Chorąży. Przem. Chem. 1932, str. 141 i 188 i nast.).

## POMIARY TECHNICZNE.

### Nowe termoelementy z metali szlachetnych do pomiaru bardzo wysokich temperatur.

Ponieważ W, Mo, Ta łatwo utleniają się, nie można było ich zastosować na termoelementy wysokotopliwe. Termoelement z rury węglowej z drutem wolframowym znalazł b. małe zastosowanie (spalanie węgla). Metale grupy platyny topią się przy wysokich temperaturach (Pt 1764°C, Rh 1920°C, Ir 2420°, osm, ruten powyżej 2500°), to też używa się je do wyrobu termoelementów. Badania siły termoelektrycznej ogniwa o gałęziach z czystego irydu i irydu z 10% rutenu doprowadziły do stworzenia termoelementu, którego jedno ramię wykonano ze stopu 90% irydu i 10% rodu, drugie ze stopu 90% irydu i 10% rutenu. Stopy te (kosztowne) były kruche i, wskutek utleniania rutenu, wymagały ciągłych przerw. Systematyczne badania układu iryd-rod wykazały, że 50% stop topi się przy 2200°C i daje się dobrze obrabiać. Stopy iryd-rod są tańsze (rod) od irydu i od niego lżejsze. Badania wykazały, że termoelement iryd — iryd-rod (60% rodu + 40% irydu) nadaje się do użytku do temp. 2000° bez obaw zniszczenia i konieczności częstszego cechowania.

Siła termoelektryczna wynosi, według autora:

w temp °C	200	400	600	800	1000	1200	140	160	1800	2000
napięcie mV	1,10	2,20	3,30	4,40	5,60	6,60	7,65	8,70	8,80	11,85

Jako osłony, podaje autor rury: magnezjowe (tanie), z tlenku berylu i bardzo drogiego tlenku toru. Resztki zużytych termoelementów stanowią artykuł sprzedażny, który dostawca termoelementów przyjmuje do rozliczenia. J.

## Bibliografia

**Organizacja Przedsiębiorstw. Część ogólna.** M. Rosenberg. 208 str. form. 16 × 24 cm. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Handlu Zagranicznego we Lwowie. 1932.

Książkę p. Rosenberga mogą naogół zalecić słuchaczom szkół typu wyższego, którzy pragną zapoznać się z ekonomią wielkich przedsiębiorstw i wielkiego przemysłu wogóle.

O organizacji, w sensie racjonalizacji pracy, kierownictwa i urzędzeń wszelkiego rodzaju, w książce tej stosunkowo niewiele można znaleźć, poza ogólnikami i opisem zasad, głoszonych przez Fayola i Taylora.

Niektóre działy są rozwinięte zbyt obszernie (np. bezrobocie, nielegalna konkurencja, psychotechnika, przewozy morskie i porty polskie), inne traktowane zbyt powierzchownie, np. systemy płac, pomimo niektórych szczegółów, opisane tak, że nie daje to wyraźnego pojęcia o rzeczy.

Za mało w książce podkreślono znaczenie nauki o organizacji, czyli o kierownictwie, w odróżnieniu od umiejętności i doświadczenia.

Dobrze opisane jest w Rozdziale I (punkt II) znaczenie organizacji, jako łącznika kapitału z pracą, w punkcie IV — „indywidualność przedsiębiorstwa”, w punkcie V — rodzaje fabrykacji: masowej, jednostkowej i t. p., a także w punkcie VI — przedsiębiorstwa handlowe i w Rozdziale 2, punkt I — różnice między organizacją państwową a prywatną.

Najwięcej autor omawia nie tyle naukę o organizacji przedsiębiorstw, ile organizowanie przemysłu, bardzo szczegółowo (1/3 całej książki) traktując sprawy zreszeń, karteli i t. p.

Język, poza pewną ilością prowincjonalizmów, jest naogół zupełnie poprawny, ścisły i logiczny. Druk i wygląd książki są zupełnie zadowalające, omyłek drukarskich bardzo mało. Tylko wyraz „kontyngent” zamiast „kontyngent” użyto wielokrotnie, choć dalej podano go poprawnie.

Książka daje dużo interesujących szczegółów z dziedziny ekonomii przemysłu wielkiego. Autor podaje dużo źródeł z literatury międzynarodowej, mało jednak uwzględniła polską literaturę fachową, choć cytuje najważniejszych autorów polskich.

Aleksander Rothert.

## TREŚĆ:

Od Redakcji.

Bezkorbowa silniko-sprężarka o dwu swobodnych tłokach przeciwbieżnych, nap. Inż. A. Wiciński.

Przyczynki do techniki usprawnienia zakładu przemysłowego, nap. Inż. M. Thugutt.

Niektóre metody sprawdzania kół zębatych o zazębieniu ewolwentowym, nap. Inż. St. Szulc.

Postępy i kierunki rozwoju spawania i obróbki płomieniem, nap. Inż. Z. Dobrowolski.

Postępy w budowie wagonów, nap. Inż. P. Małkiewicz.

Wyniki prób zastosowania koksu krajowego w żeliwiakach, nap. Inż. R. Dawidowski, Profesor Akademii Górniczej w Krakowie.

Wyniki badania niektórych krajowych piasków formierskich, nap. Inż. K. Gierdziejewski i W. Gurycki.

Próba ustalenia normalnego typu laboratorium chemicznego w odlewniach samodzielnich, nap. St. Szczawiński, kand. n. przyr.

Przegląd pism technicznych.

Bibliografia.

## SOMMAIRE:

Avant-propos.

Le moteur-compresseur sans courbe à deux pistons se mouvant dans les sens opposés, par M. A. Wiciński, Ingénieur-mécanicien.

Contributions à l'étude de la technique de rationalisation d'une usine, par M. M. Thugutt, Ingénieur-mécanicien.

Quelques méthodes du contrôle des engrenages cylindriques à la denture à développante par M. St. Szulc, Ingénieur-mécanicien.

Progrès récents de la soudure et du travail des métaux au moyen de la flamme, par M. Z. Dobrowolski, Ingénieur-mécanicien.

Progrès réalisés dans la construction des wagons des chemins de fer, par M. P. Małkiewicz, Ingénieur-mécanicien.

Résultats des essais de l'application du coke polonais aux cubilots, par M. R. Dawidowski, Professeur à l'Académie des Mines de Cracovie.

Résultats des essais de quelques sortes de sable polonais de moulage, par M. M. K. Gierdziejewski, Ingénieur-métallurgiste et W. Gurycki.

L'essai de la détermination d'un laboratoire chimique-type pour les fonderies moyennes, par M. St. Szczawiński, licencié ès sc. nat.

Revue documentaire.

Bibliographie.

## Spawanie szyn termitem

Podróżując koleją, każda osoba, wiemy to po sobie, stara się wsiąść do wagonu pulmanowskiego, i tylko z konieczności wsiada do wagonów starych 2 lub 3 osiowych, podobnych do pudełek od zapalek. Dlaczego tak robimy? Bo jazda wagonem pulmanowskim sprawia nam przyjemność, nie odczuwamy prawie zupełnie wstrząsów, wagon toczy się po szynach cicho i równo. Powoduje to konstrukcja podwozia na dwóch wózkach, zaopatrzonych w doskonałe resory, absorbujące uderzenia i wstrząsy. W wagonie zwykłym odczuwamy przy jeździe stałe drżenie i co sekunda dość silne uderzenie kół na stykach szyn, dające się odczuć w sposób nieprzyjemny dla pasażerów.

Jeżeli zjawisko to jest przykre dla chwilowych pasażerów, to tembardziej jest przykre i szkodliwe dla samych wagonów, oraz dla szyn i toru kolejowego. Istotnie, te potężne uderzenia kół na stykach szyn ogromnie przyspieszają zniszczenie taboru kolejowego, szyn oraz samego toru. Nie będę wymieniał szczegółowo tych szkodliwych skutków, co i jak następuje, uważam bowiem te rzeczy za zrozumiałe.

Wysilając umysły nad zredukowaniem do minimum, względnie usunięciem tego zjawiska, inżynierowie kolejowi poszli w kierunku podłużenia odcinków walcowanych szyn oraz zwiększenia ich profilu, co było możliwe wobec postępów metalurgii i techniki walcowania. Jednak długość normalnej szyny ma swoją granicę w warunkach produkcji i transportu, poza którą nie może wykroczyć. Leży ona w obrębie 25 m b. Życie i technika idą ciągle naprzód, powstaje problemat znacznego zwiększenia szybkości pociągów, szczególnie osobowych, waga taboru ruchomego staje się coraz większa, zachodzi konieczność dalszego przedłużania odcinków szyn i wzmocniania ich styków. Z pomocą inżynierom kolejowym przyszłoby wtedy znakomity nowoczesny środek — spawanie szyn.

Spawanie metali ostatnio ogromnie się rozwinęło; jest ono dziś potężnym środkiem w ręku fachowca i zdobywa coraz to nowe dziedziny. Są trzy zasadnicze rodzaje spawania: pierwszy i najbardziej rozpowszechniony — to sposób spawania przy pomocy nagrzewania płomieniem spalających się gazów — tleny z acetylenem lub wodorem, z użyciem specjalnych palników. Oprócz spawania, można skutecznie tym sposobem również ciąć metale, dopuszczając do palnika nadmiar tlenu. Sposób ten stosuje dziś prawie każdy warsztat mechaniczny.

Drugi sposób — to spawanie przy pomocy prądu elektrycznego, wytwarzającego w miejscu przeznaczonym do spojenia łuk elektryczny. Sposób ten wymaga droższego urządzenia, posiadania prądu elektrycznego oraz większej bodaj umiejętności niż poprzedni. Jednak w wielu specjalnych wypadkach bywa on niezastąpiony, (np. przy stalach kwasoodpornych V2A, Avesta etc.).

Trzeci sposób — to spawanie przy pomocy proszku, zwanego *termitem*, z którego w drodze reakcji chemicznej wytwarza się roztopione żelazo, wypełnia prześwit, i łączy się jednostajnie z materiałem przedmiotów spawanych.

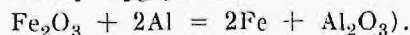
Każdy ze sposobów posiada swoje zalety i wady i stosuje się zależnie od warunków.

Celem niniejszego artykułu jest omówienie sposobu trzeciego (i tylko w zastosowaniu do spawania szyn kolejowych).

Spawanie termitem oparte jest na własnościach metalicznego glinu (aluminjum). Pierwiastek ten jest metalem, który w połączeniu z krzemem, wapniem i magnezem wchodzi w skład wielu formacji skalnych, których produktem rozkładu (skruszenia) jest powszechnie spotykana glina. Ostatnia jest krzemianem glinu o składzie  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  i jest substancją spotykaną powszechnie na całym globie ziemskim. Dopiero w roku 1827 Wöhler otrzymał po raz pierwszy wydzielić czysty metaliczny glin. Do połowy ubiegłego wieku glin metaliczny był wielką rzadkością, a otrzymywanie jego w laboratorjach było bardzo drogie, tak, że był droższy od złota. Nic też dziwnego, że w owym czasie w Paryżu najmodniejszą biżuterję wyrabiano w glinu. Dla kontrastu powiem, że prawie w tym samym czasie w mieście Ekaterynburgu na Uralu można było w niejednym domu znaleźć rurę wyciągową od pieca, wykonaną z blachy platynowej. Fortuna kołem się toczy, nie tylko dla ludzi! Dzisiaj jest cokolwiek inaczej. Z wynalezieniem elektrochemicznego sposobu otrzymywania glinu cena jego zaczęła gwałtownie spadać. Dziś 1 kg glinu hutniczego kosztuje około 3,25 zł. i z niego wykonywa się zamiast biżuterji, bardziej może przydatne artykuły powszechnego użytku, jak rondle i inne przedmioty.

Fabrykację glinu posiada każde państwo uprzemysłowione, metal ten posiada pierwszorzędne znaczenie dla spraw obrony państwa. W Polsce fabrykacji jego dotychczas, niestety, nie posiadamy, jednak — o ile wiem jest to zadanie najbliższych dni.

Termit jest to proszek, w którego skład wchodzi metaliczny sproszkowany glin oraz tlenek żelaza w odpowiednim stosunku procentowym. Przy zapaleniu tego proszku specjalnym zapalaczem, zachodzi reakcja chemiczna zapomocą której — sproszkowany glin spala się na tlenek glinu kosztem tlenu, znajdującego się w tlenku żelaza. (Teoretyczny przebieg reakcji wygląda tak:



Reakcja ta posiada przebieg wysoce egzotermiczny, to znaczy, że wydziela się olbrzymia ilość ciepła, powodująca podniesienie się temperatury w środowisku reakcji powyżej 3 000° C. W wyniku reakcji otrzymuje się chemicznie czyste żelazo w stanie roztopionym, o temperaturze tak wysokiej, że swoim ciepłem potrafi roztopić i połączyć jednocześnie dwa spawane przedmioty żelazne.

Ponieważ reakcja powyższa zachodzi w krótkim czasie i osiąga tak wysoką temperaturę, jest ona w stanie roztopić końce szyn, pomimo masywnego ich przekroju, i dobrego przewodnictwa cieplnego, a po ostygnięciu spoić je w jedną całość. Wskutek takich warunków, termitowe spawanie szyn daje spojenie najbardziej jednostajne, wytrzymałe na uderzenie, łamanie etc., oraz bardziej ekonomiczne w porównaniu z innymi sposobami spawania. Nic też dziwnego, że na tem polu zdobyło ono sobie największe i prawie wyłączne zastosowanie, które



z każdym rokiem przybiera coraz to szersze rozmiary.

Przytoczone wyżej równanie chemiczne wygląda niezwykle prosto, jednak przygotowanie proszku — termitu, oraz spawanie szyn, jak każda umiejętność fachowa wcale tak proste nie jest. Proszek powinien być należycie przygotowany, aby reakcja miała przebieg spokojny, nie gwałtowny, powinien być zdozwony w ilości stosownej do typu szyny i jej wagi. Do wykonania spawów potrzebne jest mnóstwo narzędzi i rozmaitych drobiazgów, potrzebny jest zespół wyszkolonych pracowników.

Można spawać szyny luźno leżące po 2, 3 i więcej w jeden dłuższy odcinek, który później układa się na torze, można też spawać szyny, leżące na torze. Końce dwóch szyn ułożonych w prostej linii łączy się przy pomocy specjalnego aparatu zaciskowego. Prześwit styku reguluje się tak, aby wynosił on 7—8 mm, poczem styk obkłada się naokoło formą blaszaną, wypełnioną wewnątrz masą ogniotrwałą. Nad formą, na ramieniu żelaznym, umieszcza się tygiel, posiadający dolny odpływ, narazie zakorkowany. Do tygla wsypuje się namiar proszku — termitu, poczem specjalnym palnikiem benzynowym podgrzewa się styk szyn wewnątrz formy możliwie silnie. Wtedy zapala się termit i w chwili, gdy reakcja dobiegnie końca, wytrąca się dolny korek. Roztopione żelazo spływa wówczas do formy, wypełnia prześwit i przestrzeń w formie tworzącą rąbek naokoło szpary i wskutek pewnego nadmiaru słupek ponad główką szyny. Po wypuszczeniu stopu pozostawia się szynę na pewien czas celem powolnego ostygnięcia, poczem zdejmuje się formę ze spojonego styku. Pozostaje jeszcze obróbka mechaniczna spojenia, celem wyrównania i wygładzenia powierzchni główki.

Spawania szyn termitem wprowadzone zostało do użytku praktycznego przez H. Goldemitha w roku 1900, a więc 33 lata temu. Od tego czasu technika spawania poczyniła ogromne postępy, zarówno co do jakości spawania, jak i co do obniżenia jego kosztów.

Najszerze zastosowanie znalazło spawanie szyn termitem w tramwajach miejskich. Sposób ten łączenia szyn jeszcze przed wojną światową został uznany za najlepszy. Szyny tramwajowe bowiem są zabrukowane i przez to mniej narażone na operowanie promieni słonecznych oraz oddziaływanie zimna, więc nie podlegają tak wielkiemu wydłużeniu ogólnemu, jak otwarte szyny kolejowe. Szybko się zorientowano, że szyny tramwajowe można bez obawy spawać na długość — „bez końca”. Okazało się wtedy zbędne łączenie styków szyn przewodami miedzianymi do odprowadzania prądów błądzących. Pasażerowie tramwajowi jazdę na odcinku spawanym odczuwali jakby po asfaltowym bruku, zaś przy skręcaniu tramwaju na odcinek na szynach nie spawanych zaczynało wszystkich podrzucać, jak na bruku z kocich łbów, i to wyboistym (wrażenia osobiste z m. Łodzi 1924 r.). Szyny tramwajowe spawano już przed wojną światową w miastach całego globu ziemskiego. Jeżeli spawanie szyn termitem nie zdobyło sobie tak samo szybko uznania w kolejnictwie, to raczej z tego powodu, iż zalety jego były tam trudniejsze do sprawdzenia. Z drugiej strony potrzeba było wieloletnich doświadczeń, żeby być w stanie wydać sąd wszechstronny. Doświadczenia te jednak odbywają się, zainteresowa-

nie specjalistów zwiększa się i teren zastosowania spawania termitem w kolejnictwie z każdym rokiem również wzrasta.

Jako zalety spawania szyn kolejowych, można wymienić następujące:

1. Zmniejszenie ilości styków szyn, a stąd: a) ulepszenie warunków jazdy dla pasażerów, b) oszczędzenie taboru ruchomego, t. j. wagonów i parowozów, c) zmniejszenie zużycia szyn, które zachodzi głównie na stykach.

2. Zaoszczędzenie robocizny i materiału do utrzymania w porządku nawierzchni toru, ponieważ złącza łubkowe często pękają i rozluźniają się, podkłady pod stykami szybciej się zużywają, podsypka ulega wypłókiwaniu. Styki szyn więc wymagają stałej opieki i pracy ludzkiej oraz wymiany materiałów.

Szczególne zalety przedstawia spawanie szyn termitem dla odcinków mostowych. Ujemne strony połączeń styków łubkowych tu szczególnie rzucają się w oczy, ponieważ każdy wstrząs i uderzenie przenosi się na konstrukcję mostową. Robi się za zwyczaj spawane odcinki szyn takiej samej długości, jak wiązary mostowe. Zostało dowiedzione, że konstrukcja mostu przy szynach spojonych może wytrzymać przeszło o 10% większe obciążenie. Szpary dla dylatacji nie budzą obaw, gdyż zachodzą ona równomiernie z konstrukcją samego mostu, na końcach mostu zaś dają się specjalne złącza dylatacyjne.

Znaczne zalety posiada spawanie szyn dla odcinków kolei w tunelach. Ponieważ w Polsce tuneli prawie że nie mamy, więc nie będę się nad tem zatrzymywał. Spawanie szyn kolejowych na szlakach czyni coraz większe postępy. W Polsce dokonano takich spawów tytułem próby w Dyrekcjach Katowickiej, Poznańskiej i Lwowskiej. W Dyrekcji Poznańskiej w roku 1931 wykonano do 200 spawów. Łączono po cztery szyny 15 metrowe w odcinki 60 metrowe. W Dyrekcji Katowickiej spojone odcinki szyn miały 72 metry długości. W Niemczech, Francji i innych krajach dokonano prób z odcinkami od 100 do 300 m i podobno z wynikiem najzupełniej dobrym.

W sprawie dylatacji termicznej tak długich odcinków nie powzięto jeszcze ostatecznych wniosków, opartych na doświadczeniach. W każdym razie jest faktem niezaprzeczoną, iż dylatacja odcinków szyn długich wcale nie jest proporcjonalna do tejże na odcinkach krótkich i stanowi tylko pewien jej ułamek. Prawdopodobnie ma wtedy miejsce ścisłanie się szyny w porze gorącej oraz rozciąganie się podczas zimna. W każdym razie dylatacja termiczna, która nasuwała największe obawy w doświadczeniach praktycznych, nie wydaje się taką straszną nawet na długich prostych — odcinkach.

Przy pomocy termitu można spawać inne przedmioty żelazne, jak części maszyn, rury etc.

Mieszając ze sproszkowanym glinem tlenki innych metali: Cr, Mn etc., można je otrzymywać w stanie czystym w skali laboratoryjnej, sposobem analogicznym do termitowego.

Termit jest artykułem, obiecującym bardzo szerokie możliwości w rozmaitych dziedzinach techniki.

Państwowa Wytwórnia Prochu wprowadziła w roku bieżącym produkcję tego artykułu, dotychczas sprowadzanego całkowicie z zagranicy (z Niemiec) i usilnie zaprasza do współpracy i do zdobywania nowych terenów do jego zastosowania.