

PRZEGLĄD TECHNICZNY

CZASOPISMO POŚWIĘCONE SPRAWOM TECHNIKI I PRZEMYSŁU

TRESĆ:

Nowy gmach Pocztowej Kasy Oszczędności o szkielecie spawanym, nap. Inż. Dr. Stefan Bryła, Profesor Politechniki Lwowskiej.

Rentowność wysokoprężnych instalacji parowych (dok.), nap. Inż. Z. Ficki.

Utwardzanie oraz nadutwardzanie stali na maszynie „cloudburst” (dok.), nap. Inż. A. Wójcik.

Alfred Nobel — wielki wynalazca, nap. Inż. St. Raczyński.

Przegląd pism technicznych.

Bibliografia.

SOMMAIRE:

Le nouveau bâtiment de la Caisse Postale d'Épargne à Varsovie à l'ossature soudée (à suivre), par M. St. Bryła, Dr., Professeur à l'École Polytechnique de Lwów.

La rentabilité des installations à vapeur à haute pression (suite et fin), par M. Z. Ficki, Ingénieur-mécanicien.

Durcissement et super-durcissement de l'acier sur la machine „cloudburst” (suite et fin), par M. A. Wójcik, Ingénieur-métallurgiste.

Alfred Nobel, un grand inventeur, par M. St. Raczyński, Ingénieur.

Revue documentaire.

Bibliographie.

Nowy gmach Pocztowej Kasy Oszczędności w Warszawie o szkielecie spawanym

Napisał Stefan Bryła.

Centrala Pocztowej Kasy Oszczędności w Warszawie mieściła się do niedawna wyłącznie w budynku wzniesionym w r. 1922 u zbiegu ulic Świętokrzyskiej i Jasnej. Budynek ten jednak nie wystarczał już od dłuższego czasu na jej potrzeby, a biura musiały mieścić się w szeregu domów. Dlatego w r. 1930 postanowiono gmach rozszerzyć na dokupionej sąsiedniej posesji przy ul. Świętokrzyskiej, na której stał jednopiętrowy dom Radziwiłłów. W domu tym były ulokowane również niektóre biura P. K. O.

Aby uzyskać jaknajkorzystniejsze rozwiązanie, rozpisano ograniczony konkurs, w którym projekt arch. Zygmunta Tillingera uznany został za najlepszy i, po wprowadzeniu pewnych zmian, zatwierdzony do wykonania (rys. 1 i 2).

Projekt ten przewidywał przedłużenie frontowej części istniejącego budynku na długość całej parceli Radziwiłłów, t. j. 34,90 m, także przedłużenie tylnej oficyny oraz połączenie obu tych przedłużeń niższym (3½ kondygnacji) traktem poprzecznym, w którym miała się mieścić na I piętrze sala konferencyjna. Przestrzeń pomiędzy starym a nowoprojektowanymi

częściami miała zostać przykryta dachem oszklonym i tu miała się mieścić nowa sala operacyjna. Po drugiej — zachodniej — stronie traktu poprzecznego pozostawało małe podwórko z dojazdem od strony ul. Świętokrzyskiej. Pod podwórkem zaprojektowano skład koksu, dostarczanego przez dwa otwory wysypowe, umieszczone w jezdni podwórka. Trzeci otwór służył do wydobycia żużla.

Podziemia zaprojektowano o dwu kondygnacjach celem umieszczenia w nich maszynowni, kotłowni, centrali poczty pneumatycznej, warsztatów reparacyjnych, archiwum i nowego pomieszczenia na skrytki (safes).

Główną salą operacyjną miała się stać nowa sala z dachem oszklonym, a dawna sala miała być przerobiona na pomocniczą. Tem samym trzeba było główne wejście przenieść z narożnika na ul. Świętokrzyską, na wprost nowej sali. Dotychczasowe wejście narożne pozostanie wyłącznie wejściem dodatkowym.

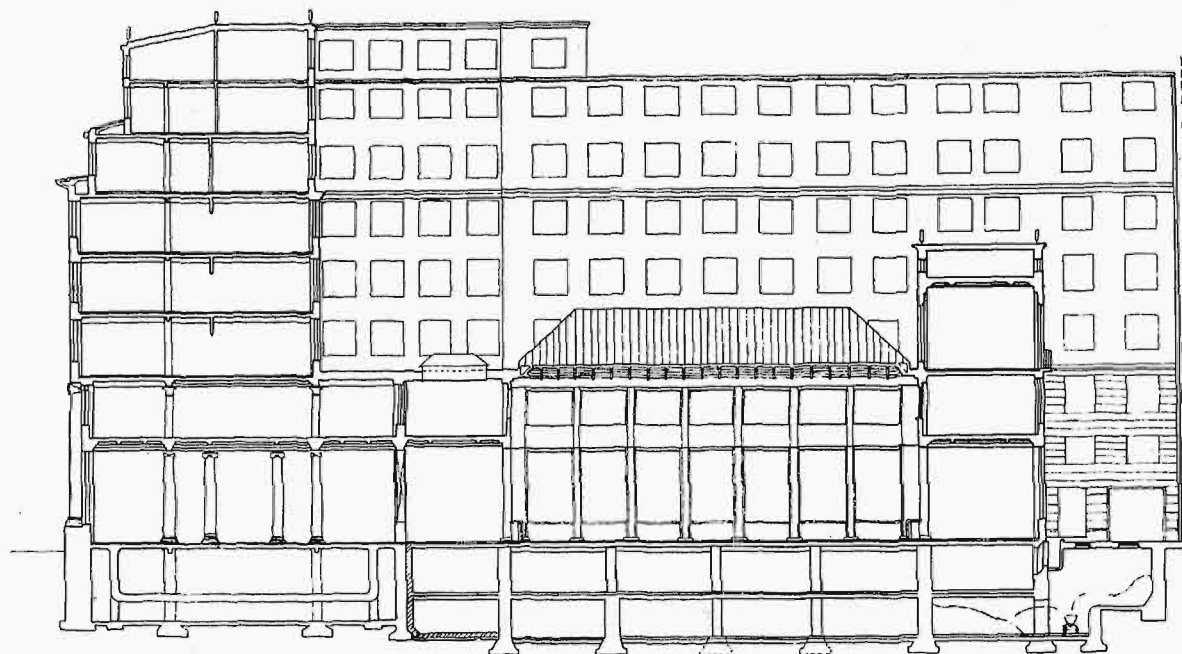
W trakcie robót okazało się, że nawet dobudowany gmach nie wystarczy, i zdecydowano się na podniesienie budynku o trzy piętra, zarówno części



Rys. 1. Widok ogólny gmachu P. K. O.

nowej, jak i budynku istniejącego. Ostatecznie więc budynek ma (z kopułą) 8 pięter, czyli 9 kondygnacji nadziemnych. Łączna długość frontu od ul. Ś-to Krzyskiej wynosi 66,40 m, a powierzchnia planu 2720 m², z czego 95,5% jest zabudowane. Kubatura łączna całego gmachu liczy 75000 m³.

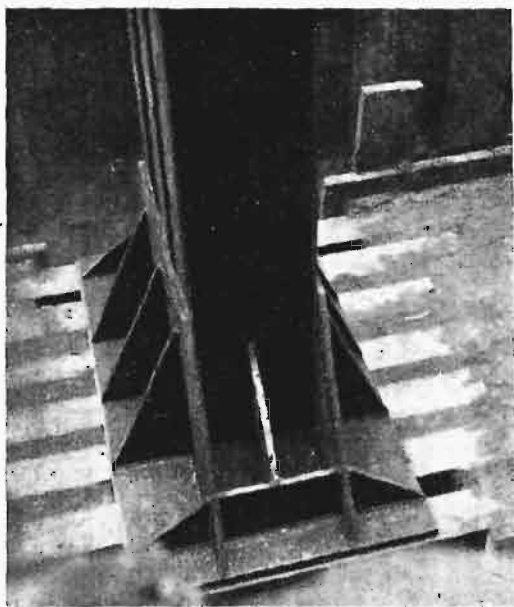
ścią budynku podobnie, jak wiązała się kopuła dawna — z uwagi jednak na podniesienie budynku o 3 piętra, została i ona podwyższona, wznosząc się do wysokości 39,50 m. Wysokość samej kopuły wynosi 7,50 m, z czego dolne 1,90 m jest zakryte ścianą tremplową.



Rys. 2. Przekrój podłużny frontowej części gmachu.

Zadaniem architekta przy rozbudowie było wykonanie rozszerzenia gmachu w taki sposób, aby gmach nowy wraz ze starym stanowił możliwie jednolitą i harmonijną całość (rys. 1). Tem samym zgóry dana była architektura zewnętrzna i do pew-

Wnętrze zostało wyposażone w dodatkowe dwie klatki schodowe: jedną główną, obok wejścia, drugą w oficynie tylnej — tak, że razem z dawnymi są cztery klatki schodowe. W nowych klatkach umieszczono trzy dźwigi osobowe, nadto zaś dwa istniejące zostały podniesione o 3 piętra. Z uwagi na mechanizmy dźwigowe trzeba było też z szybami pójść w górę, co nazewnątrz uwydatniło się przedewszystkiem w starej bocznej klatce schodowej od ul. Jasnej. Analogicznie podniesiono zresztą częściowo ścianę frontową przy budynku sąsiednim od ul. Ś-to Krzyskiej, wyższym od P. K. O., aby się z nim możliwie związać architektonicznie. Dźwigów ciężarowych jest trzy.



Rys. 3. Stopa słupa.

nego stopnia wewnętrzna. Charakter budynków utrzymano do tego stopnia, że przy nadbudowie 3 pięter, t. j. podniesieniu głównego korpusu budynku do 31,30 m wysokości, założono na narożniku kopułę, analogiczną do dawnej, tradycyjnej, aczkolwiek nasuwały się i inne, bardziej zmodernizowane rozwiązania. Kopuła ta wiąże się z cało-

Konstrukcja budynku.

Badania gruntu wykazały grunt dobry, o dopuszczalnym udźwigu do 3 kg/cm². Fundamenty wykonano z cegły na cemencie, co w danym wypadku okazało się tańsze od betonowych, przyczem zresztą pod słupy stalowe zastosowano ruszty z dźwigarów stalowych (rys. 3 i 4). Natomiast konstrukcję nośną wykonano jako spawaną stalową szkieletową.

Słupy stalowe wewnątrz wypełniano betonem, a nazewnątrz, po uprzednim pokryciu powierzchni cementem, okładano cegłą celem ochrony stali od rdzewienia. Stropy w nowej części wykonano klei-nowskie, a tylko w nadbudowie zastosowano między dźwigarami stalowymi stropy systemu Isteg ze względu na mały ciężar. Sufity przy stropach Isteg wykonano z mat trzcinowych podwieszonych na beleczkach stropowych. Górą ułożono na stropach izolację z płyt heraklitowych.

Ścianki działowe wykonane są z cegły dętej. Także ściany zewnętrzne nadbudowy wykonano

dla lekkości z dętki, przyczem w najwyższej kondygnacji ściany mają grubość 1 cegły i 1/2 cegły. Wobec tego od wewnątrz wyłożono te ściany płytami heraklitowymi dla izolacji termicznej.

Dach jest pokryty potrójną warstwą bituminy klejonej specjalnym lepikiem; zwierzchu będzie nasypała ochronna warstwa żwirku o grubości 6 — 7 cm. Izolację termiczną tworzy warstwa celolitu i płyty heraklitowe.

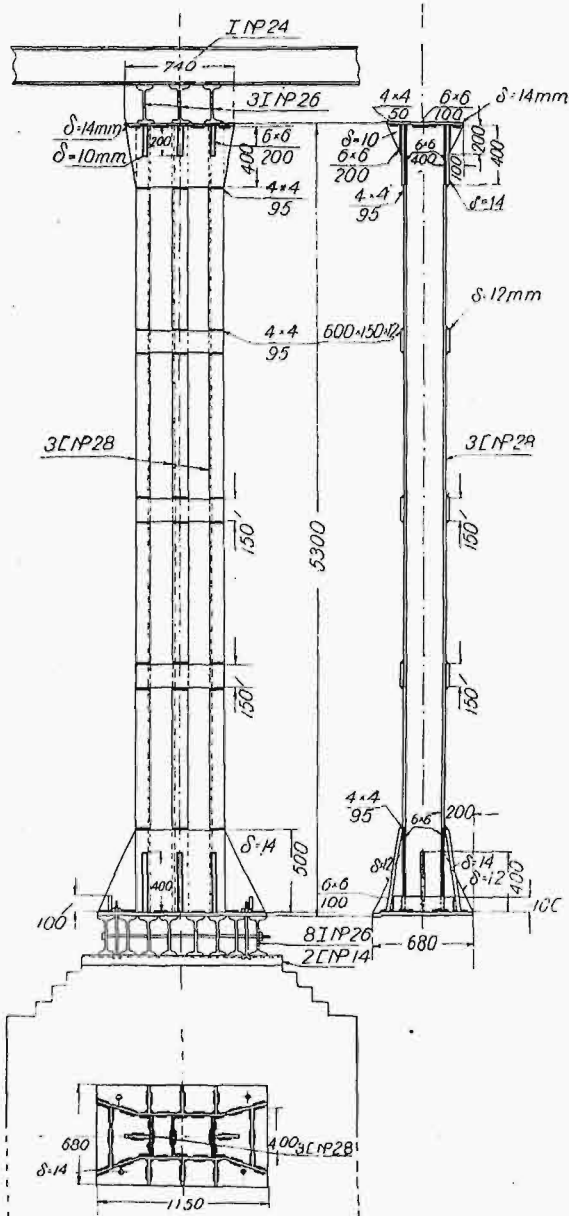
padku tembardziej ważne, że w istniejącej już części budynku P. K. O. musiała trwać przez cały czas przebudowy zupełnie normalna praca, w warunkach tem cięższych, że w pomieszczeniach panowało przepełnienie. Żelbet nie został zastosowany ze względu na konieczność prowadzenia robót przez całą zimę.

Rozbudowa musiała oczywiście postępować stopniowo, wobec konieczności burzenia poszczególnych części budynków starych i wznoszenia części nowych. Ponieważ zaś od frontu nowej parceli stał budynek jednopiętrowy,

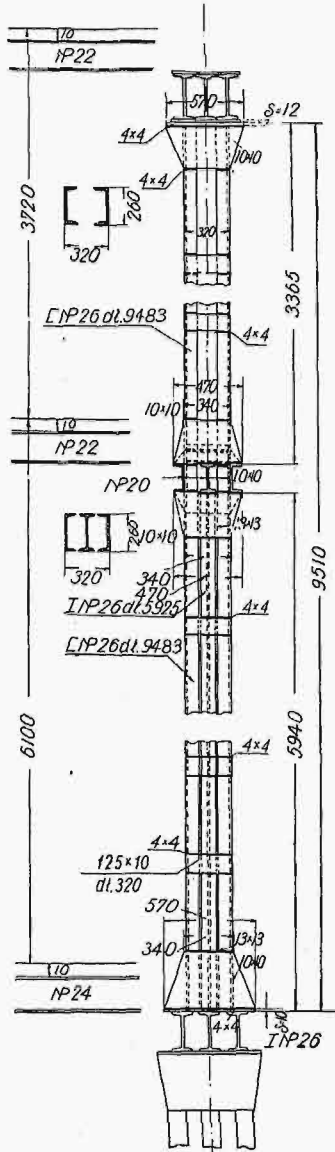
w którym mieściły się tymczasowo niektóre biura P. K. O., przeto rozbudowę zaczęto od tyłu, wznosząc oficynę tylną, co było pierwszym stadium robót. Drugim stadium robót było wykonanie budynku frontowego, trzecim — wykonanie dachu nad halą operacyjną, czwartym — nadbudowa dwu pięter na gmachu istniejącym, piątym i ostatnim — wykonanie kopuły nad narożnikiem.

1. Oficyna tylna.

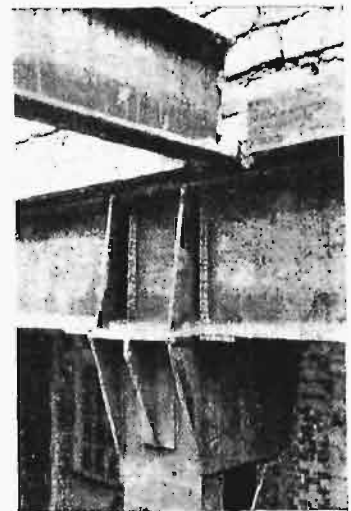
Oficyna ta ma siedem pięter (z częściowym mezzaninem), t. j. osiem kondygnacji nadziemnych, nad-



Rys. 4. Słup z 3-ch ceówek.



Rys. 5. Słup z 2 ceówek i dwuteówki.

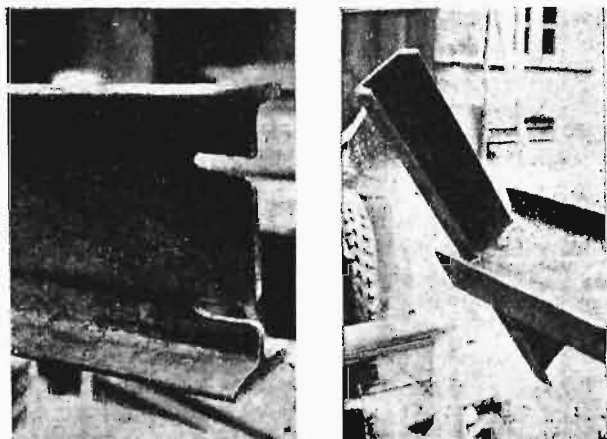


Rys. 6. Głowica słupa. Połączenie z podciągami.

Konstrukcja szkieletu budynku P. K. O. jest jedną z najpoważniejszych budowli w Europie, wykonanych przy pomocy spawania, ze względu na znaczne rozmiary i obciążenia. Zdecydowano konstrukcję spawaną z uwagi na niższe koszty, większą prostotę i łatwość wykonania; ważnym nadto czynnikiem przy decyzji, który tak w danej budowie, jak wogóle we wszystkich miejskich budowlach musi być brany pod uwagę, była możliwość zachowania ciszy przy robocie. W przeciwieństwie bowiem do ogromnego hałasu nitarek, z jakim odbywa się montaż budowy nitowanej, panuje przy budowie spawanej zupełna cisza, co było w tym wy-

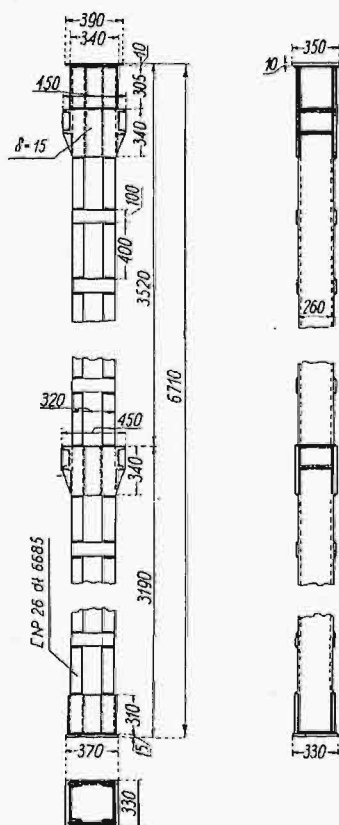
to zaś dwie kondygnacje podziemne. Wykonano ją jako budynek w dolnej części szkieletowy, w górnej murowany. Słupy i podciąg stalowe przechodzą przez podziemia, parter, mezzanin i pierwsze piętro; przytem słupy parteru (mezzaninu) i pierwszego piętra wykonano jako jedną całość konstrukcyjną. Słupy podziemi o wysokości 5,30 m spoczywają na ruszcie z belek stalowych. Składają się one z trzech ceówek NP 28, opartych na poziomej blasze podstawowej o grubości 15 mm, zaś u góry zakończone są blachą poziomą 14 mm (rys. 4). Celem należytego usztywnienia blachy podstawowej, zastosowano wzdłuż stopek dźwigarów słupa

pionowe blachy trapezowe, a nadto prostopadle do nich również pionowe blachy trójkątne. Wreszcie pomiędzy częściami zewnętrznymi blach trapezowych zastosowano stężenia poprzeczne płaskowni-

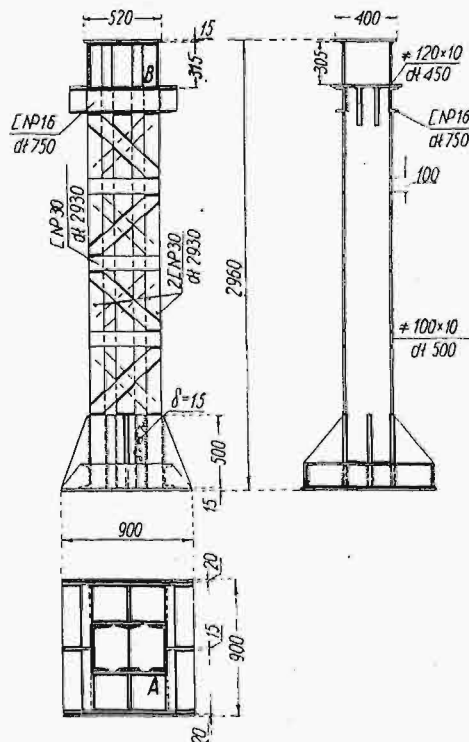


Rys. 7 i 8. Sposób zakotwienia belek rusztu w murze.

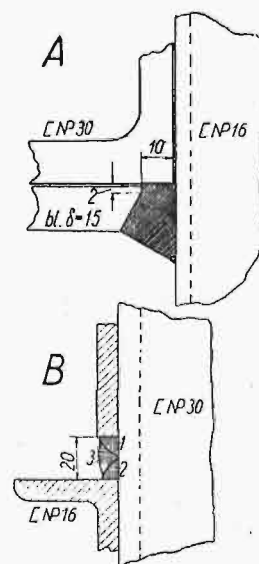
kiem stalowym. W ten sposób płyta podstawowa została usztywniona, i to w stopniu znacznie większym, niż widzimy to w połączeniach nitowanych. Kształt zaś całej podstawy upodobnił się do podstawy słupów żeliwnych (rys. 3). Nic w tem zresztą dziwnego, gdyż konstrukcje spawane posiadają wiele cech



Rys. 9. Słup z dwu ceówek.



Rys. 10. Słup z dwóch ceówek i dwuteówki.



Rys. 10A i B.
Szczegóły rys. 10.

monolityczności, pod którym to względem nitowane zupełnie z niemi porównać się nie mogą. Kształty monolityczne są zawsze najbardziej dostosowane do potrzeb konstrukcji i najcelowsze, czego o konstrukcjach łączonych z poszczególnych elementów powiedzieć nie można; uzależnione są one bowiem od łączników, jakimi w danym wy-

padku np. byłyby dla konstrukcji nitowanych, przez blach, kątowniki podstawowe.

Główce słupów mają kształt podobny do podstaw, krótszy bok poziomy blach trapezowych jest o 2 cm (z każdej strony po 1 cm) szerszy od słupa, ze względu na wygodne umieszczenie na nim spoin pionowych na całej długości. Szczegół ten zastosowano przy wykonaniu wszystkich słupów w dalszych częściach konstrukcji.

Na słupach podziemi ułożono podciąg z dwuteówek NP 26, które przypocono szwami przerywanymi do głowice słupów. Na tym podciągu ustawiono słupy parteru. Podstawy tych ostatnich również spojono z belkami podciągu.

Słupy parteru sięgają przez dwie kondygnacje; całkowita ich długość wynosi 9,51 m. Złożone są z dwu ceówek NP 26, przechodzących przez całą długość słupa, oraz dwuteówki, również NP 26, sięgającej do poziomu piętra pośredniego (rys. 5).

Części podstawowe, górne i środkowe słupów wykonane są przy pomocy blach trapezowych oraz małych usztywnień z ceówek. Podciągi, spoczywające na poziomie środkowym, są złożone z dwuteówki NP 20 i takichż dwu ceówek. Dwuteówki te wspierają się bezpośrednio na dwuteówce dolnej części słupa oraz na blachach trapezowych. Pod ceówkami dodano wsporniki (górne i dolne) z teówek NP 12, niezależnie zaś od tego obie ceówki pionowe słupa połączone dwuteówką poprzeczną NP 14 ponad podciągiem; zaś wszystkie trzy dźwigary słupa dolnego — płaskownikami poniżej tegoż.

Oczywiście, podciągi łączone są ze sobą na całej długości odpowiednimi poprzeczkami.

Wiązania poprzeczne słupów wykonano z płaskow-

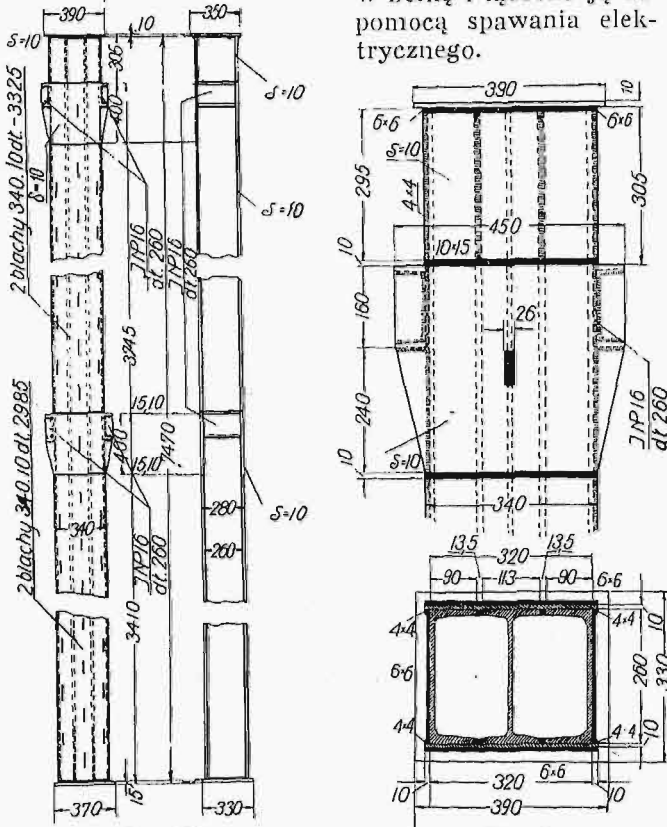
ników. Na głowicach górnych słupów oparto podciąg złożony z trzech belek dwuteowych NP 34, połączonych ze sobą nakładkami z płaskownika. Na tym podciągu spoczywa 2-piętrowa ściana murywana.

Połączenie górnych głowic słupów z podciągiem wzmocniono zapomocą dwu trapezowych żeber,

spojonych pionową krawędzią z podciągami, a poziomą z górną płytą słupa (rys. 6).

Belki ułożone na tym podciągu (na poziomie sklepienia II-go piętra) wypuszczone nazewnątrz w celu późniejszego oparcia na nim konstrukcji dachowej, przykrywającej halę operacyjną (por. niżej).

Konstrukcję zakotwienia belek stropowych wyższych pięter w murze przedstawiają rys. 7 i 8. Belkę wycinano zapomocą palnika tleno-acetylenowego według kształtu ceówki (rys. 7), zakładano ceówkę w belkę i łączono ją zapomocą spawania elektrycznego.



Rys. 11.

Słup z dwóch ceowników i dwuteówki z nakładkami.

Podobnie dach oficyny i schody zostały wykonane przy pomocy spawania i to bez poprzedniego projektowania, rysowania i trasowania.

2. Budynek frontowy.

Drugie stadium robót w P. K. O. objęło wykonanie budynku frontowego od ul. Świętokrzyskiej. Budynek ten wykonany został również jako szkieletowy stalowy, przyczem jednakowoż słupy wewnętrzne przechodzą przez wszystkie piętra, dochodząc do dachu, zaś słupy zewnętrzne, tak od ulicy, jakoteż od podwórza, dochodzą, podobnie jak w oficynie, do szóstego piętra. Ściany zewnętrzne najwyższych dwóch pięter są dla oszczędności w całości murowane.

Aczkolwiek architektoniczne założenie budynku jest bardzo proste i przejrzyste, przecież konieczne były założony rzutu poziomego, choćby ze względu na otoczenie hali operacyjnej oficyną poprzeczną, w której mieści się nadto sala konferencyjna. Również umieszczenie schodów spowodowało nieregularności konstrukcji, wreszcie zaś na części słupów zewnętrznych od podwórza spoczywa dach stalowy nad halą operacyjną. Z powyższych powodów trzeba było wprowadzić rozmaite typy słu-

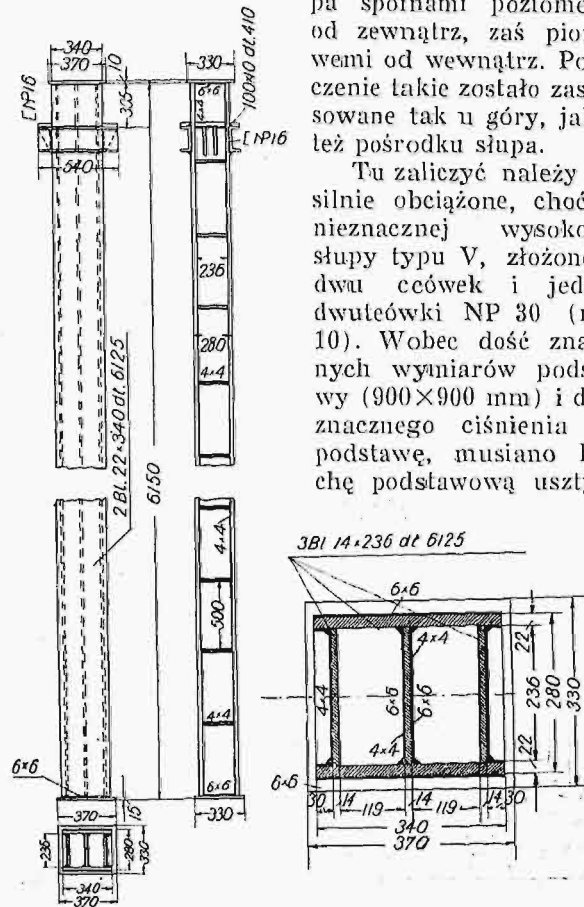
pów, których ilość tembardziej wzrosła, że niektóre z nich musiały mieć wymiary poprzeczne specjalnie nieduże. Ostatecznie ta część robót ujęta łącznie 13 typów słupów, które zresztą dają się ująć pod względem konstrukcyjnym w dwa działy:

- a) słupy złożone z samych kształtówek oraz
- b) słupy złożone z kształtówek i nakładek.

a) Słupy złożone z kształtówek wykonane są z ceówek (korytek) lub dwuteówek, połączonych przy pomocy płaskowników, umieszczonych w odpowiednich odstępach. Jako przykład, podaję typ IX (rys. 9) złożony z dwu ceówek NP 26, zwróconych ku sobie, o wymiarze zewnętrznym 320 mm. Połączone są one ze sobą płaskownikami 100 × 10 w odstępach 340, względnie 400 mm. Dołem oparte są na podstawie poziomej z płyty 15 mm, o wymiarach 370 × 330 mm, oraz połączone pionowo blachami 340 × 340 mm, więc obustronnie o 10 mm szerszymi od wymiaru poprzecznego słupa, celem wygodnego umieszczenia szwu. Podparcie podciągów uskuteczniło jest przy pomocy ceówek NP 16, przytwierdzonych drogą spawania tak do słupa bezpośrednio, jakoteż do blach pionowych, które są połączone z kształtówkami słu-

pa spoinami poziomymi od zewnątrz, zaś pionowymi od wewnątrz. Połączenie takie zostało zastosowane tak u góry, jakoteż pośrodku słupa.

Tu zaliczyć należy też słup typu V, złożony z dwu ceówek i jednej dwuteówki NP 30 (rys. 10). Wobec dość znacznych wymiarów podstawy (900 × 900 mm) i dość znacznego ciśnienia na podstawę, musiano blachę podstawową usztyw-



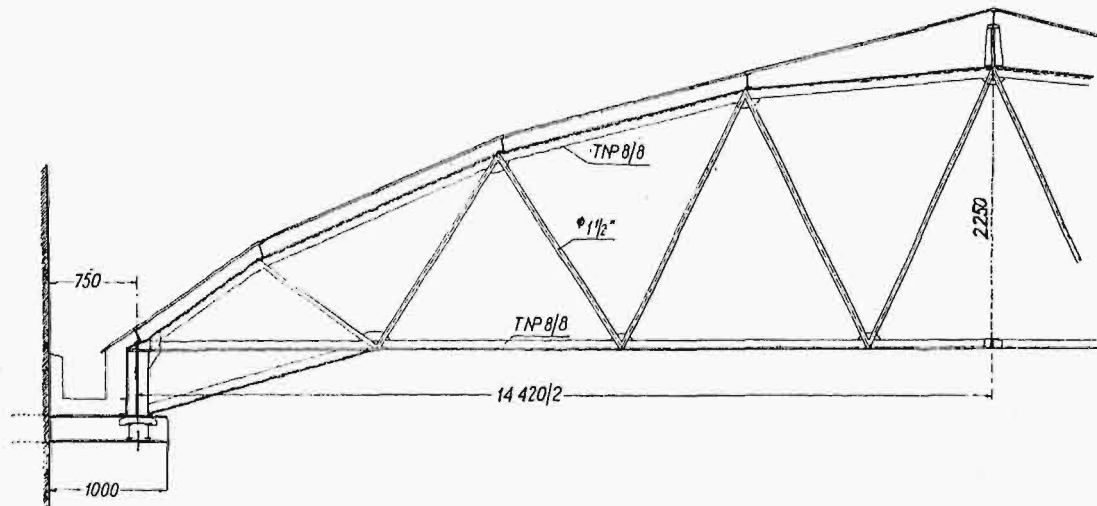
Rys. 12. Słup o przekroju skrzynkowym z samych blach.

nić tu bardzo mocno. Uskuteczniło to przy pomocy ceówek NP 16 i blach żebrowych trójkątnych i trapezowych; do czoła ceówek przypoiono w odstępach 20 mm od zewnętrznej krawędzi blachy podstawowej płaskowniki, gwarantujące możliwie jednostajny rozkład ciśnienia. Blachy trójkątowe musiały zostać wycięte odpowiednio do kształtu ceówki NP 16 przy pomocy palnika tlenowo-acetylenowego. Szczegóły spojenia blach i ceówki podstawowej pokazany jest na rys. 10A. Blacha została tu

ścięta ukośnie, tak że szew pionowy mógł zostać wykonany zupełnie pewnie i wygodnie.

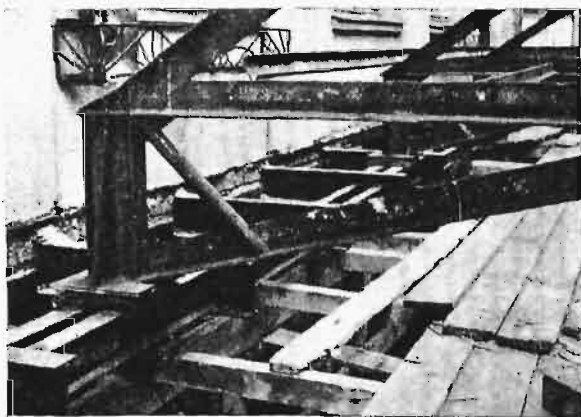
Blacha pionowa u samej góry słupa styka się nieomal z ceówką poziomą NP 16; celem wygodnego umieszczenia spoin, pozostawiono między nią a ceówką odstęp 20 mm, przyczem najpierw została wykonana spoina 1, potem spoina 2, a wreszcie dla wyrównania, spoina 3 (rys. 10B).

przy pomocy zwykłego szwu bocznego. Połączenie to jednak nawet ze skrajnymi ceówkami było jednostronne, zaś wogóle niewykonalne dla dwuteówki środkowej. Dlatego też zastosowano spoiny szczelinowe, wykonywując w nakładkach wycięcia o długości po 60 mm i szerokości wewnętrznej 10, zaś zewnętrznej 26 mm, rozmieszczone w odstępach co 240 mm (w świetle). Szczeliny te zostały



Rys. 13. Wiązarni świetlika o ukośnicach rurowych.

b) Słupy złożone z kształtówek i nakładek wykonane zostały tam, gdzie z jednej strony wymiary słupa są ograniczone, z drugiej słup jest silnie obciążony, a wskutek tego wymagał nagromadzenia większej ilości materiału. Jeżeli zaś słupy, typów opisanych pod a, można było wykonać przy pomocy nitowania, to słupy typów opisanych obecnie pod b) byłyby przy użyciu danych przekrojów, w razie stosowania konstrukcji nitowanej, wykluczone, gdyż nitowań nie można byłoby wykonać.



Rys. 14. Wzłoz podporowy wiązarni.

Do tej kategorii należy np. typ VII (rys. 11) dźwigający 155 t obciążenia. Słupy tu zaliczone składają się z dwu ceówek i jednej dwuteówki NP 26, dosuniętych do siebie tak, że wymiar zewnętrzny wynosi 320 mm. Pomiędzy stopkami ceówek i dwuteówki pozostają zatem odstępy po 13,5 mm. Blachy nałożone obustronnie w formie nakładek na dźwigary walcowane mają wymiar 340 × 10 mm. Połączenie ich dało się zatem bardzo dobrze wykonać na zewnętrznych krawędziach,

następnie zalane elektrodą. W ten sposób uzyskano doskonałe połączenie na całej długości. Nakładki sięgają dołem aż do płyty podstawowej, górą jednak kończą się w odległości 400 mm od poziomu pośredniego. Na ich miejsce przychodzi blacha trapezowa, dostosowana szerokością 450 mm do szerokości stopek ceówek NP 16, które służą jako podstawa pod podciąg. Ponad tą blachą znajduje się znowu nakładka taka sama, jak poprzednio, zaś górą powtarza się podobna blacha trapezowa z ceówkami NP 16 i nad nią jeszcze jedna blacha o szerokości 340 mm. U samej góry i u samego dołu, na długości 30 mm, t. j. tak daleko, jak tylko dało się doprowadzić elektrodę od wewnątrz, został nią zalany odstęp pomiędzy dwuteówką a ceówkami, co jednak nie ma specjalnego znaczenia.

Odrębny rodzaj przedstawia słup typu IV (rys. 12) o przekroju skrzynkowym, złożonym z samych blach, a mianowicie trzech blach środkowych o grubości 14 mm i dwu blach nakładkowych o grub. 22 mm. Stopę i głowicę tworzą prostokątne płyty poziome o grub. 15, wzgl. 10 mm. Podparcie podciągów jest uskutecznione podobnie jak w słupach typu IX (rys. 9) zapomocą ceówek NP 16. Ponieważ jednak niema tu blach trapezowych, więc ceówki zastosowano dłuższe od szerokości słupa i wystające ich końce powiązano płaskownikami 100 × 10 mm.

3. Dach nad halą operacyjną.

Między budynkiem frontowym a oficyną tylną mieści się hala obrotu czekowego o powierzchni 16,5 × 25,60 m, przykryta dachem z podwójną świetlnią. Rozstęp wiązarów przyjęto w zasadzie 3,40 m, zmniejszając go do 3,17 m ku końcowi sali. Wogóle dano 6 wiązarów, bowiem skrajne pola zostały ścięte płaszczyznami pochyłymi. Dolny ich zarys dany był profilem architektonicznym sali. Wysokość w środku powinna być możli-

wie mała, jednakowoż umożliwiająca swobodny dostęp do instalacyj, umieszczonych wewnątrz dachu. Dlatego też pas górny wykonano o kształcie łamanym parabolicznym.

Wiązar jest przedstawiony na rys. 13. Waga wiązara wynosi 672 kg; waga całej konstrukcji żelaznej świetlika 25,6 kg/m².

Wiązary podparte są na łożyskach, spoczywających na belkach podwójnych, biegnących wzdłuż dłuższego boku sali, a podpartych na wspornikach dźwigarów przyległych stropów, wystających na wewnątrz sali.

Ze względu na ujednostajnienie połączeń, zastosowano możliwie małe ilości profilów. Mianowicie oba pasy, górny i dolny, zostały zaprojektowane z teówek 80 × 80 × 9, ukośnice zaś z rur o średnicy 38 mm. Rury zastosowano dlatego, że rzucają one możliwie najmniej cienia na witraż świetlni dolnej, co ze względów architektonicznych jest oczywiście bardzo pożądane.

Ponieważ w niektórych węzłach na teówce nie możnaby było umieścić spoin o odpowiednich długościach, przeto musiano w poszczególnych węzłach zastosować dodatkowe blachy węzłowe patentowane w Polsce, o kształcie segmentowym, przypawane do środniczka teówki na styk czołowy. Połączenie rur z pasami wykonano w ten sposób, że w końcach rur wycięto szczeliny o grubości ściany teówki i miejsce styku połączone przy pomocy szwów. Końce rur zamknięto również przy pomocy spojeń na stopkach teówek. W węźle górnym zastosowano, celem usztywnienia, ze względu na styk, wykonywany na budowie, poziome blachy usztywniające o grubości 10 mm.

Styk pasa dolnego wykonano bezpośrednio, a nadto nałożono dodatkowe dokładki. Węzeł podporowy został usztywniony przy pomocy poprzecznych blach trójkątnych, założonych na słupku (rys. 14).

Pas górny został wygięty w ten sposób, że palnikiem llenowo-acetylenowym wycięto w węzłach trójkątne części ścianki pionowej w miejscach załamania pasa, następnie dogięto belkę do kształtu parabolicznego, a wreszcie spojono. Stopka więc teówki na całej długości nie była przecinana.

Na wiązarach spoczywają płatwie Nr. 10, dźwigary zaś ponadto usztywnione są parami ze sobą



Rys. 15. Podwieszenie sufitu.

teżnikami poprzecznymi (pionowymi) oraz teżnikami poziomymi, wykonanymi z kątołek 50 × 50 × 5. Płatwie w środkowej części dachu są wzniesione ze względu na uzyskanie odpowiedniej pochyłości.

Na pasie dolnym wiązarów zawieszona jest świetlnia wewnętrzna, dolna, wykonana jako witraż z orłem polskim w środku. Witraż ten wykonano również przy pomocy

spawania, przyczem zachowano zupełną dokładność rysunku, eliminując wpływy termiczne do minimum. Szczegół podwieszenia witraża przedstawia rys. 15.

Dach pokryty jest świetlnią górną, opartą na szczeblach systemu Eterna. Od strony starego tarasu jest wejście do przestrzeni między świetlnią górną a dolną, potrzebne do kontroli konstrukcji stalowej, świetlni, jakoteż instalacyj, umieszczonych w tej przestrzeni. (dok. nast.)

Rentowność wysokoprężnych instalacyj parowych^{*)}

Napisał Inż. Z. Ficki, Katowice, Stowarzyszenie Dozoru Kocioł Parowych.

Właściwości konstrukcyjne maszyn o wysokiej prężności.

Podaję tu te właściwości maszyn, zbudowanych na wysokie ciśnienia, które odbijają się na ich koszcie i zachowaniu się w ruchu.

Kocioł.

Do 25 ata stosowane są walczaki nitowane, do 40 ata, względnie nawet 60 ata — walczaki spawane na gazie wodnym, dla wyższych ciśnień — walczaki odkuwane bez szwu. Dla zmniejszenia grubości ścianki jest zwykle stal węglista zastępowana przez stal stopową. Rury przegrzewacza, poczynając od przegrzania 400°C, powinny być wykonane ze stali stopowej; obecnie stosowana jest stal chromowo-molibdenowa. Ze względu na kosztowność powierzchni ogrzewanej kotła na wysokie ciśnienie, jest on zawsze budowany jako kocioł o b. wysokiej wydajności, do 100 kg/m²h lub jeszcze

więcej. Przy tych odparowaniach dobre krążenie wody, kwestja temperatury w palenisku, zachowanie się powierzchni ogrzewanej, wystawionej na promieniowanie paleniska i t. d. są jeszcze problematami, które częstokroć rozwiązywane są nieszczęśliwie. Następstwem błędu konstrukcyjnego jest zawsze niepewność ruchu, związana z tem potrzeba dużych rezerw oraz wysokie koszty napraw. Ze sprawą niepewności ruchu wiąże się kwestja wody zasilającej. Jeśli o kociołach wysokiej wydajności mówi się, że są wrażliwe na jakość wody zasilającej, to o kociołach wysokoprężnych trzeba powiedzieć, że są przewrażliwione. Nieznaczna twardość wody albo niedostateczne jej odgazowanie może mieć następstwa katastrofalne. Dalszą trudnością tego typu kotłów, spowodowaną przez te same przyczyny, jest „plucie”, które może zmusić do obniżenia odparowania, co dotkliwie odbija się na kosztach instalacji.

Kotły wysokiej wydajności mają małą pojemność wodną, dlatego kilkuminutowe nawet zatrzymanie pompy zasilającej grozi już utratą wody.

*) Dokończenie do str. 30 w zesz. 2 z r. b.

Dla zapobieżenia temu konieczne są jakieś środki zaradcze, na przykład pompa rezerwowa, włączana samoczynnie w chwili obniżenia się poziomu wody w kotle poniżej dopuszczalnej granicy.

Przy wysokich przegrzaniach, dla bezpieczeństwa przegrzewacza i silnika, temperatura pary musi być stale kontrolowana i regulowana. W tym celu przegrzewacz dzielony jest zwykle na dwie części, połączone szeregowo, a do przewodu między nimi wtryskiwana jest woda, w ilości nastawianej automatycznie, w zależności od końcowej temperatury przegrzania. Drugim sposobem rozwiązania tego problemu jest chłodzenie pary w rurach zanurzonych w walczaku kotła, czy w akumulatorze wody zasilającej.

Kotły wysokoprężne, szczególnie duże jednostki, są najczęściej budowane z paleniskami pyłowymi, bo konstrukcyjnie jest to rozwiązanie najdogodniejsze, daje spalanie najekonomiczniejsze, a ponadto, dzięki łatwości i szybkości regulowania palników pyłowych, podnosi elastyczność zespołu, której brak kotłom o małej pojemności wodnej.

Słabą stroną palenisk pyłowych jest wysoki koszt prądu i duży rozchód prądu do napędu silników pomocniczych, co niekorzystnie odbija się na kosztach ruchu.

Armatu ra i ru ro ci ą gi.

Armatu ra wysokoprężna wykonywana jest ze stali kutej albo lanej, zależnie od ciśnienia. Duże trudności wywoływała konstrukcja wodowskazów i odporność chemiczna samego szkła.

Rurociągi wysokoprężne muszą być wykonane z rur bez szwu, złącza stosowane są kołnierzowe na wpustkę, albo spawane, ze wzmocnieniem śrubowym przy większych średnicach. W ruchu rurociągi, szczególnie spawane, nie sprawiają trudności.

Średnice parociągów zmniejszają się ze wzrostem ciśnienia b. znacznie, bo np. przy przejściu od 35 ata do 85 ata średnica może być zmniejszona w stosunku 1,7 : 1,0.

P o m p y z a s i l a j ą c e.

Wykonanie pomp zasilających dla kotłów wysokiej prężności jest trudne, wymaga dużego doświadczenia, dlatego kilka tylko fabryk wyspecjalizowało się w tej budowie. Obok zupełnej pewności ruchu, od pompy wymagana jest płaska charakterystyka i dobra sprawność, mało uzależniona od wydatku. Zła sprawność pompy, przy zużywanej przez nią dużej mocy, odbijała się dotkliwie na rozchodzie własnym prądu zakładu. Dla utrzymania wysokiej sprawności pompy jej wydatek nominalny powinien być dostosowany do rzeczywistej potrzeby kotłowni, więc np. zamawianie pompy ze 100% czy jeszcze większym zapasem, jak to się przyjęło w instalacjach niskoprężnych, byłoby niewłaściwe.

T u r b i n a.

Budowa turbin przystosowała się stopniowo — przez zmiany konstrukcyjne i dobór materiałów — do wysokiej prężności i temperatur. W kilkunastu europejskich centralach wysokoprężnych są w ruchu duże jednostki na ciśnienia ok. 100 ata i wyżej, a o ich trudnościach ruchowych, poza wypadkami drgań, stosunkowo najmniej było słyhać.

Jako najbardziej charakterystyczne cechy turbiny wysokoprężnej, należy podać: wielostopniowość; wykonanie kadłuba wysokoprężnego ze stali

kutej, ostatnio ze staliwa molibdenowego, i wykonanie wirnika wysokoprężnego z jednego bloku; odzielenie aparatu regulacyjnego od odlewu kadłuba i połączenie go z kadłubem rurami elastycznymi; możność swobodnego rozszerzania się cieplnego części składowych zespołu i skierowanie jego w nieszkodliwym kierunku, specjalne sprzęgła, kompensujące przesuw osiowe i drobne promieniowe, powstające w związku z rozszerzaniem się; odwodnienie w poszczególnych stopniach kadłuba niskoprężnego i t. d.; ponadto, jak już podano wyżej, międzystopniowe przegrzewanie pary i regeneracyjne podgrzewanie wody zasilającej.

Maksymalna moc turbiny, wyznaczona jest przez prądnice, która przy 3000 obr/min została już zbudowana na 50 000 kW, przy 1500 obr/min na 80 000 kW. Odpowiednio turbiny o jednym wale mogą być budowane na moc 50 000 kW przy 3000 obr/min, 80 000 kW przy 1500 obr/min, a turbiny o dwóch walach (tandem-compound) na moc dwa razy większą. Obecnie projektowane są jednostki jeszcze większe.

Wielostopniowość turbiny wysokoprężnej jest następstwem wytwarzania w niej dużego spadku cieplnego i małej objętości właściwej pary o wysokim ciśnieniu, co zmusza do małych średnic wirników w części wysokoprężnej i zwiększenia liczby stopni rozprężania dla uzyskania dostatecznie dużej liczby Parsonsa, warunkującej dobrą sprawność turbiny. Dla jednostek małej mocy, jak turbiny czołowe i turbiny z przeciwpłynnością, dużym ułatwieniem konstrukcyjnym i potaniem ustroju jest przekładnia zębata.

Mała objętość właściwa pary wysokiego ciśnienia stoi na przeszkodzie budowie mniejszych jednostek o dużej sprawności termodynamicznej, bo ta uzależniona jest od objętości pary, którą turbina pobiera. Zależność ta, w odniesieniu do kW mocy, była już podana na rys. 7. Firma B. B. C. ujmuje tę zależność prostym wzorem: rozchód pary turbiny w t/h powinien być równy prężności w atmosferach.

Dużą komplikacją obiegu parowego elektrowni wysokoprężnej jest międzystopniowe przegrzewanie pary. Przegrzewacze parowe są prostsze i tańsze, łatwo je umieścić w bliskości turbiny, ale pod względem cieplnym są niekorzystne. Umieszczenie wtórnego przegrzewacza w kotle daje większe korzyści cieplne, ale jest niedogodne ze względu na odległość między turbiną a kotłem i potrzebę całego systemu aparatów regulacyjnych, przystosowanych całości układu do zmian obciążenia i zabezpieczających przegrzewacz od spalania przy niespodziewanym zatrzymaniu turbiny. Jako najdogodniejszy układ, podawane jest częstokroć podzielenie elektrowni na kilka bloków, składających się każdy z turbiny i jednego kotła, pokrywającego całe jej zapotrzebowanie pary.

Regeneracyjne podgrzewanie wody zasilającej podraża instalację, ale nie nasręcza ani konstrukcyjnych, ani ruchowych trudności, poza wypadkiem dużych i częstych wahań obciążenia. Budowę kotła, jak już wspomniano wyżej, trzeba dostosować do wysokiej temperatury wody zasilającej.

Częstokroć turbiny wysokoprężne są budowane w sposób, pozwalający na odłączenie części wysokoprężnej, albo nawet i średnioprężnej, co ma na celu

umożliwienie choćby częściowego ruchu zespołu w wypadku braku pary wysokoprężnej. Oczywiście, takie rozwiązanie komplikuje konstrukcję turbiny, która zamiast jednego systemu regulacji posiada ich 2 albo 3.

Rozpowszechnionym typem turbiny wysokoprężnej jest t. zw. turbina czołowa, w której para wysokiego ciśnienia jest częściowo rozprężana przed wejściem do turbin niskoprężnych. Jest to najprostsze rozwiązanie modernizacji istniejącego zakładu ciepłego. W wykonaniu i działaniu turbina czołowa nie różni się od kadłuba wysokoprężnego zwykłej kilkustopniowej turbiny.

Specjalne kotły wysokoprężne.

Zwykłe typy kotłów zostały przystosowane do wysokiej prężności przez zgrubienie ścianek oraz wprowadzenie walczków spawanych na gazie wodnym i walczków bez szwu; sama konstrukcja nie uległa zmianie. Następstwem takiego przystosowania jest duże utrudnienie fabrykacji, konieczność posługiwania się najlepszymi materiałami i t. d., więc w rezultacie podniesienie ceny kotła. Z drugiej strony, obieg wody w kotle pogorszył się, na skutek zmniejszenia się ciężaru właściwego wody, a zwiększenia się ciężaru właściwego pary.

W dążeniu do usunięcia tych wad skonstruowano kilka typów specjalnych kotłów do wysokich ciśnień, jak Bensona, Schmidt'a - Hartmanna, Löfflera, Atmos i kocioł dwuczynnikiowy. Wszystkie te konstrukcje są od kilku lat badane i próbowane. Pierwsze jednostki budowane były zwykle na terenie wytwórni, obecnie niektóre z tych konstrukcyj już są, a inne będą w najbliższym czasie uruchomione, jako kotły dużych elektrowni. Każda z tych konstrukcyj przeszła przez szereg trudności, mniej albo więcej znanych, które przez odpowiednie zmiany zostały usunięte. Oczywiście, jedynym bezspornym świadectwem ich przydatności i niezawodności może być dłuższe doświadczenie z ich ruchu, już na gruncie przemysłowym, które powinny przynieść lata najbliższe. Zwykłe kotły, przystosowane do wysokiej prężności, o tyle wyprzedziły konstrukcje specjalne, że już wielokrotnie były wykonywane w Europie, a ponadto mają za sobą dużą praktykę amerykańską, więc ich wady, stopniowo zresztą usuwane, są już znane, a przepisy ruchowe dostatecznie opracowane. Nowe konstrukcje mogłyby wyprzedzić dotychczasowe pod warunkiem różnicy cen na ich korzyść, co, o ile mi wiadomo, dotąd nie miało miejsca.

Istniejące instalacje wysokoprężne.

Zagłębie Śląskie posiada jedną instalację 40-atmosferową, będącą w ruchu już ok. 4 lat, 2 kotły 40-atmosferowe, będące w ruchu ok. 2 lat i jedną 30-atmosferową elektrownię, czynną już ok. 4 lat.

Pierwsza z podanych siłowni obsługuje fabrykę celulozy, która używa do celów fabrykacyjnych pary grzejnej o ciśnieniu 12 atn. Zakład posiada 3 kotły po 500 m² syst. Babcock-Wilcox z poprzecznym walczakiem, turbinę wysokoprężną 1 800 kW, rozprężającą parę od 40 ata, 400°C do 12,5 ata, i turbinę kondensacyjną 1 200 kW, pracującą z odbiorem pary 4,5 ata.

Opis instalacji podany był w sprawozdaniu za 1929 rok Stowarzyszenia Dozoru Kotłów Parowych

w Katowicach. Największe trudności w ruchu elektrowni sprawia woda zasilająca, która z powodu strat kondensatu pary grzejnej składa się w 80% z chemicznie odmiękczonej wody. Na skutek tworzenia się kamienia kotłowego wybrzuszenie się opłomek i pęknięcie ich było wypadkiem bardzo częstym. Obecnie sposób odmiękczenia wody został zmodyfikowany. Drugą wadą instalacji jest mała pojemność komór paleniskowych kotłów, wysoka temperatura w palenisku i anormalnie szybkie niszczenie się szamotowej wykładziny paleniska. Turbiny, parociągi, pompy zasilające, zawory redukcyjne i t. d. pracują od dnia uruchomienia bez żadnych trudności.

Dwa kotły 40 atn syst. Humboldta z jednym walczakiem poprzecznym i 2 podłużnymi, ze względu na opóźnienie instalacji turbiny, pracowały początkowo na zawór dławiący, przez który para o ciśnieniu 10 atn pobierana była do starych silników. Kotły zasilane były wodą dobrze chemicznie odmiękczone, bo o twardości pozostającej 0,5° niem., ale zawierającą kilkanaście miligramów na litr krzemionki (SiO₂), która w wodzie kotłowej dochodziła do dużej koncentracji. Krzemionka tworzyła kamień w pierwszych dwóch szeregach opłomek, który powodował częste wybrzuszenia i pęknięcia opłomek. Zwiększenie odmulenia kotła do ok. 20% odparowania i podniesienie alkaliczności do 1500 mg/l nie dało pożądanego wyniku, natomiast obniżenie prężności do 25 ata, możliwie do czasu uruchomienia nowej turbiny, przyniosło dużą poprawę. Na tym przykładzie uwidoczniła się duża wrażliwość kotłów wysokoprężnych na zawartość krzemionki w wodzie zasilającej. Podobny wypadek opisany był w jednym z pierwszych zeszytów pisma V. D. I. z r. ub.

W instalacji 30 atn kotłownia składa się z kilku dużych jednostek syst. Sterlinga 4-walczkowych, opalanych pyłem węglowym. Po uruchomieniu kotłów wybrzuszenia i pęknięcia opłomek zdarzały się bardzo często. Kotły zasilane są kondensatem i dystylatem, pomimo to w pękniętych opłomekach znajdowano stale kamień, który, jak się okazało, był następstwem złego działania dystylatorów. Po poprawieniu jakości dystylatu uszkodzenia opłomek nie ustąpiły; jedynym wyłomaczeniem tego mogła być zła cyrkulacja wody. Obieg wodny kotłów został zmieniony, mianowicie zwiększono liczbę rur opadowych; od tego czasu kotły pracują normalnie.

Zagranicą istnieje szereg mniejszych i większych siłowni wysokoprężnych o ciśnieniu 100 ata i wyżej, w tem kilka instalacyj specjalnych kotłów wysokoprężnych, więc syst. Löfflera w Witkowicach po 40 t/h i kilka jednostek, zdaje mi się po 50 t/h, w Morawsko - Śląskiej Elektrowni w Trzebnicy; kocioł syst. Bensona w berlińskiej fabryce Siemens, a ostatnio także duży kocioł (110 t/h) pracuje w elektrowni Langerbrugge w Belgii; syst. Schmidt'a - Hartmanna — w Bitterfeldzie w Niemczech i t. d.

Jedną z pierwszych dużych instalacyj wysokoprężnych w Europie jest elektrownia w Mannheimie, uruchomiona (część wysokoprężna) w końcu 1928 roku. Elektrownia posiadała początkowo 2, później trzy kotły 100 ata o odparowaniu każdy 63 t/h; dwa z nich dostarczyła firma Hanomag (2 walczaki poprzeczne), jeden firma Humboldt

(2 walczaki podłużne). Kotły opalane są pyłem węglowym z młynowni centralnej. Turbina czołowa (5 000 kW) rozpręża parę 95 ata, 450°C do 19,5 ata. Przy tym ciśnieniu para przechodzi przez parowy przegrzewacz międzystopniowy, w którym styka się ze świeżą parą, skraplającą się, i dalej z całą ilością świeżej pary o temperaturze 475°C, przed jej wejściem do turbiny wysokoprężnej. Temperatura pary 19,5 ata podnosi się o 70—80°C. Po wtórnym przegrzaniu para rozpręża się w starych turbinach do prężności w skraplaczu. Woda zasilająca jest regeneracyjnie podgrzewana do 200°C. Elektrownia miała szereg trudności z armaturą wysokoprężną, parociągami i t. d., które z łatwością pokonała, natomiast zwalczanie trudności ruchowych kotłów zajęło, według sprawozdania Dr. Marguerre'a, dyrektora elektrowni (V. G. B., zeszyt 32), 2 lata. Największe trudności i straty sprawiały korozje i stałe pęknięcie opłomek; dopiero po zmianie cyrkulacji wody i zredukowaniu zawartości tlenu w wodzie zasilającej do 0,02—0,03 mg/l udało się je zwalczyć. Drugą poważną trudnością było przepalanie się rur przegrzewacza. Pierwsza od strony kotła część przegrzewacza wykonana była ze stali węglistej, dalsza z 3% stali niklowej. Rury ze stali niklowej nie wytrzymały wysokiej temperatury (do 500°C) przy uruchamianiu kotła, czego następstwem były częste ich rozrwy. Po wymianie rur na chromowo-molibdenowe i zastosowaniu specjalnych ostrożności przy włączeniu kotła na sieć, przegrzewacz pracuje normalnie.

Od 1931 elektrownia, według słów dr. Marguerre'a, pracuje normalnie, przytem trudności i koszty ruchu nie są większe od przeciętnych dla instalacji niskoprężnych. Sprawność siłowni, jak to przyznaje dr. Marguerre, jest obecnie niska na skutek małej sprawności termodynamicznej turbiny wysokoprężnej, która, jak dla prężności 95 ata, przerabia niedostateczną ilość pary. W 1931 roku projektowana była dalsza rozbudowa zakładu.

Przykładem wysokoprężnej instalacji, uruchomionej i pracującej bez specjalnych trudności, jest elektrownia, obsługująca kopalnię węgla brunatnego i brykietownię Sp. A. Ilse Bergbau pod Berlinem. Kociołownia posiada dwa kotły 120 ata 475°C o odprowadzaniu normalnie 34 t/h, maksymalnie 40 t/h, systemu jednopęczkowego Garbego, z podgrzewaczami wody i powietrza, opalane miałem węgla brunatnego, spalany na rusztach schodkowych z podmuchem. Trzeci kocioł jest w budowie. Kotły zasilane są wyłącznie kondensatem. Elektrownia posiada 2 turbiny 3-kałubowe, jedną rezerwową, po 12 000 kW, przerabiające przy nominalnym obciążeniu 86,5 t/h pary. W pierwszym i drugim kałubie para rozpręża się od 105 ata, 450°C do 14,5 ata, 220°C. Międzystopniowy przegrzewacz parowy, ogrzewany częścią skraplającej się pary świeżej, podnosi temperaturę pary odlotowej z drugiego kałuba do 285°C. Połowa wtórnice przegrzanej pary zostaje zużyta do napędu maszyn niskoprężnych, jak prasy w brykietowni, pompy i t. d., a połowa rozpręża się w trzecim kałubie od 3,5 ata. Para odlotowa z trzeciego kałuba zostaje spożytkowana do celów grzewczych w suszarniach. Pierwszy i drugi kałuby mogą być odłączone od zespołu oddzielnie albo razem; w tym celu każdy kałuby posiada własną regulację. Ruch kotłów, ich zasilanie, temperatura pary, wy-

sokość przeciwpężności 14,5 ata i 3,5 ata i t. d. sterowane są przez samoczynne aparaty regulacyjne, działające przez serwomotory olejowe.

Siłownia jest w ruchu od stycznia 1930 roku. Warunki jej pracy, dzięki dużemu zapotrzebowaniu pary grzejnej, są pod względem cieplnym b. korzystne, a jednocześnie ułatwiają konstrukcję turbiny, która przerabia w części wysokoprężnej duże ilości pary, a zarazem pozbawiona jest najkosztowniejszego i najtrudniejszego w ruchu kałuba niskoprężnego (4-go) i skraplacza.

Węgiel brunatny, w porównaniu z węglem kamiennym, jest o tyle gorszy, że wymaga ogromnego rusztu i paleniska, ale zato nie wywiązuje przy spalaniu tak wysokich temperatur, jak węgiel kamienny, dzięki czemu odpada potrzeba chłodzenia komory paleniskowej i związane z tem komplikowanie budowy kotła, odbijające się na krążeniu w nim wody.

Rentowność siłowni wysokoprężnych.

Opinie o wysokości najrentowniejszego ciśnienia i o trudnościach ruchowych maszyn są bardzo rozbieżne, pomimo to w jednym punkcie poglądy są zgodne: wysokie ciśnienie (ponad 40 ata) może dać oszczędności na rozchodzie paliwa i korzyści gospodarce w elektrowniach, wyposażonych w turbozespoły o mocy conajmniej 20 000 kW, przytem przekroczenie 100 ata może być wskazane jedynie dla największych zakładów, posiadających jednostki po 50 000 kW.

Firma Brown-Boveri poleca stosowanie takich jednostek turbinowych:

do 15 000 kW	— jednokałubowe.
	Stan pary: do 30 ata; 400°C;
od 5 000 do 20 000 kW	— dwukałubowe.
	Stan pary: do 40 ata; 425°C;
od 10 000 do 50 000 kW	— trójkałubowe.
	Stan pary: do 60 ata; 450°C;
od 15 000 do 50 000 kW	— czterokałubowe.
	Stan pary: powyżej 75 ata; 450°C,

— podkreślając że ciśnienie powyżej 100 ata może być usprawiedliwione jedynie dla dużych elektrowni i przy wysokim spóżytkowniku wyzyskania instalacji.

Francuscy przedstawiciele na Konferencji Energetycznej w Berlinie byli znacznie ostrożniejsi, bo zalecali 35 ata i 450°C nawet dla dużych elektrowni, a 85 ata i 400°C z międzystopniowym przegrzaniem do 450°C jedynie w najbardziej sprzyjających warunkach.

Dla instalacji z przeciwpężnością, jak to już wyżej było zaznaczone, przy wyznaczeniu najkorzystniejszej prężności miarodajny jest rozchód pary grzejnej, a nie moc turbiny. Jednym z decydujących czynników jest ustosunkowanie zapotrzebowania mocy i pary grzejnej.

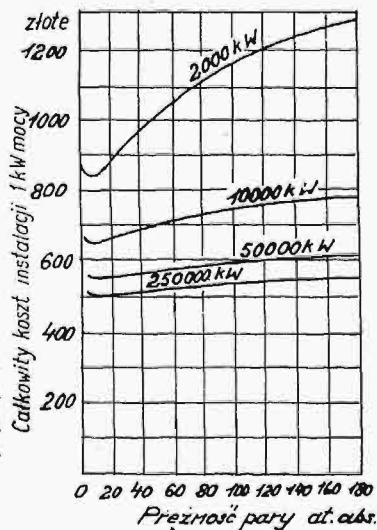
Możliwość stosowania wysokiej prężności została bardzo rozszerzona, gdyby zbudowany został silnik tłokowy o dostatecznie wysokiej sprawności, który w wypadku małej mocy zastąpiłby wysokoprężny kałuby turbiny. Zdaje mi się, że takie układy nie są dotąd stosowane, bo słyszałem o dwóch tylko takich instalacjach, które miały zresztą charakter doświadczalny.

Rentowność instalacji uzależniona jest od kosztów paliwa na 1 kWh oddaną i od obciążenia

produkcji kosztami oprocentowania kapitału zainwestowanego, amortyzacji i konserwacji, które wypadają tem większe, im gorszy jest współczynnik wyzyskania instalacji. W naszych warunkach przeważają koszty stałe, co jest następstwem z jednej strony wysokiej stopy procentowej i wyższych niż na zachodzie cen maszyn, a z drugiej strony — taniości miatu węglowego, którego w stosunku do obecnych potrzeb posiadamy nadmiar. W krajach zachodnio - europejskich stosunek kosztów stałych i ruchomych 1 kWh jest odwrotny, dlatego też obliczenia rentowności instalacyj energetycznych doprowadzają do innych niż u nas wyników.

Koszt inwestycji energetycznych jest bardzo zmienny, bo uzależniony od konjunktury, źródła zakupu, a przede wszystkim gorszego albo lepszego wyzyskania przez projektodawcę możliwości technicznych i przystosowania się do warunków lokalnych. Przeciętny koszt zainstalowanego kW mocy, który może być miarodajny dla wniosków o zwiększeniu kosztów zakładowych przy wzroście prężności, powinien być obliczony na podstawie kilku lub kilkunastu wykonanych już instalacji, po sprowadzeniu ich do wspólnego mianownika, t. j. po uwzględnieniu wszelkich rozbieżności i anomalij wykonania. Dlatego w dalszych rozważaniach będę się opierał na kosztach inwestycji, podanych na Konferencji Energetycznej w Berlinie przez prof. Stodolę i p. Benner'a.

Pierwszy podał koszty inwestycji 1 kW mocy wykresowo w zależności od mocy zakładu i początkowej prężności. Wykres prof. Stodoli, przeliczony na złote, podaję na rys. 12.



Rys. 12. Koszt instalacji 1 kW mocy w zależności od ciśnienia dołotowego i mocy zakładu według Stodoli.

Dla 2 000 kW przyjęta została w obliczeniu kosztów inwestycji 1 turbina, dla 10 000 kW dwie jednostki po 5 000 kW, dla 50 000 kW trzy zespoły po 16 700 kW, wreszcie dla 250 000 kW cztery jednostki po 62 500 kW.

P. Benner obliczył przeciętny koszt 1 kW zainstalowanej mocy dla paryskiego okręgu, zakładając prężność początkową 35 ata i 85 ata.

Koszta inwestycyjne, według p. Bennera, dotyczące tylko b. dużych elektrowni, podane są w zestawieniu poniższym:

	35 ata; 450 °C		85 ata; 400 °C — 450 °C	
	zł.	%	zł.	%
Turboprądnica, kondensacja, odgazowanie, przegrzanie, dystylator	121,0	23,0	131,5	25,0
Kotły i urządzenia pomocnicze	149,9	28,5	165,3	31,4
Rurociągi z armaturą	28,9	5,5	25,9	6,8
Pompy zasilające	26,3	5,0	26,3	5,0
Tablica rozdzielcza, kable	52,6	10,0	52,6	10,0
Teren i budynki	105,2	20,0	102,3	19,4
Nawęglanie kotłowni	18,4	3,5	18,4	3,5
Części zapasowe i różne	23,7	4,5	23,7	4,5
Razem	526,0	100,0	556,0	105,6

Dla siłowni 35 ata, 450°C przewidziane jest regeneracyjne podgrzewanie wody, dla 85 ata i 400°C ponadto międzystopniowe przegrzanie pary do 450°C. Koszt inwestycji 1 kW przy 35 ata i 450°C przyjęty został w zestawieniu za 100%.

Obydwaj autorzy podają prawie jednakowe koszty inwestycji i zwiększenie ich dla wysokich prężności, bo prof. Stodola szacuje je tylko o 2 — 3% niżej. Dalsze obliczenia będą wykonane według wykresu prof. Stodoli, po pomnożeniu ich przez współczynnik 1,15, uwzględniający wyższe ceny maszyn u nas.

Współczynnik wyzyskania instalacji jest stosunkiem energii, wytworzonej w przeciągu roku, do możliwej produkcji rocznej, t. j. mocy zainstalowanej pomnożonej przez 8760 godzin. Współczynnik wyzyskania jest iloczynem współczynnika rezerwy, który powinien wynosić ok. 0,75, i współczynnika obciążenia.

Dalsze obliczenia wykonane są dla miernego współczynnika wyzyskania instalacji $0,75 \cdot 0,6 = 0,45$, któremu odpowiada 3 950 godzin pracy w roku, i dobrego współczynnika wyzyskania $0,75 \cdot 0,8 = 0,6$, któremu odpowiada 5 250 godzin pracy w roku.

Ponadto do obliczeń przyjęto:

Cenę węgla 2 gr. za 10 000 Kal dla elektrowni kopalnianych	
3 gr. „ „ „ „ „ w bliskości zagłębia węgla.	
4 gr. „ „ „ „ „ oddalonych od zagłębia.	

Stopa procentowa przyjęta została w wysokości 8%, amortyzacja — 5%, razem 13%. Robocizna i koszty konserwacji zostały założone jako odsetka kosztów inwestycyjnych, mianowicie:

Pracownicy ruchu	1,0%
Materiał i robocizna przy konserwacji 2,5 „	
Koszta ogólne	1,0 „
Razem	4,5%

Rozchód ciepła na 1 kWh oddaną przyjęto według rys. 9 i tabeli 1, przyjętem, jak to już było umotywowane wyżej, powiększono go w obliczeniu o 10%.

Koszta produkcji prądu przy trzech podanych cenach węgla obliczono dla elektrowni, wyposażonych w jednostki 5 000, 10 000 i 20 000 kW oraz dla prężności początkowych 13, 25, 35 i 100 ata. We wszystkich wypadkach założono opalenie kotłów pyłem węglowym.

Obliczone koszty produkcji 1 kWh oddanej dotyczą całkowicie nowych elektrowni. W zakładach już istniejących, które zostały tylko powiększone, albo zmodernizowane, koszty produkcji energii są mniejsze, bo stara instalacja, zwykle już zamortyzowana, pozwala na zmniejszenie rezerwy w nowych maszynach.

TABELA 2.

Koszt produkcji 1 kWh oddanej w elektrowni, posiadającej turbozespoły 5000 kW.

Prężność początkowa ata	13			25			35			
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	
3950 godzin pracy w roku										
Paliwo . . .	gr/kWh	0,89	1,34	1,79	0,77	1,15	1,54	0,72	1,08	1,44
Amortyzacja i oprocent. . .	„	2,44	2,44	2,44	2,54	2,54	2,54	2,59	2,59	2,59
Obsługa, konserwacja . . .	„	0,84	0,84	0,84	0,88	0,88	0,88	0,90	0,90	0,90
Razem . . .	gr/kWh	4,17	4,42	5,07	4,19	4,57	4,96	4,21	4,57	4,93
5250 godzin pracy w roku										
Paliwo . . .	gr/kWh	0,89	1,34	1,79	0,77	1,15	1,54	0,72	1,08	1,44
Amortyzacja i oprocent. . .	„	1,84	1,84	1,84	1,91	1,91	1,91	1,95	1,95	1,95
Obsługa, konserwacja . . .	„	0,64	0,64	0,64	0,66	0,66	0,66	0,68	0,68	0,68
Razem . . .	gr/kWh	3,37	3,82	4,27	3,34	3,72	4,11	3,35	3,71	4,07

TABELA 3.

Koszt produkcji 1 kWh oddanej w elektrowni, posiadającej turbozespoły 10000 kW.

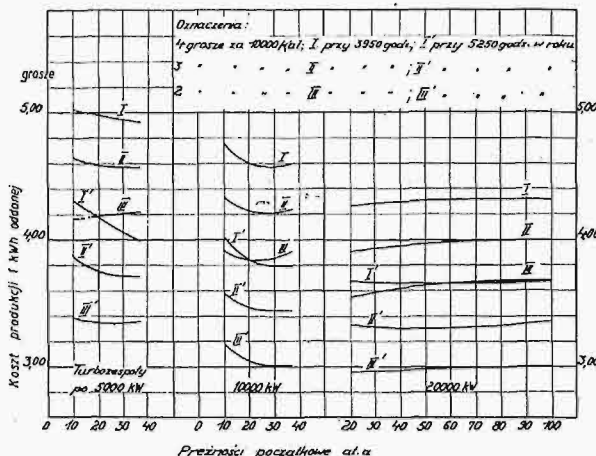
Prężność początkowa ata	13			25			35			
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	
3950 godzin pracy w roku										
Paliwo . . .	gr/kWh	0,82	1,23	1,64	0,72	1,09	1,45	0,70	1,05	1,40
Amortyzacja i oprocent. . .	„	2,27	2,27	2,27	2,32	2,32	2,32	2,36	2,36	2,36
Obsługa, konserwacja . . .	„	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,82	0,82	0,82
Razem . . .	gr/kWh	3,88	4,29	4,70	3,84	4,21	4,57	3,88	4,23	4,58
5250 godzin pracy w roku										
Paliwo . . .	gr/kWh	0,82	1,23	1,64	0,72	1,09	1,45	0,70	1,05	1,40
Amortyzacja i oprocent. . .	„	1,71	1,71	1,71	1,75	1,75	1,75	1,78	1,78	1,78
Obsługa, konserwacja . . .	„	0,59	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61
Razem . . .	gr/kWh	3,12	3,53	3,94	3,07	3,44	3,80	3,09	3,44	3,79

TABELA 4.

Koszt produkcji 1 kWh oddanej w elektrowni, posiadającej turbozespoły 20000 kW.

Prężność początkowa ata	25			35			100			
	2	3	4	2	3	4	2	3	4	
3950 godzin pracy w roku										
Paliwo . . .	gr/kWh	0,71	1,07	1,42	0,68	1,02	1,37	0,64	0,96	1,27
Amortyzacja i oprocent. . .	„	2,12	2,12	2,12	2,17	2,17	2,17	2,26	2,26	2,26
Obsługa, konserwacja . . .	„	0,73	0,73	0,73	0,75	0,75	0,75	0,78	0,78	0,78
Razem . . .	gr/kWh	3,56	3,92	4,27	3,60	3,94	4,29	3,68	4,00	4,31
5250 godzin pracy w roku										
Paliwo . . .	gr/kWh	0,71	1,07	1,42	0,68	1,02	1,37	0,64	0,96	1,27
Amortyzacja i oprocent. . .	„	1,67	1,67	1,67	1,70	1,70	1,70	1,78	1,78	1,78
Obsługa, konserwacja . . .	„	0,58	0,58	0,58	0,59	0,59	0,59	0,62	0,62	0,62
Razem . . .	gr/kWh	2,96	3,32	3,67	2,97	3,31	3,66	3,04	3,36	3,67

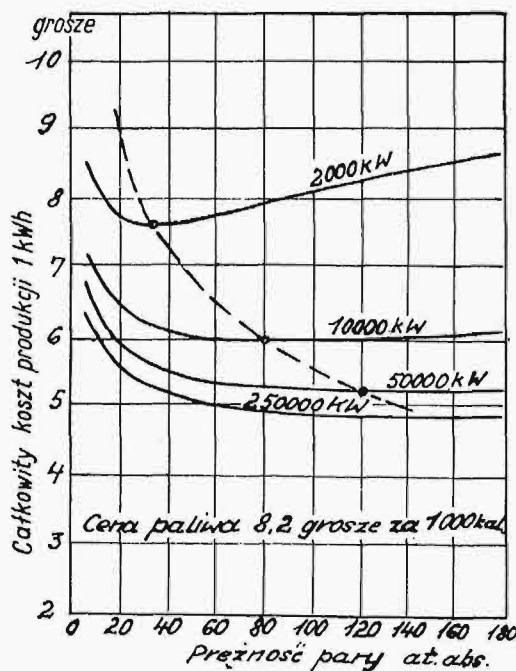
Znalezione koszty produkcji 1 kWh oddanej podane są na wykresie rys. 13. Przy zrobionych założeniach wysokość prężności początkowej mało zmienia koszt produkcji energii; wpływ wielkości



Rys. 13. Koszty produkcji 1 kWh w turbozespołach po 5000, 10000 i 20000 kW, przy różn. cenach węgla i różn. spótcz. wyzyskania instalacji.

elektrowni i, przede wszystkim, spótczynnika wyzyskania instalacji jest nieporównanie większy, czyli w naszych warunkach o cenie prądu decyduje możliwość wyrównania obciążenia i pewność ruchu instalacji, pozwalająca na ograniczenie rezerw.

Najniższy koszt 1 kWh osiągnąć jest przy prężnościach 25 i 35 ata, przytem różnica w porównaniu z instalacją 15 ata jest tem większa, im większy jest udział paliwa w całkowitym koszcie, więc im wyższy jest spótcz. wyzyskania zakładu i im droższy jest węgiel, albo im większa jest różnica ogólnej sprawności zakładu przy 15 ata i 25 ata, względnie 35 ata.



Rys. 14. Koszt produkcji 1 kWh, obliczony przy cenie paliwa 8,2 gr. za 10000 Kal, 4250 godz. pracy w roku i 11,5% na amortyzację i oprocentowanie.

Cisnienia 25 i 35 ata należałoby uważać w naszych warunkach za najbardziej wskazane. Ryzyko ich stosowania nie jest większe niż niskiej prężności w kotłach o dużym natężeniu powierzchni

ogrzewanej, koszt inwestycji mało różni się od kosztów zakładowych instalacji niskoprężnej, wreszcie przy tych prężnościach budowa elektrowni nie odbiega od schematu instalacji niskoprężnych, więc układ części parowej nie zostaje skomplikowany. Przy wyborze maszyn decydować powinny pewność ruchu i cena, a dopiero w drugim rzędzie sprawność.

Przy założeniu 17, względnie 20% na oprocentowanie i amortyzację kapitału, jak częstokroć u nas jest przyjmowane, porównanie wypadłoby mniej korzystnie dla wysokich prężności.

Stosowanie ciśnień powyżej 40 ata nie miałyby w naszych warunkach uzasadnienia, bo nie daje

obniżenia kosztu 1 kWh, czyli zwiększone ryzyko nie ma żadnego pokrycia, ponadto wielkość turbozespołów, którą narzuca wysoka prężność, jest dla naszych elektrowni za duża. Jedynie dla silników, pracujących z przeciwnością, a posiadających duże w stosunku do ilości pary grzejnej zapotrzebowanie moey, może być wskazane przekroczenie 40 atmosfer.

Dla porównania z wynikami wykonanych obliczeń został podany na rys. 14 koszt produkcji 1 kWh, obliczony przez firmę Escher-Wyss dla ceny paliwa 8,2 gr. za 10 000 Kal, 4250 godzin pracy w roku i 11,5% rocznie na amortyzację i oprocentowanie.

Utwardzanie oraz nadutwardzanie stali na maszynie „cloudburst”*)

Napisał Inż. A. Wójcik.

d) Nadutwardzanie stali hartowanych.

Do badań wzięto dwie stале węgliste: jedną o 0,5% C (stal Nr. 12), a drugą o 0,7% C, które zahartowano od optymalnej dla nich temperatury. Twardość po hartowaniu wynosiła dla stali twardej 62 jedn. Herb. a dla stali półtwardej 58 jedn. Herb. Zdolność utwardzenia obu stali była następująca:

Stal	Przetoczenia										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
półtwarda .	58,0	79,5	82,0	82,5	82,5	82,5	82,0	82,0	81,5	83,0	82,5
twarda . .	62,0	80,5	83,0	83,0	83,5	84,0	84,5	83,0	84,0	83,0	83,5

Powyższe liczby wskazują na bardzo dużą zdolność tych stali do utwardzenia, bo ponad 20 jedn. Herberta, t. j. ponad 200 jedn. Brinella. W tych badaniach chodziło głównie o stwierdzenie, czy można je utwardzić w tym samym stopniu na maszynie „cloudburst”. Jak wykazała próba utwardzania na czas, stal o większej zawartości węgla posiada mniejszą podatność do utwardzenia.

Stal twardą (0,7% C) utwardzano po 1 godz. kulkami, spadającymi z wysokości 0,5, 1,0, 2,0 i 4,0 m, a stal półtwardą — z wysokości 1,0, 2,0, i 4,0 m. Twardość mierzono po zeszlifowaniu około 3 mikronów. Wyniki podaje tabela 14 i rys. 19.

TABELA 14.

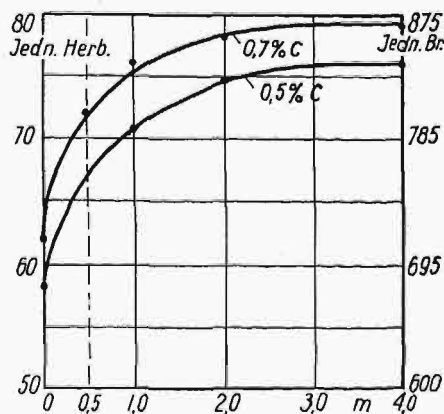
S T A L	Twardość w jedn. Herberta po 1h utwardzaniu z podanych wysokości				
	0	0,5 m	1,0 m	2,0 m	4,0 m
półtwarda	58,0	—	70,5	74,5	76,0
twarda	62,0	72,0	75,5	78,0	79,0

Wartości w tej tabeli stanowią średnie z pięciu pomiarów.

Otrzymane wyniki wskazują wyraźnie, że do osiągnięcia maximum zdolności utwardzania, ujawnionej wahadłem, jest bardzo blisko. Na pierwszy rzut oka możnaby powiedzieć, że nawet przy największej wysokości (4 m) maszyna „cloudburst” nie może dać utwardzenia, jakie otrzymano

przy pomocy wahadła. Przyczyna tego jednak, że nie osiągnięto maximum przy 4,0 m, leży niewątpliwie w czem innym, mianowicie w zbyt dużym stopniowaniu wysokości.

Największy przyrost twardości otrzymano po pierwszej godzinie utwardzania (z najmniejszej wysokości). Przez zwiększenie wysokości o 100% otrzymano przyrost tylko ok. 25% pierwotnego utwardzenia. Jest wprawdzie rzeczą zrozumiałą, że dalszy przyrost twardości nie może równać się

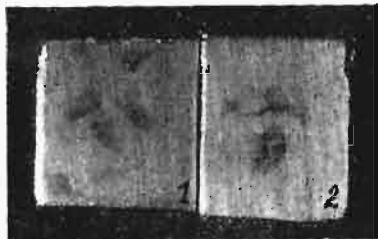


Rys. 19. Przyrost twardości stali hartowanej węglistej podczas utwardzania gradem kulek.

pierwotnemu, można jednak było przypuszczać, że powinien być większy niż otrzymano. Z dalszym wzrostem wysokości przyrost twardości maleje. Wyjaśnienie tego daje zaobserwowany fakt, że począwszy od 1,0 m wysokości powierzchnia próbek otrzymywała minimalne, widoczne dopiero pod światło odciski, które ze wzrostem wysokości tak dużymi skokami stają się coraz większe. Pojęcie o nich daje rys. 20, gdzie mamy dwie próbki stali twardej, zahartowanej i utwardzonej po 0,5 i 1 godz. z wysokości 0,5, 1,0, 2,0 i 4,0 m. Z fotografii tej widać wyraźnie, że powierzchnia została naruszona, jakkolwiek pozostały rysy od szlifowania. Ciemne plamy wskazują miększe miejsca, a pochodzą od głębszych odcisków. Potwierdzeniem słuszności podanej przyczyny słabszego utwardzenia

*) Dokończenie do str. 139 w zesz. 5 z r. b.

jest także fakt następujący. Po 1-godz. bombardowaniu zahartowanej stali półtwardej od razu z wysokości 4,0 m okazało się, że przyrost twardości jej jest znacznie mniejszy niż przy stopniowym zwiększaniu wysokości opadu kulek, wynosi tylko 71,0 jedn. Herberta.

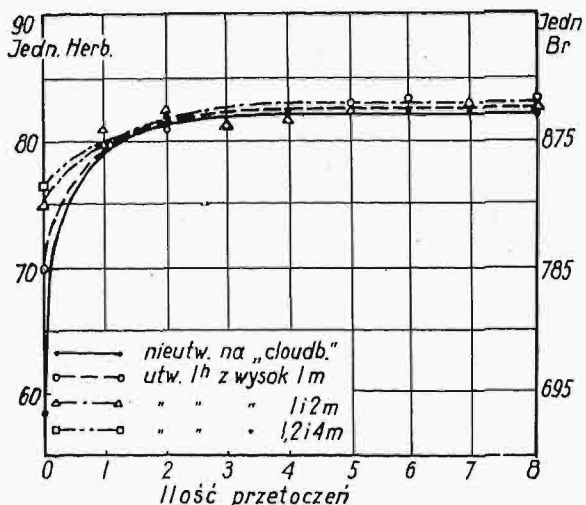


Rys. 20. Wygląd powierzchni próbek stali węglistej twardej po utwardzeniu w ciągu 1/2 godz. (1), i 1 godz. (2) z wysokości 0,5, 1,2 i 4 m.

oczywiście powierzchnia próbek otrzymała większe odciśki niż przy poprzednich próbach.

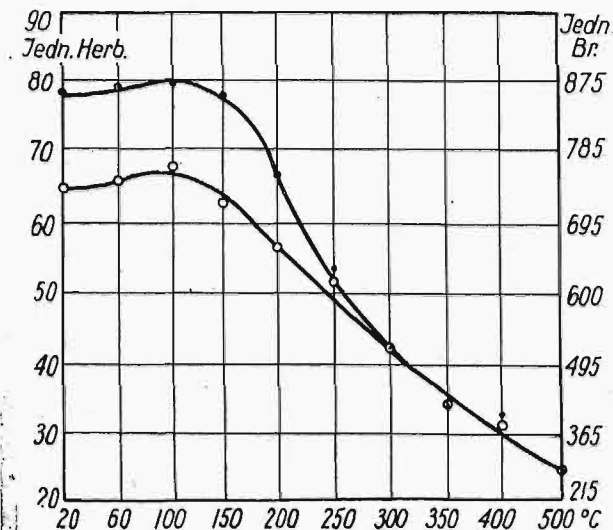
Z powyższego widzimy, że dla optymalnego utwardzenia należy stopniować wysok. mniejszymi skokami, zaczynając od wysokości, przy której nie powstają ślady uderzeń a która dla stali węgl. hartowanej wynosi max. 0,5 m.

Stosownem będzie przypomnienie na tem miejscu, że utwardzenie stali aluminiowej o większej twardości początkowej, bo 71,5 jedn. Herb., już przy 1,0 m osiągnęło 80,0 jedn. Herb., które jest bardzo bliskie twardości maksymalnej, otrzymanej wahadłem (82 jedn. Herb.).



Rys. 21. Podatność do utwardzenia stali węglistej (0,5% C), hartowanej, w różn. stanie utwardzenia na „cloudburst”.

takiej właściwości stale nie posiadają, można być zupełnie pewnym, że maszyna „cloudburst” nie jest w stanie dać większego utwardzenia, niż wynosi maximum tej zdolności, ujawnionej wahadłem. Że tak jest, mamy dowód w doświadczeniu następującem. Zbadano dalszą zdolność utwardzania się obu stali po utwardzeniu na „cloudburst” z różnych wysokości. Wyniki podaje tabela 15 i rys. 21*), z których widzimy, że dalsza zdolność utwardzania się tych stali jest tem mniejsza, im większa była wysokość kulek (im większe było utwardzenie), oraz że osiąga tę samą wartość w jedn. twardości, jaką posiadały te stale po samem hartowaniu.



Rys. 22. Wpływ ogrzewania (15 min) na zmianę twardości stali węglistej (0,7% C) utwardzonej i nieutwardzonej.

Ciekawą również była kwestja, czy stal otrzymuje faktyczną twardość zaraz po bombardowaniu, czy po pewnym czasie dopiero, a to wskutek ewentualnego starzenia się, przyspieszonego odkształceniem trwałem. Stwierdzono jednak, że przyrost twardości następuje zaraz po utwardzaniu i jest niezależny od upływu czasu. Jako dowód na to, może służyć tabela 16 i rys. 22, które podają wyniki starzenia się sztucznej stali 0,7% C w różnych temperaturach przez 15 min. Ta stal była utwardzona w ciągu 1 godz. z 0,5, 1 i 2 m.

TABELA 15.

S t a l i	Stopień utwardzenia	P r z e t o c z e n i a								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
półtwarda	1h z 1 m	70	80	81	81,5	82,5	83	83,5	83	83,5
	1h z 1 i 2 m	75	81	82,5	81,5	82	82,5	82,5	83	82,5
	1h z 1, 2 i 4 m	76	80	81,5	81,5	80	82	82,5	82	81,5
twarda	1h z 1 m	72,5	81,5	81,5	82	82,5	83	82	81,5	83,5
	1h z 1 i 2 m	75,5	80	81	81,5	82	83,5	84,5	82	83,5
	1h z 1, 2 i 4 m	78	82	81,5	82	83	83	83	83,5	82,5

Powstaje teraz kwestja, czy można na tej maszynie osiągnąć twardość bardzo wysoką, np. ponad 1000 jedn. Brinella, nawet przy najodpowiedniejszym stopniowaniu wysokości i stosowaniu tego procesu bardzo długo. Niema dwu zdań, że to mogłoby być tylko wówczas osiągalne, gdyby stal przez pewne utwardzenie, przez 1 godz. z wysokości 0,5 m, otrzymywała inną zdolność dalszego utwardzania się — wyższe maximum. Ponieważ

TABELA 16.

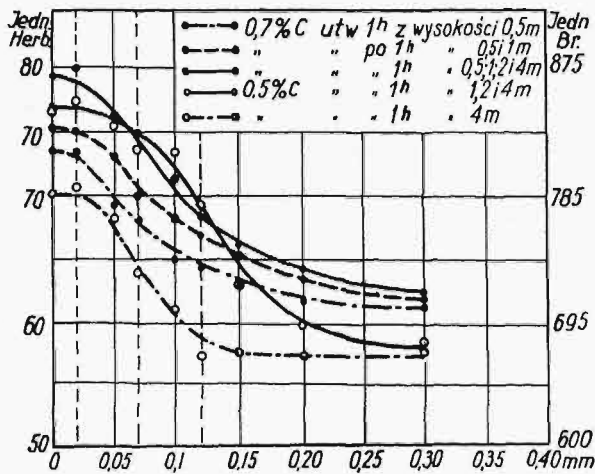
S t a l 0,7% C	Temperatura starzenia się w stopniach C									
	n	80	100	150	200	250	300	350	400	500
utwardzona	78	79	80	78	66	53	41,5	34	31,5	25
nieutwardzona	64	65	68	63	56	51	41,5	34	31	25

*) Dla jasności podano tylko wykres dla stali półtwardej.

TABELA 17.

Stal	Stopień utwardzenia	Głębokość warstwy pod powierzchnią w mm								
		0,005	0,02	0,05	0,07	0,10	0,12	0,15	0,20	0,30
twarda	po 1h z 0,5 m	73	73	69	68	65	64,5	63	61,5	62
	po 1h z 0,5 i 1,0 m	75	75	73	70	68	67	65	63	62
	po 1h z 0,5, 1,0, 2,0 i 4,0 m	79	80	76,5	75	71,5	68	66	64	62,5
półtwarda	po 1h z 1,0 i 2,0 m	75	75,5	74	71,5	—	66,5	62,5	59	58
	po 1h z 1,0, 2,0 i 4,0 m	76,5	77,5	76	74,5	73	69	63	60	58,5
	po 1h z 4,0 m	70	70,5	68,5	64	61	57	58	57,5	58

Widoczny wzrost twardości w temp. 100° C jest skutkiem normalnego starzenia się martenzytu. Należy podkreślić znacznie większy wzrost twardości stali nieutwardzonej w temp. 100°. Utwardzenie (zgniot) przesunęło je niewątpliwie do niższych temperatur, między 60 i 100°C. Ważny jest tutaj nowy fakt, mianowicie ten, że stal utwardzona zachowuje znaczną twardość do wyższych temperatur — w 200°C posiada o 10 jedn. Herb. wyższą twardość — niż nieutwardzona.



Rys. 23. Zmiana twardości wraz z głębok. od powierzchni stali węglistych, utwardzonych z różnych wysokości.

Nie mniej ważny niż twardość jest charakter spadku tej twardości w głąb (od powierzchni ku rdzeniowi) oraz zasięg utwardzenia. Dla zbadania tego wykonano pomiary twardości wahadłem Herberta na odpowiedniej głębokości po zeszlifowaniu warstewek o różnej grubości. Należy zauważyć, że wpływ ręcznego szlifowania na twardość jest prawie żaden. Wyniki podaje tabela 17 i rys. 23, z których widać, że warstwa utwardzona ma bardzo łagodne przejście do rdzenia, chociaż nie jest zbyt gruba. Różnicy między gatunkiem stali nie można tutaj uchwycić. Spadek twardości w obu stalach ma jednakowy przebieg. Biorąc pod uwagę oddzielnie każdą stal, widzimy, że zastosowanie większej wysokości opadu kulek ma minimalny wpływ na grubość warstwy (głębokość utwardzenia), bo warstwa ta jest przy wszystkich wysokościach, jednak kolejno wzrastających od tej samej wysokości początkowej, prawie jednakowo gruba, a różni się tylko twardością. Całkowity zasięg utwardzenia wynosi około 0,25 mm, a duża twardość sięga na głębokość około 0,1 mm.

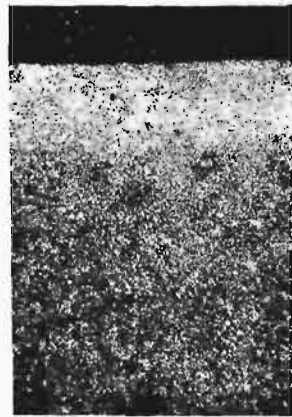
Gorsze wyniki, nie tylko co do stopnia twardości, lecz także, jak się okazało, pod względem grubości warstwy, daje bombardowanie zaczęte od razu od największej wysokości, bo całkowity za-

sięg wynosi około 0,1 mm, a duża twardość sięga tylko na głębokość 0,05 mm.

Bardzo możliwe, że stal o 0,5% C przy rozpoczęciu bombardowania od wysokości 0,5 m otrzymałaby grubszą warstwę przy większej twardości.

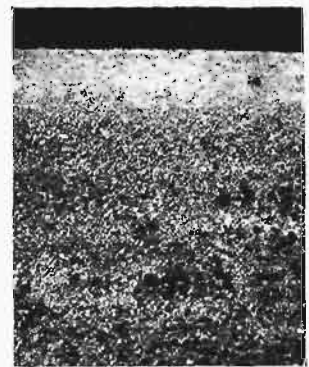
Ciekawy byłby wpływ czasu utwardzenia przy stałej wysokości na głębokość warstwy. Prawdopodobnie dłuższe bombardowanie ze stałej wysokości dałoby grubszą warstwę przy nieznacznym podniesieniu samej twardości.

Mikrofotografje dają kontrolę grubości warstwy. Przy umiejętnym trawieniu można otrzymać wyraźny obraz warstwy utwardzonej. Mikrofot. na rys. 24 przedstawia strukturę stali węglistej twardej (0,7% C) utwardzanej 1 godz. przy 0,5, 1,0 i 2,0 m w pow. 150-krotnem; widać wyraźnie, że warstwa utwardzona wynosi około 0,1 mm. Zbadano też grubość warstwy stali półtwardej przy utwardzeniu 1 godz. z 4,0 m. Jak widać z rys. 25, grubość ta wynosi około 0,06 mm. Dla porównania zrobiono zdjęcie struktury od strony nieutwardzonej (rys. 26), gdzie mamy jednakowe trawienie aż do powierzchni.



Rys. 24.

Struktura stali węgl. (0,7% C, rys. 24, i 0,5% C, rys. 25), utwardzonej na maszynie „cloudburst”.



Rys. 25.

Dla postawienia pewniejszego wniosku odnośnie istoty utwardzenia, ciekawe byłoby stwierdzenie, czy nastąpiło jakiegokolwiek nabrzmienie stali — zwiększenie objętości w warstwie. To jednak było niemożliwe wobec małej powierzchni próbek, chociaż zbadano wpływ utwardzenia na zmianę wymiarów. Pomiary przed i po utwardzeniu wykonano na komparatorze Société Genevoise. Stwierdzono, że w wypadku utwardzenia 1 godz. przy 0,5, 1,0, 2,0 i 4,0 m zmiana wymiaru wynosiła od 0 do + 1 mikrona, a w wypadku utwardzenia przez 1 godz. od razu z 4,0 m zmiana ta wynosiła od — 3 do — 4 mikronów.

Stwierdzenie wzrostu objętości dałoby podstawę do wnioskowania, że utwardzenie, osiągnane na

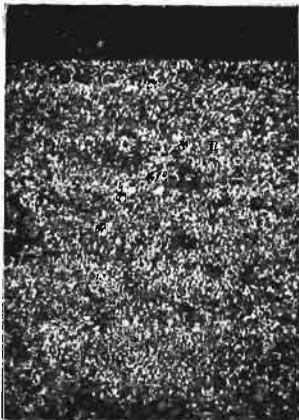
maszynie „cloudburst” polega na zmianach wewnętrznych, mianowicie na wiązaniu atomów w pseudodrobiny, czego następstwem jest właśnie wzrost objętości przy równoczesnym wzroście twardości.

Istnieje wiele teorii umocnienia, wzgl. utwardzenia przez zgniot, z których przyjęły się, jako zasadnicze, 4 teorie umocnienia, mianowicie: teoria przesunięć (translacji) G. Tammanna, przemieszczeń Czochralskiego, bezpostaciowa badaczy amerykańskich i wewnętrzna, podana przez R. S. Deana i J. L. Gregga. Ta ostatnia objaśnia umocnienie tworzenia się pseudodrobin w metalu — wiązaniem elektronów wartościowych między atomami.

O ile dwie pierwsze są w stanie wyjaśnić umocnienie metali w wypadku znacznych odkształceń plastycznych, np. walcowania na zimno, gdzie następuje rozbicie kryształów przy równoczesnym zniszczeniu lub bez zniszczenia siatki przestrzennej, o tyle trudno oprzeć się na nich przy wyjaśnianiu utwardzenia drogą bombardowania metalu kulkami. Do wyjaśnienia utwardzenia na maszynie „cloudburst” najlepiej nadaje się teoria wewnętrzna.

Jednak przy tym procesie trzeba odróżnić jeszcze wypadek naruszenia powierzchni przez kulki od wypadku, gdy powierzchnia utwardzona nie otrzymała żadnego śladu uderzeń. O ile pierwszy wypadek możnaby jeszcze objaśnić teorią przesunięć lub przemieszczeń, o tyle drugi wypadek jest niemożliwy do wyjaśnienia temi teoriami.

Teoria wewnętrzna z łatwością pozwala na zrozumienie tego procesu w drugim wypadku, który ma miejsce tylko u stali bardzo twardej, hartowanej, ewentualnie azotowanej.



Rys. 26. Struktura stali węgl. (0,5% C) od strony nieutwardzonej.



Rys. 27. Powierzchnia utwardzonej stali zahart. nierównomiernie (na martenzyt i troostyt).

Całkiem odmienne wyjaśnienie procesu nadutwardzania podaje E. G. Herbert, który na podstawie doświadczeń przypuszcza, że polega on na konsolidacji metalu, połączonej ze zmniejszeniem objętości, które to wyjaśnienie nie da się dostosować do żadnej z czterech teorii.

Wygląd warstwy utwardzonej pod mikroskopem nie daje przewagi żadnemu z dwu wyjaśnień (tworzenie pseudodrobin lub konsolidacja). Również nie pozwala na wyróżnienie jednego z obu wyjaśnień fakt, że maximum twardości można osiągnąć tylko wówczas, gdy dobierze się odpowiednią wysokość opadu kulek przy rozpoczęciu i zakończeniu procesu, by powierzchnia nie otrzymała

żadnych śladów uderzeń. Dalsze zwiększanie wysokości ponad optimum prowadzi tylko do chropowatości powierzchni bez zwiększania twardości.

W przeprowadzonych badaniach nie trzymano się optymalnego zakresu wysokości, koniecznego też według E. G. Herberta do osiągnięcia maximum utwardzenia, co z jednej strony było dużym błędem, a z drugiej strony wymagało znacznie dłuższych badań. Jak wskazują wyniki badań, proces ten został zbadany tylko zgrubsza. Niewątpliwie, szczegółowe zbadanie, określenie i zastosowanie do danego gatunku stali o danej twardości optymalnego zakresu wysok. opadu kulek da lepsze wyniki.

Reasumując, można otrzymane wyniki badań własnych ująć w sposób następujący:

Utwardzenie na maszynie „cloudburst” stali azotowanych nie dało poza stałą aluminiową (dla której, nawiasem mówiąc, utwardzanie to jest zbyt dobre) dobrych wyników, nie tyle może z powodu specyficznego charakteru warstw azotowanych, mian. zmiennej zdolności do utwardzenia każdej poszczególnej warstewki (o innej koncentracji azotu), a tem samem różnego zachowania się ich przy utwardzaniu, czego następstwem było łuszczenie się powierzchni, ile dlatego, że maszyna ta już przy najniższej możliwej do zastosowania wysokości opadu kulek (0,25 m) dawała ślady uderzeń na powierzchni, które na niektórych stalach węglowych są bardzo duże (rys. 12). Utwardzanie stali w stanie miękkim (wyżarzonych), jeżeli wogóle jest możliwe, jest na tej maszynie nie do pomyślenia. Celem tej maszyny, co też potwierdziły wyniki badań, jest tylko nadutwardzanie.

Na stalach hartowanych osiągnięto dodatnie wyniki utwardzania. Wprawdzie nie otrzymano twardości maksymalnej, osiągalnej przez daną stal, z powodu operowania zbyt dużymi skokami w wysokości opadu kulek, jednak uzyskana twardość jest o tyle bliska maksymalnej, że można mieć pewność, iż maszyna „cloudburst” pozwala na osiągnięcie takiego utwardzenia, jakie wykazało wahadło Herberta, a co za tem idzie, że wahadło mierzy rzeczywistą zdolność utwardzenia.

Zwiększenie czasu utwardzenia daje do pewnej granicy tylko coraz równomierniejsze utwardzenie, a po niej prowadzi do większego utwardzenia, które jednak po pewnym czasie osiąga wartość stałą.

Wyniki badań potwierdziły konieczność stosowania optymalnego zakresu wysokości opadu kulek.

e) Korzyści procesu nadutwardzania oraz inne możliwości wykorzystania „cloudburst”.

Maszyna „cloudburst” posiada wiele możliwości zastosowania zarówno do badań laboratoryjnych (głównie metalograficznych), jak i do celów praktycznych.

Przedewszystkiem wykazuje ona odrazu różnice twardości na całej powierzchni. Czas potrzebny do wykazania nierównej twardości na całej powierzchni danego elementu wynosi max. 5 min. Żaden z istniejących przyrządów nie pozwala na tak prędkie zbadanie tej nierównomierności. Chcąc zbadać zgrubsza wahania twardości, trzeba by wykonać dziesiątki pomiarów, co nawet przy użyciu aparatu Rockwella zajęłoby bardzo wiele minut czasu. Wprawdzie „cloudburst” nie daje wartości

bezwzględnej twardości na całej powierzchni, ale w takim wypadku nie chodzi o znajomość twardości w jednostkach Brinella, lecz o to, czy dany element posiada wszędzie twardość np. 600 jedn. Br., stwierdzoną w jednym miejscu.

Możnaby powiedzieć na niekorzyść maszyny „cloudburst”, że to samo można otrzymać trawieniem, które wyraźnie odróżnia miejsca miękkie (troostytyczne) od twardych (martenzytycznych). Jest w tym dużo racji, atoli, jeżeli się weźmie pod uwagę wymagania dobrego wytrawienia oraz fakt, że trawienie ujawnia dobrze tylko największe różnice twardości (między martenzytem a troostytem koło 300 jedn. Br.), podczas gdy gradem kulek, przy dobrze dobranej wysokości, można wykryć różnice 50 jedn. Oczywiście, najlepsza droga do tego przez zaczęcie od najmniejszej wysokości opadu kulek.

O stopniu ujawniania miękkich miejsc świadczą rys. 20, 27 i 28. Rys. 20 przedstawia dwie próbki stali węglistej (0,7% C), hartowanej i utwardzonej z wysokości 0,5, 1,0, 2,0 i 4,0 m, gdzie widać miejsca o różnym zaciemnieniu, odpowiadającym różnej twardości. W najciemniejszym miejscu twardość wynosiła już po utwardzeniu 510 jedn. Brin. Największą różnicę twardości, jaka istnieje między czystym martenzytem a czystym troostytem, ujawnioną już przy wysokości 0,5 m, przedstawia rys. 27. Widać na niej też plamki o mniejszej twardości. Rys. 28 przedstawia fragment powierzchni, rys. 27, lecz już po utwardzeniu z wysokości 4 m. Największe odciski są w polu o twardości wahającej się od 305 do 365 jedn. Brinella. Pola czystego martenzytu mają odciski minimalne i zachowane rysy od szlifowania.

Maszyna „cloudburst” jest natomiast nie do zastąpienia przy wykrywaniu miejsc o cienkich warstwach cementowanych, często zdarza się bowiem, że przez konieczne doszlifowywanie w pewnych miejscach, z powodu odkształceń przedmiotów cementowanych, bywa zeszlifowana warstwa cementacyjna zupełnie lub prawie zupełnie. Gdy warstwa jest cieńsza niż 0,125 mm, bywa ona wgnieciona do miękkiego rdzenia i wskutek tego otrzymuje odciski kulek.

Wielką korzyść daje grad kulek przy badaniu zmiany twardości w przekroju prostopadłym do powierzchni cementowanej, a więc zarówno grubości warstwy, jak i charakteru przejścia od tej warstwy do rdzenia (czy spadek jest gwałtowny, czy stopniowy). Także w wypadku zmiękczenia materiału przez nagrzanie podczas szlifowania, co następuje wskutek powstania „troostytu szlifowania” (grinding troostite), oddaje grad kulek wielkie usługi, bo warstewka ta bywa bardzo często tak cienka, że żadnym innym aparatem (prócz może wahadła) wykryć tego nie można.

Następnie może ona służyć do poprawiania twardości pewnych części maszyn tak na całej powierzchni, jak i w pewnych tylko miejscach, ale jedynie w wypadku nieznacznego obniżenia twardości. Można w bardzo krótkim czasie (kilka minut) przywrócić pierwotną twardość, obniżoną do pewnego stopnia przy szlifowaniu. Należy też wspomnieć o możliwości wykrywania miękkich miejsc na powierzchni cementowanej, powstających w wypadku stali anormalnych lub skutkiem innych przyczyn nierównomiernej cementacji.

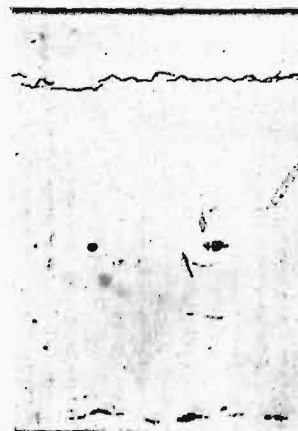
Wreszcie nadaje się ta maszyna do wykrywania

kruchości, powstającej wskutek przegrzania lub przecementowania (powstania siatki cementytu), bowiem bombardowanie kulkami wywołuje siatkę rys na powierzchni. Także likwaty i wszelkie skupienia żużli można nią łatwo wykrywać.

Zdawałoby się, że można wyrównać zapomocą tego procesu twardość na powierzchni nierównomiernie zahartowanej; że jednak tego uzyskać nie można, wskazuje następujące doświadczenie. Spodziewano się, że miękkie miejsca będą ugniecione więcej niż twarde, np. o 0,01 mm, wskutek czego po zeszlifowaniu o tę głębokość i wyrównaniu powierzchni w miejscu o dużej twardości pozostanie

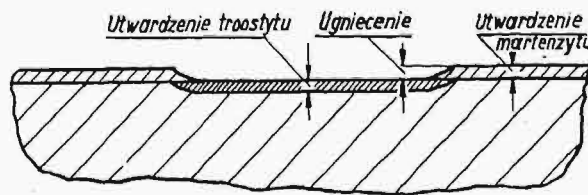


Rys. 28. Szczegół rys. 27.



Rys. 30. Powstawanie pęknięcia pod wpływem utwardzenia (cloudburst) w pobliżu wtrąceń żużla.

twardość początkowa a w miejscach miękkich będzie twardość podwyższona przez utwardzenie (patrz rys. 29). W tym celu zahartowano kawałek nieznanej zresztą stali w ten sposób, by powierzchnia posiadała nierówną twardość. Był to kawałek stali, przedstawiony na rys. 27 i 28. Otóż okazało się, że nie można uzyskać wyrównania twardości, jeżeli różnice są duże, t. zn. istnieją już miejsca czystego troostytu, bo troostyt ma bardzo małą zdolność do utwardzania się np. z 26,5 na 31,5 jedn. Herb., czyli z 315 na 385 jedn. Brinella. Można to osiągnąć w znacznym stopniu tylko w wypadku małej różnicy twardości, np. 50 do 100 jedn. Br., gdy w miękkich miejscach jest słaby martenzyt.



Rys. 29. Utwardzenie miejsc martenzytycznych i troostytowych w przekroju.

Jeżeli chodzi o korzyści jedynie samego utwardzania, proces ten może znaleźć zastosowanie do nadutwardzania powierzchni osi, otworów cylindrowych, łopatek turbinowych i innych elementów maszyn, które uległy zużyciu przez ścieranie.

Jakkolwiek autor w badaniach swych nie otrzymał grubej warstwy utwardzonej (max. od 0,15 do 0,20 mm od powierzchni do rdzenia), jednak nie należy wątpić, że przy optymalnej wysokości opadu kulek i dłuższym czasie można otrzy-

mać znacznie grubszą warstwę. E. G. Herbert podaje, że na stali wysokowęglistej można osiągnąć grubość warstwy 1,5 mm, a na stali chromoniklowej 1,7 mm. Szkoda, że Herbert nie podaje warunków, w jakich udało mu się takie wyniki osiągnąć. W innym miejscu powiada, że grubość ta może wynosić 2 mm.

Wielką zaletą tej warstwy jest, że posiada ona łagodny spadek twardości, a zatem nie ma tendencji do łuszczenia się lub odpryskiwania. Warunkiem jednak koniecznym do tego jest, by stal nie posiadała skupień żużelków, a zwłaszcza warstwowego ich ułożenia, gdyż to ostatnie staje się zapoczątkowaniem pęknięć — oddzielania się pewnej części warstwy, czego wynikiem jest odprysnięcie. Ilustrację do tego mamy na rys. 30, który podaje załużenie stali Nr. 12 (0,51% C), hartowanej i utwardzonej w ciągu 1 godz. kulkami, spadającymi z wysokości 4 m.

Możnaby zalecić zastosowanie procesu utwardzania na maszynie „cloudburst” do sprawdzianów o prostych kształtach (płytki, tłoczki, nawet szcze-

ki i pierścienie), a w każdym razie wykonanie prób w tym kierunku, bo podwyższenie twardości z 650 na 800, a może i wyżej, jedn. Brinella, t. j. prawie do twardości, jaką daje azotowanie, ma duże znaczenie, a wielka grubość warstwy dla nich jest niepotrzebna. Minimalna zmiana wymiarów, leżąca w granicach tolerancyj, czyni utwardzenie takie łatwym do wykonania. Oczywiście, odpowiednie sezonowanie byłoby tu konieczne.

Widoczne są też korzyści w utwardzaniu pewnych narzędzi, np. noży do skrawania, zwłaszcza powierzchni wycieranej przez wióry, bowiem warstwa utwardzona trudniej się odpuszcza, nawet w stali węglistej, niż nieutwardzona. Znacznie większe korzyści daje ten proces przy utwardzaniu stali szybko tnących, zwłaszcza w połączeniu z następnym utwardzaniem magnetycznym, co będzie treścią osobnego artykułu.

Na zakończenie pragnę wyrazić podziękowanie p. prof. St. Płużańskiemu i p. inż. E. Osce za ułatwienie wykonania powyższych badań.

Alfred Nobel, wielki wynalazca

Napisał Inż. St. R a c z y ń s k i.

Wobec przypadającej w r. b. stułetniej rocznicy urodzin wielkiego wynalazcy Alfreda Nobla, pragnę przypomnieć szerszym kołom technicznym życie i dzieła tego niezwykłego człowieka. Alfred Nobel, pochodząc z ubogiej rodziny i będąc bardzo wątłego zdrowia, nie otrzymawszy systematycznego wykształcenia szkolnego, wspiął się o własnych siłach na najwyższe szczyty wiedzy ludzkiej i dokonał szeregu wynalazków o znaczeniu epokowym dla kultury. Pośrednim skutkiem tego było dojście do posiadania zawrotnego bogactwa, które odchodząc przeznaczony na cele najwznioślejsze, tworząc fundację, przeznaczoną na doroczne nagrody za największe zasługi na polu fizyki, chemii, medycyny, literatury oraz dzieła braterstwa narodów¹⁾.

Życiorys Alfreda Nobla może służyć za przykład godny naśladowania, szczególnie dla ludzi, pracujących w dziedzinie przemysłu.

Chcąc ten życiorys nakreślić, nie sposób traktować Alfreda Nobla w oderwaniu od jego rodziny. Zachodzi konieczność nakreślenia chociaż pobieżnego życiorysu jego ojca, Emanuela, który położył podwaliny pod jego dzieło, oraz braci: Roberta, Ludwika i Emila, którzy dzielnie dopomagali mu, a oprócz tego i sami dokonali dzieł wybitnych.



Przodkowie Nobla pochodzili ze starej szwedzkiej rodziny chłopskiej. Emanuel Nobel urodził się w roku 1801. W 14-ym roku życia wyruszył w świat, w daleką i trudną podróż morską, jako junga na okręcie żaglowym. Po trzech latach powrócił do Sztokholmu, gdzie zarabkował i uczył się mechaniki i architektury.

Po pewnym czasie otworzył przedsiębiorstwo inżynieryjno-budowlane i zaczął się dorabiać. W roku 1827 ożenił się z panną Andrjetą Ahlsell. Małżeństwo to było nadzwyczaj szczęśliwe. Towarzyszka jego życia łączyła w sobie najlepsze zalety serca i umysłu, była bardzo rozsądna, dobra i zawsze pogodnego usposobienia. W kilka lat później sytuacja materialna rodziny Nobla ogromnie się pogorszyła wskutek kryzysu, pożaru i in. przyczyn, do tego stopnia, że w roku 1833 wystawiono jego majątek na licytację, sprzedając nawet sprzęty domowe. Do roku 1837 E. Nobel pracował ciężko, usiłując spłacić długi, pomimo to wierzyciele grozili mu ciągle więzieniem. Zniechęcony niepowodzeniem wyemigrował w roku 1842 z rodziną do Petersburga.

Rosja w owe czasy własnego przemysłu prawie że nie miała. Sytuacja zewnętrzna z powodu zatargów z Anglią i Francją była bardzo niepewna. Zagadnienia obrony kraju i szczególnie samego Petersburga od strony morza były bardzo aktualne. Nic też dziwnego, że dla E. Nobla, pełnego energii mechanika-wynalazcy, warunki te dawały ogromne pole do pracy, a idei i pomysłów mu nie brako-

¹⁾ Jak wiadomo, z rodaków naszych dwóch zostało zaszczyconych nagrodą Nobla za prace w dziedzinie literatury: Sienkiewicz (1905 r.) i Reymont (1924 r.) oraz dwukrotnie otrzymała nagrodę p. M. Curie-Skłodowska (1903 i 1911 r.) za prace z dziedziny fizyki.

wało. Przedewszystkiem E. Nobel zajął się konstruowaniem min morskich i lądowych, przez co szybko zdobył sobie znajomości w sferach wojskowych i wśród elity umysłowej. Dano mu do dyspozycji środki i ludzi do pomocy. Doświadczenia jego osiągają wyniki dosyć pomyślne.

W roku 1854 wybuchła wojna krymska. E. Nobel otrzymuje zlecenie przygotowania min morskich swego systemu i zamknięcia zatoki Fińskiej, które to prace zostały wykonane i osiągnięty w zupełności swój cel. Pomimo iż żaden statek nieprzyjacielski nie był przez te miny zatopiony, to jednak Anglicy, wiedząc o nich, nie ryzykowali napadu.

Synowie Emanuela w pracy tej dzielnie mu pomagali. Owe miny ładowane były naturalnie czarnym prochem, jedynym wówczas znanym materiałem wybuchowym. Pewnego razu przyjaciel Nobla, chemik rosyjski profesor Zinin, zaprosił go z synem Alfredem do swego laboratorium i pokazał im ciecz, podobną do oliwy prowansalskiej, którą nazwał pyrogliceryną. Gdy kropelkę tej cieczy rozsmarował na płycie żelaznej i uderzył w to miejsce młotkiem, rozległ się ogłuszający huk. Była to nitrogliceryna, wynaleziona przed kilkoma laty, w roku 1847, przez Ascanio Sobrero, profesora chemii w Turynie. Prof. Zinin pokazał również, że od uderzenia młotkiem zdetonowała tylko ta ilość, która została uderzona bezpośrednio, reszta zaś naokoło pozostała nietknięta. Oświadczył przeto, że materiał ten jest wielokrotnie silniejszy od prochu czarnego, tylko niema sposobu do spowodowania jego wybuchu; gdyby taki sposób udało się wynaleźć, to nastąpiłby przewrót w technice wojennej. Rozmowa z prof. Zininem wywarła wielkie wrażenie na Alfredzie Noblu.

Za uzyskane od rządu rosyjskiego pieniądze E. Nobel pospłacał rzetelnie swoje długi w Szwecji i wybudował w Petersburgu fabrykę mechaniczną z odlewnią.

Podczas wojny krymskiej Em. Nobel zaprzyjaźnił się z przemysłowcem Putiłowem i uzyskał od niego szereg zamówień na maszyny parowe do budowanych w stocznjach Putiłowa okrętów wojennych. Maszyny tak wielkie, o mocy od 200 do 500 KM, dla okrętów linjowych „Wola”, „Gangud”, „Retwizan” i innych, były poraz pierwszy budowane w Rosji. W owych czasach Em. Nobel był uważany, i zupełnie słusznie, za najlepszego fachowca-mechanika w całej Rosji.

Umiera car Mikołaj I, następuje zawarcie pokoju. Nowy rząd rosyjski odrazu cofa wszystkie zamówienia i w kilka miesięcy później Emanuel Nobel jest kompletnie zrujnowany. Mając prawie 60 lat, w roku 1859, powraca bez żadnych środków do Szwecji z żoną i najmłodszym synem Emilem. Starsi synowie, Robert i Ludwik, pozostali w Petersburgu, Alfred był zagranicą, a później też powrócił do Petersburga. Po powrocie do Szwecji stary Nobel przez kilka lat klepał znowu biedę, zamieszkując z rodziną w małym domku na przedmieściu Sztokholmu (Heleneborg).

W roku 1862 powrócił do Sztokholmu Alfred, który w międzyczasie rozszerzył znacznie swe wiadomości o sposobie przygotowania nitrogliceryny. Przystąpił on razem z ojcem do prac nad wzmocnieniem siły czarnego prochu przez zwilżenie go 10% nitrogliceryny. Ostatnie przygotowywania odbywały się w pustym budynku obok mieszkania,

gdzie powstała fabryczka-laboratorium. Oprócz starego Nobla i Alfreda, po dwóch latach zatrudnionych było przy wyrobie nitrogliceryny sześciu pracowników, pomagał też w czasie wakacyj najmłodszy syn Emil, wówczas student uniwersytetu. W dn. 3.IX. 1864 r. fabryczka w Heleneborgu wyleciała w powietrze, zginęli wszyscy obecni przy pracy, siedem osób, pomiędzy nimi Emil Nobel. Tak straszne nieszczęście złamało fizycznie starego Nobla. W miesiąc później dostał ataku paraliżu, z którego zupełnie już się nigdy nie wyleczył.

Pomimo bardzo nadszarpniętego zdrowia, gdy tylko ochłonął z przerażenia po katastrofie, jak pisze do Alfreda jego matka, „stary znów zaczął fantazjować i obmyślać najrozmaitsze wynalazki”.

Charakter starego Nobla był nadzwyczaj sympatyczny. Był to człowiek niesłychanie pracowity, interesowała go przedewszystkiem sama praca, a nie zarobek. Mieszkał zawsze skromnie, był dobrym mężem i ojcem rodziny, bardzo chętnie pomagał innym, skoro pozwalały mu środki. Nieszczęścia, licznie spadające na jego głowę, znosił po męsku, w niezachwianem szczęściu rodzinnem znajdował ukojenie i czerpał otuchę do dalszej pracy. W ostatnich latach jego życia, syn Alfred osiągnął znaczne powodzenie materialne, wobec czego rodzice nie cierpieli już niedostatku.

Emanuel Nobel umarł w dn. 3.IX. 1872 r. Zona jego żyła jeszcze przez lat 17 i miała szczęście widzieć wielkie powodzenie życiowe swoich synów.

Starsi synowie Nobla, Robert i Ludwik, po bankructwie ojca i wyjeździe, pozostali w Petersburgu. Prowadzili interesy handlowe i przemysłowe. Robert sprzedawał materiały oświetleniowe i stąd nabył dużą znajomość produktów naftowych. Ludwik założył małą fabryczkę mechaniczną. Dzięki rzetelnej pracy i fachowemu prowadzeniu, w krótkim czasie wyrobił jej opinię pierwszorzędnego zakładu, pod każdym względem przodującego. W latach 1867—70 podjął się przeróbki karabinów piechoty ładowanych przez lufę na ładowane od tyłu, syst. Krinka. Przerobił wówczas kilkaset tysięcy tych karabinów. Opracował też wówczas pierwszy model karabinu magazynowego, który jednak przez komisję wojskową został niedoceniony.

W roku 1871 Ludwik Nobel, razem ze swym przyjacielem, kapitanem rosyjskim Bilderlingiem, wydzierżawił na osiem lat Izewską fabrykę broni, koło Permu, i zorganizował tam wyrób 450 000 szt. karabinów syst. Berdana. Według umowy, łoża tych karabinów miały być wykonane z zagranicznego drzewa orzechowego. Ludwik Nobel słyszał, że na Kaukazie rośnie takie samo drzewo orzechowe, namówił przeto swego brata Roberta, żeby tam pojechał i rzecz zbadał. Dobrego drzewa orzechowego Robert na Kaukazie nie znalazł, zato zwiedził po drodze Baku i zapoznał się tam z wydobywaniem ropy naftowej, wówczas niesłychanie prymitywnem.

W roku 1875 bracia Nobel, Robert i Ludwik, przybyli do Baku i założyli tam swoje przedsiębiorstwo do rafinowania nafty. W kilku następnych latach dokonali tak zasadniczych ulepszeń w wydobywaniu i transporcie ropy, jak również w dystalacji produktów naftowych, że spowodowali ogromne potaniecie tych produktów i polepszenie ich jakości.

Wskutek łatwego zbytu, produkcję swą w krótkim czasie zwiększyli tak, że wysunęli się na pierw-

sze miejsce i poszli coraz dalej w tempie wprost zawrotnem. Zasilani wydatnie w kapitał inwestycyjny przez Alfreda Nobla, stworzyli sieć składów produktów naftowych na całym ogromnym obszarze Rosji; wzdłuż dróg transportowych, stworzyli tabor cystern wagonowych, liczący dziesiątki tysięcy jednostek, całą flotę statków do przewozu ropy na morzu Kaspijskiem i rzece Wołdze, stocznie i t. d. Koło zakładów braci Nobel w Baku powstało nowe miasto, wzorowo urządzone i zadrzewione. Zatrudniony personel, włącznie do robotnika, cieszył się dobrobytem i korzystał z urządzeń, jakich inne zakłady mogły mu pozazdrościć.

Alfred Nobel urodził się dnia 21.X.1833 r. w Sztokholmie, jako trzeci syn Emanuela Nobla. Od urodzenia był zdrowia dosyć wątłego, zagrożony chorobą kręgosłupa. Mając 9 lat, wyjechał z matką do Petersburga, gdzie zamieszkiwał jego ojciec. Nauki pobierał w domu, wobec nieznamości języka rosyjskiego. Miał jednak widocznie dobrego nauczyciela, ponieważ przygotowanie naukowe otrzymał pierwszorzędne. Około roku 1850-go siedemnastoletni Alfred Nobel przedsięwziął podróż do Ameryki. Dostał się w Nowym Jorku do fabryki maszyn swego rodaka Ericksona, gdzie pracował około czterech lat. Dokładnych danych biograficznych z tego okresu brak. Po powrocie z Ameryki podróżował sporo po Europie, m. in. przez szereg miesięcy zamieszkiwał w Paryżu, gdzie pracował u prof. Pelouza, w laboratorjum, z którego wyszedł Ascanio Sobrero. Tam miał sposobność poznać wytwarzanie i własności nitrogliceryny i innych nitrozwiazków organicznych.

Podczas tych podróży Alfred Nobel pracował usilnie nad opanowaniem języków obcych, to też mając 25 lat władał swobodnie pięcioma językami: szwedzkim, rosyjskim, angielskim, francuskim i niemieckim.

Po bankructwie ojca i wyjeździe do Szwecji (r. 1859) Alfred Nobel pozostał w Petersburgu, gdzie współpracował z bratem Robertem, później zaś objął stanowisko w fabryce karabinów brata (Ludwika). Rozmowa z prof. Zininem zawsze stała w pamięci Alfreda Nobla i w wolnych chwilach zajmował się on doświadczeniami z nitrogliceryną. Z wiosną roku 1862 Alfred był w Sztokholmie u ojca, gdzie brał udział w nieudanych próbach zwiększania siły czarnego prochu przez zwilżenie go nitrogliceryną. Spostrzegł jednak, że zaraz po dodaniu nitrogliceryny do czarnego prochu ziarnistego siła jego była znacznie większa, gdy zaś nitrogliceryna wsiąkała w ziarna prochowe, to stawał się raczej słabszym; wówczas to powziął myśl, że należy chronić czarny proch od ścisłego zespolenia się z nitrogliceryną. Wychodząc z tego założenia, przygotował blaszankę z czarnym prochem, do środka włożył butelkę z nitrogliceryną, szczelnie zakorkowaną, zaopatrzył blaszankę w lont i po zapaleniu lontu wrzucił do głębokiego kanału. Siła wybuchu była ogromna, nitrogliceryna zdetonowała całkowicie. Było to w maju — czerwcu roku 1862 w Petersburgu. Wykonywał te doświadczenia z odwrotnym układem: do naczynia z nitrogliceryną wkładał buteleczkę z czarnym prochem, szczelnie zamkniętą, z doprowadzonym lontem. Wynik był również niezawodny, siła wybuchu pod wodą była nadzwyczajna.

Tak powstała zasada detonatora, czyli ładunku powodującego impuls do wybuchu nitrozwiazków organicznych. Buteleczka z czarnym prochem, zaopatrzona w lont i szczelnie zamknięta, była pierwszym opatentowanym przez Alfreda Nobla detonatorem, służącym do spowodowania wybuchu materiałów kruszących, nieczułych na zapalenie zwykłym ogniem.

Wynalezienie detonatora umożliwiło zastosowanie w technice cywilnej i wojskowej całego szeregu nitrozwiazków wielokrotnie silniejszych od czarnego prochu. Posiada ono charakter epokowy, narówni z wynalezieniem czarnego prochu, spowodowało bowiem prawdziwy przewrót w technice wybuchowej.

W opinii ogółu Alfred Nobel uchodził za wynalazcę dynamitu; aczkolwiek istotnie jest on nim, to jednak wynalezienie detonatora (spłonki), czyli małego ładunku impulsywnego, posiada znaczenie bez porównania większe.

W krótkim czasie Alfred Nobel znalazł światłych ludzi, których przekonał o wielkiej wartości swoich wynalazków, zdobył od nich pieniądze na odbudowę fabryki i, dn. 22.X. 1864 r., założył pierwsze Tow. Akc. do wyrobu nitrogliceryny. Pomimo pewnych trudności ze strony władz, już w dwa miesiące po katastrofie w Heleneborgu przystąpiono do budowy nowej, większej fabryki nitrogliceryny, narazie pływającej na promie, na jeziorze Malaren koło Sztokholmu.

Po wybudowaniu tej fabryki i uruchomieniu, Alfred Nobel wycofał się narazie z czynnej pracy przy fabrykacji nitrogliceryny, zajął się natomiast udoskonaleniem konstrukcji detonatora. W rezultacie wyteżonej pracy i mnóstwa prób, detonator został udoskonalony przez zmianę kruszej buteleczki na rurkę drewnianą, później zaś na gilzę miedzianą. Zamiast czarnego prochu użył znacznie silniejszego materiału inicjującego — piorunianu rtęciowego.

Gdy sprawa opracowania typu detonatora posunęła się tak dalece, że użycie nitrogliceryny do robót wybuchowych stało się wygodniejszym od użycia czarnego prochu i bez porównania korzystniejszym, Alfred Nobel powrócił do wyrobu nitrogliceryny.

Pływająca fabryczka na jeziorze Malaren nie mogła już podostać zapotrzebowaniom na nitroglicerynę. Tow. Akc. stało się już zasobne w fundusze, nabyło więc teren i wybudowało pierwszą stałą fabrykę nitrogliceryny w Vintervik koło Sztokholmu. Fabryka ta została uruchomiona w marcu 1865 roku.

Trzeba uprzytomnić sobie, że urządzenia tych fabryk było wysoce prymitywne, personel zaś nie zdawał sobie należycie sprawy z wielu bardzo niebezpiecznych momentów fabrykacji, jak np. t. zw. metody nitracji „na gorąco” (zanim ostatecznie zatrzymano się na metodzie „na zimno”), zamrażania nitrogliceryny i kruszenia jej w tym stanie i t. p.

Powodzenie nowego materiału wybuchowego stawało się w Szwecji coraz większe, a z tem i środki materialne wynalazcy rosły. Alfred Nobel nawiązał stosunki z Niemcami. W listopadzie 1865 r. została otwarta pod f-mą A. Nobel Co. pierwsza w Niemczech fabryka nitrogliceryny w Krümmel nad Łabą koło Hamburga. Fabryka ta, będąc bar-

dzo korzystnie usytuowana, zaczęła szybko się rozwijać, docierając ze swemi wyrobami aż do San Francisco.

Brak należytej znajomości własności nitrogliceryny wyszedł wkrótce na jaw. Mniejsze jej ilości transportowano w butelkach, większe — w blaszankach ocynkowanych, opakowanych w skrzyniach. Nitrogliceryna nie zawsze była dostatecznie dobrze odmyta od kwasów i nie zupełnie zobojętniona; po pewnym czasie, szczególnie pod wpływem ciepła, zaczynała się rozkładać, wydzielając opary kwasowe. Z butelek wylatywały korki pod wpływem ciśnienia, blaszanki były przeżerane przez kwasy i nitrogliceryna wyciekała. To też jeden po drugim następowały wybuchy we wszystkich krajach, dokąd wywożono nitroglicerynę, a nawet w samej fabryce. Ten szereg katastrof spowodował wszędzie wielkie oburzenie opinii publicznej i nieufność władz. Powydawano ustawy, zabraniające wyrobu, przechowywania, transportowania i stosowania nitrogliceryny. Nawet sam A. Sobrero, przeżony temi katastrofami, kajał się publicznie i ubolewał, że taki piekielny materiał przytrafiło mu się wynaleźć. Kilka statków, będących w drodze z ładunkiem nitrogliceryny, powyrzucało ją do morza.

Na Noblu katastrofy te wywarły wrażenie wstrząsające, jednak ani na chwilę nie opuścił on rąk i twierdził, że dalsze udoskonalenia techniczne zapobiegą podobnym wypadkom. Odrazu po tych wypadkach przystąpił A. Nobel do pracy nad obniżeniem wrażliwości nitrogliceryny, celem umożliwienia jej transportu. Pracę prowadził w dwóch kierunkach. Jeden — to dodawanie do nitrogliceryny alkoholu metylowego, który w niej się rozpuszcza i flegmatyzuje tak, że w pewnym już stosunku czyni ją zupełnie niewybuchową. Przy zakłóceniu takiego roztworu z wodą (co należałoby wykonać na miejscu pracy), wydzielala się zpowrotem czysta nitrogliceryna, bowiem alkohol metylowy przechodziłby do roztworu wodnego.

Drugi kierunek, — to było nasycanie nitrogliceryną ciał porowatych jak ziemia okrzemkowa, mączka drzewna, czarny proch, bawełna strzelnicza i t. d. Dokonano mnóstwa prób zanim zatrzymano się na pewnych typach „dynamitu”, jak nazwał go A. Nobel.

Popularne opowiadanie, że dynamit okrzemkowy został wynaleziony przez przypadek, gdy stłukto się naczynie z nitrogliceryną, opakowane w skrzyni wypełnionej ziemią okrzemkową, jest bajką.

Pierwszym typem wypuszczonym do sprzedaży był dynamit Nr. 1, zawierający 75% nitrogliceryny i 25% ziemi okrzemkowej.

Z przeprowadzonych prób porównawczych zastosowania w kopalni węgla dynamitu i zflegmatyzowanej nitrogliceryny A. Nobel zorientował się co do wielkich zalet pierwszego. Manipulowanie w ciastym przodku kopalni zdozowanym suchemi ładunkami dynamitu było łatwiejsze. W wypadkach gdy otwór strzelniczy znajdował się wysoko pod sufitem, lub był pochylony wdół, użycie ciekłej nitrogliceryny było niemożliwe, zaś dla dynamitu nie stanowi różnicy.

Dynamit był też znacznie bezpieczniejszy od zflegmatyzowanej ciekłej nitrogliceryny do transportu kolejowego oraz przewozu w samej kopalni. Wszystko to spowodowało zupełne wycofanie z uży-

cia ciekłej nitrogliceryny i wprowadzenie na jej miejsce przez A. Nobla dynamitu. Stało się to w roku 1867.

Aczkolwiek dynamit okrzemkowy odpowiadał wymaganiom bezpieczeństwa i był dostatecznie silny, to jednak A. Nobel nie zaniechał dalszych doświadczeń. Pamiętał on, że ziemia okrzemkowa jest balastem, obniżającym siłę i wartość dynamitu. Uwagę swą skierował na bawełnę strzelniczą, jako pochłaniacz. Ok. roku 1875, ustalił na podstawie swych badań, że pewien gatunek bawełny strzelniczej, zwany bawełną kolodjonową, o stopie azotowej poniżej 12,5%, rozpuszcza się w nitroglicerynie. Przy stosunku nitrogliceryny do bawełny kolodjonowej 92:8 wytwarza się twardestwo i zupełnie sucha galareta. Nazwał ją Nobel żelatyną wybuchową.

Przy badaniu jej siły wybuchowej okazało się, że nie ustępuje ona wcale ciekłej nitroglicerynie, a nawet nieco ją przewyższa. Żelatyna wybuchowa była wynalazkiem wielkiej wartości, którą do dnia dzisiejszego zachowała. Przez dodawanie substancji palnych i saletry, wytwarza się również całą skalę dynamitów żelatynowych różnej siły wybuchowej.

Niewiele z nowoczesnych wynalazków może się równać z dynamitem pod względem wartości praktycznej dla podniesienia kultury. Budowa tuneli w górach, regulacja rzek, usuwanie skał w portach morskich, wydobywanie wszelkich minerałów, jak węgiel, rudy, kamienie i t. p., stało się dopiero możliwym lub wielokrotnie tańszem dzięki zastosowaniu dynamitu.

Jako przedsiębiorca, wykazał A. Nobel rzadko spotykane połączenie ducha wynalazczości, zmysłu organizacyjnego, energii, siły woli i wreszcie sprytu handlowego. Poczynając od roku 1865, poza Szwecją, zaczęły powstawać jego fabryki w Niemczech, Finlandji, Norwegji, Włoszech, Anglji, Francji, St. Zjedn. A. P., Rosji i wielu innych krajach całej kuli ziemskiej.

Wymagało to ogromnego wysiłku. W wielu krajach trzeba było przezwyciężyć nieufność władz i uzyskać zmianę ustaw, wymierzonych przeciwko nitroglicerynie. W innych znów — nieuczciwi konkurenci zgłaszali kontr-patenty jakoby na swój wynalazek, oskarżając A. Nobla o plagjat i wytaczając mu procesy sądowe. Ostatnie miało miejsce w St. Zjedn. A. P., gdzie dynamit miał olbrzymie powodzenie, lecz korzyści wskutek takich intryg miał Nobel znikome.

Poczynając od roku 1873, Alfred Nobel obrął Paryż, jako miejsce stałego zamieszkania. Nabył posiadłość w Sevran-Livry, gdzie urządził sobie wygodne laboratorium doświadczalne. Do prowadzenia robót zaangażował zdolnego chemika Francuza, G. Fehrenbacha. Celem najbliższym doświadczeń było przygotowanie żelatyny wybuchowej, zdolnej do ładowania pocisków artyleryjskich. Wynik tych doświadczeń był ujemny, lecz stały się one punktem wyjścia dla innego ważnego wyrobu — prochów nitroglicerynowych.

W osiemdziesiątych latach ubiegłego wieku we wszystkich państwach zachodnio-europejskich najlepsi fachowcy prowadzili gorączkową pracę nad wynalezieniem prochu bezdymnego z nitrozwiazków organicznych, silniejszego od prochu czarnego. Nobel spostrzegł podczas doświadczeń

nad żelatyną wybuchową, że bawełna strzelnicza rozpuszczalna, będąc całkowicie żelatyzowana nitrogliceryną, traci prawie zdolności do defonacji, natomiast będąc zapalona spala się warstwami z wielką dokładnością. Po przygotowaniu ziarn odpowiedniego kształtu i wielkości, materiał został ostrzelany i okazał się doskonałym prochem bezdymnym.

We Francji w owym czasie wprowadzono już do użytku w armji i flocie prochy B — bezdymne nitrocelulozowe, opracowane przez Vieill'a. Oferta Nobla została skrytykowana i nieużytkowana. Pierwszy zastosował „balistyty”, jak nazwał A. Nobel prochy nitroglicerynowe, rząd włoski. W roku 1889 udzielił Noblowi większego zamówienia na 300 t i nabył prawo ich wyrobu w prochowniach rządowych.

Stosunki A. Nobla z rządem włoskim wywołały wielkie oburzenie we Francji. Podjęto przeciwko niemu gwałtowną kampanję prasową, nazywano go szpiegiem. Wkrótce zrobiono najazd policyjny na jego laboratorium w Sevran-Livry, skonfiskowano broń palną, wszystkie przyrządy i próby, budynek zamknięto i opieczętowano. Zmusiło to Nobla do wyjazdu z Francji w roku 1891 i do osiedlenia się w San Remo.

Niemniejsze przykrości miał Nobel z opatentowaniem balistyty w Anglii, gdzie na tem polu pracowali: znakomity chemik prof. Abel i znany fizyk prof. Dewar. Obaj utrzymywali przyjacielskie stosunki z A. Noblem, który komunikował im o postępie swych prac. W końcu Abel i Dewar sami przeprowadzili próby z nadesłanymi im przez Nobla próbkami prochu i wykonali proch w postaci nitek i rurek, który nazwali „Cordite”. Ten zmodyfikowany proch nitroglicerynowy opatentowali w Anglii i innych krajach, a patent angielski przekazali rządowi, który wprowadził kordyt do armji i marynarki. Angielskie przedsiębiorstwo Nobel's Explosives Co, wytoczyło wówczas proces o naruszenie praw patentowych. Proces ciągnął się przez kilka lat i do niczego nie doprowadził, mimo przyznawania przez znaczną część angielskiej opinii publicznej i nawet niektórych sędziów słuszności Noblowi, jako wynalazcy oraz potępienia tych, którzy, otrzymawszy opis jego patentu, wyzyskali go na swą korzyść.

W dziesięć lat po wynalezieniu prochów nitroglicerynowych zostały one wprowadzone do artylerji większości krajów europejskich. Prochy nitroglicerynowe są silniejsze od czysto nitrocelulozowych, są o wiele łatwiejsze w wyrobie i znacznie tańsze. Jeżeli dzisiaj się mówi, że prochy nitrocelulozowe są u kresu swych możliwości, to prochy nitroglicerynowe słusznie nazywane są prochami przyszłości.

Zaraz po wprowadzeniu balistytów zaczął Nobel pracować nad otrzymaniem produktów nitroglicerynowych progresywnych, czyli spalających się w lufie broni z początku wolniej, zaś w miarę posuwania się pocisku w lufie coraz szybciej. Osiąga się przez to znaczną szybkość początkową pocisku przy stosunkowo niewielkim maksymalnym ciśnieniu w lufie. Obrat dwie drogi pracy. Jedną było przygotowanie ziarn prochowych sklejonych z kilku warstw o różnym składzie i szybkości spalania się, zwierzchu wolniejszych w środku szyb-

szych. Drugą drogą była powierzchniowa obróbka fizyko-chemiczna gotowych ziarn prochu.

Śmierć A. Nobla przerwała te doświadczenia. Ostatnia idea została urzeczywistniona i znalazła szerokie zastosowanie do prochów nitrocelulozowych. Wszystkie gatunki prochów karabinowych poddaje się dziś t. zw. flegmatyzacji powierzchniowej; z początku używano do tego roztworu kamfory, ostatnio centralitu.

Skala zainteresowań Alfreda Nobla była nieścianie szeroka i bynajmniej nie ograniczała się do materiałów wybuchowych. Posiadał on bujną fantazję, która stanowi cechę charakterystyczną każdego genialnego wynalazcy. Fantazja bowiem jest źródłem nowych idei. Myśl jego, zarówno podczas pracy, jak i odpoczynku, zatrzymywała się na najrozmaitszych zagadnieniach chemji, technologii chemicznej, optyki, mechaniki, techniki artyleryjskiej, biologji i fizjologji. Pomysły miewał czasem wprost dziwaczne, niejednokrotnie przerywał poważną rozmowę o sprawach bieżących, aby podzielić się zdaniem i naszkicować obraz, wywołujący zdumienie u słuchacza. W dziedzinie mechaniki oraz techniki artyleryjskiej A. Nobel nie był dyletantem, gdyż przez szereg lat za młodu pracował sam w fabrykach mechanicznych, zaś pod koniec życia kupił fabrykę armat w Bofors (Szwecja), wówczas podupadłą, zasilił ją kapitałem, całkowicie zmodernizował i rozbudował do wielkiego concernu, wytwarzającego artykuły uzbrojenia.

Rzecz naturalna, że A. Nobel wszystkiego nie wykonał własnoręcznie, przeciwnie — szeroko korzystał z pomocy dobranych przez siebie współpracowników. Byli to zawsze ludzie o najwyższej wartości umysłowej, moralnej i etycznej, entuzjastycznie usposobieni do pracy. Takich ludzi nie tylko dobierał sobie w Szwecji wśród swoich bliskich i przyjaciół dzieciństwa, lecz umiał ich poznawać i przyciągać w każdym kraju, gdzie tworzył swoje przedsiębiorstwa. Swoim ludziom ufał i nie wtrącał się do szczegółów, ograniczając się do wskazania kierunku pracy.

Dla Ascania Sobrery, właściwego wynalazcy nitrogliceryny, A. Nobel żywił najgłębszy szacunek i sympatię. Gdy przystąpił do budowy fabryki we Włoszech w Avigliana, zaprosił go na doradcę do swoich fabryk, wyznaczył jemu i żonie dożywotnie pensje. Jeszcze za życia Sobrery ufundował w Avigliana jego marmurowe popiersie.

Własnej rodziny A. Nobel nie założył. Będąc od urodzenia słabego zdrowia, czuł się poniekąd połamancem życiowym. Nie był to jednak bynajmniej typ zgorzkniały. Aczkolwiek nie lubił zabaw towarzyskich, to jednak był wesołym i dowcipnym rozmówcą, umiał dostosować się do każdego środowiska, był pożądanym gościem.

Po przeniesieniu się do San Remo, A. Nobel zaczął podupadać na zdrowiu coraz bardziej. Do ostatnich chwil swego życia udzielał jeszcze wskazówek, rzucał pomysły, dyktował listy do swoich przyjaciół i współpracowników. Umarł dnia 10 grudnia 1896 roku w San-Remo, mając 63 lata. Pochowany został w grobie rodzinnym, razem z rodzicami i młodszym bratem, na cmentarzu północnym w Sztokholmie.

A. Nobel był człowiekiem skromnym i — jako taki — odmawiał stanowczo próśbom o dane biograficzne.

Obok zamiatowania do prac badawczo-technicznych był to wielki miłośnik literatury i poezji. Próbował nawet sam pisać wierszem i prozą i pozostawił po sobie kilka utworów w języku angielskim. Oprócz literatury, A. Nobel żywił wielkie zainteresowanie do ruchu pacyfistycznego, wspierając go materialnie.

Wydać się może paradoksem, że człowiek o poglądach pacyfistycznych tak gorliwie pracował nad udoskonaleniem środków morderczych. Atoli naj-

ważniejsze jego wynalazki — detonator i dynamit — miały pierwotnie przeznaczenie wyłącznie do celów inżynierskich i przemysłowych. Z drugiej strony, wierzył on, iż udoskonalenie broni utrudni prowadzenie wojen.

Wyrazem szczerego pacyfizmu A. Nobla było przeznaczenie w testamencie funduszków na wypłacanie jednej z pięciu nagród jego imienia za największe zasługi na polu dążenia do braterstwa narodów.

PRZEGLĄD PISM TECHNICZNYCH

ODLEWNICTWO.

Wielkie odlewy stalowe dla parowca „Normandie“.

Odlewy te, wykonane przez zakłady Skody, wyróżniają się zarówno swymi wymiarami, jak i ciężarem. Tak np. górna część tylnicy waży w stanie surowym 123 t, po obróbce zaś 72 t. Staliwo do sporządzenia tego odlewu dostarczone było z 3-ech pieców martenowskich, pojemności od 20 do 60 t. Po zalaniu formy, odlew pozostawał w niej jeszcze w ciągu 1-go tygodnia. Do wysuszenia formy zużyto 10 t koksu. Poza tym największym odlewem, dwa łożyska stalowe ważyły 57 t i 42 t. Wytrzymałość na rozciąganie materiału wynosiła 52,1—55,5 kg/mm², wydłużenie 23—25%, przewężenie 39,5—45,4%. Wykonanie tych wielkich odlewów, łącznie z pracami wstępnymi i sporządzeniem modeli, zajęło 8 miesięcy. (R e v. f o n d. m o d. 10.1.1933). t. m.

Drewniane skrzynki formierskie.

Gdy ma się do czynienia z formowaniem niewielkiej ilości sztuk z danego modelu, korzystnym jest, w braku odpowiednich skrzynek żeliwnych, zastosować skrzynki z żelaza profilowego lub drewniane. W wypadku stosowania takich skrzynek, najważniejszą rzeczą jest przestrzeganie szczelności złączeń, celem uniknięcia odkształceń skrzynek.

Zaletą skrzynek drewnianych jest ich wielka lekkość i szybkość, z jaką mogą być wykonane, ponadto możliwość przerabiania skrzynek na dowolne, mniejsze rozmiary. Wadą natomiast — słabe trzymanie piasku (co można poprawić przez wstawienie poprzeczek wewnętrznych), wyginanie się ścianek i łatwopalność. W celu uodpornienia na gięcie, wzmacnia się je katówkami w narożach oraz płaskownikami i wykonywa staranne połączenie części składowych za pomocą śrub, względnie wkrętek.

Autór przytacza wypadek, gdzie skrzynka drewniana, o powierzchni 1 m × 0,7 m służyła do zaformowania w niej bardzo wielu sztuk, przy nieznacznych kosztach utrzymania i reperacyj. Skrzynka po zaformowaniu mogła być przenoszona przez 2-ch ludzi (taka sama żeliwna — przez 4-ch ludzi).

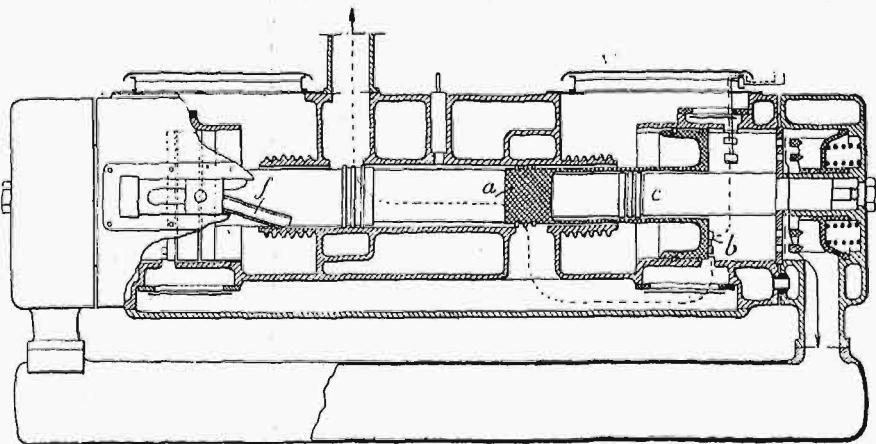
Skrzynki drewniane nie mogą być jednak używane na maszynach wstrząsowych. (E i s e n - Z ł g. 7.10.1932).

t. m.

SILNIKI SPALINOWE.

Silniko-sprężarka bezkorbową, syst. Pescary.

Celem budowy silniko-sprężarki bezkorbowej było zwiększenie sprawności instalacji do sprężania powietrza, dokonywanego dotychczas najczęściej w zwykłych sprężarkach tłokowych, pędzonych silnikami spalinowymi lub elektrycznymi. Syst. Pescary łączy silnik spalinowy i sprężarkę w jednym cylindrze w ten sposób, że energia, wytwarzana przez spalanie gazów po jednej stronie tłoka, wykorzystana jest bezpośrednio do sprężania powietrza po drugiej jego stronie. Po ukończeniu suwu roboczego tłoka, zostaje on odrzucony w kierunku przeciwnym wskutek rozprężenia powietrza w przestrzeni szkodliwej sprężarki. W układzie tym, rolę koła zamachowego spełnia sam tłok i od jego masy zależy ilość suwów na minutę. Prędkość tłoka w czasie suwu roboczego jest większa, niż w czasie suwu powrotnego, co jest spowodowane większymi prędkościami spalin podczas i po wybuchu. Celem wyrównoważenia mas i uzyskania spokojnego biegu, w jednym cylindrze znajdują się dwa tłoki przeciwbieżne, o równej sobie masie i pracujące z tymi samymi prędkościami. Środek ciężkości maszyny podczas jej pracy jest nieruchomy i żadne reakcje nie przenoszą się poza podstawę silniko-sprężarki. Dla silnika dwusuwowego ma



Rys. 1. Przekrój schematyczny silniko-sprężarki Pescary.

Linie przeryw. oznaczają kierunek przepływu pow. przepłokującego, linie ciągłe — pow. sprężonego; a — tłok silnika, b — tłok sprężarki, c — tłok nieruchomy, f — korbowód synchronizujący ruchy tłoków.

to jeszcze i tę dobrą stronę, że spaliny usuwane z cylindra i powietrze przepłokujące mają kierunki zgodne, co przyczynia się do zadawalającego oczyszczenia cylindra ze spalin. Regulacja polega na miarkowaniu ilości paliwa; wielkość skoku roboczego zależy od ilości energii, dostarczonej przez silnik; jak już wspomniano, ruch powrotny tłoka odbywa się kosztem energii rozprężania powietrza z przestrze-

ni martwej, a ilość tej energii jest funkcją długości skoku. Aby zapobiec przedczesnemu zatrzymaniu się tłoków w czasie suwu powrotnego, zastosowano urządzenie kompensacyjne, polegające na umieszczeniu wewnątrz tłoków roboczych α silnika tłoków nieruchomych ϵ , sprężających powietrze w wydrążeniach tłoków roboczych. Stopień sprężania zmienia się w zależności od skoku i powietrze sprężone podczas suwu roboczego oddaje swą energię przy suwie powrotnym, zapewniając należyty ruch tłoka przy wszelkich obciążeniach maszyny.

Na rys. 1 widoczny jest przekrój schematyczny silniko-sprężarki, dostarczającej 1,6 m³/min powietrza (obj. przy ciśn. atmosfer.) sprężonego do 7 kg/cm²; średnica tłoków po stronie silnika wynosi 90 mm, po stronie sprężarki — 180 mm; średnica tłoka kompensacyjnego — 70 mm, największy skok — 170 mm. Aczkolwiek praca silniko-sprężarki nie wymaga w zasadzie żadnych mechanizmów wiążących ruchy tłoków, to jednak, celem lepszego wyrównoważenia biegu, zapewniono synchronizację ich ruchów. Urządzenie służące ku temu tworzy układ 2 par korbowodów f i 2-ch dźwigni, osadzonych przegubowo; jest ono wykorzystane równocześnie do napędu mechanizmów: wtryskowego i smarującego. Ruch dokonywa się zapomocą sprężyny, udzielającej pierwszego impulsu na zhlizienie tłoków roboczych i sprężenie między nimi powietrza, w stopniu umożliwiającym pierwszy zapłon.

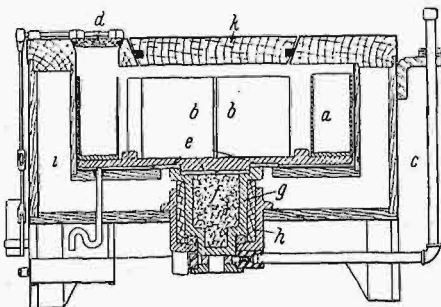
Opisana silniko-sprężarka znalazła już dość duże zastosowanie w kopalnictwie, kamieniołomach i w przemyśle chemicznym. (*Le Génie Civil*, 28.1.1933). T.

TECHNIKA WARSZTATOWA.

Warsztatowe zastosowanie suchego lodu.

Wytwórnia American - La France & Framite Co. w Elmira używa suchego lodu (t. j. zestalonego kwasu węglowego) do chłodzenia żeliwnych tulejek roboczych silników, które, po osiągnięciu przewidywanego skureczu, mogą być włożone do cylindrów bez wcisku. Tulejki, o długości 250 mm, średnicy zewn. 107,95 mm i grubości 3,175 mm, są przedewszystkiem oszlifowane na powierzchni zewnętrznej na średnicę, przekraczającą wewnętrzną średnicę cylindra o 0,038 mm.

a — osłony aluminiowe, chroniące tulejki żeliwne przed bezpośrednim zetknięciem z suchym lodem, *b* — naczynia do lodu, *c* — uchwyt do obracania tarczy z osłonami, *d* — pokrywa, podnoszona pedałem nożnym, *e* — izolacja korkowa, *f* — korek mielony, *g* — czop łożyska, *h* — panewka z mat. prasow., *k* — pokrywa otworu do wkładania lodu.



Rys. 2. Przekrój zbiornika chłodzącego dla tulejek żeliwnych.

Tolerancje obróbki dla tulejki wynoszą $\pm 0,0063$ mm, dla cylindra zaś $\pm 0,025$ mm. Następnie, po zwilżeniu olejem, tulejki wstawiane są do specjalnej chłodziarki (lodówki), rys. 2, w której pozostają w ciągu 16 min. Podczas ochładzania zachodzi w tulejkach skurecz średnicowy, o wielkości ok. 0,1524 mm. W dalszym ciągu, tulejki zostają wyciągnięte z chłodziarki szczypcami i wsunięte w otwory cylindrów; ta ostatnia czynność winna być uskuteczniata szybko, gdyż w czasie od wyjęcia z chłodziarki do wstawienia w blok cylindrowy, tulejki ogrzewają się i zwiększają średnicę o 0,0508 mm. Bądź co bądź, szelczyna, jaka jeszcze pozostaje, wynosi 0,0767 mm, tak, że tulejki można wstawić całkiem bez wysiłku, a jest to w dodatku ułatwione przez cienką warstewkę smaru. Po ogrzaniu się tulejek do temperatury otoczenia osiąga się nader trwałe ich osadzenie skurezowe

i dopiero pod naciskiem osiowym 1 350 — 2 250 kg można je wyciągnąć z cylindra. W chłodziarce (lodówce) mieści się 4 cegiełki zestalonego kwasu węglowego o ciężarze ok. 23 kg, który zdatny jest do użytku w ciągu 3-ch dni i obniża temperaturę pomieszczenia chłodzącego do -76° . Koszty urządzenia są stosunkowo nieznaczne. (*Maschinenbau*, tom 12, zeszyt 4, 1933). m.

Bibliografia

Silniki wietrzne. Prof. Inż. J. Szowheniwa. Str. VIII + 182. 8^o. Ze 128 rysunkami, 2 mapkami i 44 tablicami liczbowymi w tekście. Warszawa, 1932. Wydawnictwo Polskiego Komitetu Energetycznego. Skład Główny w Księgarni Technicznej Przeglądu Technicznego. Cena brosz. zł. 8.

W grupie badań Polskiego Komitetu Energetycznego, poświęconych zagadnieniom: wyzyskania energii wiatru i spopularyzowaniu racjonalnych zasad urządzeń wiatrakowych — po pierwszej publikacji w „Sprawozdaniach i Pracach P. K. E.” z r. 1930, zawierającej materiał statystyczno-meteorologiczny, ukazało się obecnie drugie z kolei wydawnictwo w postaci podręcznika prof. Szowheniwa. Ma on nietylko zapełnić lukę w naszej literaturze technicznej, ale przedewszystkiem odegrać rolę impulsu „wobec dużego zacofania, jakie widzimy u nas w konstrukcji silników wietrznych, wobec panującej w tej dziedzinie rutyny, wywołanej brakiem wiadomości o tem, jak współczesny silnik wietrzny budowany być powinien, i wobec znaczenia, jakie ma i długo jeszcze mieć będzie wiatrak w naszych warunkach”. W związku z tym punktem wyjścia autor stawia sobie za cel „zapoznać z podstawami teoretycznymi, konstrukcją i zastosowaniem współczesnych silników wietrznych”.

Obfity materiał, jaki dla osiągnięcia powyższego celu został zgromadzony, jest ugrupowany w sposób następujący. Wstęp informuje krótko o źródłach i zasobach energii światłowej. *Rozdz. I* podaje wiadomości o wiatrach, ich mierzeniu, klasyfikacji, statystyce i obliczaniu ich energii; *Rozdz. II* — zasady wykorzystania energii wiatru, a więc energetyczną i aerodynamiczną teorię wiatraka; *Rozdz. III* — materiał doświadczenia, zarówno z zakresu pomiarów wykonanych na samych wiatrach, jak i z badań tunelowych z uwzględnieniem opisu laboratorjów aerodynamicznych. W dalszym ciągu autor przechodzi do właściwej konstrukcji silników wietrznych, opisując w *Rozdz. IV* budowę wiatraków wiejskich typu niemieckiego i holenderskiego oraz — po krytycznej ocenie ich wad — wiatraków wiejskich udoskonalonych, następnie zaś w *Rozdz. V* — budowę nowoczesnych silników wietrznych w sposób dość wyczerpujący (wiatraki „Mammuth”, turbiny wietrzne, wiatraki szybkie, silnik Durand’a, silniki bębnowe i karuzelowe, silniki Flettner’a i Savonius’a, wieże wiatrakowe). Wreszcie *Rozdz. VI* zawiera opis ważniejszych zastosowań silników wietrznych (do wodociągów, odwadniania i nawadniania, zalewania stawów rybnych, młynarstwa, napędu maszyn rolniczych, różnych gałęzi przemysłu oraz do wytwarzania energii elektrycznej); *Rozdz. VII* — ogólne wskazówki do projektowania (kwestjonariusze, obliczenia wstępne, oznaczanie mocy do napędu pomp, materiały do kalkulacji); wreszcie *Rozdz. VIII* — dane z „geografii wiatrakowej” Polski, oparte na mapach statystycznych. Uzupełnia książkę dość obfity wykaz bibliograficzny, uwzględniający jednak tylko literaturę słowiańską i niemiecką.

Najważniejszą zaletą książki, dla której można ją gorąco polecić wszystkim, mającym w ten czy inny sposób do czynienia z wiatrakami, jest bogaty dobór materiału, podanego w stosunkowo bardzo węższym sposobie, oraz uwzględnienie zasad i konstrukcji zupełnie nowoczesnych. Schematy, nomogramy i tablice ułożone są w sposób przejrzysty i oddają duże usługi w praktyce. Rysunki konstrukcyjne naogół zupełnie poprawne, wyraźne i zrozumiałe nawet dla czytelników o skromnym przygotowaniu technicznym. Poza tem poziom opracowania książki w szczegółach jest dosyć nierówny. Dział konstrukcyjny i ogólnoinformacyjny stoi o wiele wyżej od teoretycznego, w którym dałoby się sporo poprawić, uzupełnić i wyjaśnić. Dotyczy to głównie rozdz. II i III. Korekta książki nie jest bez zarzutu, co należy przypisać poświęceniu, zrozumiałemu wobec wielkiej aktualności wydawnictwa. Należy się spodziewać usunięcia tych braków w następnych wydaniach, których podręcznikowi można życzyć jaknajgoręcej.

S. N.