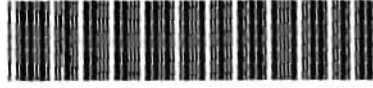


WYKŁAD
TECHNOLOGII METALI

1000824521



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA TOM XXXIV.

DR. STANISŁAW ANCZYC

PROFESOR SZKOŁY POLITECHNICZNEJ WE LWOWIE.

WYKŁAD TECHNOLOGII METALI

37663

CZEŚĆ II: PRZERÓBKA MATERIAŁÓW

(z 337 rycinami w tekście)



□ LWÓW — GUBRYNOWICZ I SYN □
WARSZAWA — GEBETHNER I WOLFF
1916.

WSZELKIE PRAWA PRZEDRUKU I PRZEKŁADU ZASTRZEŻONE



II-454459 / C-2

621.73/.77

KRAKÓW — DRUK W. L. ANCYCA I SPÓŁKI.

7-353/03/53 A

SPIS TREŚCI.

Literatura	Str. IX
Skrócenia	X
Oznaczenia	X

I. ODLEWNICTWO.

1. Formowanie.	3
Rodzaje form 3. Piasek formierski 4. Piasek chudy 5. Piasek tłusty 6. Glina 6. Piasek do rdzeni 7. Przyrządzanie piasku 7. Wyrób form 12. Formowanie zapomocą modelu 13. Skrzynki formierskie 14. Przykłady formowania 16. Formowanie przy pomocy szablonu 21. Formowanie bez modelu 23. Odlewy twarde 25. Formowanie maszynowe 29. Maszyny formierskie do wyjmowania modelu z formy 31. Maszyny formierskie ubijające piasek 35. Formy bez skrzynek 39. Wstrząsarki 42. Automatyczne formowanie 45. Wyrób form do kół zębatach 47. Mechaniczny wyrób rdzeni 49. Suszenie form 51. Urządzenie suszarni 51. Suszenie form na miejscu formowania 53. Umocnienie formy do odlewu 54. Formy trwałe 55.	
2. Topienie.	59
Żelazo z wielkiego pieca 59. Piece do topienia 60. Piec kupołowy 62. Piec kupołowy ze zbiornikiem 67. Małe piece kupołowe 70. Miechy 71. Miechy odśrodkowe 71. Miechy przegrodowe 72. Eksplozye 73. Gaszenie iskier 75. Zasilanie pieca 76. Piec płomienny 78. Piece tyglowe 82. Piece kotłowe 88. Kadzidła i wiadra 88. Odlewanie 92.	
3. Błędy odlewnicze.	93
Jamy w odlewie 98. Naprężenia w odlewach 101. Zapobieganie naprężeniom 108.	
4. Metale używane w odlewnictwie.	118
Żelazo lane 118. Wytrzymałość żelaza lanego 122. Naskórek 123. Wpływ podwyższenia temperatury 124. Rozrost żelaza 124. Kurczenie się żelaza 125. Straty składników przy topieniu 126. Wy-	

	Str.
dzielenia 126. Dobór żelaza 128. Zakupno żelaza 129. Stare żelazo (lom) 133. Zużycie wiórów żeliwnych 134. Dodatki żelaza miękkiego 139. Dodatki innych materiałów 140. Twarde odlewy 141. Stal lana 143. Wytrzymałość stali 144. Temperatura topliwości 146. Gazy pochłonięte 146. Wyrób form do odlewania stali 147. Żarzenie odlewów 147. Piece do żarzenia 151. Wyrób stali do celów odlewniczych 153. Piece Martina 153. Piece naczyniowe 154. Proces tyglowy 156. Piece elektryczne 157. Wybór pieca 157. Miedź i jej stopy 159. Odpadki 162. Glin i jego stopy 163. Metale białe 165.	
5. Wykończanie odlewów	166
Oczyszczanie powierzchni 170. Oczyszczanie piaskiem 171. Piaskarzarki 177. Wytrawianie 181.	
6. Badanie metali odlewnianych	182
7. Łączenie zapomocą stopionego metalu	187
Stapianie 187. Stapianie termitowe 188. Stapianie elektryczne 189. Stapianie gazowe 192. Przecinanie zapomocą tlenu 204. Lutowanie 206. Powlekanie płynnymi metalami 210.	

II. KUŹNICTWO.

1. Wiadomości ogólne	215
Odporność materiału 217. Przeróbka kuźnicza 219. Rozgrzewanie materiału 221.	
2. Kucie i tłoczenie	223
Różnice 226. Piece kuźnicze 228. Młoty 233. Młoty tarciove 235. Młoty korbowe 238. Młoty sprężynowe 241. Młoty powietrzne 244. Młoty kompresorowe 248. Młoty motorowe (parowe) 250. Młotki pneumatyczne 254. Tłoczenie 256. Prasa mimośrodowa 257. Prasa śrubowa 258. Tłocznie hydrauliczne 260. Akumulatory 262. Wyrób rur przez tłoczenie 265. Naprężenia 268. Mierzenie temperatury 270.	
3. Walcowanie	273
Wpływ przeróbki walcownianej na materiał 275. Urządzenie walcowni 277. Garnitur walcowniany 278. Walec 281. Kalibry 283. Walce stopniowe 289. Łoża walcowni 290. Koła zębate popędowe 292. Popęd walcowni 293. Urządzenia pomocnicze 296. Rodzaje walcowni 299. Walcownia uniwersalna 305. Walcownie dźwigarów szerokostopowych 306. Walcowanie cylindrów 308. Walcowanie obręczy 309. Walcowanie kół 310. Walcowanie krótkich przedmiotów 310. Walcowanie rur 312. Walcowanie śrub 316. Wyginanie przy pomocy walców 318. Piece w walcowniach 319. Piece wgłębne 321. Piece płomienne 324.	
4. Wyciąganie	327
Wyrób drutu 329. Żarzenie 332. Wyciąganie blachy 335. Wyginanie 338. Badanie blachy 339.	

5. Łączenie blachy sposobami kuźniczymi	Str. 340
Nitowanie 340. Nitarki nieruchome (hydrauliczne) 344. Nitarki przenośne 347. Nitarki pneumatyczne 348. Nitarki elektryczne 351. Łączenie zapomocą obręczy skurczowych 351. Zgrzewanie 352. Sposoby wykonywania połączeń przez zgrzewanie 355. Zgrzewanie termitowe 356. Zgrzewanie elektryczne 357. Zgrzewanie ogniskowe 358. Zgrzewanie gazem wodnym 359. Wyrób rur przez zgrzewanie 361.	
Skorowidz	363

LITERATURA.

»Wykład technologii metali« cz. II opiera się głównie na peryodycznym piśmiennictwie technicznym a przede wszystkim na czasopi-
smach:

Giesserei-Zeitung (Berlin).

Dinglers Polytechnisches Journal (Berlin).

Metallurgie (Halle n. S.).

Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt Gross-Lichterfelde
(Berlin).

Mitteilungen aus dem Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen
Hochschule Aachen (Halle n. S.).

Revue de Metallurgie (Paryż).

Stahl und Eisen (Düsseldorf).

Werkstattstechnik (Berlin).

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure (Berlin).

Zeitschrift für Werkzeugmaschinen (Berlin).

Przy ułożeniu »Wykładu« korzystano także z następujących dzieł:

Anczyc, Wykład technologii metali, część I. 1913.

Fischer, Die Werkzeugmaschinen, 1905.

Geiger, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei t. I. 1911.

Hütte, Taschenbuch für Eisenhüttenleute, 1910.

Kick, Vorlesungen über Mechanische Technologie, 1908.

Ledebur Handbuch für Eisenhüttenkunde, 1906—1908. Lehrbuch der
Mechanisch-Metallurgischen Technologie, 1905.

Martens-Heyn, Handbuch der Materialienkunde cz. II A. 1912.

Meyer H. Lehrbuch der allgemeinen mechanischen Technologie
der Metalle, 1907.

Osan, Lehrbuch der Eisen- und Stahlgießerei, 1912.

Preger, Metallbearbeitung, 1913.

Wüst, Legier- und Löttechnik, 1908.

Źródła, odnoszące się do poszczególnych zagadnień, podane są
w tekście.

Korzystano także, zwłaszcza do ilustracji, z cenników pierwszorzę-
dnych fabryk maszyn. Pochodzenie rycin zaznaczono w podpisie obok
liczby porządkowej ilustracji.

SKRÓCENIA

JAKICH UŻYWANO W TEKŚCIE:

- Ding.: Dingers polytech. Journal.
Durlach: Badische Maschinenfabrik w Durlach.
G. Z.: Giesserei-Zeitung.
Hainholz: Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken w Hannover-Hainholz.
Hütte: »Hütte«, Taschenbuch für Eisenhüttenleute.
M.-H. II A.: Martens-Heyn, Handbuch der Materialkunde, cz. II A.
St. u. E.: Stahl und Eisen.
W. T.: Werkstattstechnik.
Z. d. V.: Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.
Z. f. W.: Zeitschrift für Werkzeugmaschinen und Werkzeuge.
Dziela wyliczone w spisie: »Literatura«, oznaczano nazwiskiem autora.
-

OZNACZENIA.

- at: atmosfera.
K. m.: koń mechaniczny.
Kz: wytrzymałość na rozciąganie u granicy wytrzymałości (przy rozerwaniu)
 φ : wydłużenie procentowe pręta przy rozerwaniu.]
Temperatura rozumiana w stopniach Celsiusa.
-

I. ODLEWNICTWO.

1. FORMOWANIE.

Materyały przerabia się sposobem odlewniczym topiąc je i wlewając do formy obejmującej kształt, jaki ma otrzymać wlany metal po zastygnięciu. By więc móc wykonać odlew, należy najpierw przygotować nań formę, stopić w odpowiednio zbudowanym piecu metal, z którego ma być wykonany przedmiot i wlać go w formę, skąd wyjęty po zastygnięciu odlew doznaje stosownego do potrzeby wykończenia. Przy wszystkich tych czynnościach, które kolejno opiszemy, trzeba zwracać uwagę na własności metalu i stosować odpowiedni do niego sposób roboty.

Rodzaje form. Forma służyć może do jednorazowego tylko użytku i po wykonaniu odlewu ulega zniszczeniu, albo do wielokrotnego, i wtedy nie może być uszkodzona przy odlewaniu. W pierwszym razie formę tak należy wykonać, by można było wlać do niej roztopiony metal, nie troszcząc się o jej całość przy wyjmowaniu odlewu, w drugim należy umożliwić zdjęcie jej bez zepsucia z zastygłego wewnątrz metalu.

Ponieważ przy wyrobie form drugiego rodzaju tj. form trwałych, to dodatkowe wymaganie nastęcza wiele trudności w kształcie i materyale formy, a przez to podraża robotę, stosuje się je znacznie rzadziej i tylko przy masowym wyrobie, zazwyczaj zaś wykonywa się formy tylko do jednorazowego użytku nawet wtedy, gdy te same przedmioty wyrabia się w większej liczbie.

Formy do jednorazowego użycia wyrabia się z plastycznego piasku, który czyto na modelu, czy w inny sposób formuje się w potrzebny kształt (formę); kształt ten musi się zachować bez uszkodzenia i zmiany aż do zastygnięcia, poczem odrzuciwszy piasek tworzący formę, a więc zniszczywszy ją, wyjmuje się odlew gotowy.

Piasek formierski, aby się nadawał do wyrobu form odlewniczych, musi posiadać następujące własności:

1. *Plastyczność*, aby nadany kształt łatwo przyjmował i bez zmiany zachowywał aż do zastygnięcia odlewu.

2. *Spoistość*, by wyrobione z niego formy pozwalały się poruszać i przenosić bez uszkodzenia, nie kruszyły się pod prądem metalu wlewanego do formy, nie rozpadały i nie odkształcały pod jego ciśnieniem, które, przy odlewaniu wysokich przedmiotów, bywa bardzo znaczne.

3. *Ogniotrwałość*, aby wytrzymał wysoką temperaturę roztopionego metalu nie rozpadając się, nie rozkładając, topiąc lub spiekając, co wszystko powoduje uszkodzenie formy lub wady w odlewie.

4. *Porowatość*, umożliwiającą uchodzenie przez ściany formy wytwarzających się gazów i pary wodnej.

5. *Miałkość*, aby odlew miał możliwie gładką powierzchnię; zależy ona od wielkości ziarn piasku, która bywa różna. Bardzo miałki piasek np. na artystyczne odlewy ma wielkość ziarn 0.05—0.25 mm, średni 0.25—0.5 mm, gruby 0.5—1 mm, niekiedy do 3 mm. Najczęściej stosowany piasek w odlewnictwie żelaza ma ziarna o wielkości 0.1—0.5 mm, zależnie od wymaganej gładkości odlewu. Im drobniejszy jest piasek, tem mniejsza jest jego przepuszczalność i naodwrot, dlatego na większe i grubsze odlewy używa się piasku o ziarnach większych.

6. *Kształt*, nie okrągły (jak piasek rzeczny) ale kańciasty, aby się lepiej wiązał i dawał wytrzymałe a przytem dostatecznie porowate formy.

Piasek, aby dał się formować, musi mieć pewną zawartość gliny dla plastyczności, oraz innych dodatków. Piasek zawierający glinę znajduje się często w naturze jako naturalny piasek formierski, albo też bywa wyrabiany sztucznie przez

mielenie piaskowca i mieszany z gliną, o ile jej w pewnej ilości już nie zawiera. W piasku i glinie znajduje się pewna zawartość tlenku żelaza, a czasem węglan wapniowy lub magnezowy, które tworząc w wysokiej temperaturze z piaskiem i gliną łatwo topliwe związki (podobnie jak w hutnictwie powstający ze złoża żużel), obniżają ogniotrwałość formy; powoduje to spiekanie się i stapianie piasku na powierzchni stykającej się z roztopionym metalem, przez co odlew pokrywa się szklistą, twardą, bardzo przy obróbce dla noży szkodliwą warstwą, która go przytem szpeci. Piasek formierski powinien więc być wolny od takich zanieczyszczeń.

Rozróżnia się trzy rodzaje piasku formierskiego, głównie na podstawie zawartości gliny:

1. Piasek chudy zawiera średnio 10% gliny i przy dodatku do 10% wody jest plastyczny i daje się urabiać w formy. Zawartość gliny jest w nim jednak za mała, aby po wysuszeniu zachował dostateczną spoistość, dlatego wyrobiona z niego forma musi być wilgotna w chwili wlewania metalu. Aby piasek w zetknięciu z płynnym żelazem nie spiekał się, miesza go się z proszkiem węgla kamiennego, który przy ogrzaniu destylując się wydaje wiele gazów. Gazy te otaczają ziarenka piasku cienką warstewką, nie dopuszczającą spiekania się i przywierania do krzepnącego żelaza. Aby odlew zupełnie ochronić od zanieczyszczenia piaskiem, a zarazem ułatwić wyjęcie modelu z formy, wysypuje się jej wewnątrz proszkiem węgla drzewnego, grafitu, lycopodium, miałko zmielonym kwarcem i różnemi, nieraz fantastycznie nazywanemi, a często małowartościowemi mieszaninami.

Piasek chudy, już do odlewów używany, traci swą plastyczność, dlatego przed następnem formowaniem miesza się go ze świeżym, tj. nieużywanym piaskiem, oraz dodaje proszku węgla kamiennego. Aby tych dodatków zaoszczędzić, przygotowuje się zwykle taki piasek, niekiedy zupełnie świeży, jako tz. piasek modelowy do części wewnętrznej formy, w której jest odcisnięty kształt przyszłego odlewu, resztę zaś formy wypełnia się piaskiem używanym, przesianym. Piasek modelowy może być bardziej miałki, bo użyty w cienkiej warstwie nie szkodzi przepuszczalności formy, a daje gładze odlewy.

Piasku chudego, jako materiału najtańszego, używa się najczęściej do formowania, a odporniejszych materiałów formierskich używa się tylko do odlewów z metali o wyższej temperaturze topliwości (np. stali), do form trudnych i kosztownych, przy których chudy piasek nie daje dostatecznej pewności udania się odlewowi, a wreszcie do form, których robota trwa długo (np. kilka dni lub dłużej) i części wykonane z chudego piasku mogłyby wysychać i rozsypywać się.

2. Piasek tłusty zawierający więcej niż 15% gliny zwilża się do formowania wodą tak samo jak chudy, ale następnie silnie suszy, przez co formy nabierają wielkiej spoistości i trwałości. Dla uniknięcia stapiania się piasku z odlewem na powierzchni formy, należy go ochronić materiałem bardziej ogniotrwałym, bo żelazo dłużej pozostaje w stanie płynnym. W tym celu używa się czernidla zrobionego z mielonego grafitu, zarobionego gliną i wodą lub melasą, czasem z dodatkiem proszku węgla kamiennego dla wytworzenia ochronnej warstewki gazu.

Formy z piasku tłustego są droższe z powodu potrzeby suszenia ich, natomiast odlewy żelazne, wskutek powolnego krzepnięcia (wydzielania się grafitu) ¹⁾ mają powierzchnię miękką, łatwiejszą do obrabiania niż z form wykonanych z piasku chudego, gdzie para, wywiązująca się z wody zawartej w formie szybko odbiera ciepło żelazu i wywołuje przez to stwardnienie powierzchni wskutek występowania ziarn twardego karbidu.

Na odlewy stalowe, gdzie stopiony metal ma bardzo wysoką temperaturę, używa się odmiany tłustego piasku, *tz. masy*, w której zwykły piasek zastępuje czysty piasek kwarcowy, sproszkowana ogniotrwała glina, wypalona poprzednio np. z tygli szamotowych i t. p., wymieszane dla plastyczności z surową ogniotrwałą gliną.

3. Glina zawiera mało piasku a wiele gliny i bywa używana w cienkiej warstwie, na podkładzie zwykle murowanym z cegieł, na formy wymagające wielkiej wytrzymałości i pew-

¹⁾ Część I, str. 11—12 i 16.

ności. Ponieważ materiał ten jest bardzo nieprzepuszczalny dla gazów i przy suszeniu pęka, dodaje się do niego ciał organicznych jak sieczka, proch torfowy, sierść bydłęca, nawóz koński i t p. Przy suszeniu ciała te zwęglają się, tworząc w glinie liczne otworki, pozwalające jej kurczyć się bez pęknięcia i robiące ją porowatą.

Gliny do formowania używa się w stanie ciastowatym, rzadkim.

4. Piasek do rdzeni. Na rdzenie tj. części wypełniające formę w miejscach gdzie mają być otwory i wogóle puste przestrzenie, używa się piasku tłustego, a dla przepuszczalności robi się w nich przewody odprowadzające gazy. Ponieważ rdzenie takie wskutek wysokiej temperatury stopionego metalu stają się twarde, przeto w wypadkach, gdzie one z powodu cienkości swej lub złożonych kształtów wypełnionych nimi otworów są trudne do usunięcia, używa się do ich wyrobu czystego piasku rzecznoego bez domieszki gliny, zarobionego z olejem lnianym, mąką, żywicą, melasą i t p. ciałami. Ciała te po lekkim wysuszeniu dają mu wielką wytrzymałość, nie odbierając porowatości, a po wlaniu i zastygnięciu metalu, tracą swoją spoistość wskutek silnego ogrzania przez metal, tak że rdzeń staje się syplki i pozwala się z łatwością z odlewu usunąć.

Przyrządzanie piasku. Piasek jakiegokolwiek rodzaju podlega najpierw przyrządzaniu, mającemu na celu usunięcie z niego niepotrzebnych dodatków, ujednostajnienie wielkości ziarn, dokładne zmieszanie, zwilżenie i t d.

Czynności te wykonywane ręcznie przez każdego robotnika dla siebie, nie dają zadawalającego materiału formierskiego i podrażają koszt roboty, dlatego w lepiej urządzonych fabrykach odbywa się przygotowanie piasku w jednym miejscu dla całej odlewni, sposobem częściowo lub w całości mechanicznym. Składowe czynności całego tego procesu są następujące:

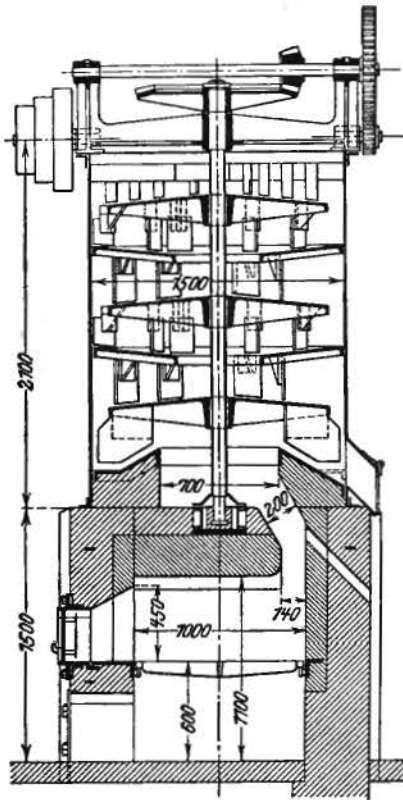
- a) przygotowanie piasku świeżego, przez suszenie, mielecie i przesiewanie,
- b) przygotowanie piasku używanego, przez rozgniatanie brył, oczyszczanie i przesiewanie,

c) mieszanie obu gatunków ze sobą i z węglem, zwilżanie, i ponowne, ostateczne mieszanie.

Suszenie. Świeży piasek suszy się dlatego, aby następnie dał się rozdzielić z bryłek na ziarenka i należycie wymieszać; jest to wprawdzie połączone ze zwiększeniem kosztów roboty, na wyparowanie wody, której się później napowrót dodaje, i są metody przerabiające piasek w stanie wilgotnym, ze względu jednak na konieczną jednostajność wymieszania wszystkich składników, jest metoda stosująca suszenie piasku najczęściej rozpowszechniona.

Suszenie nie może się odbywać przy wysokiej temperaturze, aby glina zawarta w piasku nie doznała zmian odbierających jej plastyczność.

Wykonywa się tę czynność albo na płaskich, z dołu ogrzewanych płytach (zwykle umieszczonych nad suszarnią form) przez rozkładanie na nich piasku, albo sposobem ciągłym w ukośnie ustawionych bębnach, przez które się piasek zwolna przesypuje, a w przeciwnym kierunku płyną gorące gazy z paleniska (na ryc. 7 lit. A), albo w pionowych piecach (rycina 1) ¹⁾, w których gazy z paleniska wznoszą się do góry, w przeciwnym zaś kierunku



Ryc. 1. (St. u. E.)

przesypuje się piasek po pochyłych, jużto obrotowych, jużto nieruchomych talerzach, doznając przytem ciągłego mieszania.

Mielenie. Ponieważ piasek jest zbity w bryły, a jego ziarna są często za wielkie, odbywa się po suszeniu proces rozdra-

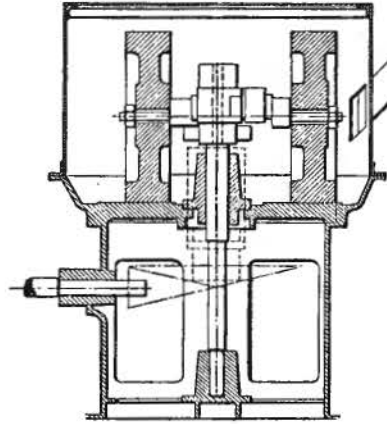
¹⁾ St. u. E. 1912. str. 695.

bniania wykonywany na gniotownikach krążkowych (ryc. 2), Stanowią go dwa, na poziomej żelaznej płycie toczące się żelazne kręgi, miażdżące wsypywany na płytę piasek, który po zmieleniu wygarniają łopaty, poruszane tym samym pionowym wałem co kręgi. Wszystko jest okryte blaszaną osłoną, aby powstający pył nie zanieczyszczał powietrza.

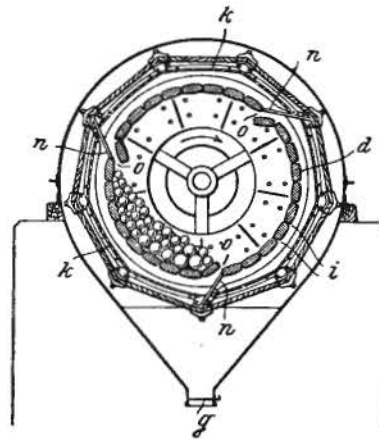
Przesiewanie. Zmielony piasek wsypuje się z gniotownika do obrotowego sita kształtu stożkowego (ryc. 7, lit. P); piasek mialki przechodzi przez siatkę sita, większe grudki wysypują się nieprzesiane szerszą stroną sita.

Bywają także sita płaskie, nieustannie wstrząsane dla szybszej pracy; aby nieprzesiane części usunąć ze sita, ustawia się je pochyło. Części te zanosi elewator naczynkowy lub inny przyrząd transportowy napowrót do gniotownika.

Jeżeli piasek ma mieć większą mialkość, używa się do mielenia młynka kulowego (ryc. 3), w postaci obrotowego bębna, w którym różnej wielkości kule rozdrabiają na stalowych listwach *d* piasek wsypywany z boku, około osi bębna. Zmielony piasek przesypuje się przez szczeliny *i* między listwami, i spada na sito *k*, a po przejściu przez nie na jeszcze drobniejsze sito tuż pod tamtem umieszczone. Ze sita wpada piasek do lejka otaczającego bęben ze spodu i wysypuje się otworem *g*. Bryłki nieprzesiane przez sito *k* dostają się po przegrodach *n* otworami o napowrót na listwy *d*.



Ryc. 2.



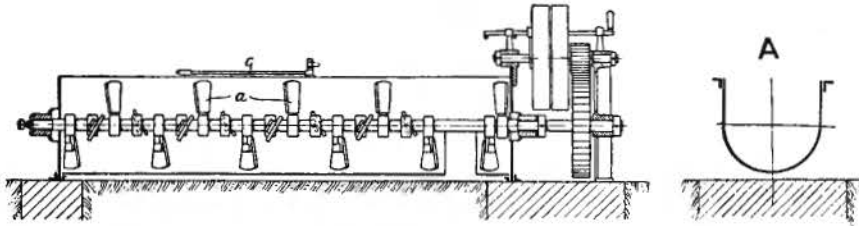
Ryc. 3. (St. u. E).

Takiego samego przyrządu używa się do mielenia węgla.

Piasek używany poprzednio na formy jest zazwyczaj zbity w bryły, które należy rozkruszyć; jest też zanieczyszczony odpadkami żelaza jużto w postaci kropli z rozpryskującego się metalu przy wlewaniu do formy, jużto drucikami używanymi do wzmacniania wystających części formy; z tych odpadków piasek musi być oczyszczony.

Do rozgniatania brył służą dwa obracające się poziome wałki z twardej leizny, naciskane na siebie sprężyną; pomiędzy te wałki wpuszcza się piasek i kruszy. Do usuwania odpadków żelaza używa się sortownika magnetycznego, urządzonego na tej samej zasadzie jak sortowniki do tzn. magnetycznego zubożania rudy ¹⁾. Tak przerobiony piasek przesiewa się na sitach.

Mieszanie. Stary i nowy piasek oraz sproszkowany węgiel muszą być bardzo dokładnie wymieszane a zarazem zwilżone wodą, aby miały potrzebną do formowania plastyczność. Uskutecznia się to najpierw w mieszadle korytkowym (ryc. 4).



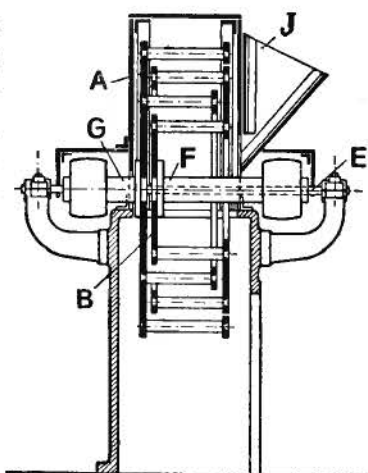
Ryc. 4. (Z. d. V.)

W żelaznym korycie A obraca się wał uzbrowiony ukośnie ustawionymi łopatkami *a*, które obracając się z nim razem przetwarzają wsypywane do koryta materiały, mieszając je ze sobą, a równocześnie posuwają naprzód. Umieszczona nad korytem dziurkowana rura *c* zrasza wodą przesuwaną się korytem piasek i w ten sposób go zwilża.

Do dokładnego zmieszania i rozluźnienia ziarenek piasku, co mu daje wymaganą przepuszczalność, stosuje się na końcu

¹⁾ Część I, str. 130—131.

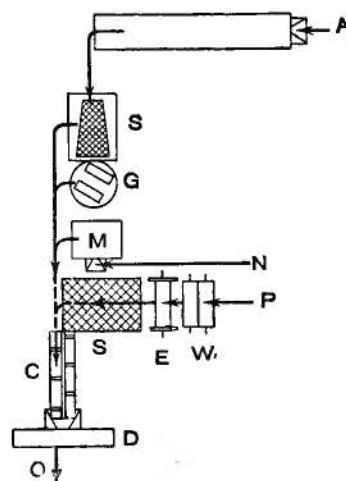
roboty desintegrator (ryc. 5). Na nieruchomym wale *E* znajdują się dwie tarcze *A* i *B* osadzone na piastrach *F* i *G*, które od dwóch połączonych z nimi kół pasowych otrzymują szybki obrót w przeciwnym kierunku. W tarczach osadzone są 4 szeregi (po dwa na każdej piastrze) koncentrycznych sworzni, które piasek wsypywany lejkiem *J* w swoim obrocie trafiają, rozbijają i rozpulchniają. Gotowy do formowania piasek zbiera się pod maszyną.



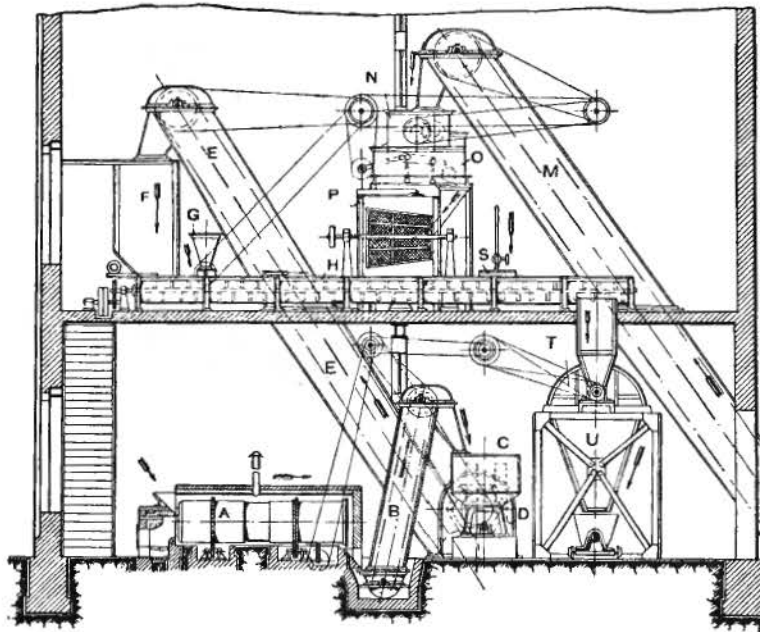
Ryc. 5.

Całość mechanicznego urządzenia do przygotowywania piasku przedstawia szematycznie rycina 6 nie potrzebująca dalszego objaśnienia; rozkład takiego zakładu widzimy na ryc. 7.

Świeży piasek suszy się najpierw w suszarce *A*, poczem elewator *B* wsypuje go do gniotownika kręgowego *C* z sitem *D*, skąd elewatorem *E* dostaje się do zbiornika *F*, i w miarę potrzeby bywa wypuszczany do mieszadła korytowego *H*, gdzie z rozdzielacza *G* wsypuje się do niego potrzebna ilość węgla zmielonego na młynku kulowym. Piasek używany donosi z odlewni elewator *M* do gniotownika wałkowego *N*, z którego po przejściu sortownika magnetycznego *O* i sita *P* spada również do koryta *H*, miesza się z piaskiem świeżym i węglem, a skropiony natryskiem *S* dostaje się do desintegratora *T*, a stąd do zbiornika *U* i w miarę potrzeby bywa wsypywany do wózków dowożących go do odlewni.



Ryc. 6. *A* dopływ piasku świeżego, *S* sita, *G* gniotownik kręgowy, *M* młynek kulowy, *N* dopływ węgla miałkiego, *P* dopływ używanego piasku, *W* gniotownik wałkowy, *E* sortownik magnetyczny, *C* mieszadło korytowe, *D* desintegrator, *O* odpływ gotowego piasku.



Ryc. 7. (Durlach).

Wyrób form. Ponieważ forma na odlew musi jak najdokładniej obejmować kształt przedmiotu, aby odlew odpowiadał konstrukcyi we wszystkich szczegółach, jest najprostszą do tego drogą zrobić model, dokładnie naśladowujący odlew i na nim wykonać formę; jest też to najczęstszy sposób postępowania. Wykonanie modelu jest jednak czynnikiem podrażającym odlewy; nie ma to większego znaczenia jeżeli wykonywa się wiele odlewów, bo ten sam model służy do przygotowania większej liczby form i koszt jego przypadający na jedną jest niewielki, bardzo jednak podnosi koszt, gdy wykonujemy tylko jeden, lub choćby kilka odlewów. W takich razach staramy się obejść bez modelu, o ile jest to możebne. Gdy odlew ma przekrój jednostajny, a zwłaszcza jest ciałem obrotowym, można model zastąpić szablonem, przedstawiającym profil przedmiotu; poruszając szablon dookoła osi lub przesuwając go po stosownej kierownicy, wyrabiamy owym profilem kształt żądany w piasku, wytwarzając w ten sposób formę. Tutaj koszt modelu redukuje się do ceny szablonu

wyrobionego z deski lub blachy, jest więc o wiele mniejszy, natomiast robota formy przy pomocy szablonu jest trudniejsza, a przez to droższa, niż za pomocą modelu. To daje wskazówkę, że szablonu można z korzyścią użyć zamiast modelu przy wykonywaniu małej liczby odlewów, przy większej model lepiej się opłaci. Mając więc rozstrzygnąć co należy zastosować, model czy szablon, należy przeprowadzić obliczenie kosztów obu sposobów roboty, uwzględniając koszt modelu i szablonu oraz robocizny w związku z liczbą wykonąć się mających odlewów.

W pewnych wypadkach, zwłaszcza przy wielkich rozmiarach odlewu, gdy model jest za kosztowny a szablonu nie można użyć z powodu nie nadającego się do tego kształtu przedmiotu, wykonywa się formę bez modelu, posługując się przy pewnych jej częściach szablonami, przy innych częściowymi modelami, a wreszcie robotą wolnoreczną; wtedy koszt modelów względnie szablonów są bardzo małe a robota kosztowna.

Czasami formę składa się w całości lub częściowo z oddzielnie w formach wykonanych części.

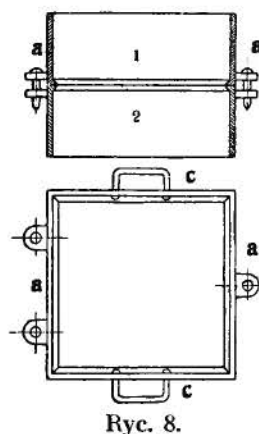
Formowanie zapomocą modelu. Model powinien mieć, jak już była mowa, dokładnie taki kształt, jak przyszły odlew, gładką powierzchnię, aby ściany formy były także gładkie, a piasek formierski nie przywierał do modelu, co powodowałoby uszkodzenie formy; pod pewnymi jednak względami, spowodowanymi wymaganiami roboty i własnościami odlewane go metalu, model różni się od odlewu. Ze względu na kurczenie się metalu wlanego do formy w czasie stygnięcia, muszą wymiary formy, a więc i modelu być o tyle większe o ile metal się skurczy. W części I. »Wykładu technologii« podane są współczynniki kurczenia się różnych metali, — do nich stosuje się wymiary modelu; u żelaza lanego np. wynosi liniowy współczynnik kurczenia się 0·8—1·2, średnio 1·0, dlatego modele muszą mieć wymiary o 1^o/₀ większe, u stali o 1·6—2^o/₀ i t. p. Dla ułatwienia roboty stolarzowi modelowemu daje się mu umyślnie do tego celu zrobioną miarę, na której podziałka jest większa o współczynnik kurczenia się.

Sposób robienia formy, o czym dalej będzie mowa, wy-

można często, aby model dzielił się na kilka części, dających się dokładnie ze sobą składać przy pomocy z jednej strony wystających kołeczków, a z drugiej zagłębień, w które wchodzi kołeczki. Często wreszcie zaopatruje się model w tzw. czopy rdzeniowe dla wyrobienia w formie gniazd, w które wkłada się rdzenie, służące do wytworzenia pustych przestrzeni w odlewie, jak to poznamy na przykładach formowania.

Modele wykonuje się z drewna jako z najtańszego i najłatwiejszego do obrabiania materiału, składając je w warstwach o różnym kierunku włókien, aby uniknąć pęcznienia się, potem pokrywa się je pokostem lub lakierem celem ochrony od wilgoci w zetknięciu z piaskiem oraz dla nadania potrzebnej gładkości. Modele drewniane zużywają się szybko, pękają, rozpadają się, dlatego do odlewów, powtarzających się wiele razy wyrabia się modele żelazne, mosiężne i t. p. Modele metalowe, używane głównie przy formowaniu maszynowym, są o wiele droższe z powodu znacznie większych kosztów wykonania i opłacają się tylko przy bardzo znacznej liczbie odlewów.

Skrzynki formierskie. Ponieważ forma składa się przynajmniej z dwóch części, i dla wyjęcia modelu jest rozbierna, muszą być jej wszystkie części, a przynajmniej niektóre tak umieszczone w sztywnej osadzie, aby się dały razem z nią poruszać przy rozkładaniu. Służą do tego skrzynki formierskie, mające kształt wysokiej ramy, w której gruba warstwa piasku, zawierająca formę, znajduje się utwierdzenie dzięki przyczepności piasku do ścian skrzynki i wskutek własnej spoiwości.



Ryc. 8.

Na ryc. 8 widzimy dwie (1 i 2), należące do siebie skrzynki na formy do małych odlewów. Każda skrzynka zawiera połowę formy, i aby przy składaniu rozbranej formy nie nastąpiło przesunięcie względem siebie obu części, przez co odlew wypadłby wadliwie, znajdują się u obu skrzynek wystające łapki *a*, z których jedne mają otwory, drugie kołki

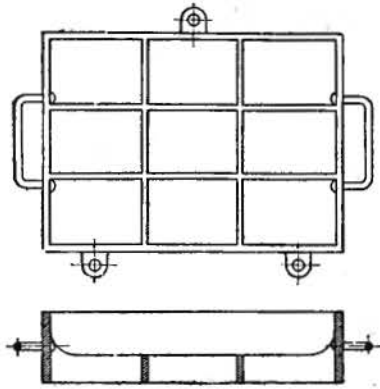
dokładnie do otworów dostosowane. Nadto skrzynki mają uszy *c* do chwytania ich ręką i podnoszenia. Dla lepszego utwierdzenia piasku mają skrzynki z wewnętrznej strony wystające brzegi.

Skrzynki większych rozmiarów przedzielone są ściankami (rycina 9) utrzymującymi piasek, który bez tego wysypałby się pod działaniem własnego ciężaru.

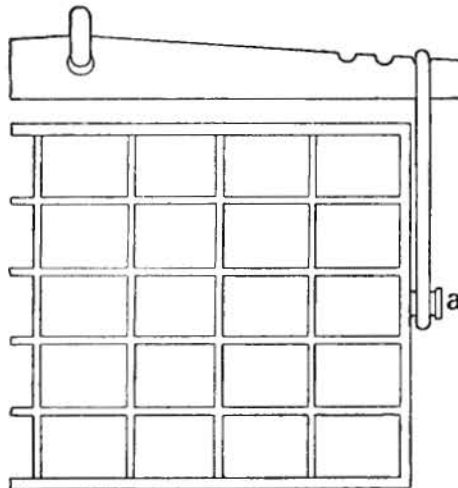
Większe formy robi się częściowo nieruchome w zagłębieniu wykopanem w odlewie (formy w ziemi), częściowo umieszczone w skrzynkach formierskich. Taką skrzynkę wielkich rozmiarów widzimy na ryc. 10. Ma ona również przegrody, niekiedy urządzone do wyjmowania, stosownie do potrzeby, a do podnoszenia, które z powodu ciężaru takiej formy odbywa się mechanicznie, służą czo-py *a*; na nich forma daje się odwracać dla poczynienia naprawek.

Opisane skrzynki wykonane są z żelaza; czasami, zwłaszcza w Ameryce, używają skrzynek z drewna, szczególnie wtedy, gdy skrzynka służy tylko przy formowaniu, a po wykonaniu tej roboty, przy odlewaniu, zdejmuje się ją, przy-

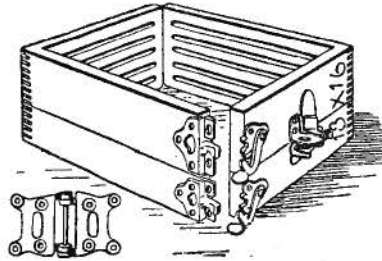
czem sama warstwa ubitego piasku daje formie potrzebną wytrzymałość. Taką skrzynkę przedstawia ryc. 11. Boki jej są złączone zawiasowo i po zluźnieniu połączenia rozwierają się dla zdjęcia skrzynki z formy.



Ryc. 9.

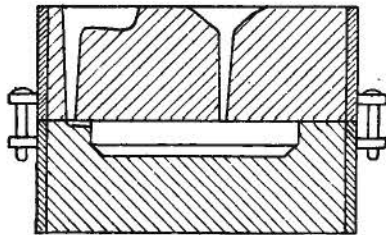
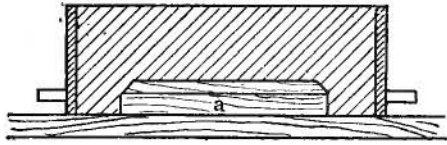


Ryc. 10.



Ryc. 11.

wiwszy dwa kolki, z których jeden ma wytworzyć przewód do wlewania roztopionego metalu, drugi do odprowadzania gazów, wsypuje się piasek i ubija. Wyjąwszy kolki i zdjęwszy górną skrzynkę wyjmuje się model, ostukując go drewnianym młotkiem dla odłączenia od formy; po złożeniu skrzynek ze sobą pozostaje przestrzeń pusta, stanowiąca formę.



Ryc. 12.

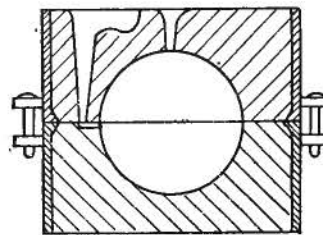
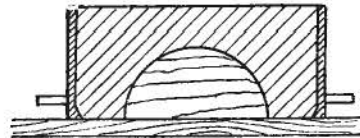
łowy na desce, wykonywa się połowę formy (szkic górny), odwraca, wkłada na dolną połowę drugą część modelu, nakłada drugą skrzynkę i wykonywa drugą część formy, poczem rozłożywszy skrzynki, wyjmuje się obie części modelu.

Przykłady formowania. Zasady formowania przedstawiają następujące przykłady:

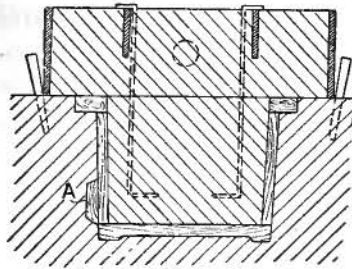
1. *Forma na płytę.* Model *a* z jednego kawałka (niedzielony) układa się na desce formierskiej (ryc. 12, szkic górny), ustawia skrzynkę formierską, wsypuje i ubija piasek; następnie odwraca się skrzynkę, nakłada drugą (szkic dolny) i usta-

wym młotkiem dla odłączenia od formy; po złożeniu skrzynek ze sobą pozostaje przestrzeń pusta, stanowiąca formę.

2. *Forma na kulę* (rycina 13). Model z dwóch części; po ułożeniu jednej po-



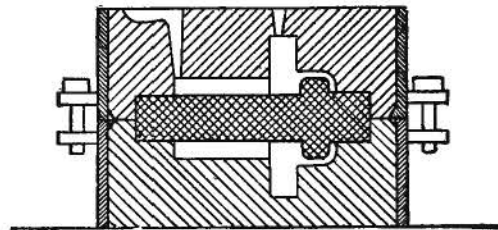
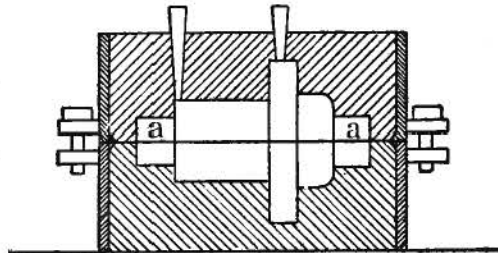
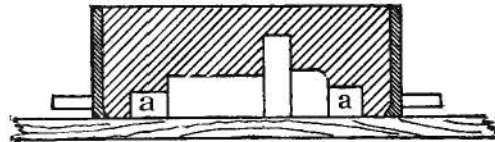
Ryc. 13.



Ryc. 14.

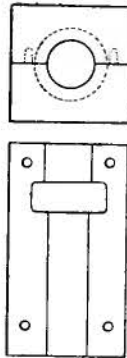
3. *Forma naczynia z nasadką z boku* (ryc. 14). Jak widać z przekroju przez formę wraz z niewyjętym jeszcze modelem, forma składa się z dwóch części, z których górna, w skrzynce, obejmuje wewnętrzną powierzchnię naczynia. Aby ta część formy nie oderwała się, wkłada się przed formowaniem haki żelazne powleczone

gliną, opierające się jednym wygięciem na żebrach skrzynki, drugim sięgające do spodu formy. Ubity w skrzynce piasek czepia się haków i znajduje na nich utwierdzenie. Model nasadki *A* nie jest połączony z całością, dlatego po wyjęciu głównego modelu z formy pozostaje w niej i osobno do wnętrza może być wyjęty; gdyby go wykonano razem z głównym modelem, nie można go wyjąć bez uszkodzenia formy, ponieważ wystaje z boku.



Ryc. 15.

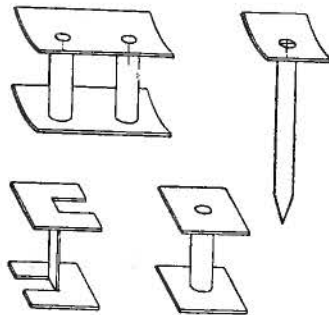
4. *Forma dławika* (ryc. 15). Model nie posiada otworu, który jest w dławiku, ale jest pełny, i w miejscu, gdzie ma być otwór, ma przybite klocki *a* o średnicy otworu, tzn. czopy rdzeniowe. Wykonawszy formę w ten sam sposób jak formę kuli, mielibyśmy odlew bez otworu, lecz pełny, z dodatkami czopów. Aby przy odlewaniu powstał otwór, wkłada-



Ryc. 16.

my do formy nową część, zwaną *rdzeniem* (spodni szkie), o średnicy otworu, a więc i czopa rdzeniowego, i o takiej długości, jaką ma model wraz z czopami. Czopy rdzeniowe służą więc do wyrobienia w formie gniazd dla rdzenia, w którym jego końce spoczywają. Rdzeń wyrabia się z piasku tłustego w osobnej formie, tzn. skrzynce rdzeniowej (ryc. 16), złożonej z dwóch części. Po ubiciu piasku rozkłada się formę, wyjmując rdzeń i suszy.

Aby rdzeń nie złamał się pod własnym ciężarem, usztywnia go się wpuszczonym w środek prętem, rurą i t. p. lub podpiera podpórkami rdzeniowymi (ryc. 17), które wlane żelazo oblewa i łączy się z niemi. Podpórki zrobione są z żelaza i powleczone cyną dla zabezpieczenia od rdzewienia, rdza bowiem, jako tlenek, redukuje się w styczności z węglem zawartym w żelazie i tworzy tlenek węgla (gaz) powodujący porowatość odlewu.



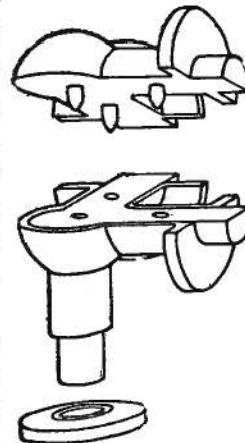
Ryc. 17.

Podpórek tych, jako niezbyt pewnego środka, używać trzeba tylko w razie koniecznej potrzeby.

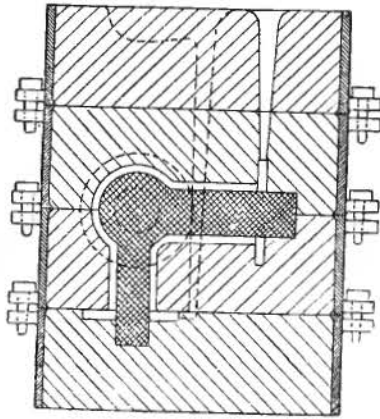
Aby przez rdzeń mogły uchodzić gazy i para wodna z formy, musi

on być porowaty. W większych rdzeniach wyrabia się dlatego kanaliki idące wzdłuż, wkładając do skrzynki rdzeniowej pręt, który się po ubiciu piasku wyciąga; przez to wytwarza się przewód dla gazów. W małych rdzeniach po ubiciu piasku robi się otworki, wbijając ostro zakończony drut.

5. *Forma podwójnego odgałęzienia rurowego*, wykonana zapomocą modelu złożonego z trzech części (rycina 18 w perspektywie), składa się z czterech części (ryc. 19) oraz rdzenia; w czwartej

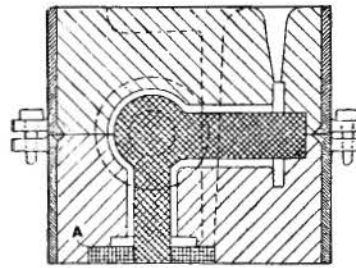


Ryc. 18 (Preger).



Ryc. 19.

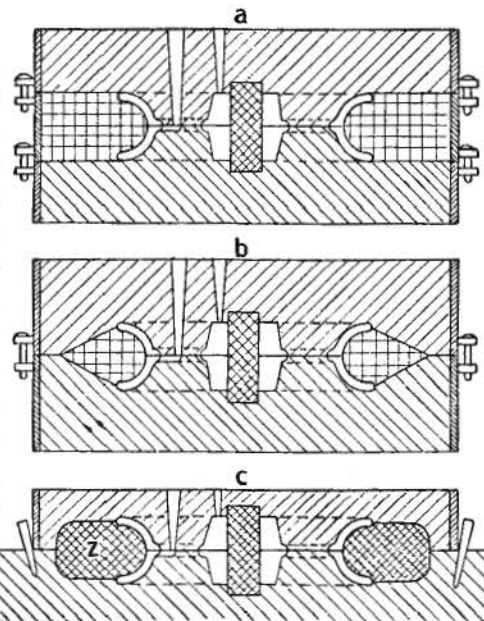
skrzynce znajdują się kanały do wlewu i do odprowadzenia gazów.



Ryc. 20.

Tę samą formę można zrobić także w dwóch wyższych skrzynkach (ryc. 20); w skrzynce górnej mieści się połowa formy z wlewem etc., w dolnej druga połowa z osobno nałożonym modelem dolnej krysy, który jest zamknięty wkładką A z masy lub gliny. Umożliwia to wyjęcie modelu krysy z jednej strony skrzynki, poczem cały model wyjmie się z drugiej strony.

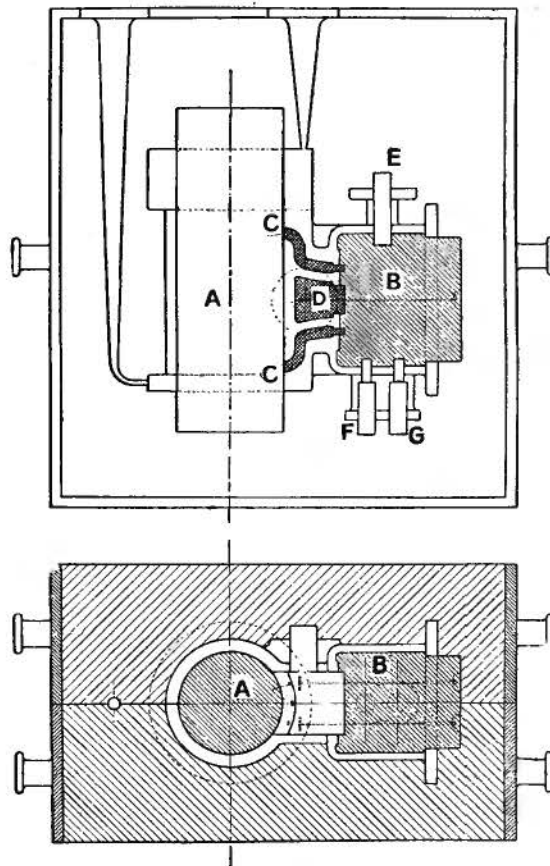
6. *Formowanie różnymi sposobami.* Za przykład niech posłuży wyrób formy kółka linowego (ryc. 21), a) w trzech skrzynkach (u góry), b) w dwóch skrzynkach (w środku) z wkładką, którą się robi po uformowaniu dolnej części i nałożeniu drugiej połowy modelu; potem nakłada się górną skrzynkę i wykonuje resztę formy. Ponieważ krucha wkładka



Ryc. 21.

nie da się podnieść dla wyjęcia dolnej części modelu, używa się następującego sposobu: Po podniesieniu górnej skrzynki i wyjęciu górnej połowy modelu składa się formę napowrót, odwraca, i w ten sam sposób wyjmuje drugą połowę modelu; w czasie tych czynności wkładki nie trzeba ruszać. c) Model (u dołu) ma wieniec pełny i rozszerzony o część z, stanowiącą czop rdzeniowy; rdzeń ten w segmentach formuje się częściowo w osobnej skrzynce rdzeniowej i następnie obok siebie w formie układu, tak, że tworzą cały pierścień. Tym sposobem zapobiega się trudnościom przy formowaniu wklęsłej części wieńca.

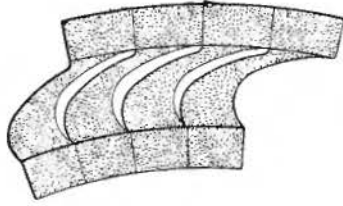
7. Przykład trudniejszej roboty formierskiej przedstawia



ryc. 22. Jest to forma cylindra maszyny parowej (w przekroju i w widoku po zdjęciu jednej skrzynki), gdzie wszystkie otwory wykonane są za pomocą rdzeni: A wewnątrz cylindra, B skrzynka suwakowa, C i D otwory dopływowe i odpływowe, E, F i G otwory dla trzonów ekscentrów.

8. *Forma składana z części.* Niekiedy przy kształtach trudnych do uformowania zapomocą modelu, wyrabia się formę częściami w skrzynkach na sposób rdzeni i po wysuszeniu składa w całość. Przykład tym sposobem wykonanej formy dla koła kierującego turbiny wodnej przed-

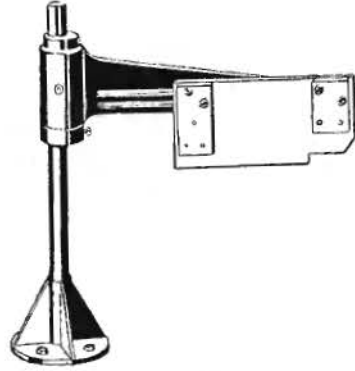
Ryc. 22.



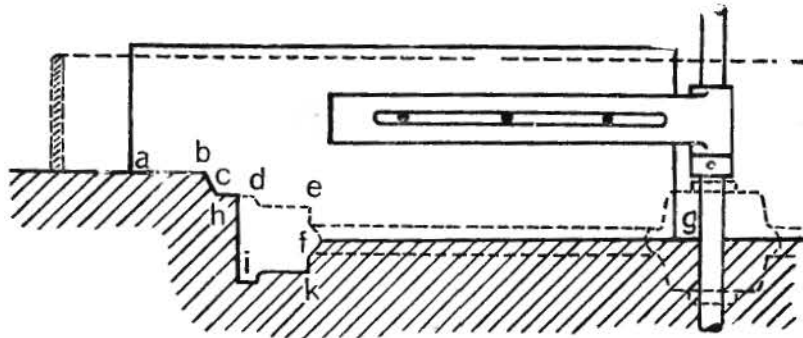
Ryc. 23.

stawia ryc. 23. Forma jest złożona z kawałków jednakowych, wyrobionych w jednej skrzynce, między nimi wolne miejsca tworzą formę łopatek.

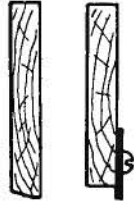
Formowanie przy pomocy szablonu. Jako przykład tej roboty opiszemy formowanie koła zamachowego. Aby otrzymać górną część formy, umieszoną w skrzynce formierskiej, wykonywa się w piasku za pomocą szablonu model jednej strony koła. W tym celu wykreśliwszy na posadzce odlewni odpowiednie miejsce, wykopuje się stosowne zagłębienie i część jego, gdzie ma być wyrobiona forma, wypełnia piaskiem formierskim; w środku, w pewnej głębokości zakopuje się podstawę (ryc. 24) i w niej umieszcza pionową oś szablonu. Na oś nakłada się ramię z piastą, swobodnie się obracającą, z przykręconą do niego deską (szablonem) o odpowiednim wycięciu. Na ryc. 25 widzimy wycięcie *a b c d e f g*, obejmujące między powierzchniami dzielącymi formę kształt



Ryc. 24 (Durlach).



Ryc. 25.

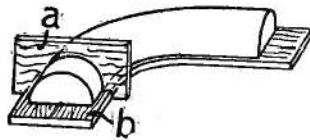


Ryc. 26.

jednej strony wieńca koła. Deska szablonu ma krawędź profilowaną, ostro ściętą, a czasem obitą blachą (ryc. 26), która przy obrocie około osi wyrabia w piasku żądaną powierzchnię. Skoro tę robotę ukończono, zdejmuje się szablon, wyźlabia zagłębienia dla umieszczenia modelu dzielonego piasty oraz modeli ramion (które można także innymi sposobami uformować), ustawia skrzynię formierską, ubija w niej piasek, wyrabia

wlewy i kanały, przyczem dla utrzymania piasku w formie stosuje się haki wzmacniające (jak na ryc. 14). Gdy w ten sposób wykonano górną część formy, zdejmuje się gotową skrzynię, na osi umieszcza drugi szablon o profilu drugiej strony wieńca koła, i obracając go wycina w ziemi jego formę (*h i k f*). Po ukończeniu tej czynności wyjmuje się szablon wraz z osią oraz modele piasty i ramion, umieszcza rdzeń na otwór w piasku, i nałożywszy górną skrzynkę z zawartą w niej częściową formą, otrzymuje formę całkowitą.

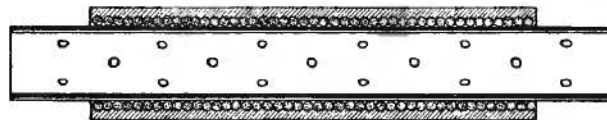
Zapomocą szablonu można wyrabiać nietylko formy na ciała obrotowe, ale także na przedmioty innego kształtu (proste, wygięte, i t. p.), byle ich profil był niezmienny. Wtedy zamiast szablonu utwierdzonego obrotowo stosujemy



Ryc. 27 (Preger).

kierownice odpowiedniego kształtu, po których posuwa się szablon. Na ryc. 27 widzimy wyrób jednej połowy rdzenia do kolana rury zapomocą szablonu *a*, poruszanego po kierownicy *b*.

Wielkie rdzenie do rur robi się także szablonem (ryc. 28); w tym celu rurę podziurkowaną (dla od prowadzania gazów) owija się warkoczem ze słomy lub wiórków drzewnych i oblepia gliną formierską, a umieściwszy

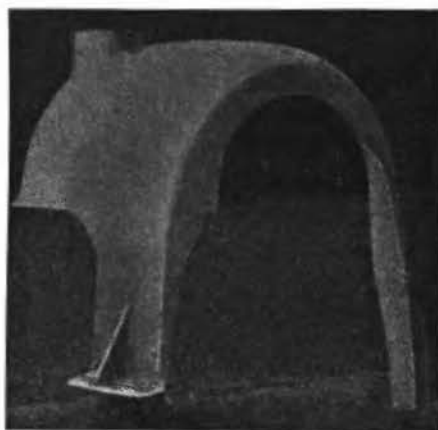


Ryc. 28.

końce rury w łożyskach, obraca ją, poczem przykładą się deskę z ostrą krawędzią (szablon) i wyrabia kształt cylindryczny. Deska może być profilowana, wtedy otrzymamy rdzenie zmiennej grubości np. do rur wodociągowych z kolierzami.

Formowanie bez modelu stosowane bywa do wielkich odlewów, które rzadko się wykonywa, a więc robota modelu jest za kosztowna, kształt przedmiotu zaś nie pozwala na robotę szablonem. Robotnik posługuje się tu rysunkiem, wyrabiając formę narzędziami formierskimi od ręki, stosując do części trudniejszych modele częściowe, a gdzie się da robotę szablonem; np. wszystkie płaskie, a także wypukłe i wklęsłe powierzchnie, o ile krzywizna ich jest niezmienna, wyrabia się szablonami prowadzonymi w kierownicach odpowiednio ułożonych; do części trudniejszych stosuje się formy częściowe, wyrobione w skrzynkach i w odpowiednim miejscu formy umieszczone. Robota wymaga wielkiej wprawy i doświadczenia.

Jako przykład tego rodzaju roboty podajemy wyrób formy do osłony motoru (ryc. 29) ¹⁾ do jednorazowego odlewu, dla której nie opłaciło się robić osobnego modelu. Kształt osłony u góry okrągły pozwala na częściowe stosowanie szablonu, części dolne muszą być zrobione w formie na sposób rdzeni; formę taką podaje ryc. 30. Widzimy tam model trójdzielny umiesz-

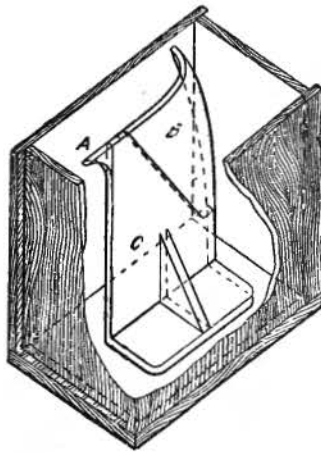


Ryc. 29 (St. u. E.)

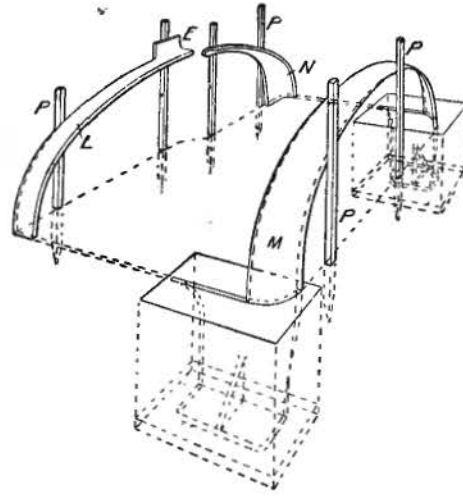
czony w skrzynce, w której ubija się piasek na modelu, a następnie kolejno wyjmuję część *B* i *A* do góry, część *C* ku dołowi po odwróceniu skrzynki i odjęciu dna. Tak przygotowane

¹⁾ St. u. E. 1908, str. 1251 i dalsze.

formy na obie spodnie części zakopuje się w ziemi (ryc. 31) i zatkawszy je tymczasowo, buduje nad nimi resztę formy.

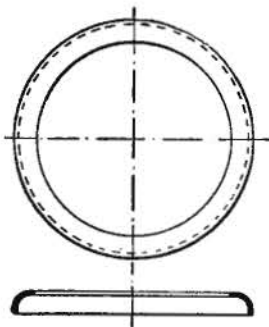


Ryc. 30 (St. u. E.)



Ryc. 31 (St. u. E.)

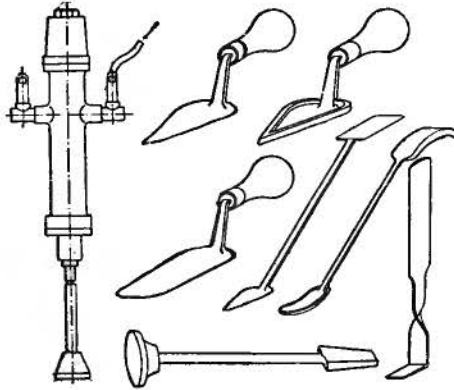
Służy do tego wytoczony z drzewa pierścień (ryc. 32), którego połowka *M* (na ryc. 31) ustawiona jest z jednej strony i przytwierdzona do słupków *P*, ćwiartki *N* i *L* z drugiej, gdzie ostatnią uzupełnia odmienny kawałek *E*. Gdy tę robotę ukończono, ubija się piasek warstwami między częściami *M*, *N* i *L* i obok nich, poczem drewnianą listewką, kierowaną z jednej strony po *M* z drugiej po *L* i *N* wykonywa się zewnętrzny kształt osłony; część *E* między *L* i *N* uzupełnia się robotą ręczną. Na takim kształcie wyrabia się w ustawionej skrzyni górną część formy, poczem podniósłszy skrzynię zbiera się podobną listewką, tylko sięgającą głębiej o grubość ściany, warstwę piasku odpowiadającą tej grubości, i wyjąwszy części modelu *M*, *N* i *L*, otrzymuje drugą część formy. Odetkawszy formy



Ryc. 32 (St. u. E.)

dolnych części i ustawiwszy wierzchnią skrzynkę, mamy formę gotową.

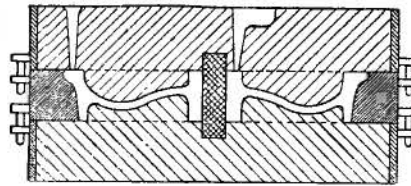
Przy formowaniu posługuje się robotnik różnymi narzędziami, służącymi do nabierania, ubijania, gładzenia i t. p. piasku w formie, robienia otworów dla odprowadzania gazów i t. d. Na ryc. 33 widzimy kilka takich narzędzi oraz ubijaczkę (z lewej strony), poruszaną zgcszczonem powietrzem.



Ryc. 33.

Odlewy twarde. Aby uzyskać odlew o twardej powierzchni, należy się starać, ażeby w miejscu, które ma być twarde, żelazo po wlaniu bardzo szybko zastygło, wskutek czego, wydzielający się przy tężeniu karbid (cementyt, Fe_3C ¹⁾ nie ulegnie rozkładowi na grafit i żelazo, ale zachowa swą postać, dając przez to żelazu wielką twardość. Aby taką twarłą powierzchnię wytworzyć, robi się w tem miejscu częściową formę z żelaza o znacznej grubości, zamiast z piasku. Żelazo, jako dobry przewodnik, szybko odbiera ciepło roztopionemu metalowi i powodując nagłe tężenie, wytwarza na powierzchni odlewu warstwę twarłą, bo bogatą w cementyt.

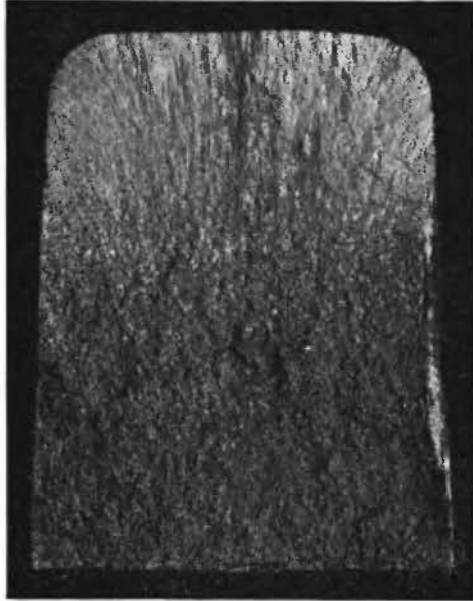
Na ryc. 34 widzimy formę kółka wagonowego; część środkowa formy zrobiona jest z żelaza o znacznej grubości zamiast z piasku, aby na powierzchni wieńca koła wytworzyła się twarła warstwa.



Ryc. 34.

Na ryc. 35 przedstawiona jest struktura twardego odlewu: na powierzchni jasna, twarła warstwa, zawierająca

¹⁾ Część I, str. 4—10 i 14.



Ryc. 35.

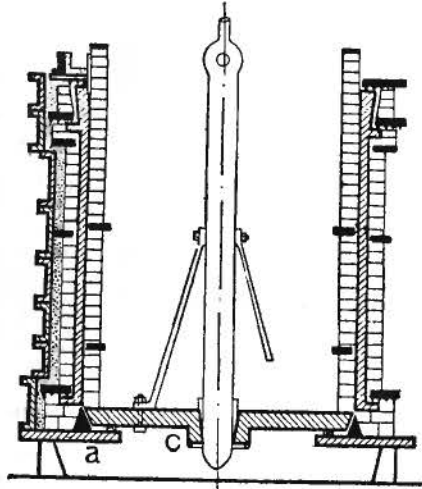
wiele cementytu, ku wnętrzu przechodzi ona stopniowo w ciemny surowiec szary, miękki i obrabialny.

W ten sposób odlewa się różne przedmioty, jak walce do walcowania metali, rozdrabiania twardych materiałów i mielenia zboża, kręgi do gniotowników, szczęki do maszyn kruszących kamienie, płyty pancerne i t. d.

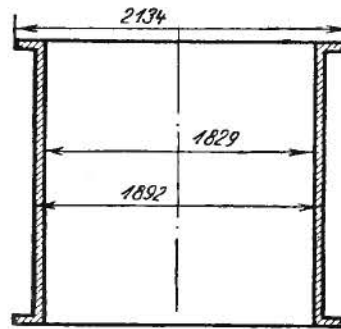
Do przedmiotów wielkich rozmiarów, gdzie od formy wymaga się wielkiej pewności, stosowane bywa *formo-*

wanie w glinie, aby w czasie odlewania forma nie była uszkodzona i kosztowny odlew nie uległ przez to zepsuciu; szczególnie nadaje się ten sposób do roboty szablonem. Forma zbudowana jest na glinie z cegły formierskiej, na ten podkład nalepia się ciekłą warstwę takiejże gliny i na niej wyrabia formę. Jeżeli, — co się często zdarza, odlew jest wewnątrz próżny, wyrabia się osobno część zewnętrzną formy, *tz. płaszcz*, osobno zaś rdzeń. Obie części zbudowane są na płytach żelaznych, utwierdzonych na prętach, aby je można było po uformowaniu przetransportować do suszarni a następnie ze sobą składać. Ryc. 36 przedstawia gotową formę cylindra z krysami, jakimi widzimy na ryc. 37. Forma zewnętrzna (*płaszcz*) zbudowana jest z cegły na pierścieniowej płycie *a*, w kilku miejscach znajdują się żelazne pierścienie wzmacniające, a około krys ochładzające, dla zapobieżenia tworzeniu się jamy podczas krzepnięcia. Nad górną krysą znajduje się nadlew, który się później odcina, oraz wlew. Forma jest zrobiona za pomocą szablonu, w sposób poprzednio opisany. Aby znajdujący się w środku na żelaznej płycie *c* rdzeń był współ-

środkowo osadzony w płaszczu, znajduje się na dolnej płycie *a* pierścień o trójkątnym przekroju, do którego przylega dokładnie brzeg płyty *c* obtoczony skośnie; sposób wyrobu rdzenia przedstawia ryc. 38. Szablon *s* jest tu osadzony nieruchomo, rdzeń z płytą i osią obrotowo. Aby wysoka forma nie uległa uszkodzeniu



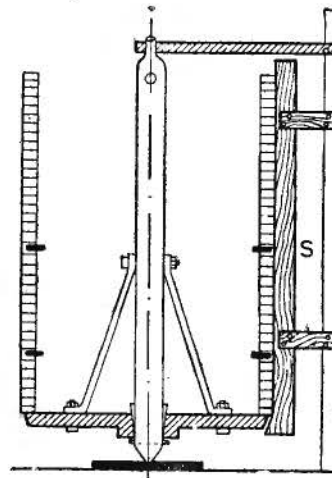
Ryc. 36 (G. Z.)



Ryc. 37 (G. Z.)

pod naciskiem wlanego metalu, wzmacnia się ją obręczami, jak to widzimy na ryc. 36 z lewej strony, a dla ułatwienia odlewania wpuszcza się ją w jamę znajdującą się pod posadzką odlewni i z zewnątrz obsypuje piaskiem; to również przyczynia się do wzmocnienia formy i zapobiega przedarciu się żelaza poza formę.

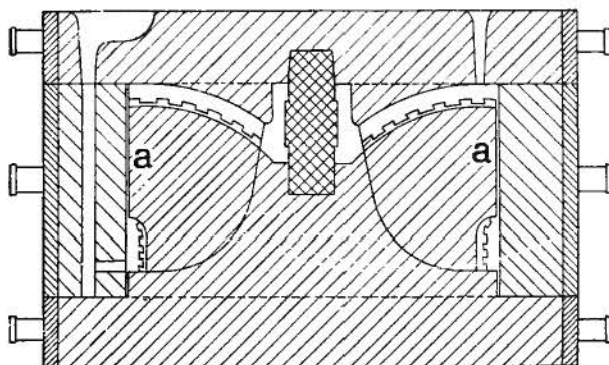
Zamiast w glinie można ten sam odlew wykonać w formie z piasku tłustego; w pewnych miejscowościach stosowany bywa jeden, w innych drugi system roboty, zależnie od przyzwyczajień panujących w miejscowych odlewniach i odpowiadającego im wyszkolenia robotników.



Ryc. 38 (G. Z.)

Formy z częściami z żelaza kujnego (z blachy lub walcówek i t. p.) wyrabia się wtedy, gdy pewne części przy małych wymiarach wymagają znacznej wytrzymałości, gdy owe małe wymiary są wymagane ze względu na dobre działanie maszyny, lub gdy ich formowanie przedstawia większe trudności. W takim wypadku części kute albo muszą być umieszczone w formie po uformowaniu na podobieństwo rdzeni lub w czasie formowania ułożone w piasku formierskim; w tym ostatnim wypadku części te posiadają wystające części, które oblane płynnym żelazem znajdują w niem utwierdzenie po zastygnięciu. To samo, co się odnosiło do podpórek rdzeniowych obowiązuje i tutaj: a więc części, które mają być oblane żelazem powinny być powleczone cyną, a połączenie między nimi a wlanem żelazem z powodu ewentualnego nagromadzenia się baniek gazów, może wypaść nieszczelnie.

Przykład takiego formowania koła turbiny Francisza z łopatkami kutymi podaje ryc. 39. Łopatkki wyrobione w formie



Ryc. 39.

są w miejscach, które będą ujęte w leiznę przedłużone o taką szerokość, jaka ma być zatopiona; dla pewniejszego osadzenia na wypadek złączenia nieszczelnego, jest ten brzeg wycięty w t. jaskółczy ogon i cały pokryty cyną. Łopatkki ustawia się zapomocą podpórek w wymaganem oddaleniu na skrzynce (dolnej) wypełnionej piaskiem, poczem obsypuje się je piaskiem dobrze ubijanym, usuwając podczas tego tymczasowe

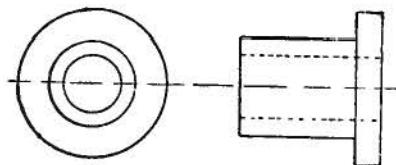
podpórki. Obwód zewnętrzny *a* wyrównywa się zapomocą szablonu, a od ręki w miejscu, gdzie mają być zatopione brzegi łopatek, tak by jednakowo wystawały. Formę na piastę wyrabia się zapomocą modelu z czopami rdzeniowymi, podobnie kanał wlewowy.

Mając w ten sposób zrobioną część dolną formy, wyrabia się zapomocą szablonu płaszcz zewnętrzny (skrzynia środkowa) i tak samo górną formę z przewodami powietrznymi i wlewowymi; złożwszy wszystkie trzy części ze sobą i założywszy rdzeń na otwór w piastce, otrzymuje się gotową formę.

Formowanie maszynowe. Formowanie ręczne wymaga wielkiej zręczności robotnika, aby przy wyjmowaniu modelu nie uszkodził formy, a w razie uszkodzenia umiejętnie ją naprawił, zużywa jego siły przy ubijaniu piasku, zmniejszając przez to wydajność jego pracy, odbywa się powolnie i wskutek tego jest drogie; forma naprawiona od ręki nie jest przytem tak dobra i dokładna jak forma przy wyjmowaniu modelu nieuszkodzona.

Gdzie zależy na szybkim, tanim a dokładnym wykonaniu większej liczby jednakich odlewów, tam stosuje się do wyrobu form maszyny. Formowanie to, wymagające kosztowniejszego urządzenia i droższego modelu, jest korzystne tylko przy większej liczbie odlewów, dla małej nie opłaca się.

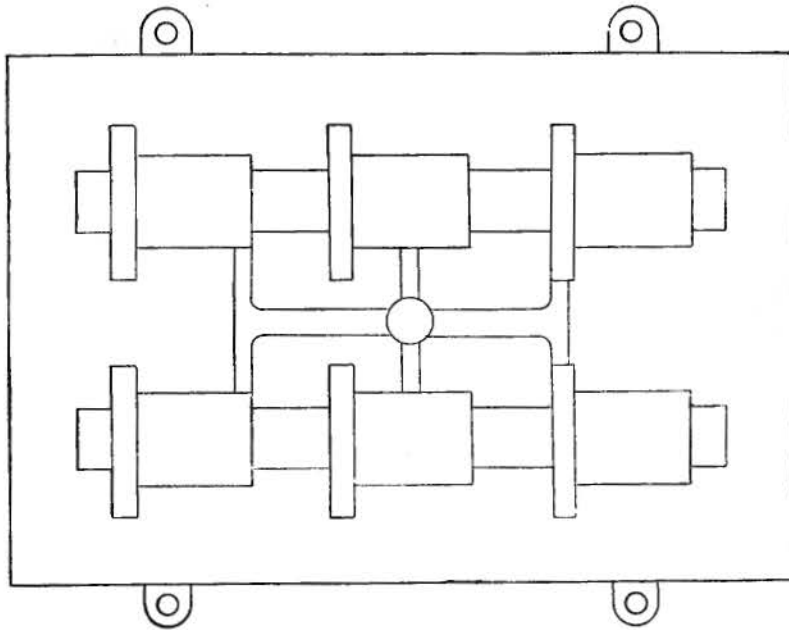
Sposób przejściowy między ręcznym a maszynowym formowaniem stanowi użycie *płyty modelowej*. Objasni to następujący przykład: Chcąc odlać większą liczbę tulejek jak ryc. 40, zestawiamy ze sobą kilka modeli, połączonych czo-



Ryc. 40.

pami rdzeniowymi (ryc. 41), przytwierdzamy ich połówki stałe do płyty, umieszczając obok modele dla odbicia w formie zagłębień na wlew i kanałiki do rozprowadzania z niego metalu do poszczególnych form. Płytę zaopatruje się w kołki, względnie otwory dla dokładnego założenia skrzynki formierskiej, i w ten sposób po ustawieniu skrzynki i ubiciu piasku mamy od razu połowę formy; na drugiej płycie tak samo

zrobionej przygotowuje się drugą połowę formy zaopatrując ją w pionowy kanał wlewowy, a włożywszy wreszcie rdzeń wspólny dla każdej strony formy (na rycinie dla trzech odlewów), mamy formę gotową do użytku.



Ryc. 41.

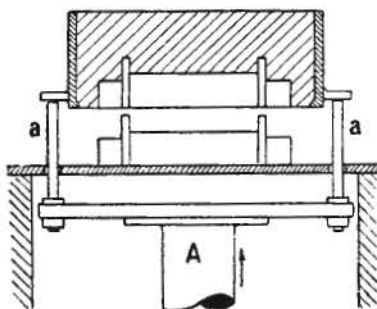
Ten sposób, zastosowany najpierw dla ułatwienia i uproszczenia ręcznego formowania przeniesiono następnie na maszynowe. Do tego celu służą modele zrobione z żelaza, mosiądzu lub jakiegoś tańszego stopu a nawet cementu lub gipsu, utwierdzone na żelaznej płycie. Płytę umieszcza się na odpowiednio zbudowanym stole, a ustawivszy skrzynkę, prowadzoną na kółkach, wysypuje i ubija piasek. Następnie, i tu występuje różnica między ręcznym a maszynowym formowaniem, zdejmuje się formę z nad modelu lub wyjmuje model z formy zapomocą mechanicznego urządzenia, wykluczającego niebezpieczeństwo uszkodzenia formy, jak się to dzieje przy robocie ręcznej.

Przy tym systemie maszyn robota polega na wyjęciu modelu z formy bez uszkodzenia jej, — drugi system będą

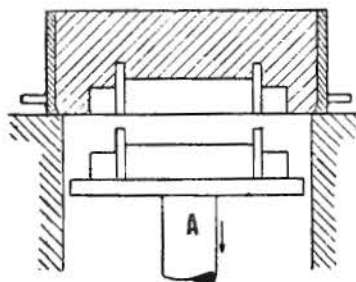
stanowiły maszyny, które, prócz powyższej czynności, ubijają piasek w formie, a wreszcie maszyny wypełniające wszystkie czynności robotnika, który wtedy tylko nadzoruje maszynę i steruje nią.

Maszyny formierskie do wyjmowania modelu z formy. Na płycie modelowej ryc. 42 ustawia się skrzynkę, ubija w niej piasek w taki sam sposób jak przy robocie ręcznej, a następnie zapomocą kołków *a*, umieszczonych pod odpowiednimi występami skrzynki i poruszanych wspólnym przyrządem *A*, podnosi się formę z nad modelu (jak na szkicu).

Tę samą czynność można wykonać w odwrotny sposób (ryc. 43) nie ruszając formy, ale wyjmując z niej model wraz z płytą, która jest połączona z przyrządem ruchowym *A*, poruszającym się ku dołowi.



Ryc. 42.

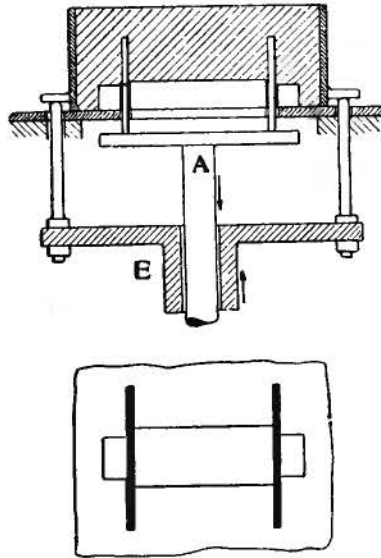


Ryc. 43.

Uruchomienie przyrządu poruszającego może się odbywać w różny sposób, zapomocą drążka zazębionego i korby, dźwigni, tłoka poruszanego hydraulicznie lub zgęszczonem powietrzem i t. d.

Do wykonania całej formy potrzeba w obu tych wypadkach dwóch płyt modelowych i albo dwóch maszyn, wyrabiających równocześnie obie połowy formy, albo jednej maszyny, która wyrobiwszy wszystkie potrzebne połówki formy na jednej płycie, wyrabia po zmianie płyty drugie połówki; w tym wypadku wyrób formy trwa dwa razy dłużej niż w poprzednim.

Ten rodzaj maszyn obok powyższej niedogodności ma jeszcze tę wadę, że przy wyjmowaniu modelu ku dołowi lub podnoszeniu z nad niego formy, oderwane jej części wypadają, i naprawianie uszkodzonej przez to formy jest równie mozolne i dla dobroci odlewu ujemne jak przy robocie ręcznej. Dlatego ten najtańszy system maszyn formierskich stosuje się tylko do przedmiotów niskich, o kształtach łatwych do formowania. Przedmioty o wysokich pionowych ścianach (np. wentyle z krysami, koła zębate i t. p.), wymagające bardzo ostrożnego wyjmowania z formy, którą w razie uszkodzenia



Ryc. 44.

a przytwierdzone do osobnej płyty z własnym mechanizmem ruchu *A*. Po wykonaniu formy wyjmuje się najpierw modele krys, wysuwając je w dół, przyczem płyta ochronna dokładnie przylegając do nich, nie pozwala na oderwanie się ani wysypanie piasku z formy; następnie zapomocą mechanizmu *E* podnosi się ją z nad reszty modelu w sposób poprzednio opisany.

Na ryc. 45 widzimy dwie płyty modelowe (z odlewem u dołu), oraz płytę ochronną do formowania koła zębatego;

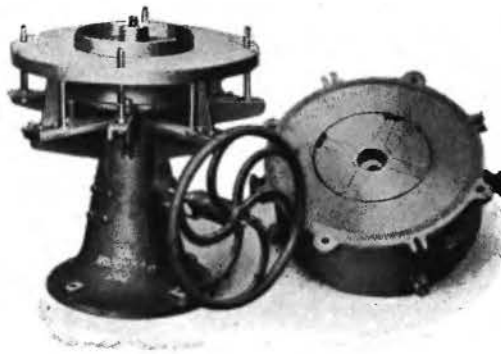
trudno należy naprawić, formuje się na powyższych maszynach przy zastosowaniu *płyty ochronnej*, która dokładnie dostosowana do kształtu pionowych części modelu nie pozwala przy wyjmowaniu go z formy na oderwanie części, stykających się ze ścianami modelu. Przykład takiego formowania, zastosowany do krótkiej rury o wysokich krysach podaje ryc. 44. Na płycie modelowej znajduje się model właściwej rury oraz czopów rdzeniowych; w miejscu gdzie powinny być modele krys, są w płycie otwory, przez które przechodzą te modele, dokładnie przylegające do otworów,



Ryc. 45.

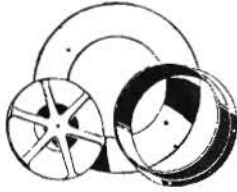
plyta wcięciami swemi dokładnie przylega do modelu zębów i w ten sposób nie pozwala na oderwanie się formy poszczególnych zębów, co jedynie umożliwia wykonanie odlewu o poprawnych kształtach.

Na rycinie 46, przedstawiającej maszynę do formowania kół pasowych, widzimy połączenie kilku opisanych wyżej czynności. Model wieńca wysuwa się z formy pod spód



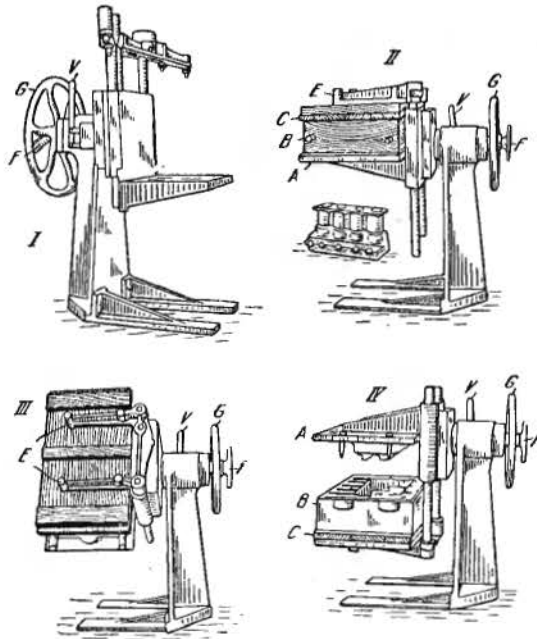
Ryc. 46.

przez otwór w płycie modelowej, która jest zarazem płytą ochronną; model piasty i ramion umieszczony jest nieruchomo. Po wysunięciu modelu wieńca podnosi się z nad niego gotową połowę formy (na rycinie jest ona z boku) w sposób podany na ryc. 42. Maszyny tej używać można do formowania kół o różnej średnicy i szerokości, lecz do każdego rodzaju trzeba mieć model wieńca, część wewnątrz płyty modelowej z modelem ramion i część zewnętrzną płaską, jak to widzimy na ryc. 47.



Ryc. 47.

W ostatnich latach wchodzi w użycie typ maszyny formierskiej z odwracalną skrzynką. Robotnik ubija piasek w skrzynce ustawionej na płycie modelowej, poczem odwraca gotową formę i wyjmuje z niej model. Działanie maszyny takiej przedstawia ryc. 48 w czterech szkicach ¹⁾. Położywszy na pustym stole maszyny (I) płytę modelową A i skrzynkę B (II) i uformowawszy w sposób zwykły pół formy, przykrywa się ją deską C i przyciska łapami E, poruszaniem rękojeścią F przy



Ryc. 48 (St. u. E.).

pomocy koła G i zębatego drążka. Otworzywszy za pomocą dźwigni V zatrząsk utrzymujący stół w dotychczasowym położeniu, odwraca się formę za pomocą koła G (III) o 180° i w tem położeniu znów za pomocą rękojeści F opuszcza z pod nieruchomej płyty modelowej skrzynkę z gotową połową formy (IV).

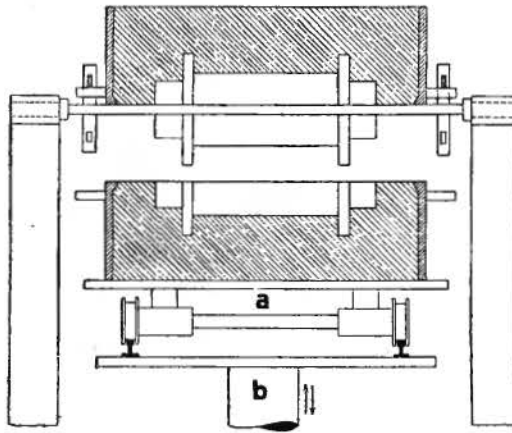
W ten sposób robotnik wykonawszy formę zwyczajnie, wyjmuje ją z pod modelu bez niebez-

pieczeństwa odpadnięcia jej części, jak to dzieje się przy podnoszeniu gotowej formy z nad modelu.

Do wykonania wszystkich potrzebnych ruchów stosować można każdy rodzaj popędu mechanicznego.

¹⁾ St. u. E. 1910, str. 1748.

Aby przyspieszyć wyrób form na jednej maszynie i umożliwić wykonanie obu połówek bezpośrednio po sobie, stosuje się maszyny z płytą obustronną odwracalną (ryc. 49). Obie do siebie należące części modelu umieszczone są na przeciwnych stronach tej samej płyty, dającej się na czopach odwracać i za pomocą śrub ustalać do formowania. Wyrobiwszy jedną połowę formy w taki sam sposób jak na poprzednio opisanych maszynach, odwracamy płytę o 180°, by gotowa skrzynka dostała się pod spód; po zluźnieniu przytrzymujących klinów



Ryc. 49.

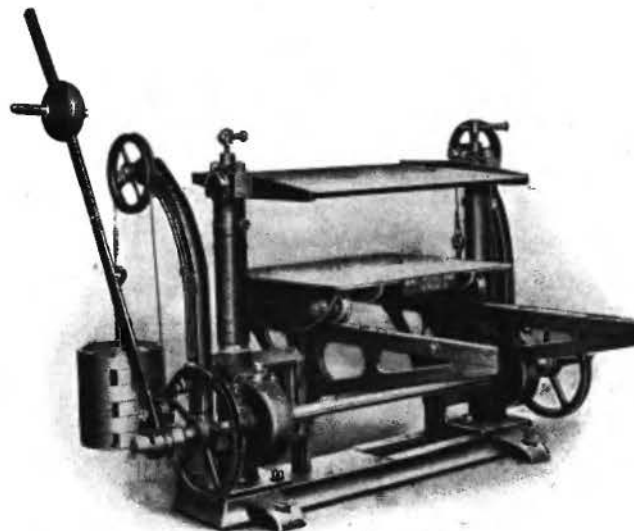
czy śrub, opuszcza się ją na wózek *a*, podnoszony i opuszczany przy pomocy mechanizmu *b* i wysuwa z pod maszyny na wózku toczącym się po szynach. W tym samym czasie drugi robotnik ustawia skrzynkę nad drugą połową modelu, która po odwróceniu płyty dostała się do góry i wykonywa drugą część formy, poczem opisana czynność na nowo się powtarza.

Ryc. 50 przedstawia widok powyższej maszyny.

Do formowania *wypukłych naczyń* o cienkich ściankach z użyciem rdzeni, wyrabia się formy dzielone nie w poziomej ale w pionowej płaszczyźnie; ryc. 51 przedstawia taką formę. Płyta modelowa pionowa służy do podziału formy; po ubiciu piasku rozbiera się formę, rozsuwając obie części na bok.

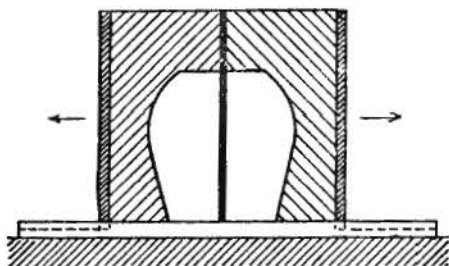
Maszyny formierskie ubijające piasek na modelu posiadają zawsze urządzenie do zdejmowania formy z płyty, są więc zbudowane podobnie do maszyn poprzednio opisanych z dodatkiem przyrządu do ugniatania piasku w formie.

Zasadę działania tego przyrządu widzimy na ryc. 52.

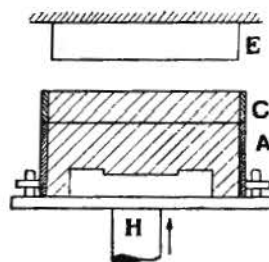


Ryc. 50.

Na skrzynkę formierską *A*, spoczywającą na płycie modelowej, nałożona jest skrzynka pomocnicza *C*, zawierająca tyle piasku, by po ugnieceniu skrzynka *A* była całkowicie napełniona. Po wsypaniu piasku do obu skrzynek podnosi się je zapomocą hydraulicznego tłoka *H* wraz z płytą i przyciska



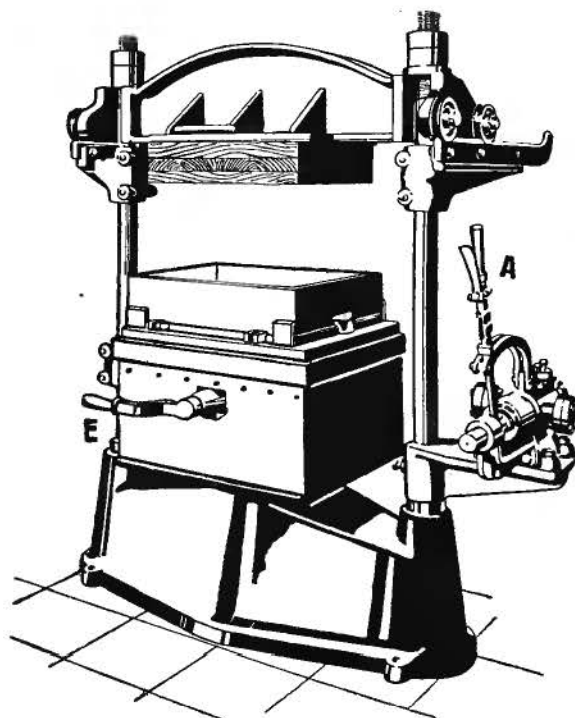
Ryc. 51.



Ryc. 52.

do nieruchomego kłoca *E*, który piasek zawarty w obu skrzynkach ściska i w ten sposób ubija na modelu. Po opuszczeniu skrzynki w położenie pierwotne, zdejmuje się pustą skrzynkę pomocniczą i zapomocą urządzeń podobnych jak opisane w pierwszej grupie maszyn formierskich wyjmuje model ze skrzynki, względnie podnosi ją z nad modelu.

Na ryc. 53 widzimy obraz maszyny tego rodzaju. Ażeby kloc, do którego przyciska się formę, nie zawadzał robotnikowi, jest on umieszczony na wózku i daje się w czasie roboty wraz ze swoją osadą odsuwać a na chwilę ubijania piasku nasuwać ponad formę. Do wywołania nacisku służy tłok hydrauliczny, sterowany dźwignią *A*, do podnoszenia gotowej



Ryc. 53 (Durlach).

formy z nad modelu przyrząd ręczny, poruszany dźwignią *E*. Do tej ostatniej czynności może być także zastosowany pęd hydrauliczny.

Zamiast podnosić skrzynkę dla wywołania nacisku, można także kloc wprowadzić w ruch zapomocą tłoka hydraulicznego; oba rodzaje maszyn są w użyciu.

Tak urządzoną maszynę z ręczną pompą przedstawia ryc. 54. Zapomocą dźwigni sterowniczej wpuszczamy giętką

rurą wodę cisnącą do przyrządu hydraulicznego umieszczonego u góry, tak, że ruch wykonywa kloc, a skrzynka jest nieruchoma. Po ubiciu piasku odchyła się na bok urządzenie tłoczące, utwierdzone na dwóch drążkach, mających punkt obrotu w podstawie maszyny, a skrzynkę podnosi się z nad



Ryc. 54 (Durlach).

modelu zapomocą przyrządu dźwigniowego jak w poprzedniej maszynie.

Podobnie jak w opisanej już grupie maszyn można i przy maszynach do ubijania zastosować obustronną płytę odwracalną; zasada urządzenia jest ta sama.

Obok popędu hydraulicznego zapomocą wody pod ciśnieniem 50—100 atmosfer, stosowany bywa także, zwłaszcza w Ameryce, popęd zapomocą zgęszczonego powietrza o ciśnieniu 6—8 at. Z powodu mniejszego ciśnienia powietrza muszą mieć tłoki maszyn większą średnicę, natomiast doprowadzenie powietrza zapomocą giętkich rur opancerzonych jest łatwiejsze niż

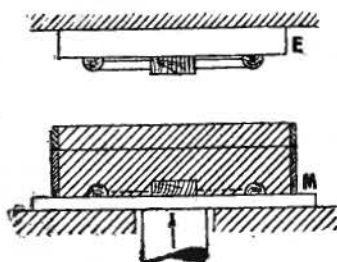
wody w sztywnych przewodach; jeżeli stosuje się formierki przewoźne (na kółkach), w Ameryce rozpowszechnione, przedstawia to wielką korzyść. Urządzenie do zgęszczania powietrza jest w swej całości tańsze niż hydrauliczne.

Powietrze zgęszczone przedstawia nadto możliwość zastosowania tzn. wibratora, tj. przyrządu do wstrząsania modelu przed wyjęciem go z formy dla zapobieżenia przyleganiu do niego piasku i przez to uszkodzeniu formy; powietrza zgęszczonego można też użyć do oczyszczenia płyty modelowej

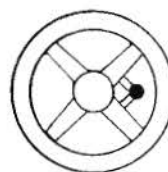
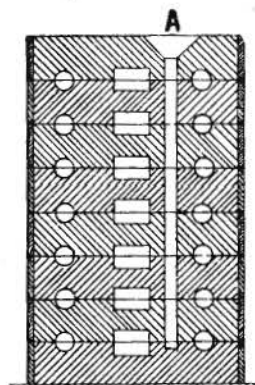
przed następnym formowaniem, przez zdmuchnięcie pozostałych cząstek piasku.

Do ubijania piasku i innych ruchów stosują również coraz częściej popęd elektryczny z powodu jego wielkiej dogodności. Maszyny z popędem takim nie opisujemy tu szczegółowo, gdyż zasada wyrobu formy jest taka sama jak w poprzednio opisanych maszynach, a opis konstrukcji takich urządzeń wychodziłby poza program tej pracy.

Zamiast każdą część formy osobno ubijać, zastosowano przy formowaniu warstwowym równoczesny wyrób obu części formy jak to wskazuje ryc. 55. Na płycie modelowej *M* znajduje się jedna część modelu, na klocu ścisakającym *E* druga; po ugnieceniu piasku otrzymujemy w jednej skrzynce dwie połówki formy po obu stronach. Przez złożenie kilku takich skrzynek ze sobą tworzymy formę warstwową (ryc. 56) o wspólnym kanale wlewowym *A*; po odlaniu są wykonane części połączone ze sobą stężałym we wlewie metalem. Tego rodzaju formowanie zaoszczędza miejsca w odlewni, bo formy zamiast obok siebie leżą nad sobą.



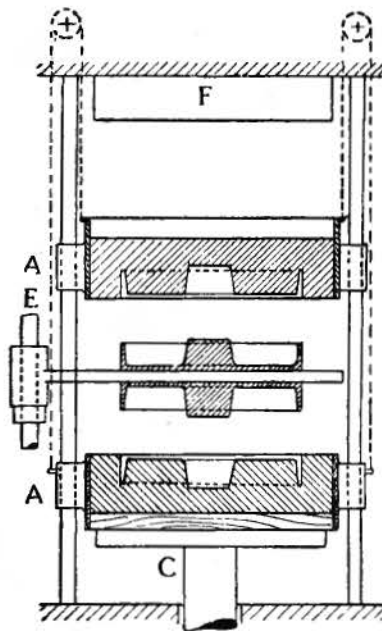
Ryc. 55.



Ryc. 56.

Formy bez skrzynek. Przy odlewaniu większej liczby jednakowych przedmiotów musi odlewnia mieć do rozporządzenia wiele skrzynek jednakowej wielkości, co wiele kosztuje i podnosi cenę roboty. Aby temu zapobiedz zbudowano do form dla mniejszych odlewów maszyny wyrabiające formy bez skrzynek, posiadające dostatecznie grube ściany, aby przy wlewaniu żelaza nie rozpadały się, mimo że nie są ujęte w skrzynki. Zarys takiej maszyny przedstawia rycina 57. Skrzynki *A* utwierdzone przesuwalnie na

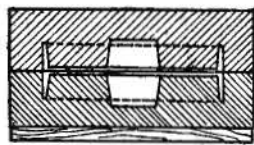
kierownicach, zawieszono są na łańcuszkach, by nawzajem się odciążały; płyta modelowa dwustronna daje się na bok odsunąć około osi E. Na płycie C, poruszanej hydraulicznie,



Ryc. 57.

umieszcza się deskę lub blachę, i podsunąwszy ją pod dolną skrzynkę, napelnia piaskiem skrzynkę. Nasunąwszy następnie odchylną poprzednio płytę modelową, podnosi się tłokiem skrzynkę do zetknięcia z modelem, równocześnie zaś obniża się górną skrzynkę i opiera na modelu; wtedy napelnia się piaskiem także górną skrzynkę i cisnąc dalej tłokiem podnosi obie skrzynki wraz z płytą modelową aż do zetknięcia z kłocem F, który ugniata piasek. Opuściwszy gotowe części formy i model w pierwotne położenie, odsuwa się teraz płytę modelową, i znów cisnąc do góry, doprowadza obie części formy do zetknięcia ze sobą, i tak zamkniętą formę wysuwa ze skrzynek. Gotową formę (ryc. 58) zdejmuję się z podstawką i ustawia na posadzce do odlewania. Dla uproszczenia rysunku opuszczono na modelu i w gotowej formie kanały wlewowe i powietrzne, które się równocześnie wykonywa.

Ubijanie piasku przez nacisk zapomocą kłoca płaskiego, wystarczające przy modelach niskich i równych, nie daje dobrych wyników przy modelach o znacznych różnicach wysokości poszczególnych części modelu (np. wentyli z krysami), bo wtedy ugniecenie piasku nie jest jednolite i przez to forma nie ma równomiernej wytrzymałości i przepuszczalności w każ-

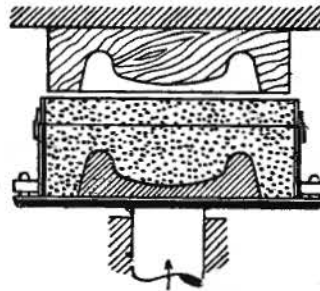


Ryc. 58.

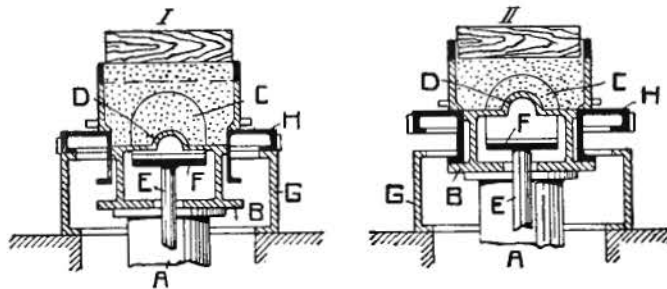
—

dem miejscu. By temu zapobiedz daje się kłocom naciskającym odpowiedni kształt (ryc. 59). Jest to sposób drogi, opłacający się tylko przy większej liczbie form z jednego modelu i nie zawsze możliwy do stosowania przy trudniejszych kształtach modelu.

Inny sposób, zapewniający należyte ubicie piasku, polega na stopniowym ubijaniu go w skrzynce. Sposób ten, używany przy wyrobie rur żeberkowych przedstawia ryc. 60. Model rury na płycie modelowej *D* umieszczony jest na podstawie *B* poruszanej tłokiem *A*; wysoko wystające żebra *C* na płycie *F* połączonej z tłokiem *E* dają się wysuwać przez płytę modelową, wreszcie skrzynka formierska ze skrzynką pomocniczą spoczywają na ramieniu *H* leżącym na nieruchomej podstawie *G*. Kłoc naciskający jest również w czasie ubijania piasku nieruchomy. Początkowy okres roboty



Ryc. 59.

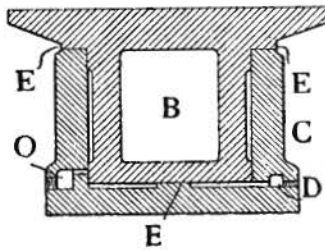


Ryc. 60 (Durlach).

widzimy na szkicu I, chwilę ukończonego ubijania piasku w skrzynce na szkicu II. Przebieg roboty jest następujący: Po napełnieniu skrzynek piaskiem (I) podnosi tłok *A* z podstawą *B* płytę modelową *D* i wciska piasek z dołu w skrzynkę, ubijając go między żebrami *C*, które pozostają w spoczynku; gdy wystające brzegi podstawy *B* zetkną się z takimiż brzegami ramy *H*, rama ta podnosi skrzynkę, wciska ją na kłoc i w ten sposób

dokonywa ostatniego ubicia (szkic II). Następnie tłok *A* opadając z podstawą *B*, odsuwa płytę modelową *D* od formy leżącej na ramie *H*, opadając dalej naciska płytę *F* i wysuwa z formy modele żeber *C*, poczem robotnik odsunawszy na bok kłoc i ramę pomocniczą, zdejmuje gotową formę z maszyny.

Wstrząsarki. Zamiast ubijania piasku w formie przez tłoczenie, zastosowano od kilku lat ubijanie przez wstrząsanie, przez co piasek zgęszcza się dostatecznie, zwłaszcza około modelu; w dalszych warstwach ubicie jest mniej silne niż przy metodzie utłaczania, dostateczne jednak dla nadania formie potrzebnej spoiwości, a zapewniające jej lepszą przepuszczalność dla uchodzących gazów. Zasadę takich maszyn objaśnia ryc. 61.



Ryc. 61.

W cylindrze *C* porusza się tłok *B* zakończony u góry stołem, na którym ustawia się płytę modelową i wyrabia formę. Otworem *D* wpuszcza się zgęszczone powietrze pod tłok, który się podnosi tak długo, aż odsłoni otwór *O* wypuszczający powietrze, przyczem równocześnie zamyka się otwór *D* doprowadzający je. Wskutek nagłego spadku ciśnienia spada tłok *B* wraz z modelem i skrzynią napełnioną piaskiem, i uderza o powierzchnię podstawy *E*, wskutek czego powstaje wstrząśnienie, powodujące ubicie piasku w formie.

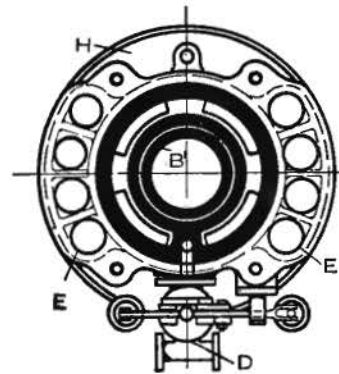
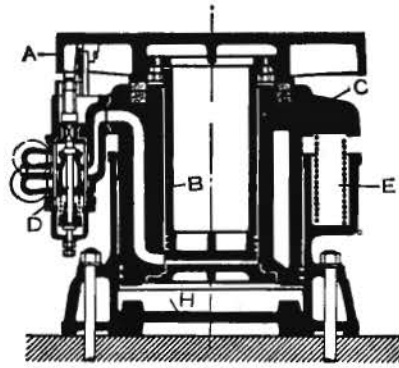
Maszyna w swej pierwotnej postaci wywoływała bardzo silne wstrząśnienia, przenoszące się na fundament i otoczenie maszyny, co uniemożliwiało jej stosowanie. Przez umieszczenie sprężyn między podstawą maszyny a częścią odbierającą uderzenia, usunięto tę wadę. Ryc. 62¹⁾ przedstawia takie urządzenie. Stół *A* wraz z tłokiem *B* porusza się w cylindrze części *C* przyjmującej uderzenia (tz. kowadle), która za pośrednictwem licznych sprężyn *E* zawieszona jest na podstawie maszyny *H*. Jeżeli przyrząd sterujący *D* wpuści zgęszczone powietrze do maszyny, to równocześnie tłok ze stołem *A*

¹⁾ G. Z. 1912, str. 212.

i cylinder z kowadłem *C* poruszają się, pierwszy w górę, podnosząc skrzynkę formierską, drugi w dół, uginając sprężyny *E*; skoro ten sam przyrząd sterujący zamknie dopływ powietrza, a otworzy odpływ, następuje ruch odwrotny: stół *A* spada pod wpływem swego ciężaru, kowadło *C* podnosi się pod naciskiem sprężyny *E* i następuje wzajemne uderzenie wywołujące ubicie piasku, a nie przenoszące się na podstawę. Stosownie do potrzeby można regulować wysokość skoku stołu względem kowadła i siłę uderzeń oraz ich częstotliwość.

Zamiast zgęszczonego powietrza stosują w elektrycznych wstrząsarkach uruchomienie stołu zapomocą mimośrodów, umieszczonego na wale elektromotora i wywołującego bardzo szybkie wstrząśnienia. Elektryczne wstrząsarki w ten sposób pracujące mają być w kosztach ruchu znacznie tańsze od powietrznych.

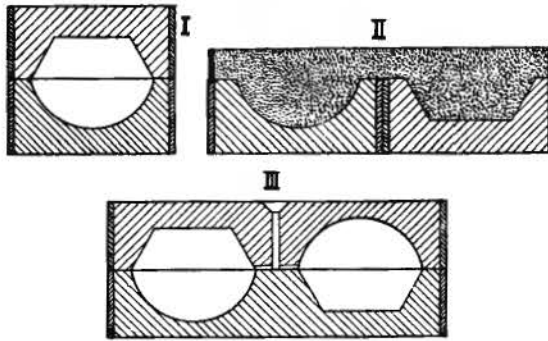
Formowanie mechaniczne mimo swych wielkich zalet, jakie przedstawia szybkość i poprawność roboty, ograniczone jest do wypadków, gdzie wykonywa się większą ilość tych samych odlewów; przy liczbie mniejszej nie opłaca się wobec znacznych kosztów, jakie powoduje sprawienie i utrzymanie maszyny formierskiej, służącej tylko do pewnych celów, a jeszcze więcej wyrób płyty modelowej, zwykle metalowej. Części modelu znajdujące się na takiej płycie wymagają mechanicznej obróbki na maszynach i ręcznego wykończenia przez biegłego ślusarza, co zajmuje wiele czasu i wiele kosztuje, zwłaszcza gdy oprócz płyty modelowej potrzebna jest płyta ochronna, dokładnie przystająca do modelu.



Ryc. 62 (G. Z.).

Te powody utrudniające rozpowszechnienie się formowania maszynowego wywołały usiłowania stworzenia systemu formowania pozwalającego w łatwy, szybki i tańszy sposób przygotować płytę modelową, a maszynom formierskim nadać postać lepiej przystosowaną do różnych potrzeb. Najwięcej w tym kierunku odznaczyła się francuska fabryka Bonvillaina przez wprowadzenie uproszczonego systemu wykonywania płyt modelowych i ulepszonych maszyn formierskich o szerszym zakresie zastosowania.

Sposób przygotowania płyty modelowej nie z metalu ale z gipsu, na miejscu w odlewni, bez pomocy warsztatu me-



Ryc. 63.

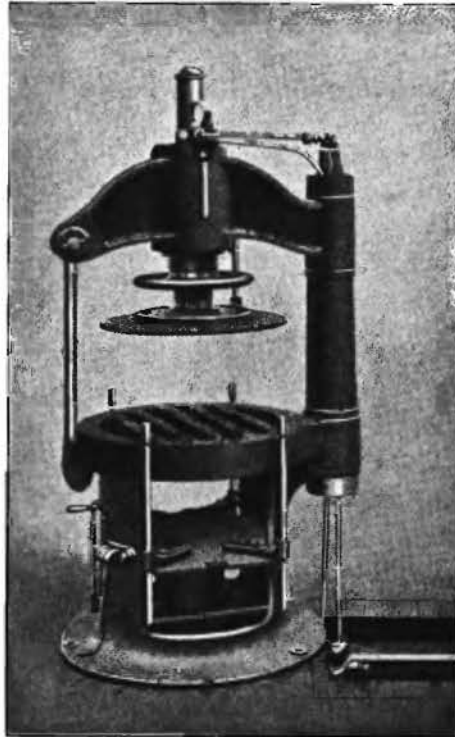
chanicznego podaje ryc. 63. W precyzyjnie wykonanych skrzynkach formierskich przygotowuje się z modelu formę (I) w sposób zwykły, następnie (II) umieściwszy obok siebie obie jej połówki, i nałożwszy blaszaną ramę wylewa się ją gi-

psem, otrzymując w ten sposób płytę modelową podwójną czyli bliźniaczą. Jeżeli z pomocą takiej płyty wykonamy dwie połówki formy, które będą zupełnie jednakowe, i złożymy je, przelżywszy je względem siebie o 180°, utworzymy formę (III) na dwa równoczesne odlewy. Dla większych przedmiotów nie robi się płyt bliźniaczych, ale dla każdej połowy modelu osobną; dla wielkiej liczby wyrobów odlewa się w równie prosty sposób płyty modelowe z białego metalu ¹⁾. Jeżeli mają być wykonywane formy o kształtach trudnych, np. o cienkich, pionowych ścianach, które wymagają prócz płyty modelowej także płyty ochronnej, podaje metoda Bonvillaina sposoby przygotowania takiej płyty również w formierni, po-

¹⁾ Część I, str. 90.

sługując się np. płytką kauczukową dokładnie dostosowaną do modelu, na której wyrabia się formę z piasku, a po odlaniu otrzymuje płytę ochronną, wielokrotnie tańszą od płyty wykonywanej przez ślusarza modelowego w warsztacie mechanicznym.

Typ maszyny formierskiej systemu Bonvillaina widzimy na ryc. 64. Składa się ona z dwóch pras hydraulicznych: górnej do ubijania piasku, dolnej do podnoszenia formy z nad modelu. Górna część daje się obrócić około słupa mieszczącego przewody wodne, aby nie zawadzała w czasie nakładania i zdejmowania skrzynki; podczas pracy przytwierdza się ją do stołu zapomocą haka. Tłok hydrauliczny górny składa się z dwóch wchodzących w siebie nagwintowanych rur, wskutek czego można go wraz z płytą cisnącą podnosić i obniżać, obracając kółko połączone z rurą wewnętrzną i przez to zmniejszać jego skok przy tłoczeniu; tym sposobem zaoszczędza się wody cisnącej. Po wykonaniu nacisku podnosi się tłok cisnący zapomocą pomocniczego tłoczka (u góry). Do podnoszenia gotowej formy służy dolny przyrząd hydrauliczny, którego płyta zapomocą czterech sworzni unosi skrzynkę.

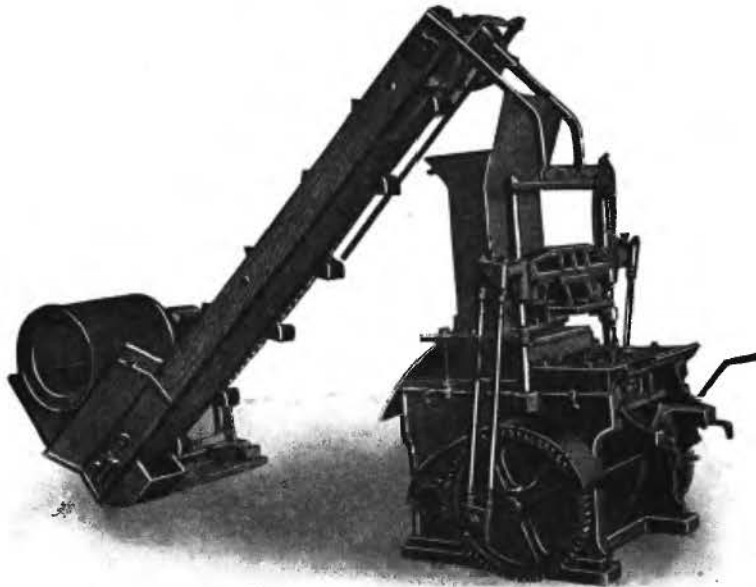


Ryc. 64 (St. u. E.).

Automatyczne formowanie. Potrzeba masowej produkcji jednakowych odlewów w możliwie krótkim czasie przy coraz

większym braku a przez to drożeniu sił roboczych, wywołała najpierw w Ameryce a następnie w Europie konstrukcje maszyn do formowania pracujących prawie automatycznie, gdzie praca robotnika, nie będącego wyuczonym formierzem, ogranicza się na ustawieniu skrzynki na płycie modelowej i zdjęciu gotowej formy.

Jako przykład takiego systemu maszyn opiszemy działanie formierki amerykańskiej fabryki Berkshire, przed-



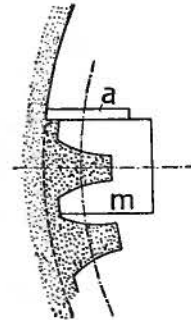
Ryc. 65 (St. u. E.).

stawionej na ryc. 65. Doprowadzenie piasku do zbiornika, znajdującego się nad maszyną, odbywa się za pomocą elewatora skrzynkowego z cylindrycznego sita, do którego robotnik pomocniczy wrzuca piasek. Zamiast tego, w fabrykach posiadających urządzenia transportowe do piasku, doprowadza się go wprost do zbiornika. Robotnik ustawivszy pustą skrzynkę na płycie modelowej, naciska nogą dźwignię, wprawiającą w ruch maszynę, która od tej chwili wszystkie czynności wykonuje samoczynnie aż do ukończenia roboty formy,

poczem staje. Czynności te są następujące: Skrzynka z pomocniczą ramą przesuwa się pod zbiornik z piaskiem, napełnia nim i wraca w pierwotne położenie, przyczem nadmiar piasku zostaje zgarnięty. Tu wibrator poruszany zgęszczonym powietrzem wprawia ją w szybki ruch, przez co piasek dostając się do każdej części płyty modelowej, jednolicie rozkłada się w skrzynce; jest to ubijanie wstępne, po którym następuje właściwe, zapomocą kłoca naciskającego. Po tej czynności wysuwa się skrzynka z pod kłoca na brzeg maszyny, gdzie wibrator wstrząsa nią dla oddzielenia formy od modelu, a tłok poruszany zgęszczonym powietrzem unosi czterema prętami gotową skrzynkę do góry; wtedy maszyna staje, robotnik zdejmuje z niej zrobioną formę, zdmuchuje zgęszczonym powietrzem powierzchnię płyty, nakłada nową skrzynkę i znów wprawia w ruch maszynę. Aby zapobiedz przylepianiu się piasku do modelu, ogrzewa się stale płytę modelową od spodu płomykami gazu. Wyrób formy trwa 8—12 sekund.

Zrozumiałą jest rzeczą, że maszyny tego rodzaju opłacają się tylko przy bardzo rozwiniętej masowej fabrykacji odlewów.

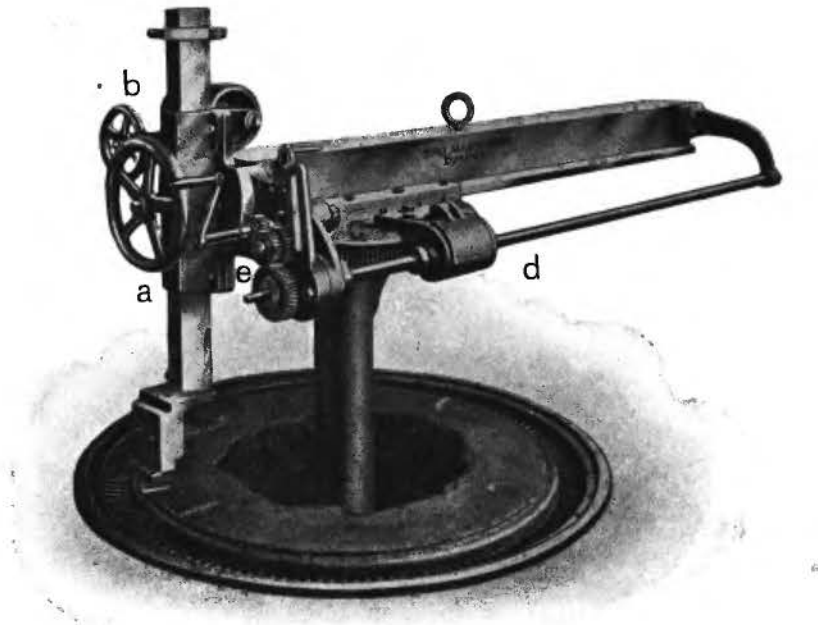
Wyrób form do kół zębatych odbywa się, jak już była mowa, przy małych kołach zapomocą całego modelu, przy wielkich, gdzie model byłby zbyt kosztowny, zapomocą częściowego. W tym celu wycina się w ziemi zapomocą szablonu zagłębienie koliste odpowiedniej średnicy i wysokości, i na jego obwodzie zapomocą modelu *m* przedstawiającego lukę międzyzębową (ryc. 66), wyrabia część formy, ubijając około modelu i wyszablonowanego koła piasek formierski; aby piasek nie zasypywał pustego jeszcze miejsca, w którym mają być formowane dalsze części, przykładają się do modelu ochronną deseczkę *a*. W ten sposób uformowawszy części dwóch obok siebie leżących zębów tj. lukę międzyzębową, przekłada się model o podział jednego zęba i formuje następną lukę, postępując w ten sposób aż do ukończenia formy



Ryc. 66.

całego koła i otrzymując przez to dokładny kształt wszystkich zębów. Piastę i ramiona formuje się w sposób poprzednio opisany.

Aby osiągnąć dokładny podział koła według ilości zębów, i przy wyjmowaniu modelu nie uszkodzić formy, używa się maszyn do formowania zębów, z których jedną przedstawia ryc. 67. W ziemi, w środku koła, jest wkopany słup dźwiga-



Ryc. 67 (Durlach).

jący belkę, która w poziomej kierownicy daje się zapomocą śruby z kółkiem (a) przesunąć stosownie do średnicy formowanego koła, a na końcu posiada osadę dla przesuwalnego pionowego ramienia, z utwierdzonym u dołu modelem; zapomocą drążka i kółka zębatego, poruszanego kółkiem b, można to ramię podnosić i opuszczać, i w ten sposób model do formy wkładać a po uformowaniu wyjmować. Do przesunięcia modelu o podział zęba obraca się belkę na słupie przy pomocy koła ślimakowego c i wału d ze ślimakiem;

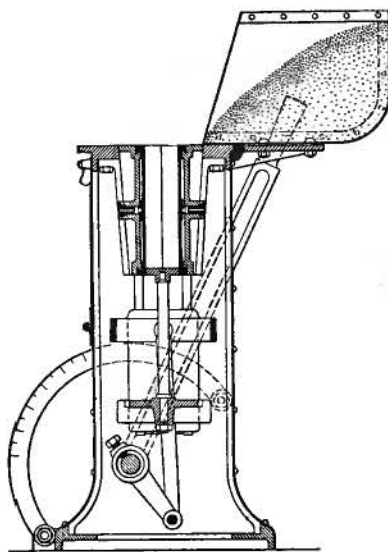
wał ten zapomocą kólek wymiennych *e* da się wprowadzić w ruch korbą i w ten sposób obrócić cały mechanizm wraz z modelem o podział koła. Przez odpowiednie zestawienie kólek wymiennych, których maszyna posiada zapas, pozwalający na kombinacje dla każdej liczby zębów, można za każdym całym obrotem korby lub jego częścią przesunąć model dokładnie o odległość jednego zęba. Na naszej rycinie przedstawione jest formowanie koła stożkowego, co się odbywa na tej samej zasadzie jak koła cylindrycznego, tylko model ma inny kształt.

Górną część formy wyrabia się szablonem w sposób analogiczny do opisanego poprzednio wyrobu formy dla koła zamachowego (ryc. 25).

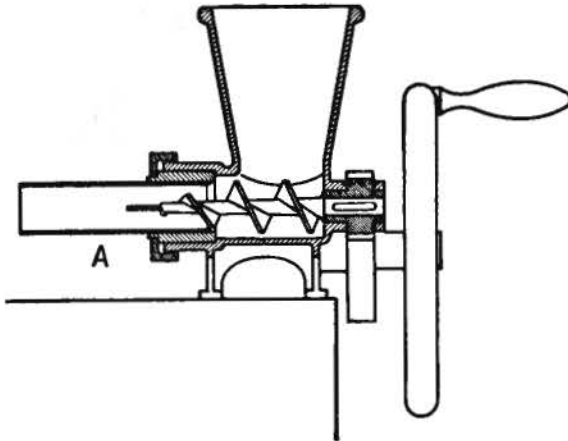
Mechaniczny wyrób rdzeni odbywa się następującymi sposobami:

I. Na podobieństwo maszyn formierskich, które formę z nad modelu podnoszą ale piasku nie ubijają, urządzona jest maszyna przedstawiona na ryc. 68. W stole, obok którego znajduje się zbiornik z piaskiem, umieszczona jest długa forma na rdzeń, dająca się wymieniać stosownie do grubości i kształtu rdzenia. W dolnej części formy porusza się zapomocą przyrządu dźwigniowego ręcznie poruszanego, tłok wypychający z formy gotowy rdzeń; robotnik wsypawszy do formy piasek, ubija go ręcznie i przesunąwszy dźwignię wyjmuje rdzeń. Stosownie do wymaganej długości rdzeni nastawia się tłok wyżej lub głębiej, do czego służy kablak z podziałką, w którego karby wpada zapadka, połączona z dźwignią ręczną.

II. Takie same rdzenie o niezmiennym przekroju wyrabia przyrząd widoczny na ryc. 69, lecz innym sposobem. Piasek wsypywany do lejkowatego zbiornika dostaje się między



Ryc. 68.

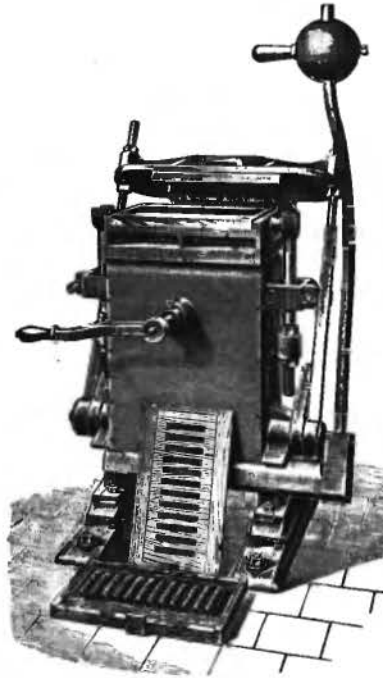


Ryc. 69.

szerokie skręty śruby poruszanej korba, które go zgniatają, posuwają naprzód i przeciskając przez wymienną rurkę A, wyrabiają rdzeń dowolnej długości, ucinany przez robotnika w miarę potrzeby. Wał ślimaka wyciskającego zakończony jest cienkim pręcikiem, który wrdzeniu

niutworza przewód do odprowadzania gazów.

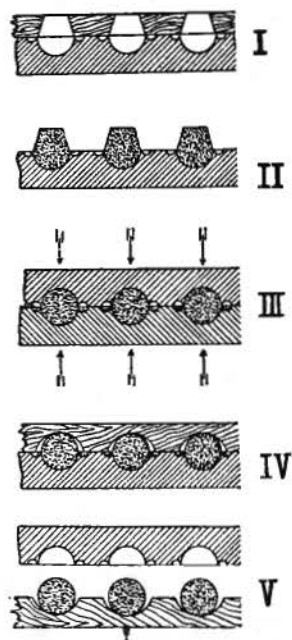
III. Na podobieństwo maszyn formierskich ubijających piasek, działa maszyna przedstawiona na ryc. 70, wyrabiająca rdzenie dowolnego kształtu. Przebieg tej roboty widzimy na ryc. 71. Na dolną część formy (I) na kilkanaście naraz rdzeni, nakłada się formę pomocniczą i napełnia piaskiem, tak że po zdjęciu tej formy pozostaje na dolnej formie piasek nagromadzony w nadmiarze (II). Nastawwszy formę górną (III) utwierdzoną w odchylającej się płycie, przyciskamy do niej z dołu napełnioną formę dolną, utłaczając piasek w żądany kształt rdzeni, przyczem nadmiar piasku zbiera się w korytkach, znajdujących się obok właściwej formy. Opuściwszy napowrót dolną formę, nakładamy na leżące na niej gotowe rdzenie deskę z odpowiednimi



Ryc. 70.

żłobkami (IV). i odwróciwszy formę dolną wraz z leżącą na niej deską o 180°, a następnie uniósłszy formę z nad deski, wyjmujemy gotowe rdzenie ułożone na tej desce (V). Na ryc. 70 widzimy obok maszyny deskę z gotowymi rdzeniami, a nad nią stojącą pomocniczą deskę.

Suszenie form. Suszenie odbywać się może w osobno na ten cel urządzonej suszarni, albo na miejscu formowania. Pierwszy sposób zużywający nierównie mniej opału, stosuje się zawsze wtedy, gdy kształt i wielkość formy pozwalają na przeniesienie jej z miejsca roboty do suszarni, drugi, gdy to jest niemożliwe, np. gdy mamy do czynienia z formą wykonaną nie w skrzyni formierskiej ale wprost w ziemi.



Ryc. 71.

Urządzenie suszarni odpowiadać musi różnym warunkom. Jej wielkość musi być zastosowana do rozmiarów największych form, jakie mogą być w niej umieszczone, oraz do ilości, jaką równocześnie wypadnie pomieścić, — sposób ogrzewania do rodzaju paliwa, jakie zapewnia najniższe koszty suszenia przy najkorzystniejszym działaniu na formę; z tem związana też jest racjonalna budowa paleniska i odprowadzenie wywiązującej się pary. Opalać można węglem w różnych gatunkach, gazem generatorowym ¹⁾ lub wielkopieczowym ²⁾, ogrzewać gorącym powietrzem lub parą przegrzaną; te ostatnie sposoby są rzadko używane i głównie tam, gdzie zależy na bardzo dokładnem regulowaniu temperatury.

Suszarnia musi być położona w miejscu najbliższem tej części formiarni, gdzie się wyrabia największe formy i łączyć się z nią torem, po którym wjeżdżają i wyjeżdżają wózki

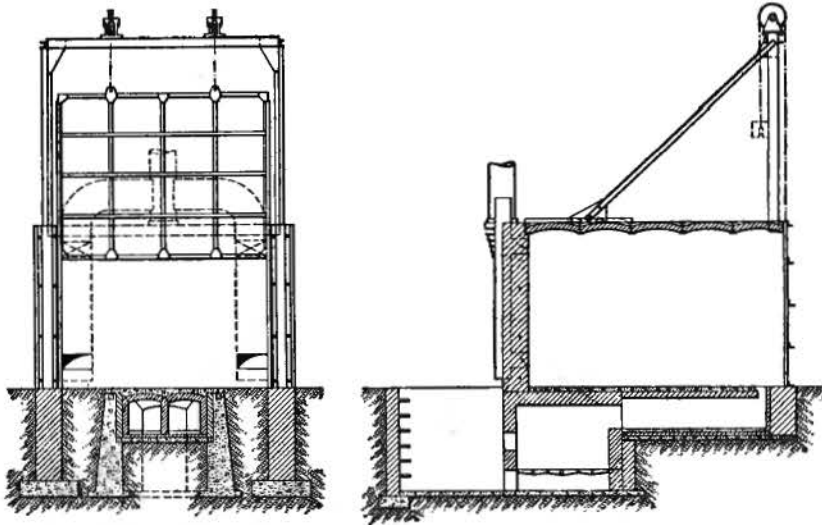
¹⁾ Część I, str. 191.

²⁾ J. w. str. 172.

z formami, musi zarazem być położona przy wielkim żórawiu, donoszącym do niej i odnoszącym formy. Zamknięcie suszarni powinno być szczelne, a zarazem dogodne w użyciu, dlatego nie stosuje się drzwi skrzydłowych na zawiasach, bo te otwierając się zabierają wiele miejsca i są trudne do poruszania i szczelnego zamknięcia, ale drzwi mają postać zasuw podnoszącej się do góry i są odciążone przeciwwagą.

Ściany i sklepienia suszarni powinny być dobrze izolowane dla uniknięcia strat ciepła, w tym celu mury muszą mieć znaczną grubość (50—70 cm.) i zależnie od temperatury wewnątrz panującej otrzymują izolację z korka, asbestu, popiołu i t. p. lub z zamkniętych przestrzeni powietrznych; drzwi z podwójnej blachy mają wewnątrz również izolację. Temperatura w suszarniach dla form do żelaza lanego wynosi około 300°, do form dla stali bywa znacznie wyższa.

Ryc. 72 przedstawia w dwóch widokach suszarnię nowszego typu. Palenisko jest tzn. półgazowe, gdzie paliwo leżące na ruszcie przy niedostatecznym dopływie powietrza nie podlega zupełnemu spalaniu, lecz wydziela palne gazy (głównie tlenek węgla), a te mieszając się z wtórnym powietrzem wytwarzają płomień nie niosący sadzy; gazy spalenia przez ka-

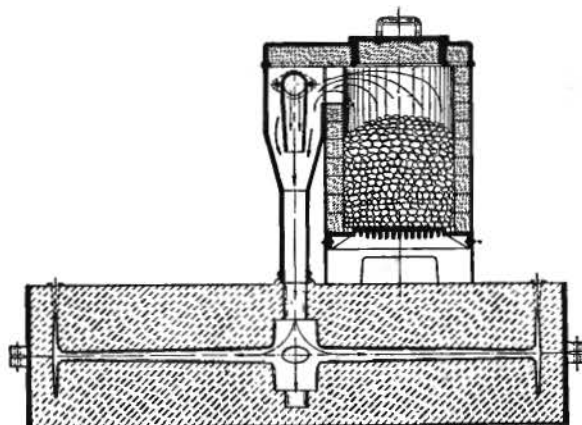


Ryc. 72 (St. u. E.)

nały podziemne uchodzą do otworu umieszczonego w posadzce po przeciwnej stronie niż kanały odpływowe i palenisko, wskutek czego odbywają długą drogę wzdłuż komory, oddając formom swoje ciepło. Odpływ gazów umieszczony jest tuż nad posadzką ze względu na to, że gazy po przesycaeniu się parą są cięższe niż gazy suche; dla odprowadzenia dymu, tworzącego się przy rozpoczęciu palenia są także otwory pod sklepieniem, otwarte z początku a potem zamknięte. Urządzenie drzwi jest dostatecznie zrozumiałe z rysunku i z tego co poprzednio było o nich powiedziane.

W suszarni zostają formy zwykle przez noc, większe suszą się dłużej.

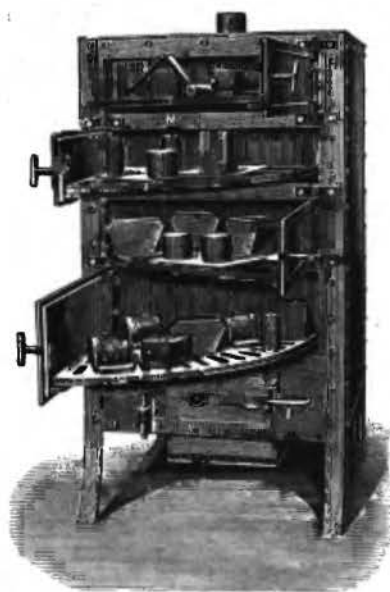
Suszenie form na miejscu formowania odbywa się albo w sposób pierwotny zapomocą blach, na których ułożony jest rozżarzony węgiel drzewny, a przy formach głębszych zapomocą koszów żelaznych, wypełnionych koksem; ten sposób ogrzewania jest drogi a jego działanie na formę, polegające na promieniowaniu ciepła, niejednolite. O wiele jest lepsze stosowanie piecyków przenośnych, zasilanych powietrzem tłoczonym przez wentylator np. elektryczny, lub doprowadzanem przewodami od dalej położonego wentylatora. Taki piec widzimy na ryc. 73. Palenisko wypełnione wysoką warstwą koksu leżącego na ruszcie, łączy się szczelnie w gó-



Ryc. 73.

rze z przewodem doprowadzającym gorące gazy spalania do formy (na koło pasowe). Powietrze dopływające w górnej części tego przewodu osobną rurą wywołuje swem ciśnieniem ssanie w piecu, wskutek czego w ruszcie powstaje ciąg potrzebny do procesu palenia; wytworzone tam palne gazy mieszają się z powietrzem, spalają i w swej dalszej drodze dostają się do formy przez piastę (otworem rdzeniowym), przepływają przez ramiona do wieńca i uchodzą kanałami powietrznymi. Piec ma po bokach uszy, zapomocą których pozwala się dźwigać żórawiem i przenosić.

Suszenie rdzeni, o ile są wielkie, odbywa się w suszarni tak samo jak suszenie form, rdzenie mniejsze umieszcza się



Ryc. 74.

na półkach żelaznych w suszarni ustawionych. Do małych rdzeni używane bywają piecyki żelazne opalane węglem, w których na rusztach układa się rdzenie. Taki piecyk widzimy na ryc. 74; nad paleniskiem znajdują się nad sobą kolejno cztery drzwiczki, otwierające się naprzemian w przeciwną stronę. Drzwiczkami połączone są ruszty w kształcie ćwiartek koła, wysuwające się po otwarciu drzwiczek z pieca wraz z ułożonymi na nich rdzeniami. Każde drzwiczki otwierają się niezależnie od innych.

Umocnienie formy do odlewu. Forma gotowa zaopatrzona kanałami do wlewu i dla gazów, musi być zabezpieczona

od zdeformowania pod wpływem wlanego żelaza, które wypełniwszy ją aż do wierzchu wlewu, wywiera ciśnienie na ściany. Jeżeli zważymy, że ciężar gatunkowy żelaza płynnego wynosi około 7, to przy wysokiej formie, lub wysoko umieszczonym wlewie, będzie ciśnienie hydrostatyczne bardzo wielkie i dlatego należy ubezpieczyć przed niem formę. Ponieważ

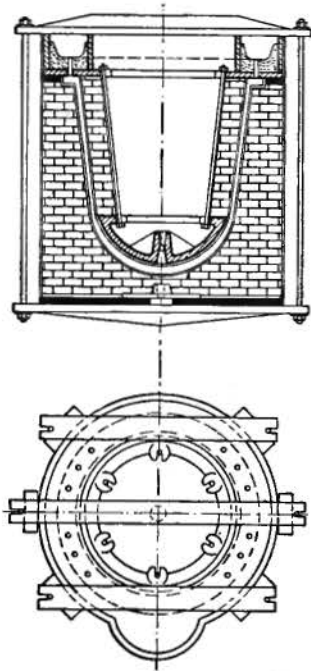
forma znajduje się w żelaznej skrzynce, przeto jest zabezpieczona od odkształceń po bokach, o ile piasek nie jest za słabo ubity; by ją uchronić od odkształcenia od góry, które objawia się najczęściej podniesieniem wierzchniej skrzynki, obciąża się ją ciężarami (szyny, kloce żelazne i t. p.) lub skrzynki ze sobą spaja. Formy murowane w ziemi opancerza się lub silnie ziemię około nich ubija.

Wlew do formy musi być dostatecznie obszerny aby metal szybko napełnił formę i nie pozwolił oziębic się żelazu dopływającemu do dalszych jej części. Przy wielkich formach stosuje się z tego powodu dwa wlewy po przeciwnych stronach, napełniane równocześnie z dwóch kadzi.

Przewód wlewowy, jak to wiemy z przykładów formowania, doprowadza się do górnej części formy, tak, że żelazo spada do niej z góry. Sposób ten przy niskich formach powszechnie używany, nie jest czasem odpowiedni przy odlewach wysokich, bo metal, spadając z wielkiej wysokości, uderza o dno formy i rozpryskuje się na krople, które pokrywając się natychmiast warstwą tlenku mogą wywołać błędy w odlewie, a nadto forma może ulec uszkodzeniu od spadającego z góry ciężkiego metalu. W takim razie wlew prowadzi się jako osobny przewód do dna formy, tak, że metal dostaje się z dołu i wznosi się do góry bez rozpryskiwania. Taki kanał musi być obszerny, aby żelazo nie podnosiło się zbyt powolnie w formie, gdyż może się za bardzo oziębic i źle wypełnić wąskie jej części. Wlew tego rodzaju widzimy na ryc. 22.

Formy trwałe, do niedawna stosowane tylko przy odlewaniu łatwo topliwych metali, zaczynają wchodzić w użycie także w odlewnictwie żelaza.

Formy takie o trwałości ograniczonej, wytrzymujące kilka lub nawet kilkanaście odlewów, stosowano już dawniej do wyrobu przedmiotów o łatwych kształtach np. kotłów dla przemysłu chemicznego. Taka forma zrobiona z gliny na cegle (ryc. 75) ujęta w żelazne, silnie ze sobą ześrubowane płyty, daje się wielokrotnie używać, wymagając tylko pewnych poprawek po wyjęciu każdego odlewu. W podobny sposób stosują jako czasowe, formy wykonane z masy zawierającej



Ryc. 75. (G. Z.)

ogniotrwałe przymieszki, gdzie cienka, kilkocentymetrowa warstwa masy spoczywa w żelaznej osadzie, gęsto dla przepuszczalności dziurkowanej; masę po wysuszeniu powleka się czernidłem i po każdym odlewie poprawia.

Rzeczywiście trwałe formy wykonywane bywają z żelaza. Już dawniej stosowano żelazne części w formie do wyrobu twardych odlewów (str. 25); części te mając znaczną grubość, powodowały szybkie stygnięcie żelaza i robiły je twardem. Przy użyciu żelaznych form do zwykłych odlewów z szarej leizny nastęrczały się trudności i obawy, które długi czas opóźniały zastosowanie tych form i budziły do nich nieufność. Trudności te widziano w zbyt szybkim stygnięciu odlewu, przez co powstawał twardy materiał, w nieprzepuszczalności formy dla gazów i jej niepodatności wobec

kurczenia się stygnącego odlewu. Doświadczenia wykazały, że wszystkie te trudności dadzą się ominąć. I tak szybkiemu oziębieniu odlewu od ścian formy zapobiega się, dając im małą grubość (20—25 mm), lejąc żelazo w formę rozgrzaną do 300°, i zaraz po skrzepnięciu, jeszcze w rozżarzonej formie wyjmując odlew z formy; dopomaga temu także odpowiedni dobór żelaza, które powinno zawierać dużo krzemu (ponad 2%) a mało manganu¹⁾. Te same środki zmniejszają niebezpieczny wpływ kurczenia się odlewu (znaczną zawartość krzemu a mało manganu i szybkie wyjęcie z formy odlewu). Nieprzepuszczalność formy gra tu mniej doniosłą rolę niż w formach piaskowych, nie mamy bowiem do czynienia ani z parą wodną wytwarzającą się z formy wilgotnej, ani z gazami, wywiązującymi się z węgla zawartego w piasku; jeżeli otwory wlewowe są dostatecznie obszerne i powietrze zawarte w formie

¹⁾ P. Część I. str. 11—12 i 16.

ma dogodne ujęcie przez nie podczas odlewania, to i z tej strony niema przeszkody by odlew się udał.

Formy żelazne wykonywano dotąd według dwóch systemów: I. amerykańskiego Custera, którego forma miała grube ściany, a rdzenie, o ile ich odlew potrzebował, były żelazne; po skrzepnięciu odlewu na powierzchni wyciągano je zaraz z formy. System ten reklamowany głośno przed kilku laty został zarzucony, gdyż nie dał dobrych wyników. II. Rozpowszechniający się obecnie w Europie system Rollego używa form o ściankach cienkich i rdzeni piaskowych, co umożliwiła stosowanie otworów o dowolnym kształcie w przeciwieństwie do systemu Custera, gdzie rdzeń żelazny musiał mieć jednak i ile możności okrągły przekrój aby się dał wyjąć z odlewu. Przy tym systemie dla dalszego zmniejszenia szybkości stygnięcia żelaza powleka się powierzchnię formy preparatami, będącymi na razie tajemnicą wynalazcy, które mają własności izolacyjne i ochronne dla formy. Formy umieszczone są w maszynie, składającej je do odlewu a następnie rozkładającej, co jest konieczne ze względu na silne rozgrzanie formy. Służą one do odlewania rozgałęzień rurowych, rusztów, wentyli i t. p., są prawie nieograniczenie trwałe, a że robota przy nich jest szybka i łatwa, obniżają znacznie koszt odlewu. Oczywiście jest rzeczą, że nadają się one tylko do masowo wyrabianych przedmiotów, gdzie znaczne koszty przygotowania formy nie wywierają większego wpływu na cenę odlewu. Najbliższe lata rozstrzygną, czy ziszczą się nadzieje na rozpowszechnienie się tego systemu odlewania w trwałych formach; zależeć to będzie niewątpliwie od zniknięcia tajemnic co do powłoki formy, które z natury rzeczy muszą odbiorców czynić nieufnymi.

Ryc. 76 przedstawia formę Rollego na odgałęzienie rurowe wraz z gotowym odlewem.

Do trwałych form należą także formy do odlewania przedmiotów z metali łatwo topliwych, np. czcionek drukarskich, całych wierszy w maszynach do składania, części składowych maszyn do liczenia, maszyn do pisania i t. d., odznaczających się taką dokładnością roboty, że odlew albo wcale nie potrzebuje wykończającej obróbki, albo jest ona do minimum ograniczona. Odlewanie takie odbywa się prawie



Ryc. 76 (St. u. E.).

powietrzem do formy, albo przez wytworzenie próżni, wskutek czego powietrze atmosferyczne wciska do formy metal, albo przez zastosowanie obu sposobów równocześnie. Maszyny tego rodzaju nadają się także wyłącznie tylko do roboty masowej.

z reguły w ten sposób, że ze zbiornika z roztopionym metalem, który płomyki gazowe utrzymują stale w potrzebnej temperaturze, wprowadza się płynny metal do nadzwyczaj dokładnie wykonanej formy; wprowadzanie to odbywa się albo przez wciskanie metalu tłokiem lub zgęszczonem po-

2. TOPIENIE.

Żelazo z wielkiego pieca. Najprostszym sposobem wykonywania odlewów wydaje się napozór bezpośrednio odlewanie żelaza wytwarzanego w wielkim piecu, który wyrabia surowiec odlewniczy. Zachodzą jednakże rozliczne przeszkody, do tego stopnia utrudniające tego rodzaju produkcję, że zaledwie bardzo mała część odlewów w ten sposób powstaje (np. w Niemczech 3%). Piec wielki wyrabia tak wielkie ilości surowca, że tylko masowy wyrób odlewów mógłby je w całości spotrzebować, — o ile więc bezpośrednio odlewanie bywa stosowane, to tylko do wyrobów produkowanych masowo np. rur wodociągowych. Produkcja pieca wielkiego nie jest tak jednolita, żeby zapewniała żelazo o stale jednakim składzie chemicznym, przeciwnie, w surowcu zachodzą znaczne różnice, wykluczające możliwość wyłącznego stosowania tego żelaza; z tego powodu odlewnie urządzone w sąsiedztwie wielkiego pieca, do których dowozi się kadziami płynny surowiec, mają oprócz tego w ruchu albo wielki piec płomienny, pozwalający do przywiezionego surowca dodawać innych gatunków żelaza, albo piec kupolowy topiący osobno żelazo na dodatki, albo, w nowszych czasach, mieszalnik¹⁾, w którym żelazo przywiezione z pieca wielkiego może się wymieszać i wystać.

Gdyby nawet te trudności nie istniały, to pozostaje jeszcze jedna, najważniejsza, że jeden rodzaj surowca nie może

¹⁾ Część I, str. 168.

odpowiadać wymaganiom wszelkich odlewów, ale żelazo pod względem swego składu musi być dobrane do przeznaczenia odlewu; przy odlewaniu wprost z wielkiego pieca warunku tego spełnić nie można.

Możliwość zużywania starego żelaza (łomu), mającego niską cenę, jest dla rentowności odlewni zbyt ważnym czynnikiem, aby go można było nie brać pod uwagę; jest to dalszy powód nie sprzyjający rozwojowi odlewni złączonych z produkcją wielkiego pieca, której rozmiary wykluczają prawie stosowanie tego dodatku w sposób wydajny.

Piece do topienia. Mimo więc, że surowiec z wielkiego pieca przedstawia zaoszczędzenie kosztów drugiego topienia w osobnym piecu, a także ze względu na mniejszą zawartość szkodliwych przymieszek (głównie siarki) posiada wyższość nad surowcem przetapianym, to jednak w odlewnictwie z reguły podlega żelazo ponownemu topieniu w umyślnie do tego przeznaczonych piecach.

Do topienia używa się trzech rodzajów pieców, różniących się od siebie oprócz postaci, nadewszystko sposobem doprowadzenia ciepła do metalu.

*Piec kupałowy*¹⁾ (kupałak, kupałak) jest to piec szybowy, wzorowany pierwotnie na wysokim piecu; ułożone w nim paliwo warstwami naprzemian z żelazem, spalając się udziela mu swego ciepła zarówno bezpośrednio przez zetknięcie jak i przez wytwarzające się z niego gazy, i tym sposobem doprowadza je do stopienia. To bezpośrednie zetknięcie się stanowi zarówno zaletę jak i wadę pieca kupałowego, — zaletę, że ciepło otrzymane z paliwa bywa najkorzystniej zużyte, piec ten więc pracuje najtaniej ze wszystkich, — wadę, że nadmiar powietrza potrzebnego do należytego spalania węgla, utlenia (spala) także żelazo, a szkodliwe składniki paliwa (siarka i fosfor) udzielają się żelazu. Kawałki topionego żelaza nie mogą tu być wielkie, bo nie dałyby się stopić.

¹⁾ Nazwa niegdyś niewłaściwie przeniesiona przez nierozumiejącego się na rzeczy obserwatora z pieca płomiennego, nakrytego rodzajem kupały, na piec szybowy, nie mający żadnego sklepienia, tak się utarła od dawnych czasów, że nabrała znaczenia imienia własnego, które bez względu na swą niewłaściwość, oznacza tylko ten rodzaj pieców.

Produkcja pieca kupolowego, jak długo jest on w ruchu, jest ciągła, gdyż ciągle wrzuca się paliwo u góry, a stopione żelazo u dołu wypuszcza.

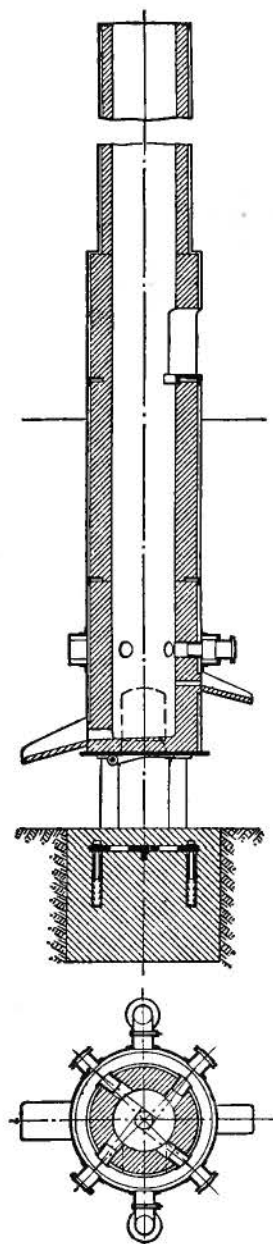
Piec płomienny. Tu paliwo spalając się w przestrzeni oddzielonej od metalu wytwarza płomień i gorące gazy, które stykając się z metalem rozgrzewają go i topią; proces topienia jest mniej niebezpieczny dla materiału, który nie styka się bezpośrednio z paliwem, lecz tylko z gazami spalania. Wyżyskanie ciepła jest tu znacznie gorsze, natomiast do opalania używa się węgla, nie koksu, a więc paliwa tańszego. Przy odpowiednich rozmiarach pieca dają się stapiać wielkie przedmioty, co w piecu kupolowym nie jest możliwe.

Produkcja pieca płomiennego jest okresowa, gdyż dopiero po stopieniu całego do niego włożonego naboju i wypuszczeniu go z pieca, można przystąpić do następnego topienia.

Piec tyglowy, którego zasada działania znana jest z części I¹⁾, stapia metal umieszczony w tyglu; metal jest więc w zupełności ochroniony od zetknięcia z paliwem a częściowo lub całkowicie od styczności z gazami spalania. Ilość topionego naraz metalu, zależna od wielkości tygla, jest naogół mała, topienie odbywa się okresowo. Zużycie paliwa ze względu na doprowadzanie ciepła do materiału topionego przez ściany tygla, jest bardzo wielkie, piec pracuje nieekonomicznie.

Zestawiwszy własności powyższych trzech systemów pieców zrozumiemy, że gdzie zależy na taniości i szybkości procesu, a strata materiału przez spalanie i jego pogorszenie się wskutek zanieczyszczenia szkodliwymi przymieszkami nie grają wielkiej roli, tam używać będziemy pieca kupolowego: stosujemy go też prawie wyłącznie przy topieniu żeliwa. Gdy topimy materiał droższy, tam pieca kupolowego nie będziemy stosowali, ale piec płomienny, a także do topienia wielkich naraz ilości na wielkie lub liczne wyroby, albo gdy metal do topienia przeznaczony znajduje się w wielkich bryłach, nie dających się rozbić. Stosować go więc będziemy tylko wyjątkowo do żeliwa, ale zato do odlewania stali (w piecu Sie-

¹⁾ Część I., str. 209.



mens-Martina, gdzie stal otrzymuje się wprost przez świeżenie albo stapia się stare żelazo ¹⁾, do topienia brązu na odlewy wielkich rozmiarów i t. p. Do metali, które chcemy ochronić od szkodziwego wpływu paliwa i gorących gazów, a które przerabiamy w ilościach mniejszych, stosować będziemy najdroższe, ale dla dobroci metali najkorzystniejsze topienie w tyglach.

Piec kupolowy, przedstawiony na rycinie 77, ma przekrój cylindryczny równy, albo też w okolicy dysz zwężony, u dołu kończy się kotliną, jako zbiornikiem stopionego metalu, u góry kominem odprowadzającym gazy spalania. Piec spoczywa na żelaznych słupach i w środku dna kotliny posiada otwór zamykany od dołu płytą na zawiasach; otwór ten służy po ukończeniu odlewania do wypróżniania pieca z koksu oraz z resztek żelaza i żużła. Z boku, przy pochyło wyłożonem dnie, jest otwór z rynną spustową dla żelaza, a wyżej, po przeciwnej stronie, mniejszy otwór również z rynną, dla żużła. W dolnej części znajdują się drzwiczki włazowe dla robotnika, który po każdym topieniu oczyszcza i naprawia wyłożenie pieca; niektóre piece nie mają tego otworu, a robotnik dostaje się do pieca przez otwarte dno. Ponad kotliną otacza piec pierścieniowy żelazny zbiornik, z którego do pieca wchodzi dysze, doprowadzające powietrze; pierścień na zewnątrz połączony jest z przewodami prowadzącymi

Ryc. 77 (St. u. E.).

¹⁾ Część I, str. 191.

od wentylatora. W pierścieniu naprzeciw dysz umieszczone są otwieralne okienka z kolorowymi szybami, przez które można śledzić przebieg topienia w piecu, a także wprowadzić drąg żelazny do przetykania dyszy, gdy ją zatka żużel. W kilkometrowej wysokości od kotliny znajduje się otwór do zasilania pieca z osobnej platformy koksem i żelazem, powyżej niego piec przechodzi w komin. Wnętrze pieca jest wyłożone materiałem ogniotrwałym z odpowiednio uformowanych kamieni, czemu cylindryczny kształt pieca najlepiej odpowiada. Mur ten otacza z zewnątrz płaszcz z żelaznej blachy, który do muru nie przylega, ale tworzy szczelinę 20—50 mm, zależnie od średnicy pieca; szczelinę wypełnia się piaskiem lub popiołem.

Przebieg procesu topienia jest następujący: Kotlinę wypełnia się koksem do wysokości sięgającej ponad dysze i za pomocą ułożonej pod nim warstwy drewna zapala, albo używa się do podpalania palnika ropnego, zasilanego zgęszczonym powietrzem. Gdy koks się rozżarzy, a piec rozgrzeje, rozpoczyna się wrzucanie warstwami naboju koksu i żelaza, które stopniowo rozgrzewa się aż do stopienia. Skoro pierwsze krople żelaza ukażą się w otworze spustowym, zatyka się go zatyczką ogniotrwałą, a w jakiś czas potem, gdy żelazo płynne nazbiera się w kotlinie w dostatecznej ilości, wypuszcza się je otworem spustowym, przebiwszy zatyczkę.

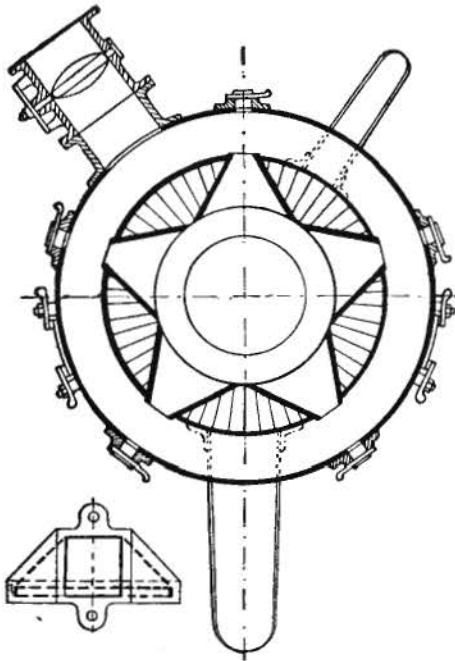
W ten sposób rozpoczęty proces topienia odbywa się w dalszym ciągu przy zasilaniu pieca z góry kolejno koksem i żelazem, a wypuszczaniu u dołu stopionego metalu; trwa to tak długo, pokąd przygotowane poprzednio formy nie zostaną napełnione. Ponieważ koks daje przy spaleniu popiół (nie powinien go zawierać więcej niż 8^o/_o), a z żelazem wprowadza się do pieca pewne zanieczyszczenia nietopliwe, usuwa się je, wytwarzając z nich żużel za pomocą wapienia, wrzucanego do pieca wraz z koksem.

Koks wrzucany do pieca służyć ma do stopienia żelaza, należy go więc spalić tak, by nie wytworzyć tlenku węgla (CO), jak się to dzieje w wielkim piecu w celu redukcji¹⁾, ale dwutlenek (CO_2), bo wtedy, przy zupełnym spaleniu otrzy-

¹⁾ Część I., str. 145.

muje się znacznie więcej ciepła ¹⁾). Aby spalanie było zupełne, musi być w piecu pewien nadmiar powietrza, ruch gazów szybki, a koks gęsty, nie porowaty (przeciwnie niż w wielkim piecu), aby nie dawał dużej powierzchni zetknięcia, co by sprzyjało wytwarzaniu się tlenku węgla. Z tego samego powodu nie używa się w piecu kupolowym powietrza ogrzanego ale zimnego.

Zasilanie pieca powietrzem, odbywające się przez dysze, wymaga, aby ich otwory były dobrze rozłożone i rozprawa-
dzały powietrze po całym przekroju pieca. W piecach do 1000 mm średnicy wystarczają 4 dysze, w większych stosuje



Ryc. 78.

że dysze wchodzą jedną dookoła pieca biegnącą szczeliną, by piec zupełnie jednostajnie zasilać.

Powietrze powinno mieć dostateczne ciśnienie aby się

¹⁾ 1 kg chemicznie czystego węgla spalony na tlenek wytwarza 2470 kaloryi, na dwutlenek 8080.

ich się 6 i więcej; co 0·5—0·6 m na wewnętrznym obwodzie pieca. Jak widzimy na ryc. 77 (u dołu) kierunek dysz nie zawsze jest promieniowy, ale, jak w tym wypadku, bywa niekiedy skośny, przez co powietrze ma się lepiej rozdzielać po całym przekroju. Ryc. 78 przedstawia dysze systemu Whitinga o wązkich a wysokich otworach przy wejściu do pieca, a rozszerzonych wachlarzowato i odpowiednio niższych u wylotu. W ten sposób powietrze wązkimi szczelinami na znacznej części obwodu wpływa do pieca. Budują nawet piece w ten sposób,

mogło dostać do środka przekroju pieca, a zarazem by z dostateczną szybkością parło gazy spalenia ku górze przez warstwę paliwa i koksu wypełniającą piec.

Mimo spełnienia powyższych warunków spalenie nie odbywa się w zupełności na dwutlenek węgla, raz dlatego, że powietrze przeciskając się między rozżarzonego koksem wypełniającym piec, nie wszędzie dopływa w dostatecznej ilości, a powtóre, że wytwarzający się dwutlenek stykając się w swej drodze ku wylotowi wciąż z rozżarzonego koksem, rozkłada się na tlenek węgla ($CO_2 + C = 2CO$); wskutek tego uchodzące gazy zawierają obok dwutlenku węgla i azotu także znaczną ilość tlenku węgla. Przy normalnym przebiegu procesu średni skład gazu wylotowego bywa następujący: 10—12% dwutlenku węgla, 12—14% tlenku węgla, reszta azotu. Chcąc tę znaczną zawartość tlenku węgla w gazach wylotowych zmniejszyć, stosowano i dziś jeszcze czasami stosują drugi szereg dysz w pewnej wysokości nad pierwszym, aby doprowadziwszy wtórnie powietrze do zawartego w gazach tlenku, wywołać spalenie go na dwutlenek. Sposób ten nie prowadzi do celu i jest nawet szkodliwy dla procesu topienia, bo chociaż tlenek węgla spali się na razie, to w wyższych warstwach wytworzony dwutlenek tak samo ulegnie rozkładowi jak poprzednio; nadto jednak warstwa o wysokiej temperaturze, w której odbywa się topienie żelaza, znacznie się rozszerzy, przez co krople stopionego żelaza spadając, będą się na dłuższej drodze stykać z powietrzem i znacznie więcej żelaza ulegnie utlenieniu i przejdzie w żużel. Ponieważ żelazo jest materiałem droższym niż koks, przeto wątpliwe zaoszczędzenie koksu będzie znacznie przewyższone stratą żelaza. Rozszerzenie sfery żaru pociąga przytem za sobą zbyt ogrzanie wyższych warstw, wskutek czego gazy uchodzą z pieca zbyt gorące, co równa się znacznej stracie ciepła. Z tego powodu podwójne szeregi dysz są dziś coraz bardziej zarzucane, a jeżeli je gdzieś jeszcze stosują, to w bardzo blizkich od siebie odstępach; w dawnych piecach z dwoma szeregami dysz jest drugi ich rząd zwykle zamknięty.

Przy jednym rzędzie dysz i wąskiej strefie topienia jest jeszcze ta korzyść, że opadające z góry, niestopione jeszcze żelazo, nie rozgrzewa się zbyt silnie i dostawszy się w oko-

licę bezpośrednio ponad strefą topienia, gdzie krążą najgorętsze gazy, odbiera im znaczną część ciepła, wskutek czego temperatura gazów nie podnosi się zbyt nad 1000°; gdy zaś rozkład dwutlenku węgla odbywa się powyżej tej temperatury, przeto tym sposobem zapobiega się częściowo rozkładowi.

Temperatura panująca w piecu wynosi w sferze topienia 1400—1500°, gazy wylotowe przy dobrym przebiegu procesu mają temperaturę około 250°, a nie powinny mieć wyższej niż 400°.

Dla wyrobienia sobie pojęcia o wymiarach i sprawności pieców kupolowych służy następująca tabelka: ¹⁾

Średnica pieca w mm		Wysokość w mm od dna do otworu zasilającego	Ilość stopionego żelaza w godzinie w kg
zewnątrz	wewnątrz		
900	500	4000	1000
950	550	4000	1500
1000	600	4500	2000
1050	650	5000	2500
1100	700	5000	3000
1200	800	5500	4000
1400	900	5500	5000
1500	1000	6000	6000
1600	1100	6500	7000
1700	1200	6500	8000
1900	1300	7000	10000

Przekrój otworów dysz liczy się w stosunku do powierzchni przekroju pieca; przyjmują go na $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{6}$, a więc obszernie ze względu na częstą możliwość częściowego lub zupełnego zatkania się niektórych dysz od ściekającego żużla.

Zużyte do topienia paliwo składa się z dwóch ilości: koksu wypełniającego, który przed topieniem nagromadza się w piecu i rozpała, i którego ilość nie zależy od długości

¹⁾ Według cennika Bad. Fabryki maszyn w Durlach z r. 1912.

procesu topienia i ilości stopionego żelaza, oraz koksu n a b o j o w e g o, służącego do istotnego topienia, który naprzemian z nabojami żelaza wrzuca się do pieca. Ta druga ilość przy tych samych warunkach pracy w piecu pozostaje w stałym prawie stosunku do ilości stopionego żelaza i przy dobrze prowadzonym procesie topienia wynosi 7—9 kg na 100 kg żelaza; różnice zależą od rodzaju żelaza, żużla, wilgotności powietrza i t. d. Do powyższej liczby dolicza się 12—15% dodatku na koks wypełniający; im dłużej trwa odlewanie, tem ilość ta w stosunku do stopionego żelaza jest mniejsza.

Dążenie do obniżania za każdą cenę zużycia koksu nie jest uzasadnione, bo przy zbyt małych nabojach koksu otrzymuje się często żelazo za mało przegrzane i wskutek tego odlewy nieudane, a zarazem większą stratę żelaza przez spalanie, co przynosi znacznie większą szkodę materialną, niż większe nieco zużycie koksu.

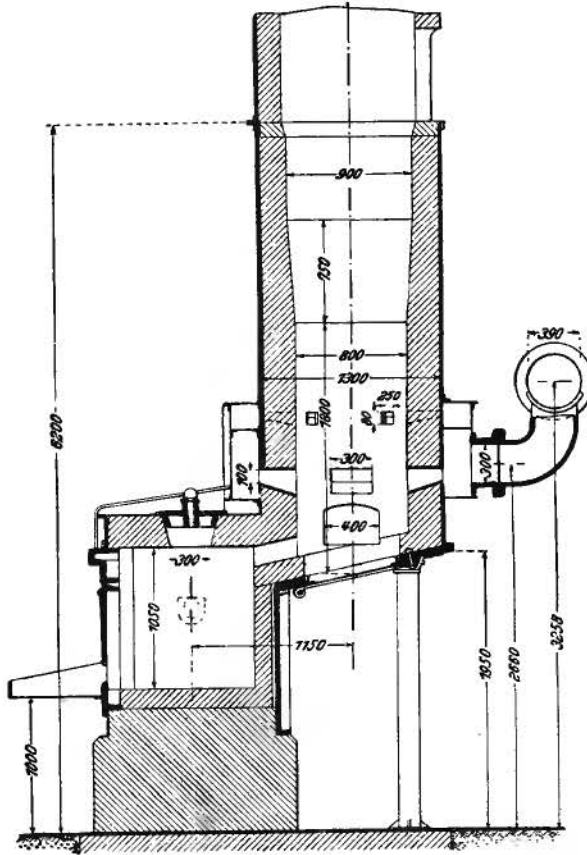
Strata przez spalanie żelaza, które przechodzi w żużel, wynosi 0·8—1·7% topionej ilości; inne straty t. z. mechaniczne, przez rozpryskiwanie się przy wypuszczaniu z pieca, pozostawanie w koksie po skończonem odlewaniu i t. p. wynoszą 5% i więcej, tak że cała strata żelaza przy topieniu wynosi 6—8%.

Wapienia, jako środka wytwarzającego żużel dodaje się w ilości 25—33% ciężaru koksu; żużel jest wtedy rzadko-płynny i ma własności odsiarczające.

Zawartość siarki zwiększa się jak to już mówiliśmy, przy przetapianiu żelaza, wskutek tego że znaczna część siarki znajdującej się w koksie przechodzi do żelaza. By ten wzrost zawartości siarki ograniczyć, używa się możliwie czystego koksu o zawartości siarki nie dochodzącej 1% i stosuje się dodatek wapna w tak znacznej ilości jak poprzednio podano. Przyrost siarki w procesie topienia w piecu kupolowym wynosi 40—50% poprzedniej zawartości.

Dzielność termiczna pieca kupolowego, t. j. zużycie paliwa do istotnego topienia w stosunku do całej spalanej ilości, wynosi 40—60%.

Piec kupolowy ze zbiornikiem. Obok zwykłego kształtu pieca szybowego stosuje się bardzo często przy budowie



Ryc. 79 (G. Z.).

pieców kupolowych tzn. zbiornik, tj. osobną, przed piecem dobudowaną komorę (ryc.79) o przekroju okrągłym. Zbiornik jest umieszczony poniżej dna właściwego pieca i połączony z nim wężkim przewodem, którym stopione żelazo spływa z pieca do zbiornika. Wskutek tego otwór spustowy dla żelaza, a także dla żużła znajdują się przy zbiorniku.

Mimo wielkiego rozpowszechnienia jest zbiornik dotychczas

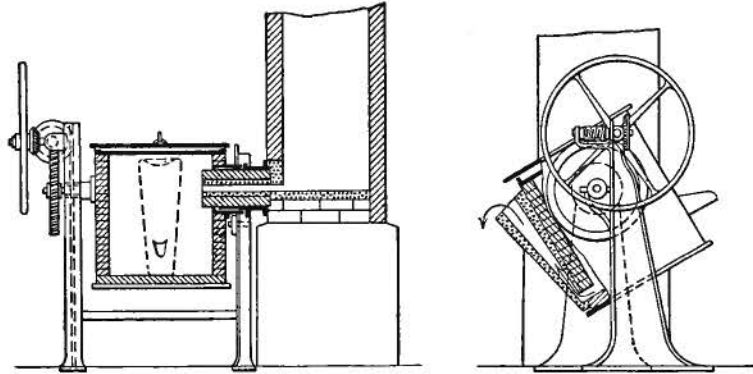
przedmiotem sporu między odlewaczami; jedni uważają go za rzecz bardzo dobrą, drudzy za bezużyteczny a nawet szkodliwy dodatek. Wistocie posiada on wiele dobrych stron, o ile bywa odpowiednio stosowany. Wskutek tego, że żelazo stopione ścieka wprost do zbiornika i nie zatrzymuje się w samym piecu, napelnionym żarem koksowym, wśród którego w innym wypadku musi się mieścić, podnosząc się często aż do otworu żużlowego, jest proces topienia w piecu ze zbiornikiem jednostajniejszy, bo niema w nim bardzo zmiennych okresów przepełnienia pieca żelazem i zupełnego opróżnienia, lecz piec jest zawsze próżny. Żelazo zbierając się

w zbiorniku daje się nagromadzić do odlewu w większej ilości i miesza się jednolicie, co przy stosowaniu różnych gatunków jest rzeczą ważną, jedne bowiem prędzej się topią niż drugie. Można wprowadzić to samo osiągnąć u zwykłego pieca, spuszczać żelazo, w miarę jak się topi, do wielkiej kadzi, i po kilku takich spustach osiągając potrzebną ilość, jednak żelazo w kadzi wskutek promieniowania i gorszej izolacji ścian znacznie prędzej stygnie niż w zbiorniku. Ze względu na to, że żelazo dostaje się do zbiornika nie zatrzymując się między rozżarzonym koksem, ma ono mniej sposobności do nawęglania się; to samo można powiedzieć o mniejszem niebezpieczeństwie nasycenia się siarką od koksu wypełniającego, co jednak dotyczy tylko pierwszych nabojów, które zabierają siarkę z koksu wypełniającego.

Niekorzystną stroną pieca ze zbiornikiem stanowi jego droższa budowa i większe koszty utrzymania, co jednak przy wielkiej liczbie odlewów mały ma wpływ na koszt odlewu; dalszą wadę stanowi większe ochładzanie się żelaza w nieogrzanym tak dobrze jak sam piec zbiorniku, wskutek czego żelazo stopione, zwłaszcza pierwsze naboje, są chłodniejsze niż z pieca zwykłego. Zapobiega się temu, o ile zależy na bardzo gorącym żelazie (na drobne odlewy), przegrzewając je więcej przy topieniu, lub ogrzewając zbiornik gazami. Przy odlewach o grubszych ścianach środki te nie są potrzebne.

Na podstawie tego rozważania mamy wskazówkę, że do odlewania większych przedmiotów, o większej wytrzymałości i twardości (mniejsza zawartość węgla) jest wskazane zastosowanie zbiornika, jako dającego większe naraz ilości jednostajnie wymieszanego żelaza, do odlewów małych rozmiarów odpowiedniejszy będzie piec bez zbiornika.

W ostatnich latach zaczynają budować *zbiorniki przechylne*, utwierdzone obrotowo, tak, że do wypuszczenia żelaza nie potrzeba przebijać otworu spustowego, ale zapomocą stosownego mechanizmu przechyla się zbiornik i żelazo z niego wylewa. Na ryc. 80 widzimy szkic takiego urządzenia. Zbiornik łączy się z piecem zapomocą pustego czopa, około którego się obraca; przez ten czop dostaje się żelazo z pieca do zbiornika. Zbiornik oddzielony jest od wylewu ścianką, aby żelazo przy przechyleniu spływało najpierw od spodu i przez

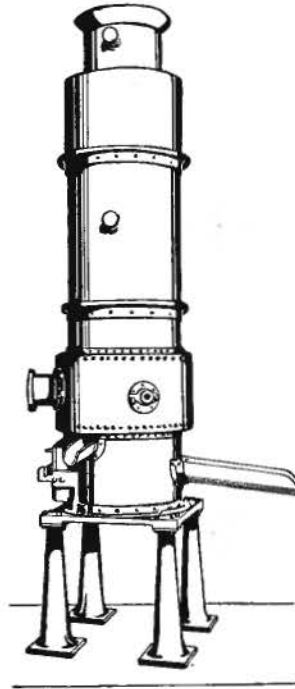


Ryc. 80 (St. u. E.).

to żużel nie mógł się dostać do formy. Oprócz tej korzyści przedstawia przechylny zbiornik większe bezpieczeństwo dla obsługujących piec, gdyż usuwa niebezpieczne nieraz przebijanie spustowego otworu i następne zatykanie, przyczem oszczędza się także czasu; większe bezpieczeństwo polega także na uniknięciu rozpryskiwania się żelaza przy podstawianiu wiader, gdyż zbiornik można pochylać do nalewania i przerywać je podnosząc go. Gruby strumień żelaza wylewający się z przechylnego zbiornika nie pozwala metalowi tak szybko stygnąć jak cienki przy zwykłym spuszczeniu, opróżnianie zbiornika odbywa się przytem szybko, tak że w razie nagłego zapotrzebowania żelaza można je mieć szybko do uzupełnienia odlewu (np. gdy pęknie forma, i żelazo wylewa się z niej, pokąd go nie zatrzymają; do odlewu potrzeba wtedy więcej żelaza niż przygotowano).

Małe piece kupolowe. Do topienia małych ilości żelaza np. specjalnych, droższych rodzajów, lub do topienia próbnego, używa się małych pieców kupolowych o średnicy wewnętrznej 300—450 mm dających w godzinie 350—800 kg stopionego materiału. Ponieważ do pieca takiego robotnik nie może się dostać z powodu zbyt małej średnicy, składają się one z rozbieralnych, nakładanych na siebie części cylindrycznych, opatrzonych czopami do chwytania i podnoszenia zapomocą żórawia; po topieniu piec się rozbiera, naprawia wyłożenie w poszczególnych częściach a następnie składa. Piec taki widzimy na ryc. 81.

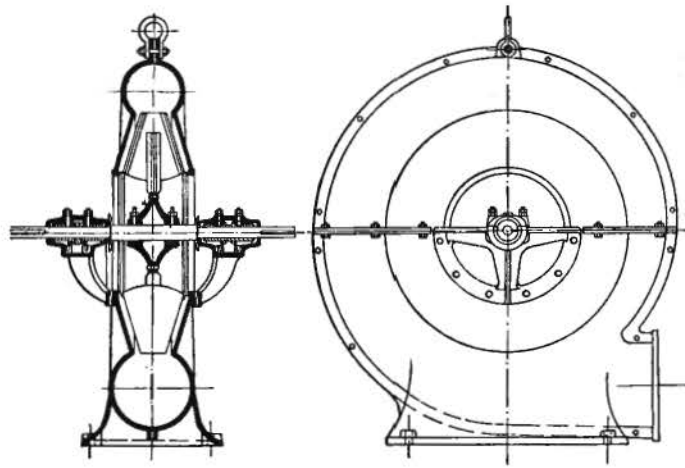
Miechy. Doprowadzanie powietrza do pieca kupolowego nie odbywa się zapomocą miechów tłokowych jak w wielkim piecu, gdyż wymagane ciśnienia są tu znacznie mniejsze, ale zapomocą miechów działających obrotowo, odśrodkowych lub przegrodowych. Ciśnienie w normalnie pracujących piecach kupolowych wynosi, zależnie od wysokości nagromadzonych w piecu materiałów, rodzaju koksu, konstrukcyi przewodów i innych mniej ważnych czynników, 30—60 cm słupa wody (0·03—0·06 at.); ilość zużytego powietrza zależy od ilości spalonego koksu, przyczem na 1 kg koksu liczy się średnio 7—8 m³ powietrza. Obliczywszy całą jego ilość w stosunku do paliwa, otrzymamy ilości, jakie muszą być włączane do pieca w ciągu topienia.



Ryc. 81 (Durlach).

Miechy odśrodkowe pracują zapomocą umieszczonych na osi łopatek odpowiedniego kształtu, poruszających się w okrągłym, do kształtu łopatek dostosowanym przewodzie; wprowadzając w ruch odśrodkowy znajdujące się przed nimi powietrze, zgęszczają je i pod ciśnieniem włączają do przewodu prowadzącego do pieca. Równocześnie wskutek rozrzedzenia powietrza w okolicy osi następuje w tej części przyrządu ssanie powietrza zewnętrznego.

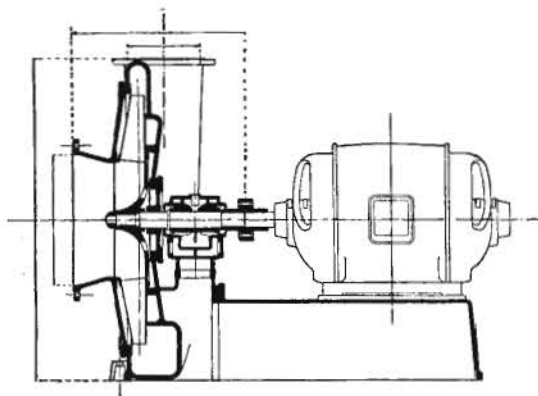
W odlewniach używa się miechów tego systemu jako *wentylatorów* (ryc. 82) o popędzie zapomocą pasa, lub bezpośrednio sprzęgniętych z motorem elektrycznym, do czego dobrze się nadaje wielka liczba obrotów wentylatora (1500—3500, zależnie od średnicy). Korzystną stroną wentylatora są stosunkowo niewielkie koszty założenia i stosunkowo cicha praca, wadą mały skutek użyteczny (50—60%) oraz to, że w razie oporu w przewodzie tłoczonym lub w piecu, wentylator prze-



Ryc. 82 (G. Z.).

staje działać, obracając się w nieruchomem, zgęszczonem powietrzu. Ponieważ wentylator jest w ruchu, ciśnienie w przewodzie tłoczącym nie spada i nie można zauważyć, że w piecu zachodzi jakieś zaburzenie (np. zatkanie dysz żużlem), co czasem bywa powodem wybuchu gazów w piecu. Ta wada wentylatora jest głównym powodem, że go coraz więcej zarzucają.

W ostatnich latach wchodzi w użycie miechy odśrodkowe z łopatkami kierującymi (*kompresory odśrodkowe*), mające znacznie większy skutek użyteczny (70—80%) i w połączeniu z motorem elektrycznym o zmiennej liczbie obro-



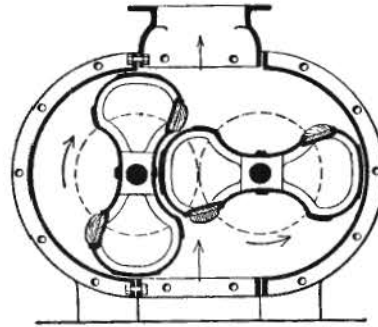
Ryc. 82. (G. Z.)

tów dające się regulować na żądane ciśnienie. Jakkolwiek wymagają umiejętnej obsługi, rozpowszechniają się szybko w odlewniach. Ryc. 83 przedstawia taki kompresor systemu Rateau.

Miechy przegrodowe posiadają tłoki

obrotowe, które chwytając z przewodu doprowadzającego pewną ilość powietrza i odcinając je przy pomocy drugiego tłoka lub innego przyrządu sterującego, zgęszczają je i tłoczą do przewodu prowadzącego do pieca. Typem takiej maszyny jest miech Roota (ryc. 84), gdzie

dwa tłoki obrotowe uszczelnione listwą drewnianą lub plisnią, będąc w stałej zależności obrotów o przeciwnym kierunku, zagarniają i zamykają między własnymi powierzchniami aścianami otaczającego je pudła powietrze, a następnie włączają je do wspólnego przewodu, wytwarzając zgęszczenie i ciśnienie. Miechy te w różnych ulepszonych konstrukcjach (Enke-



Ryc. 84.

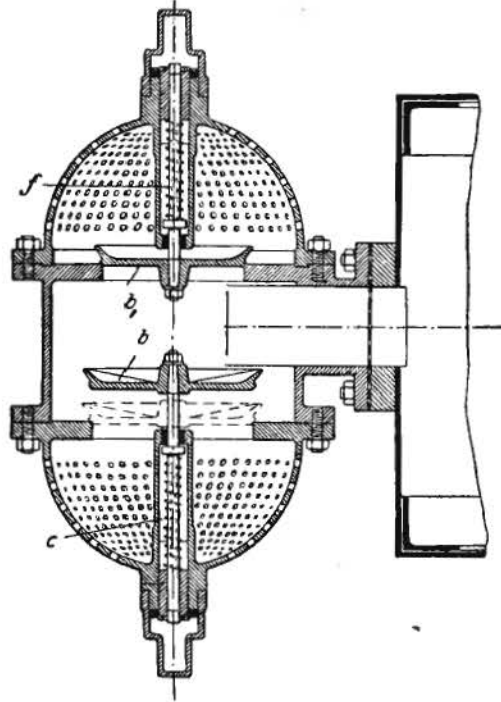
go, Jägera i i.) posiadają mniejszą liczbę obrotów (250—400), nadają się więc do popędu transmisją; skutek użyteczny wynosi 80—85%. Ich cechą charakterystyczną jest to, że powietrze w przewodzie ciśnącym nie ma innego ujścia jak piec i w razie przeszkody w przewodzie tłoczącym, tłoki pracują dalej, zgęszczając coraz bardziej powietrze, co powoduje zmniejszenie się liczby obrotów, a wreszcie zatrzymanie miecha (spadnięcie pasa popędowego). To zachowanie się miecha daje się łatwo zauważyć, i obsługujący wiedzą natychmiast, że w piecu zaszło coś nienormalnego (najczęściej zatkanie dysz). Miechy te nie wymagają tak starannej obsługi jak nowe kompresory odśrodkowe, co ze względu na małe odlewnie, nie posiadające zazwyczaj lepszych maszynistów, uważać trzeba za zaletę. Ujemną stroną takich miechów są większe koszty założenia i wielki hałas jaki robią pracując.

Eksplozje w piecach kupołowych zdarzają się przy pewnych zaburzeniach ruchu i bywają czasami bardzo niebezpieczne. Ponieważ tlenek węgla, zawarty jak wiemy w gazach wylotowych, tworzy, zmieszany w pewnym stosunku z powietrzem, mieszaninę wybuchową; skoro przeto powstaną warunki, w których się taka mieszanina utworzy, nastąpić

może wybuch, bo przy obecności żaru w piecu zapalenie się jej jest rzeczą łatwą. Przy zawartości 16·4—75·1⁰/₀ tlenku węgla w mieszaninie z powietrzem mamy do czynienia z mieszaniną wybuchową, a ponieważ w gazach wylotowych normalna zawartość tlenku wynosi jak wiemy 12—14⁰/₀, przeto już niewielkie zwiększenie się jej przy równoczesnym obniżeniu zawartości bezwodnika węglowego, przeciwdziałającego wybuchowi gazu, może spowodować eksplozję. Taki stan zdarza się, gdy z jakiegokolwiek powodu przestanie działać miech tłoczący do pieca powietrze (umyślne zatrzymanie, spadnięcie pasa, brak prądu elektrycznego, zatkanie dysz i t. d.); wtedy zawarty w gazach, a niewydalony dwutlenek węgla rozkłada się w wysokiej temperaturze pieca, w obecności rozżarzonego koksu, zwiększając zawartość tlenku węgla, który w krótkim czasie wypełnia piec, pierścieniową komorę dokoła dysz, a nawet dostaje się do przewodu łączącego miech z piecem. Gdy po przerwie w ruchu miech zacznie znów tłoczyć do pieca powietrze, powstaje mieszanina wybuchowa i, oczywiście, eksplozja. By temu zapobiedz nakazują przepisy bezpieczeństwa, aby przewód powietrza tłoczonego dał się oddzielić od pieca szczelną klapą, która ma być zamknięta natychmiast po zatrzymaniu miecha, nadto otwory (okienka) w pierścieniu otaczającym dysze mają być równocześnie otwarte, aby w ten sposób powstał przeciąg w piecu, wprowadzający do niego powietrze z zewnątrz i odprowadzający do komina wywiązujące się gazy. Przepisy te często zawodzą, bo albo robotnik obsługujący miech i piec zaniedba je wykonać, albo, przy wentylatorze, nie zauważy odrazu, że on nie działa (przy zatkaniu dysz). Wobec tego wskazane są przyrządy zabezpieczające od eksplozji w sposób automatyczny. Jeden z nowszych przyrządów takich przedstawia ryc. 85 ¹⁾ w postaci dwóch, skombinowanych ze sobą wentylów. Wentyle te złączone są przewodem z płaszczem (pierścieniem) powietrznym, otaczającym piec kupolowy. W razie wstrzymania miecha, a z nim ruchu powietrza, opada w piecu ciśnienie, i gdy obniży się do 200 mm słupa wody, sprężyna *c* (w dolnej części) otwiera wentyl *b* i wpuszcza do pieca powietrze, które

¹⁾ St. u. E. 1914 str. 349.

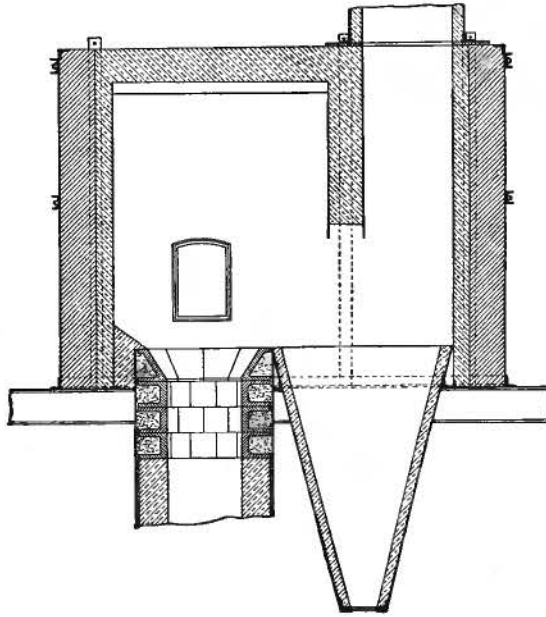
przepływając jego wnętrze dostaje się do kominu i tym sposobem przepłukuje piec. Górna część przyrządu służy za wentyl bezpieczeństwa; w razie wybuchu, gazy ciśnieniem swem pokonują opór sprężyny *f*, obliczonej na najwyższe dopuszczalne ciśnienie w piecu i podnoszą wentyl *b*, uchodząc przez to na zewnątrz. Takie przyrządy umieszcza się po dwa na każdym piecu, a rozmiary wentyli są zależne od wielkości pieca. Mają działać zupełnie zadawalająco i skutecznie zapobiegać wybuchom.



Ryc. 85 (St. u. E.).

Gaszenie isker wydobywających się z pieca jest konieczne w miejscowościach, gdzie w sąsiedztwie pieca kupolowego stoją budynki lub znajdują się przedmioty zapalne; w takich razach trzeba wylot pieca odpowiednio ubezpieczyć, aby nie wyrzucał isker. Najczęściej stosuje się do tego *tz. komorę iskrową* (ryc. 86), którą buduje się nad wylotem pieca w ten sposób, by gazy niosące iskry dostawszy się do obszernej, u góry zamkniętej przestrzeni, zmieniały swój kierunek i zmniejszyły swą szybkość; wskutek tego rozżarzone cząstki paliwa spadają, jako cięższe do podstawionego lejka, z którego się je później wysypuje.

Bywają też stosowane przyrządy skrapiające wylot pieca gęstym a drobnym deszczem gaszącym iskry, co wymaga zastosowania pompy i zapasu wody. Te urządzenia mają także tę złą stronę, że gazy piecowe, zawierające zawsze bezwodnik siarkawy, utleniający się na kwas siarkowy i rozpuszczający się



Ryc. 86 (Durlach).

w wodzie zraszającej piec, powodują niszczenie części blaszanych, na które woda spada i przewodów odprowadzających ją.

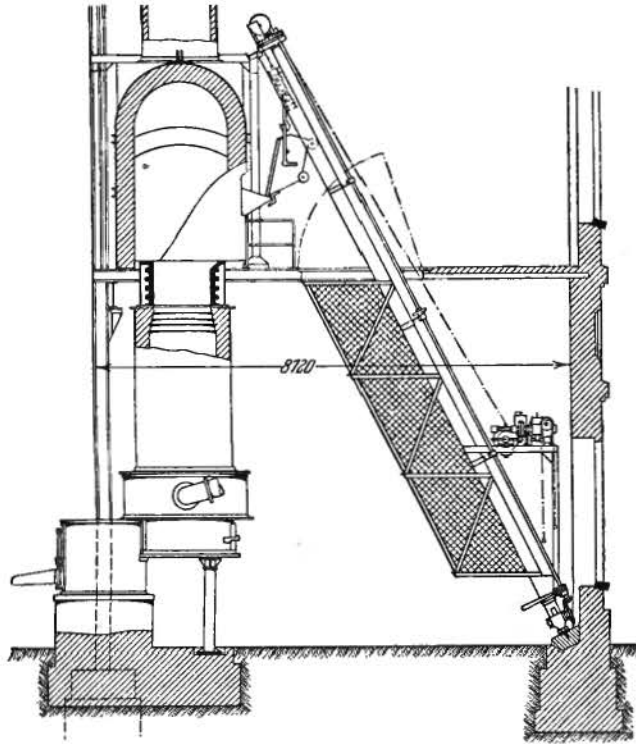
Zasilanie pieca wymaga mechanicznych urządzeń, które wielkie ilości koksu, a zwłaszcza ciężkiego żelaza podnoszą na wysokość otworu wpustowego. W mniejszych zakładach używają do tego pionowego wyciągu, czasami nie

mechaniczną lecz ręczną windą poruszanego, który materiały podnosi na wysokość pomostu, umieszczonego przed otworem wpustowym, skąd je robotnicy donoszą do pieca. W takim razie ważenie naboju i mieszanie przepisanych gatunków żelaza odbywa się często na pomoście. Większe zakłady lepiej obliczające koszty pracy i mające większe środki na instalacje mechaniczne, stosują urządzenia ograniczające pracę ludzką przy zasilaniu pieca w ten sposób, że umieszczone w wózkach, odważone naboje koksu i żelaza podnosi się wprost do otworu wpustowego i wsypuje do pieca, używając do tego wyłącznie tylko siły mechanicznej. Przy małej liczbie pieców używa się ukośnych wyciągów, czy to stale zbudowanych przy piecu, czy to dających się przesuwac na torach, jeżeli jest kilka pieców do obsługi. Na ryc. 87 ¹⁾ widzimy taki przesuwalny wyciąg z popędem elektrycznym, gdzie wózek podniesiony do otworu zasilającego, samoczynnie się do niego wypróżnia. Na

¹⁾ St. u E. 1912, str. 1599.

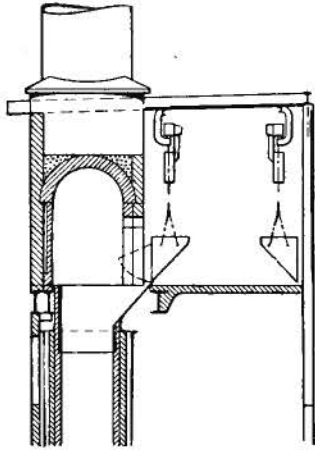
przekroju pieca widać, że dla ochrony wyłożenia od uderzeń wpadającego żelaza, jest górna część pieca opancerzona wewnątrz żelaznym pierścieniem; u góry widać przekrój komory iskrowej.

Jeżeli materiały trzeba dowozić do pieca z dalej położonego składu, albo kilka pieców wymaga wspólnej obsługi, używa



Ryc. 87 (St. u. E.).

się często kolejki linowej (zazwyczaj pędzonej elektrycznie) o zamkniętym obwodzie toru, która jedną stroną pełne wózki dowozi i przy pomocy odpowiednio urządzonego sterowania samoczynnego wypróżnia je do pieca, a następnie drugą stroną odwozi je napowrót. Na ryc. 88 przedstawiony jest ten rodzaj zasilania zapomocą wózka toczącego się po wiszącej szynie i poruszanego liną; z lewej strony widzimy wózek obok otworu pieca, z drugiej wózek odjeżdżający.

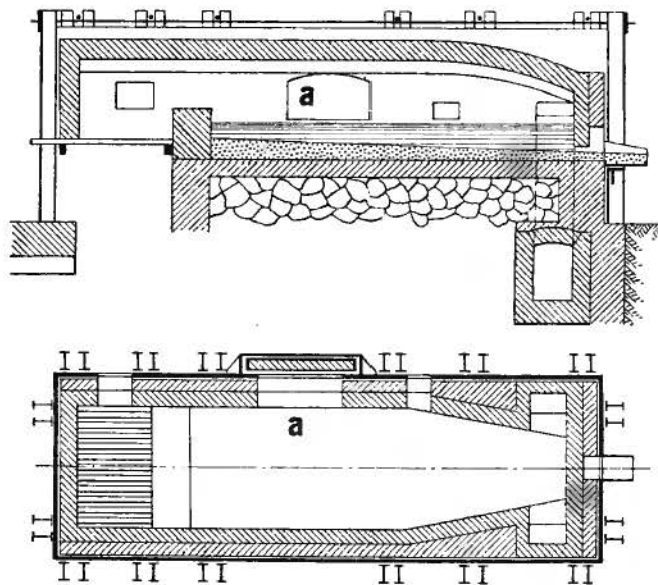


Ryc. 88 (St. u. E.).

Piec płomienny używany bywa w odlewnictwie brązu, mosiądzu, miedzi, — przy produkcji masowej lub wyrobie wielkich przedmiotów, w odlewnictwie stali jako piec Martina, w odlewnictwie żelaza zaś wyjątkowo przy wyrobie wielkich przedmiotów (szczególnie do wyrobu walców dla walcowni) i jako piec pomocniczy, gdy się odlewa żelazo wprost z wielkiego pieca. Ponieważ starego żelaza, o ile jest w wielkich kawałkach, nie można topić w piecu kupolowym, a rozbijanie jest albo za drogie, albo często niemożliwe (np. grubych walców), więc

i tam, gdzie są takie przedmioty do stapiania, znajduje zastosowanie piec płomienny.

Na ryc. 89 widzimy typ pieca płomiennego używanego w odlewnictwie. Trzon pieca nieco spadający ku spustowi



Ryc. 89 (St. u. E.).

i zwężony od strony kanału prowadzącego gazy do komina, nakryty jest sklepieniem poziomem, obniżonem nieco ku stronie komina. Wytwarzane na palenisku gorące gazy spotykają nagromadzony na topnisku materiał, który się wkłada przez drzwi *a*, ogrzewają go, a zresztą ciepło swoje oddają ścianom i sklepieniu a te promieniując, wytwarzają w piecu temperaturę dochodzącą powyżej 1500°; uchodzące do komina gazy mają temperaturę 900—1000° i o ile to możliwe, bywają używane do ogrzewania suszarni, kotłów parowych i t. p.

Piec płomienny ma dzielność termiczną 8—10%, pracuje więc bardzo nieekonomicznie; na 100 kg stopionego żelaza liczy się dla pieców o pojemności 10—15 ton 30—40% dobrego węgla gazowego, dającego długi płomień. Pracuje się z nadmiarem powietrza, potrzebnym do lepszego wyzyskania paliwa, wskutek czego odbywa się częściowo proces świeżenia, tak że zawartość manganu, krzemu i węgla zmniejsza się. Strata żelaza przez spalenie wraz ze stratami mechanicznymi wynosi 5—8%. Zawartość siarki doznaje zwiększenia, gdyż gazy zawierające związki siarki oddają je żelazu; przyrost siarki wynosi około 0,03%. Ilość fosforu pozostaje bez zmiany. Dla usunięcia połączeń nietopliwych dodaje się 2—4% wapienia (w stosunku do żelaza), niekiedy więcej, celem wytworzenia rzadkoplennego żużla, który pokrywając powierzchnię żelaza, zmniejsza przyrost siarki.

Do odlewania stali, a także kującej leizny w wielkich ilościach używa się pieców Siemens-Martina, o znanej budowie¹⁾. Służą one w hutach, jak wiadomo, do wyrobu stali na bloki, przerabiane dalej drogą kuźniczą, a także na wielkie odlewy, bywają jednak także budowane w samoistnych odlewniach stali, o ile ich produkcja jest znaczna. Naboje w takich piecach wynoszą najczęściej 10 ton, czasem więcej, bywają też budowane piece mniejsze od 3 ton, jednakże takie małe piece nie pracują ekonomicznie.

Proces jest albo tylko topieniem starego żelaza, albo częściowym świeżeniem, przy dodatku surowca. Wyłożenie bywa zasadowe, droższe, ale pozwalające na usunięcie fosforu, a więc lepsze dla wyrobu, albo *kwaśne*, nie pozwalające na

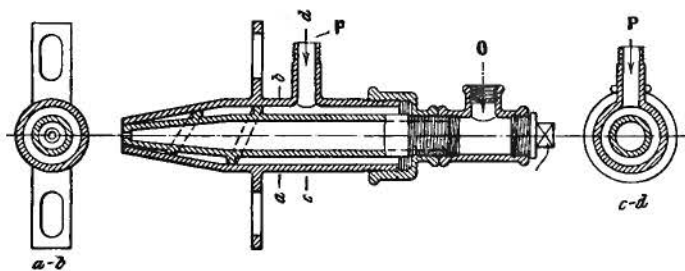
¹⁾ Część I. str. 194.

usunięcie fosforu ale tańsze i w małych piecach częściej stosowane.

Od kilku lat rozpowszechnia się coraz bardziej opalanie pieców hutniczych i odlewnianych *paliwem płynnym*, do czego służy ropa naftowa i produkty jej destylacji, albo olej smołowy otrzymany z produktów destylacji węgla kamiennego w koksowniach i gazowniach.

Opalanie olejem poza sprawą kosztów samego paliwa, która dla każdej miejscowości inaczej może się przedstawiać, ma wobec stałego opału zaletę mniejszych kosztów założenia, dokładniejszego spalania, a więc lepszego wyzyskania paliwa; robota jest czysta, bez dymu i sadzy, obsługa łatwa i znacznie tańsza (z powodu doprowadzania paliwa przewodami do paleniska, braku popiołu i żuźla); dalszą zaletą jest możliwość regulowania intensywności opalania i chemicznego działania płomienia (utleniające i redukujące), szybkość rozpalania, natychmiastowe przerywanie palenia po ukończonem topieniu i t. d.

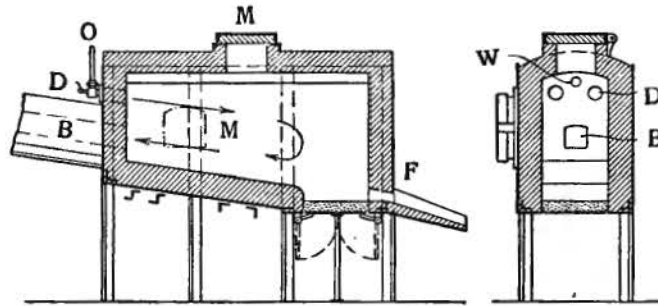
Olej doprowadzany do paleniska musi być w stanie zgazowanym, a przynajmniej jak najlepiej rozpylonym, aby jego wymieszanie z powietrzem było dokładne i przez to spalanie zupełne. Rozpylanie oleju w piecach odlewniczych uskutecznia się zapomocą zgęszczonego powietrza o ciśnieniu 0,6—6 at, zależnie od systemu dysz; powietrze służące do spalania ma ciśnienie 40—60 cm słupa wody.



Ryc. 90 (St. u. E.).

Do wprowadzania i rozpylania płynnego paliwa służą dysze różnej konstrukcji, z których jedną przedstawia ryc. 90

w kilku przekrojach ¹⁾). Olej dopływający otworem *O* do wewnętrznej części, wydobywa się wązkim otworkiem po przeciwnej stronie, w zwężonej części dyszy, i tam powietrze dopływające kanałem *P* do płaszcza między dwoma przewodami,

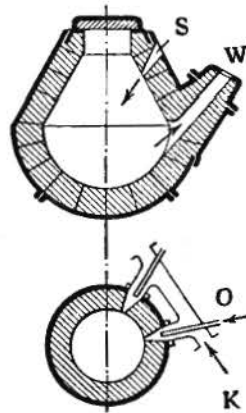


Ryc. 91 (St. u. E.).

chwyta go i rozpyła; śrubowe skręty zwężającej się części dyszy nadają mu ruch wirowy.

Jako zastosowanie ogrzewania płynnym paliwem do pieca płomiennego widzimy na ryc. 91 ²⁾) piec do topienia małych ilości żelaza, odpadków metali i t. p. rozpowszechniony w Ameryce. Przez dysze *D* wciśnięty przewodem *O* rozpylony olej zapala się, płomień ogarnia najpierw górną część pieca, ogrzewając jego ogniotrwałe wyłożenie, następnie zakręca się ponad topniskiem i uchodzi do komina kanałem *B*. Do wkładania metalu do pieca służą otwory *M* w górze i z boku, do wypuszczania stopionego, spust z rynną *F*. Okienkiem *W* ponad dyszami można obserwować przebieg topienia.

Inny, również rozpowszechniony piec amerykański systemu Hawleya przedstawia ryc. 92. Ma on kształt u dołu kulisty (do brązu, mosiądzu i t. p.) lub



Ryc. 92. (St. u. E.).

¹⁾ St. u. E. 1912, str. 772.

²⁾ St. u. E. 1911, str. 848.

płaski (do żelaza), w górnej części stożkowaty, zakończony otworem do wrzucania metalu. Z boku znajduje się wylew *W*, do dogodnego wypuszczania stopionego metalu przez przechylenie pieca. Płynne paliwo wprowadza się dwoma, obok siebie umieszczonymi palnikami *S* w ten sposób, że olej palny wciskany przewodami *O* pod ciśnieniem 2 at. miesza się z powietrzem o ciśnieniu 55—75 cm słupa wody, doprowadzanem wspólnym przewodem *K*, i rozpylony, dostawszy się do pieca, wypełnia płomieniem całe jego wnętrze, ogrzewając zarówno ściany jak i właściwe topnisko. Gazy spalania wydostają się otworem spustowym.

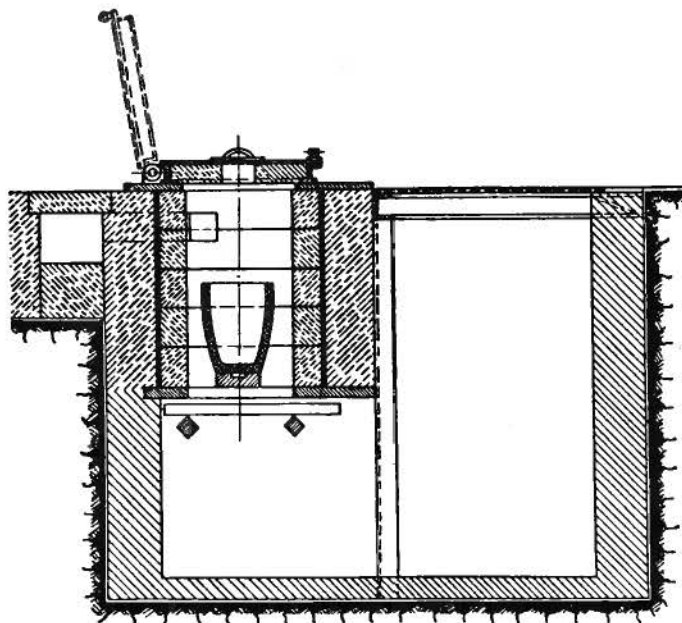
Piece te bywają budowane w kilku wielkościach o pojemności 50—800 kg topionego metalu.

Piece płomienne tego rodzaju wymagają paliwa o niskiej temperaturze wrzenia, by palna para wymieszała się dobrze z powietrzem i dała mieszaninę nie zawierającą wolnego powietrza, które powoduje w piecu utlenienie metalu. Oleje o wysokim punkcie wrzenia, np. z mazi pogazowej, nie dają wskutek tego korzystnych wyników, gdyż metal topiony zanieczyszcza się tlenkiem i pochłania wiele gazów.

Piece tyglowe należą do najstarszych urządzeń do topienia. Zaletą ich jest zabezpieczenie topionego metalu od wpływu chemicznego gazów, jakkolwiek z drugiej strony skład materyałów, z których tygiel jest zrobiony ma wpływ na topiony metal (zawartość krzemu i węgla). Wyrób w tyglach wyborowej stali ¹⁾ nie należy tutaj, jako proces hutniczy; topienie stali do odlewania bywa stosowane tylko wyjątkowo przy przeróbce stali wyborowych, topienie żelaza lanego odbywa się rzadko, w wypadkach nagłych gdy piec kupałowy nie jest w ruchu, a potrzeba małej ilości materyału na pilny odlew. Do bronzu, mosiądzu a także drogich metali, ma tygiel obszerne zastosowanie.

Dawną ale i dziś jeszcze bardzo rozpowszechnioną konstrukcją pieca tyglowego przedstawia ryc. 93. Piec jest całkiem, albo tylko częściowo wpuszczony w ziemię dla łatwiejszego wyjmowania tygli ze stopionym metalem. Na ruszcie, do któ-

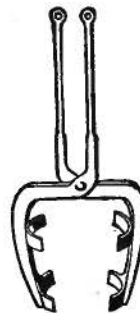
¹⁾ Część I. str. 209.



Ryc. 93 (Durlach).

rego powietrze dopływa z dołu, stoi tygiel nie bezpośrednio, lecz na ogniotrwałej podstawie, chroniącej jego dno przed oziębieniem od dopływającego, zimnego powietrza. Tygiel jest obłożony koksem, który żarząc się ogrzewa go i w ten sposób przez ściany tygla doprowadza ciepło do metalu; dla ochrony od chemicznego wpływu gazu można tygiel nakryć ogniotrwałą nakrywką. Gazy spalania uchodzą u góry do przewodu prowadzącego do komina. Dla wkładania i wyjmowania tygla otwiera się nakrywkę zawiasowo utwierdzoną; w jej środku jest mały otwór z przykrywką do obserwowania przebiegu procesu topienia.

Tygle bywają umieszczone po dwa obok siebie, a przy większym zapotrzebowaniu buduje się kilka pieców obok siebie. Pojemność tygli wynosi 30—300 kg. Tygiel wyjmuje się z pieca zapomocą kleszców (ryc. 94), które obejmują go z dwóch stron i są zastosowane do jego kształtu. Robotę tę przy małych tyglach wykonuje się ręcznie, do wyjęcia dużych tygli podnosi się kleszcze za-



Ryc. 94.

pomocą żórawia. Tygle wytrzymują zwykle kilkanaście procesów topienia.

Tak urządzony piec tyglowy pracuje nadzwyczaj nieekonomicznie, mając dzielność termiczną około 4% i zużywając 60—100% paliwa w stosunku do topionego materiału. Jeżeli gorące gazy z pieca tyglowego zużywa się jeszcze, np. do ogrzewania suszarni, strata jest mniejsza.

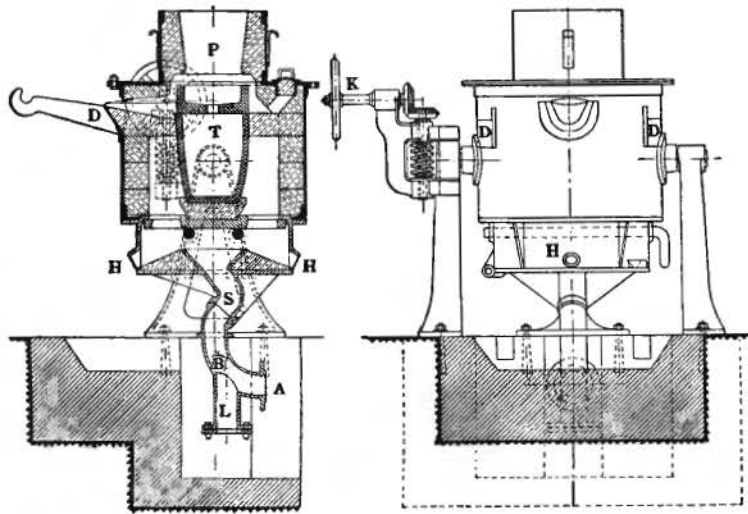
By zmniejszyć straty ciepła, a także by zabezpieczyć tygiel od skruszenia przy wyjmowaniu kleszczami, budują *piece tyglowe przechylne*, pozwalające bez wyjmowania tygla wypróżnić go po stopieniu metalu. Przy takim urządzeniu zaoszczędza się około 50% paliwa, a trwałość tygla jest dwukrotnie większa. Piece te pracują zwykle z wentylatorem, co kilkakrotnie zmniejsza czas topienia w porównaniu z piecem o naturalnym przeciągu. Są one zwykle połączone z podgrzewaczem tj. zbiornikiem wypełnionym kawałkami metalu o kształcie tygla lecz bez dna, przez który lub koło którego krążą gazy uchodzące z pieca, podgrzewając materiał przed topieniem. Przy pewnym zaoszczędzeniu ciepła ma jednak to urządzenie tę złą stronę, że rozżarzone kawałki metalu podlegają utlenieniu od gazów zawierających zwykle wolny tlen, co np. przy topieniu stopów miedzi niekorzystnie je zanieczyszcza tlenkami ¹⁾.

Piece, pracujące z pomocą wentylatora mają jeszcze tę stronę ujemną, że przy braku regulacji dopływu powietrza, czego nie stosują przy tych piecach, w miarę ubywania koksu gazy zawierają coraz więcej wolnego tlenu i przy panującym ciśnieniu dostają się także do tygla, powodując utlenienie się metalu. Pod względem bezpieczeństwa od utleniania korzystniej pracują piece tyglowe z naturalnym przeciągiem i bez podgrzewacza.

Jeden z wielu pieców tego rodzaju widzimy na ryc. 95. Tygiel *T* umieszczony jest w ogniotrwałym wyłożeniu pieca w ten sposób, że od dołu spoczywa na krążku, chroniącym go od oziębienia przez dopływające z wentylatora powietrze, u góry jest ujęty obmurowaniem. Piec jest osadzony na czopach i zapomocą ręcznego kółka *K* daje się na nich obracać

¹⁾ Część I, str. 40 i 80.

do wypróżniania. Powietrze tłoczone otworem *A* przez nieruchomą rurę *B* przechodzi do komunikującego się z nią przez stożkowe zetknięcie przewodu *S*, połączonego z piecem i wraz z nim podnoszącego się przy wylewaniu. Po przejściu warstwy koksu otaczającego tygiel, przepływa powietrze przez otwory w obmurowaniu do górnej części pieca, gdzie znajduje się podgrzewacz *P*, i przeciskając się przez kawałki metalu w nim nagromadzone uchodzi w górę. Aby gazy odpływające nie zanieczyszczały powietrza, umieszcza się nad



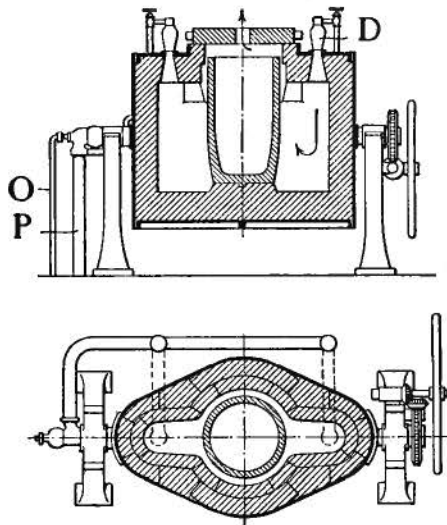
Ryc. 95 (Durlach).

podgrzewaczem rozsuwalną rurę z okapem, prowadzącą ponad dach. W razie pęknięcia tygla wylewa się jego zawartość do spodniej, otwieralnej części pieca, skąd otworem *H*, zamkniętym zatyczkami z łatwo topliwego materiału wylewa się; gdyby stopiony metal dostał się do przewodu powietrznego, zatrzyma się na dnie odgałęzienia *L*. Wiaderko, do którego wylewa się stopiony metal, umieszcza się wraz z drążkami na ramionach *D*, połączonych z osłoną pieca.

Budowa pieców tyglowych rozwinęła się i udoskonaliła w ostatnich latach, odkąd do ich ogrzewania zaczęto stosować płynne paliwo, którego zalety poznane przy opalaniu

pieców płomiennych, tak samo i przy tyglowych korzystnie je wyróżniają w porównaniu z opalanyimi zapomocą koksu. Zużycie paliwa płynnego o wartości kalorycznej 1 kg 8—10 tysięcy kaloryi, wynosi 10—12 kg na 100 kg bronzu lub mosiądzu, do topienia których piece te najwięcej bywają stosowane.

Jeden z typowych pieców tyglowych do opału płynnego (Rockweller'a) przedstawia ryc. 96. Olej dopływający przewodem *O* pod ciśnieniem około 1 at. miesza się z powietrzem włączanem pod ciśnieniem 0,8 at. rurą *P* w dyszach *D* osadzonych u szczytu pieca, ponad dwiema komorami, gdzie płomień z dwóch stron obejmuje tygiel i około jego ścian uchodzi otworem w pokrywie. Do wypróżniania piec przechyla się w czopach, podobnie jak poprzednie. Pojemność pieców Rockweller'a wynosi, zależnie od wielkości, 100—800 kg.



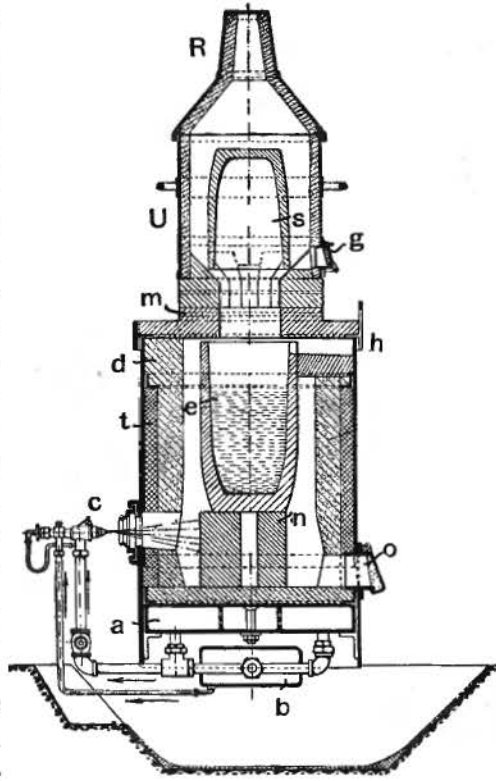
Ryc. 96 (St. u. E.).

Inny typ przechylnego pieca z przegrzewaczem dość rozpowszechnionej budowy, przedstawia piec Büssa (ryc. 97). Tygiel *e* umieszczony jest w przechylnym, ogniotrwałymi cegłami *d* wyłożonym i masą izolacyjną *t* od stygnięcia ubezpieczonym piecu, przykrytym zawiasowo utwierdzoną przykrywą *m* z otworem w środku; tygiel spoczywa na podstawie *n* chroniącej go od bezpośredniego działania płomienia tryskającego z dyszy *c*. Paliwo doprowadza się najpierw do zbiornika *b*, ogrzewanego powietrzem dopływającym do komory *a* pod dnem pieca, gdzie się samo ogrzewa. Zamykany otwór *o* przy dnie służy do wylewania metalu w razie pęknięcia tygla. Tygiel wypróżnia się spustem *h* przez przechylenie. Uchodzące górnym otworem gazy spalania wpływają do podgrzewacza *U*

i uchodzą przez nakrywę *R*; w przegrzewaczu można umieścić albo metal przeznaczony do topienia, nie mieszczący się w tyglu *e*, albo odwrócony tygiel *s*, do którego później, po zagrzaniu, wlewa się stopiony metal. Ogrzanie tygla tego zapobiega ostudzeniu się w nim metalu. Przez otwór *g* można obserwować co się dzieje w przegrzewaczu. Do wylewania metalu podnosi się podgrzewacz za pomocą małego, z piecem połączonego żórawia.

Piece ogrzewane prądem elektrycznym stosowane w hutnictwie ¹⁾ do wyrobu wyborowych gatunków żelaza kujnego i jego stopów, dostarczają także stali na odlewy,

podobnie jak hutnicze piece Martina. W samoistnych odlewniach nie stosuje się dotąd prądu elektrycznego do topienia z powodu jego wysokiej ceny, jakkolwiek istnieją wyjątki. Piece tyglowe, ogrzewane prądem elektrycznym są budowane na tej zasadzie, że prąd przemienny o niskim napięciu przepuszcza się przez tygiel za pośrednictwem elektrod węglowych, obejmujących go z dwóch stron. Mimo wielkich zalet, jakie dla dogodności topienia i dla topionego metalu posiadają takie piece, mają one z powodu drogości prądu dotychczas zastosowanie tylko w laboratoriach oraz w zakładach, prze-

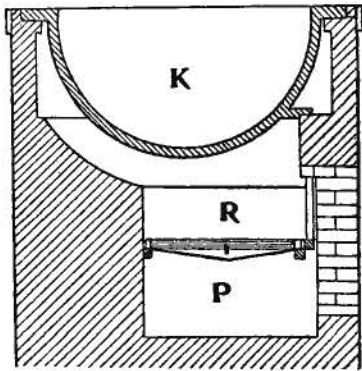


Ryc. 97 (G. Z.).

¹⁾ Część I., str. 213.

rabiających drogie metale; w odlewniach, służących celom budowy maszyn nie są używane.

Piece kotłowe służą do topienia łatwo topliwych metali (np. białych stopów łożyskowych). Kocioł żelazny *K* (ryc. 98) kształtu półkulistego umieszczony jest wprost nad paleniskiem

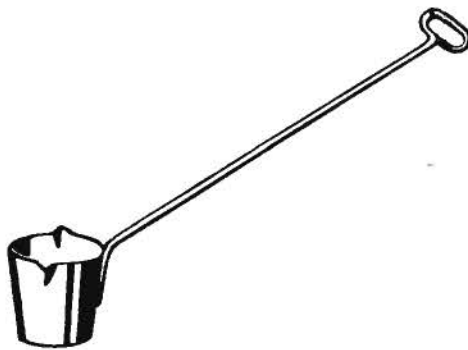


Ryc. 98.

rusztowem *R*, do którego powietrze o naturalnym ciągu dopływa przez popielnik *P*, a gazy spalenia okrążając kolistym kanałem górną jego część, uchodzą do komina. Kotły takie bywają także ogrzewane gazem lub paliwem płynnym.

Kadzie i wiadra do odlewania mają rozmiary i budowę dostosowaną do ilości naraz odlewane go metalu. Kadzie do odlewania żelaza, stopów miedzi

i i. różnią się od kadzi dla stali tem, że metalu nie wypuszcza się przez otwór w dnie tak jak stal ¹⁾, ale wylewa się nachylając kadź, która w tym celu ma rynienkowaty wylew. Małe ilości żelaza (do 25 kg) nalewa się z pieca w ręczne wiaderka, z przymocowaną do nich rękojeścią (ryc. 99), większe (do 200 kg)



Ryc. 99.

w wiadra wstawione w żelazny pierścień (ryc. 100), mający z dwóch stron drążki do noszenia, jeden widełkowato rozdzielony, aby umożliwić przechylenie wiadra, drugi prosty, który chwyta się wprost ręką, albo podkłada pod niego drąg. Zależnie od ilości metalu wiadro takie nosi dwóch lub czterech ludzi.

¹⁾ Część I. str. 199. ryc. 96.

Wielkie kadzie, obejmujące kilkaset do kilkudziesięciu tysięcy kg metalu, przenosi się żórawiem lub przewozi na torach urządzonych w odlewni. Kadzie takie mają do pochylania mechanizmy z kół ślimakowych, sterowane przez je-



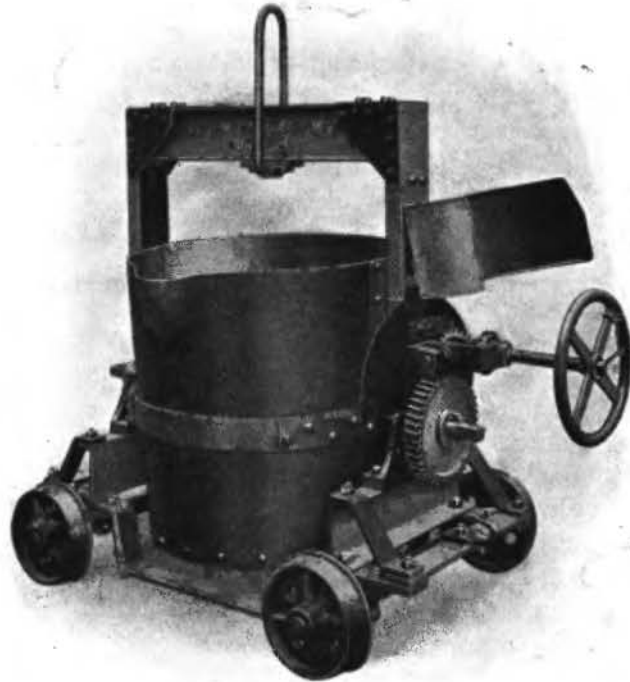
Ryc. 100.

dnego człowieka; zaletą ich jest, że w każdym położeniu mogą się zatrzymać, niema więc niebezpieczeństwa, że przy nieuwadze robotnika same się nagle pochylą. Na ryc. 101 widzimy taką kade, urządzoną do ręcznego przewozu na jednej, górą prowadzonej szynie. Gdzie żóraw nie może obsłużyć całej odlewni, tam urządza się kadzie przewożne na wózkach, lecz dające się podnieść zapomocą żórawia i donieść do formy (ryc. 102). Wchodzą też w użycie kadzie w kształcie beczki zawieszanej na czopach i przenoszone żórawiem (rycina 103) lub przewożone na wózku z wylewem z boku, dające się wypróżnić przez obrót około osi. Zaletą ich jest lepsze zabezpieczenie żelaza przed stygnięciem.

Aby podczas wlewania nie dostał się do kadzi żużel pływający na powierzchni żelaza, odgarnia go robotnik żelaznym wioselkiem w tył, co jednak nie zawsze daje się dobrze i pewnie wykonać; z tego powodu umieszczają czasem w kadzi ściankę przedziałową zatrzymującą żużel, a metal dostający się do formy od strony dna poza przegrodę jest na powierzchni czysty. Taką przegrodę ma kadeż na ryc. 80, a ryc. 104 przedstawia wiaderko z przegrodą.



Ryc. 101.



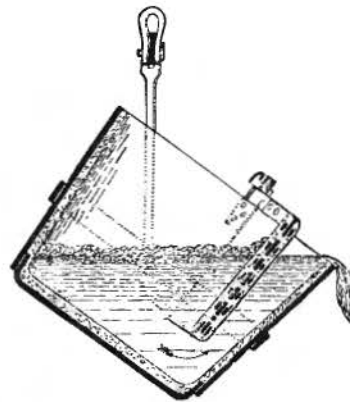
Ryc. 102 (Durlach).

Kadzie zrobione z żelaznej blachy, jużto przez wytłaczanie z jednego kawałka, jużto z części przez nitowanie, muszą być wewnątrz wyłożone materiałem ogniotrwałym. Wiaderka ręczne i małe kadzie wylepia się gliną, wielkie wymurowuje ceglami ogniotrwałymi i wylepia na powierzchni gliną. Po wylepieniu wyprawę się suszy, powleka czernidłem i ponownie suszy; do odlewania stali muszą być kadzie rozgrzane. Suszyć można kadzie w suszarni, o ile jest miejsce, a także nad ogniskiem koksowem, lub koszami napelnionymi żarem koksowym, które ustawia się na dnie lub zawiesza w kadzi. Przy takim suszeniu marnuje się wiele paliwa, zanieczyszcza powietrze, a kadź nierówno się ogrzewa i suszy; lepsze są umyślnie do tego celu budowane piece. Na ryc. 105 widzimy piec służący do suszenia wiaderek ręcznych. Nad paleniskiem opalanem koksem ustawia się wiaderko i zamyka blaszaną zasłoną *K*; drążki do noszenia są na zewnątrz i nie rozgrzewają się, dym uchodzi do komina rurą *B*

umieszczoną w rogu pieca. Wielkie kadzie suszy się nad paleniskami opalanymi koksem (zwykle odpadkami pozostałymi w piecu kupolowym po topieniu), gazem wielkopieczowym,

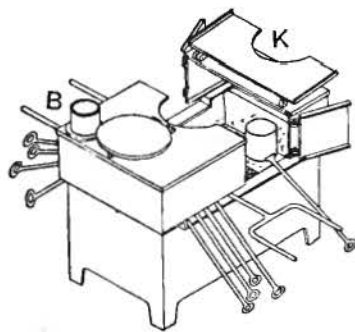


Ryc. 103.

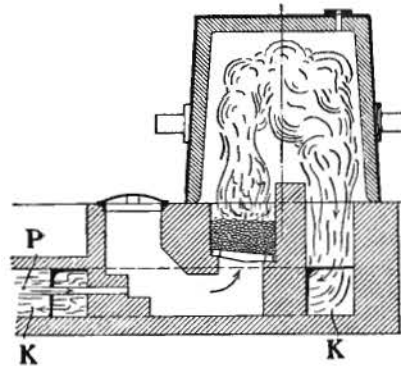


Ryc. 104.

generatorowym lub paliwem płynnym. Piec taki widzimy na ryc. 106; gorące gazy wywiązujące się na palenisku, zasilane



Ryc. 105 (G. Z.).



Ryc. 106 (St. u. E.).

powietrzem, wciskanem przewodem *P* wypełniają kadź, a nasycający się wilgocią opadają i uchodzą do kanału kominowego *K*.

Odlewanie. Skoro forma należycie umocniona i obciążona jest przygotowana do odlewania, a metal stopiony, należy go przynieść w wiadrze do formy w takiej ilości, aby mógł ją wypełnić wraz z kanałami wlewowymi i powietrznymi, a nawet w większej, by na wypadek przerwania formy i częściowego wylania się z niej, był w kadzi, po zatkaniu przerwane go miejsca, dostateczny zapas do całkowitego wypełnienia formy. Przerwanie formy powoduje zwykle nieudanie się odlewu z powodu zepsucia formy, czasami jednak nie jest tak niebezpieczne i odlew można ocalić, mając dość metalu w kadzi. Przy wlewaniu nie powinno się tej czynności, raz rozpoczętej, przerywać lecz należy łąć nieprzerwanym strumieniem aż do wypełnienia formy, przerwa bowiem może spowodować utlenienie się na powierzchni metalu już wlanego do formy; ta cienka warstwa tlenku może nie dopuścić do złączenia się metalu później wlanego z wlanym poprzednio, przez co odlew nie będzie jednolity i w granicznym miejscu może pęknąć.

W formie, która, jak wiemy, jest wysypana proszkiem węgla i zwykle zawiera jego przymieszkę, wytwarzają się w czasie odlewania palne gazy (CO); gdyby te gazy wydobywały się swobodnie na zewnątrz formy, to mieszając się z powietrzem, łatwo utworzyłyby mieszaninę wybuchową; taka mieszanina zapalając się od roztopionego metalu i wybuchając, może nie tylko zniszczyć formę ale i uszkodzić ludzi koło niej zajętych. Aby tego uniknąć zapala się po rozpoczęciu wlewania wydobywające się z kanałów gazy; w tym celu kładzie się nad wylotami kanałów palne materiały (konopie, wióry i t. p. często polane olejem) i zapala je po rozpoczęciu odlewania. Gazy w miarę wydostawania się z przewodów zaraz się zapalają i nie mogąc utworzyć niebezpiecznej mieszaniny z powietrzem, spokojnie płoną.

3. BŁĘDY ODLEWNICZE.

Nie każdy odlew wykonany w przygotowanej formie jest dobry. Z powodu poprzednich błędów przy formowaniu, topieniu i odlewaniu, gotowy odlew posiada często wady, które wymagają jego naprawy, lub też są tak doniosłe, że odlew jest niezdatny do użytku i musi być odrzucony. Zarówno naprawy, jak, w jeszcze większym stopniu, zupełne nieudanie się odlewu, przedstawiają dla fabryki straty z powodu wyłożonych kosztów na robotę formy i na zużyte na nią materiały, straty paliwa na suszenie formy i topienie metalu, jego utlenienie się i zużycie, koszt maszyn i urządzeń odlewnianych, kosztu dalszej obróbki, jeżeli wada wykaże się dopiero w warsztacie mechanicznym, a nadto straty ogólnoadministracyjne i straty czasu, dotkliwe zwłaszcza przy robotach terminowych, które mogą fabryce spowodować jeszcze większe szkody, niż poprzednio wyliczone.

Odlewanie zależy od tak wielu czynników fizyczno-chemicznych, komplikujących się ze sobą, których przy największym doświadczeniu nie można częstokroć przewidzieć, że nieudale odlewy zawsze się zdarzają, przy najlepszych siłach roboczych i urządzeniach. Jednakże wyszkolenie robotnika, nadzór umiejętnych i doświadczonych kierowników, dobra organizacja i dobre urządzenia fabryczne, mogą bardzo wydatnie ograniczyć ilość nieudanych odlewów, jak znów nieumiejętność, niedbalstwo i brak potrzebnych urządzeń wielokrotnie je powiększają.

Nie jest rzeczą możliwą wyliczyć i przedstawić wszelkie przyczyny i możliwości, wskutek których powstają wadliwe

odlewy, zwłaszcza, że zwykle nie występują one pojedynczo ale się komplikują; w rozdziale tym wskażemy więc tylko najczęstsze i najważniejsze, starając się wykazać ich przyczyny i wyjaśnić powstawanie, a zarazem zwrócić uwagę kiedy ich powodem może być nieodpowiedni materiał formierski lub stopiony metal, a kiedy wina konstrukcyi lub roboty.

Odlew może wypaść wadliwie przez *uszkodzenie formy* przed odlewaniem np. przy zakładaniu rdzenia i następnem składaniu formy, gdy źle ułożony rdzeń spowoduje zgniecenie i oderwanie części formy. W miejsce, gdzie uszkodzono formę dostaje się żelazo, tworząc na odlewie niepotrzebne dodatki, oderwany zaś piasek spływając na powierzchnię wlałego metalu zatrzymuje się na górnych ścianach formy i wytwarza tam niekształtne zagłębienia.

Formę może także uszkodzić *spadający* ze zbyt wysokiego wlewu metal lub gdy stopiony materiał dostaje się z wlewu zbyt wązkim kanałem do formy (np. w formie koła przez ramię); w formach z piasku chudego nie jest taki przewód dość oporny i płynący nim strumień wypłukuje go i rozszerza, tak, że po wypełnieniu i zastygnięciu odlew jest w takim miejscu zdeformowany.

Uszkodzenie formy nastąpić może także przy za nagłym wlewaniu żelaza do formy, gdy zamknięte w niej powietrze z wielką szybkością uchodzi przez kanały powietrzne. By temu zapobiedz układa się w takim razie przed rozpoczęciem wlewania kulki gliniane na otworach, które stawiając opór wypływającemu powietrzu, zwalniają pęd żelaza i nie dopuszczają do uszkodzenia formy; ku końcowi wlewania, gdy forma jest prawie pełna, usuwa się zatyczki.

Odkształcenie formy zdarza się także przy zbyt słabym ubiciu piasku; wtedy, zwłaszcza w wysokich odlewach, metal mający znaczne ciśnienie rozpiera formę, wskutek czego na odlewie powstają powierzchnie wypukłe i grubości większe, niż przepisane.

Przy niedość silnem osadzeniu rdzenia może się zdarzyć, o ile otwór ma położenie pionowe, że rdzeń wyrwie się z gniazda i wypłynie, powodując taką samą szkodę jak urwanie się części formy, o ile zaś leży poziomo, a jest

długi (np. w formie na rurę) i nie dość silnie podparty, wygnie się w środku ku górze. Wtedy otwór w odlewie nie jest prosty lecz wygięty i w środku ekscentryczny.

Uszkodzenie formy nastąpić może wskutek wybuchu czy to przez eksplozyę gazów palnych, wydobywających się z formy, o czym już była mowa, czy to, gdy żelazo wlane napotka w formie miejsce mokre; wtedy następuje gwałtowne wywiązywanie się pary i rozkład jej, co spowodować może niebezpieczny wybuch. Takie wypadki zdarzają się przy umieszczeniu formy w dole, nie dość od wilgoci zabezpieczonym, gdy woda zaskórna dostanie się przypadkowo do gotowej formy.

Odlew jest nieudały gdy żelazo *nie wypełni* całkowicie formy, co zdarzyć się może, gdy metal będący pod dużym ciśnieniem przerwie ją w czasie wlewania, znajdując sobie ujście na zewnątrz, i gdy przerwy tej nie można zatkać dość wcześnie; w takim razie wlewane żelazo wypływa z formy i nie może jej wypełnić. Gdy tę przerwę uda się zatkać, to odlew i tak może być zepsuty, bo albo w kadzi zabraknie żelaza do wypełnienia formy, albo wyrwa formę odkształci i odlew jest zdeformowany.

Materyał nie wypełni formy także wtedy, gdy jest za zimny, i nim zdoła dopłynąć do oddalonych części formy, stężeje, zwłaszcza w węższych częściach (np. w ramionach koła); zdarza się, że metal formę wypełni, ale stężeje w wązkich kanałach powietrznych i nie podniesie się do wierzchu, — wtedy odlew bywa porowaty i zawiera jamy.

Gdy metal ma zbyt długą drogę do odbycia w zamkniętym przekroju (np. w formach rur lub kół), i płynące z dwóch stron strumienie spotkają się ze sobą, to przy zbyt zimnym metalu może nie nastąpić złączenie się obu strug ale tylko zetknięcie; pęknięcia rur wodociągowych mają w tem często swą przyczynę. Złączeniu się strumieni staje także na przeszkodzie tlenek, który na powierzchni metalu szybko się wytwarza i, gdy ma większą grubość, przegradza zlewające się strumienie. Podobny wypadek zdarza się przy wlewaniu, jeżeli tę czynność przerwie się choć na chwilę, np. gdy w kadzi zabraknie żelaza; na warstwie wlanej poprzednio wytwarza

się tlenek, oddzielający ją od warstwy metalu wlanej po przerwie.

Niewypełnienie formy i niezłączenie się strumieni metalu zdarza się gdy metal jest gęstopłynny wskutek szkodliwych przymieszek, np. jeżeli żelazo zawiera za wiele siarki, bronz jest zanieczyszczony tlenkiem i t. p. Oprócz niewypełnienia formy wskutek niedopłynięcia do odległych i wązkich jej części, metal gęstopłynny jest szkodliwy dla odlewu także przez to, że nie wnika dokładnie w kąty i zagięcia formy, tworząc zamiast ostrych, *z a o k r ą g ł o n e k r a w ę d z i e*.

Powodem niewypełnienia formy może być także żużel, gdy przy wlewaniu dostanie się do niej. Żużel jako gatunkowo lżejszy spływa na powierzchnię metalu i może się wydobyć przez kanały odpływowe; gdy to się nie stanie i żużel zatrzyma się w formie nie dopuszczając metalu, powstanie wadliwe miejsce, zapełnione żużlem, który odpada przy czyszczeniu odlewu.

Wadliwa struktura powstaje w odlewie przy zbyt powolnem stygnięciu, zwłaszcza grubych części odlewu. Wtedy materiał powoli krystalizując staje się gruboziarnistym, np. w żelazie lanem powstają grube krzysztály grafitu. Powolne studzenie jest także powodem wydzielania się składników o odmiennej zawartości niż normalna, co źle oddziaływa na jednolitość odlewu. O zjawiskach tych mówić będziemy w rozdziale poświęconym odlewaniu poszczególnych metali.

Porowatości nazywamy liczne drobne otworki w odlewie, czy to na samej powierzchni lub pod nią, przez co powierzchnia ta jest nierówna, podziurawiona, a wytrzymałość przedmiotu niedostateczna. Odlew porowaty powstać może z wielu przyczyn, z których najczęstszą jest nieprzepuszczalność ścian formy i rdzeni dla gazów. Gazy, jak wiadomo ¹⁾, rozpuszczają się w stopionym metalu i w czasie stygnięcia wydzielają się. Wywiązują się one także z węgla użytego do izolacji i do mieszaniny piasku formierskiego; wreszcie z formy uchodzi zawarte w niej powietrze, a ze ścian, o ile są wilgotne, wywiązuje się para wodna. Jeżeli metal jest rzadkopłynny, gazy uchodzą swobodnie w górę kanałami

¹⁾ Część I. str. 18, 35, 41, 201.

powietrznymi i ku ścianom formy, i o ile one są przepuszczalne, wnikają w nie i wydobywają się na zewnątrz; gdy metal jest gęsty, a więc albo za zimny albo zawiera przymieszki zgęszczające, gazy się zatrzymują i w postaci baniek pozostają w nim, robiąc go przez to porowatym. Podobnie dzieje się przy odlewaniu z dołu: gdy metal od dna formy podnosi się do góry, wydzielone bańki gazów zaczepiają się i przylegają do pionowych ścian formy i rdzenia, i jeżeli strumień metalu nie oderwie ich, pozostają tam, tworząc na powierzchni odlewu liczne otworki.

Forma, a jeszcze bardziej rdzeń, powinny być porowate, — jeżeli tak nie jest, gazy zatrzymują się na ich powierzchni i nie mogąc ujść, wywołują burzenie się czyli »wrzenie« metalu, przez co nawet ściany formy mogą być uszkodzone; w takim miejscu powstanie zawsze miejsce porowate.

Forma jest nieprzepuszczalna, gdy się ją wykona ze zbyt tłustego piasku albo gdy piasek za silnie ubito. Podobnie, lecz jeszcze szkodliwiej działa zbyt wilgotna forma, bo nie tylko, że się przez to staje nieprzepuszczalną, ale sama w zetknięciu z metalem wydziela parę. Taki wypadek zdarza się w formach z piasku chudego, gdy są za wilgotne, lub gdy robotnik przy wyjmowaniu modelu zwilży zbyt silnie mokrym pędzlem części przylegające do modelu, aby się nie oderwały. To samo zachodzi w formach z piasku tłustego uszkodzonych i naprawionych, gdy robotnik przy tej czynności za bardzo zwilża pędzlem miejsca naprawiane, a potem nie wysuszy ich należycie.

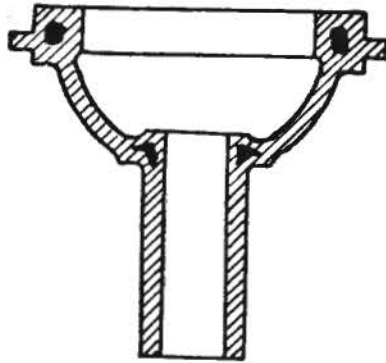
Gazy wydzielają się także, jak wiadomo, z niepowleczo-nych cyną lub w inny sposób od wilgoci nie zabezpieczonych podpórek rdzeniowych; miejsca takie stają się porowate.

Zapobiega się porowatości, starając się o należyte odprowadzanie gazów, pary i powietrza kanałami, robiąc formę i rdzenie z materiałów dostatecznie przepuszczalnych, a wreszcie nakłuwając sztydłem formierskim formę w miejscach, gdzie się obawiamy uwięzienia gazów. Aby gazy wnikające w ściany formy mogły ujść na zewnątrz, wypełnia się często dalsze części formy materiałem porowatym (koksem), a pod

formę układa się warstwę przepuszczalną, zwykle z drobnego koksu (odpadków).

Jamy w odlewie powstają wskutek swobodnego kurczenia się metalu w stężalej skorupie, jaka się tworzy na powierzchni odlewu zaraz po wlaniu metalu. Ponieważ powstawanie jam było już omawiane w części I¹⁾, nie zatrzymujemy się dłużej przy niem, lecz zajmiemy się tylko jamami, o ile występują w odlewach maszynowych.

Jama powstaje wszędzie tam, gdzie w odlewie materiał jest nagromadzony w większej ilości, a więc w miejscach grubszych, w których metal najdłużej pozostaje w stanie płynnym, a w miarę kurczenia się świeży nie może nikąd dopłynąć. Ryc. 107 przedstawia taki odlew.



Ryc. 107 (M.—H. II. A.).

Im większa jest różnica objętości stopionego metalu od stężalego i zimnego, i im naglej odbywa się tężenie zewnętrznej warstwy, tem większa tworzy się jama. Wielkość jej zależy więc od współczynnika kurczenia się stopionego metalu, stopnia jego przegrzania, grubości ścian odlewu i rodzaju

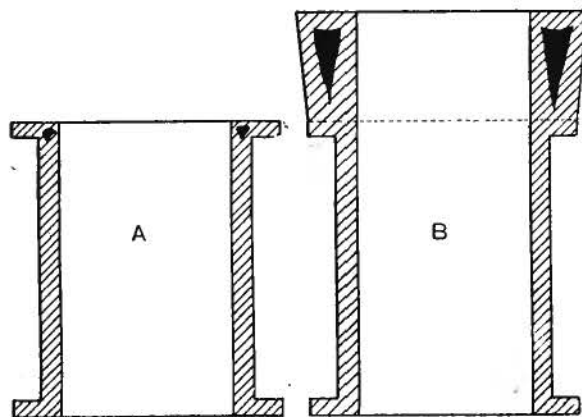
formy, tj. czy w niej metal szybko czy wolno krzepnie na powierzchni.

Jama powoduje wprost zepsucie odlewu, gdy jej rozmiary wychodzą poza granice obrabiania przedmiotu, a jeżeli po obróbce pozostanie ukryta, wywołuje osłabienie jego wytrzymałości przez zmniejszenie przekroju, a często mając nieregularny kształt i ostre brzegi, wskutek krystalizowania się wolno krzepnącego metalu, daje powód do powstawania pęknięć i złamań (działanie karbu)²⁾. Wiadomo także, że w okolicy jamy gromadzą się zanieczyszczenia (żużel), wydzielają

¹⁾ Część I, str. 200—201.

²⁾ Część I, str. 113, 208.

szkodliwe składniki, osadzają bańki gazów¹⁾, wogóle następuje pogorszenie dobroci materiału. Należy więc starać się przy odlewaniu, by jama nie mogła się utworzyć. Zależy to najpierw od konstruktora, który ile możliwości powinien się starać, by materiał nie gromadził się w większych grubościach obok cienkich miejsc, lecz dążyć do zachowywania równych grubości w całym odlewie; ponieważ jest to często niemożliwe, starać się trzeba przez odpowiednie przygotowanie modelu i formy oraz przez umiejętne wykonanie odlewu nie dopuścić do utworzenia się jamy. Najważniejszym środkiem do tego jest zastosowanie nadlewka; jest to



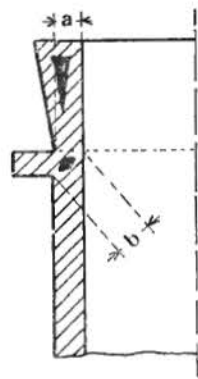
Ryc. 108.

część odlewu, będąca albo rozszerzonym wlewem albo osobno dodana, o wymiarach większych niż ma niebezpieczne miejsce, aby nie dając się uniknąć jama, utworzyła się nie w odlewie ale w nadlewku i po jego odcięciu była równocześnie usunięta. Przykład zastosowania nadlewka widzimy na ryc. 108; w odlewie cylindra parowego wykonanym bez nadlewka (A) wytworzy się jama u góry na wewnętrznej powierzchni, gdzie jest najwięcej materiału, będącego przez to najdłużej w płynnym stanie. Jest to miejsce, w którym występować będą największe napięcia, powstanie jama więc, biegnącej dookoła

¹⁾ Część I, str. 201 i dalsze.

cyindra, jest niedopuszczalne. Zapobiega się jej zastosowaniem nadlewka (B), w którym z natury rzeczy utworzy się jama, a cylinder po odcięciu nadlewka (jak wskazuje linia kreskowana) będzie od niej wolny.

Z powodu, że gruby nadlewek zużywa wiele metalu i wymaga znacznego nakładu pracy przy odcinaniu, nie należy mu dawać wymiarów większych niż konieczne, ale nie można ich także uszczuplać, bo wtedy nadlewek nie spełni celu,



Ryc. 109.

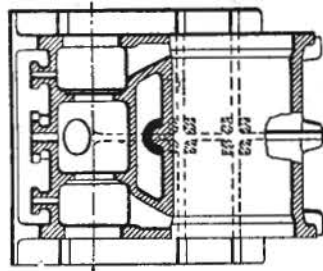
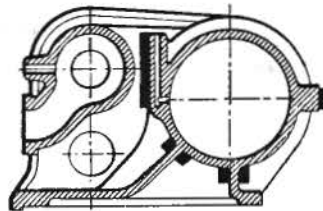
do jakiego go przeznaczono. Na ryc. 109 widzimy część takiego samego cylindra jak poprzednio, jednak z nadlewkiem za wązkiem, wskutek czego żelazo w miejscu gdzie nadlewek łączy się z odlewem zastygło wcześniej niż poniżej niego, i jakkolwiek w samym nadlewku wytworzyła się jama, to wytworzyła się także w górnej części cylindra, czego właśnie chciano uniknąć. Za regułę przyjąć trzeba, że ujście nadlewka do odlewu powinno mieć grubość (a) taką samą lub większą, niż miejsce (b) we właściwym odlewie, gdzie się może wytworzyć jama; wtedy ujście nadlewka nie skrzepnie wcześniej niż odlew, i płynny metal w miarę kurczenia się w formie będzie uzupełniany żelazem dopływającym z jamy. To samo przy wązkich nadlewkach można osiągnąć przez sztuczne utrzymanie komunikacji między odlewem a nadlewkiem, a mianowicie przy odlewach z żelaza lanego przez tzw. pompowanie. Odbywa się ono w ten sposób, że po wykonaniu odlewu wkłada się do płynnego żelaza we wlewie pręt żelazny i porusza nim pionowo (wykonując ruch tłoka w pompie, — skąd nazwa); pręt, sięgając do formy, utrzymuje połączenie między nią a nadlewkiem i umożliwia dopływ żelaza do formy w miarę jak się ono kurczy przy stygnięciu. Przy odlewach ze stali, chcąc zapobiedz przedwczesnemu stężeniu żelaza w nadlewku, zagrzewa się je włożonym na jego spód nabojem termitu w ten sam sposób, jak przy odlewaniu bloków¹⁾. Innym sposobem zapobieżenia

¹⁾ Część I, str. 207.

powstaniu jamy jest zastosowanie w formie grubej płyty żelaznej, tzn. kokili w sąsiedztwie niebezpiecznego miejsca w odlewie, celem szybszego ostudzenia; ponieważ żelazo w tym miejscu stężeje równocześnie z innymi miejscami w odlewie, nie może utworzyć się jama. Przykład takiego zastowania kokil przy odlewaniu cylindra do pary przegrzanej widzimy na ryc. 110¹⁾.

Kokile nie mogą być za grube, aby nie spowodowały zbyt nagłego stężenia i wytworzenia się przez to warstwy twardej, nieobrabialnej, albo naprężeń. Aby się kokila nie nadtopiła i nie złączyła z odlewem, powleka się ją czernidłem grafitowym, miałkim piaskiem zarobionym olejem, okopca sadzą itp.

Naprężenia w odlewach występują podobnie jak jamy wskutek naturalnego kurczenia się metalu w czasie stygnięcia, gdy kurczeniu stanie na drodze jakaś przeszkoda. Przeszkody mogą być zewnętrzne i wewnętrzne; pierwsze z nich to części formy i rdzenie, przegrody w skrzynkach formierskich usztywniające formę, wlewy i nadlewki utrudniające swobodę ruchu części stygnącego odlewu, — wewnętrzne, to wielkość i kształty odlewu, utrudniające, opóźniające lub przyspieszające w sposób nierównomierny ostygnięcie, zmiany budowy strukturalnej metalu itp. Wskutek jakiegokolwiek przeszkody odlew nie może się kurczyć tak, jak tego wymaga natura metalu, z którego go sporządzono, — między jedną a drugą opierającą się częścią formy lub dookoła niej materiał usiłuje się ściągnąć, i spotykając opór napręża się. O ile naprężenia przekraczają granicę elastyczności, występują trwałe odkształcenia (wydłużenia,



Ryc. 110 (St. u. E.).

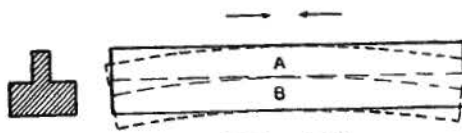
¹⁾ St. u. E. 1908, str. 1850.

skrzywienia), a o ile wzrosną do granicy wytrzymałości, powstają pęknięcia. Jeżeli nie nastąpi ani jedno ani drugie, wytwarzają się wewnętrzne napięcia, pokrywane wytrzymałością materiału; skoro jednak jakaś zewnętrzna przyczyna wywoła dodatkowe naprężenie, które dodane do istniejącego, przeważy wytrzymałość materiału, następuje nagle pęknięcie, często o charakterze wybuchu. Takim dodatkowym naprężeniem może być lekkie nawet ogrzanie części odlewu (promieniami słońca), małe oziębienie (kroplą deszczu), wstrząśnienie przy czyszczeniu odlewu lub przewozie, zmniejszenie obciążonego naprężeniem przekroju przy obróbce, obciążenie podczas pracy maszyny itp.

Pęknięcie wydarzyć się może zaraz po odlewie na gorąco, wtedy pęknięte powierzchnie pokrywają się tlenkiem lub nalotem ¹⁾ i po tem można je rozróżnić od pęknięć na zimno, zdarzających się po wystygnięciu odlewu np. w czasie obróbki lub w ruchu gotowej maszyny.

Naprężenie występujące w odlewie może być przemijające, które jest niebezpieczne w czasie stygnięcia przedmiotu a później znika, i trwałe, pozostające stale w odlewie, mogące się nigdy nie wyswobodzić, lub też objawiające się niespodziewanem pęknięciem lub odkształceniem.

Przyczyna pęknięć a także naprężeń może być, jak już mówiliśmy, zewnętrzna i tę należy ile możliwości usunąć, lub wewnętrzna, — leżąca w kształcie przedmiotu; pierwszy rodzaj jest mniej niebezpieczny, bo jeżeli spowoduje pęknięcie, to jeszcze w formie, drugi gorszy, bo nietylko powoduje od-



Ryc. 111.

kształcenia i pęknięcia przy stygnięciu, ale pozostawia ukryte w odlewie naprężenia, grożące zawsze niebezpieczeństwem.

Jakże takie naprężenia powstają? Wyobraźmy sobie beleczkę (ryc. 111) odlaną z metalu o znacznym współczynniku kurczenia się, której górna i dolna powierzchnia znajdować się może w odmien-

¹⁾ Część I, str. 37.

nych warunkach stygnięcia [np. jak na szkicu jedna jest cienka (*A*), druga (*B*) gruba], mamy więc jak gdyby dwie połówki ze sobą złączone i na siebie oddziaływujące. W chwili odlania obie połówki są równo długie; gdyby stygły jednakowo, to ich kurczenie się, jako proporcjonalne do temperatury, odbywałoby się jednakowo i nie byłoby naprężeń ani podczas stygnięcia ani później. Ponieważ jednak grubsza część *B* stygnie wolniej, cienka *A* szybciej, a więc niejednakowo się kurczą, wystąpią naprężenia i część *A* zimniejsza, jako bardziej skurczona, będzie się opierała kurczeniu części *B* gorętszej, a więc dłuższej, przez co powstaną w niej naprężenia ściskające a w części *B* rozciągające, i część *B* ulegnie rozerwaniu albo obie wygięciu. Jeżeli nie stanie się ani jedno ani drugie, a więc wytrzymałość materiału zniesie naprężenia ściskające (wyginające) w części *A*, a rozciągające w części *B*, to po wystygnięciu beleczki obie strony będą równe, i naprężenia między nimi znikną.

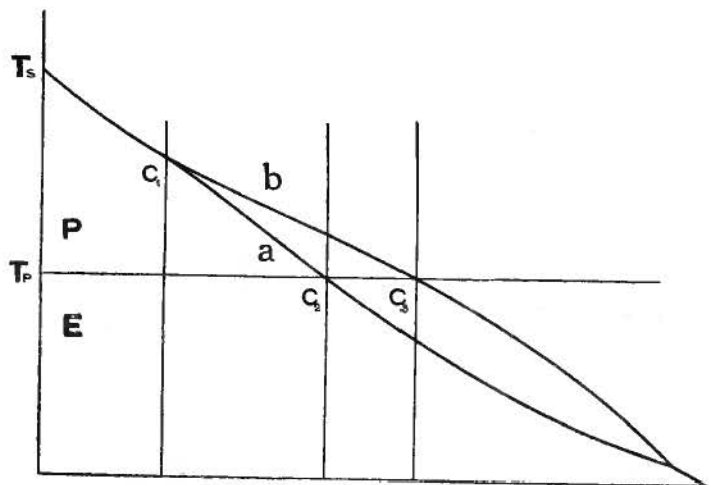
Taki prosty wypadek zajdzie jednak tylko wtenczas, jeżeli stygnięcie będzie o tyle powolne, że różnice długości objawią się dopiero wtedy, kiedy obie części wyjdą już ze stanu plastyczności, w jakim znajdowały się po odlaniu i z początku stygnięcia. Wiadomo bowiem, że każdy materiał jest w pewnym stopniu plastyczny w stanie rozgrzanym i zachowuje nadany mu kształt, a w stanie zimnym elastyczny, i po odkształceniu (do pewnej granicy) wraca do pierwotnej postaci. Te stopnie są rozmaite, np. najważniejszy dla nas materiał, stal, jest bardzo plastyczna w stanie gorącym a elastyczna w zimnym, żelazo lane jest podatne tylko w stanie płynnym, a zresztą praktycznie nieplastyczne, ołów zaś jest zawsze plastyczny. Jako typ materiału obierzemy dla naszej beleczki stal; od chwili stopienia aż do ciemnoczerwonego żaru jest ona w stanie plastycznym, później wstępuje w elastyczny, — granica leży między temperaturą 300° (temperatura niebieskiego nalotu)¹⁾, a 500° (początek ciemnoczerwonego żaru).

Stygnięcie naszej beleczki przedstawia wykres ryc. 112, gdzie na osi pionowej oznacza się temperaturę, na poziomej

¹⁾ Część I, str. 27.

czas stygnięcia. Punkt T_s oznacza temperaturę metalu płynnego wlanego do formy, T_p metalu, który ze stanu plastycznego, w jakim się znajdował od wiania, przechodzi w stan elastyczny, w jakim pozostaje aż do wystygnięcia. Pozioma przechodząca przez punkt T_p dzieli więc wykres na dwie strefy, górną P kurczenia się plastycznego, i dolną E kurczenia elastycznego.

W pierwszych chwilach po waniu, stal stykając się z zimnemi ścianami formy, stygnie jednakowo, poczem, po czasie C_1 część cieńsza (A na ryc. 111) stygnie szybciej (dolna gałąź a krzywej), grubsza (B na ryc. 111) wolniej (gałąź b).



Ryc. 112.

Jak długo obie kurczą się plastycznie, niema naprężeń ani innych zmian, bo jedna nie oddziaływa na drugą, — z chwilą jednak (od punktu C_2) gdy jedna tj. cieńsza przejdzie w stan elastyczny i utraci swą podatność, będzie zmuszała plastyczną a złączoną z nią część grubszą kurczyć się tak samo jak ona, tj. szybciej; ponieważ objętość części grubszej (B na ryc. 111) jest większa niż cieńszej (A), przeto nastąpi zgniecenie części plastycznej (B) czyli skrócenie jej przy równoczesnem zgrubieniu.

Gdybyśmy w tym okresie, tj. przed punktem C_3 rozłączyli obie części beleczki i pozwolili im swobodnie zastygnać,

to część *A* byłaby dłuższa a cieńsza, część *B*, wskutek doznanego plastycznego zgniecenia, krótsza a grubsza; stanowią one jednak nierozłączną całość, więc po przekroczeniu punktu C_3 będą się obie wspólnie i już elastycznie kurczyły. Część *B* aż do ostudzenia skurczy się o taki sam stosunek w jakim część *A* kurczyła się od punktu C_2 , a jest już wskutek poprzednio omówionej zmiany krótsza niż *A*.

Ponieważ jednak obie części są złączone i po wystygnięciu muszą być równe, przeto w części *B* wstrzymanej w kurczeniu się wystąpią i pozostaną po ostudzeniu natężenia rozrywające, w części *A* pociąganej przez *B* objawią się natężenia ściskające; jeżeli wytrzymałość materiału jest niedostateczna, to *B* wskutek oporu *A* ulegnie pęknięciu i powstanie trwała szczelina, jeżeli zaś materiał jest rozciągliwy, to *A* pod naciskiem *B* wydłuży się, i belka wygnie się w ten sposób, że część szybciej stygnąca i ściskana *A* wygnie się wypukło (ryc. 111), część *B* rozciągana dozna wygięcia wklęsłego.

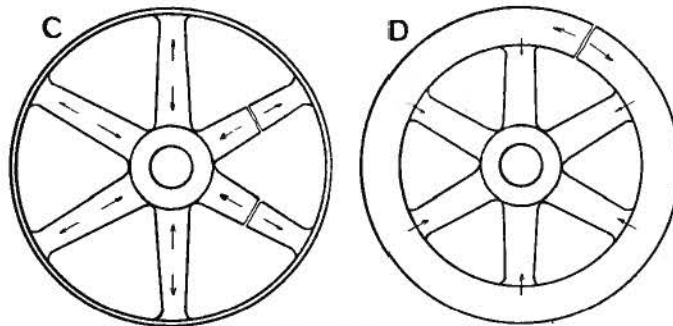
Przenosząc powyższe rozważania z odlewu o bardzo prostych kształtach, na odlew o kształtach złożonych, będziemy mieli ten sam wypadek, że części stygnące szybciej (cieńsze) wywołają w częściach wolniej chłodzonych (grubszych) plastyczne odkształcenia, wskutek czego po ostygnięciu pozostaną w nich naprężenia trwałe, ściskające w pierwszych, rozciągające w drugich, i albo odrazu nastąpi wyrównanie ich przez zgięcie lub pęknięcie, albo naprężenie będzie utajone w odlewie aż do wypadku sprzyjającego wyzwoleniu się naprężeń, wskutek działania czynników zewnętrznych.

Przy nierównym stygnięciu części tego samego odlewu wystąpią naprężenia tem silniej, im większe są różnice w szybkości ich stygnięcia, im jest większy współczynnik kurczenia się metalu, i im gorsze jego przewodnictwo cieplne.

Dla wyjaśnienia posłużą następujące przykłady:

Przykład odmiennego występowania naprężeń w takich samych organach, zależnie od warunków, w jakich się one znajdują, przedstawia ryc. 113. Na szkicu *C* widzimy koło pasowe, gdzie cienki wieniec może prędzej zastygnąć niż grubsze od niego ramiona (zwykłego kształtu). Wieniec tężejąc i kurcząc się wywiera nacisk na ramiona, które, jako

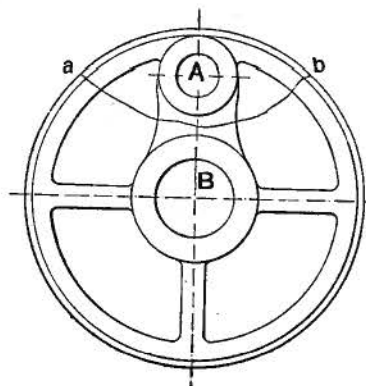
będące jeszcze w okresie plastyczności, poddadzą się bez oporu. Gdy ramiona zaczną się kurczyć, sztywny wieniec stawi im opór, wystąpią więc natężenia rozciągające, mogące spowodować pęknięcie kilku ramion, jak to wskazuje szkic.



Ryc. 113.

Jeżeli natomiast wieniec jest gruby (u koła rozpędowego, szkic *D*), to ramiona stężeją wcześniej, i jako sztywne, opierają się kurczeniu wieńca, który na nie wywiera ciśnienie, i gdy natężenia są za wielkie, może sam pęknąć.

Na ryc. 114 widzimy krąg korbowy od bardzo wielkiej maszyny, o trzech cienkich ramionach, a w miejscu czwartego mający korbę, składającą się



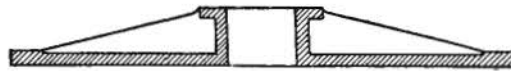
Ryc. 114 (St. u. E.).

z piasty *B* i osady czopa korbowego *A*, połączonych grubym ramieniem, co wszystko przedstawia znaczną ilość materiału. Z tego cośmy mówili o tężeniu i powstawaniu naprężeń, będzie zrozumiałe, że w korbie o wiele później stygnącej niż wieniec i ramiona, powstaną natężenia rozciągające. I tak było istotnie, krąg odlany i oczyszczony został posłany wozem kolejowym, i wskutek jakiegoś wstrząśnienia więk-

szego, które wewnętrzne naprężenia podniosło ponad granicę wytrzymałości żelaza, pękł na linii *ab*, a siła rozrywająca

była tak wielka, że oderwany kawałek, ważący 2000 kg przebił ścianę wozu i wypadł na tor¹⁾. Błąd leżał w nierównomiernym rozłożeniu mas żelaza i nieogłędności przy studzeniu odlewu.

Na ryc. 115 podany jest przekrój pokrywy wzmocnionej żebrami, która wskutek wewnętrznych napięć uległa pęknięciu jak to przedstawia ryc. 116²⁾. Napięcia rozrywające powstały w piasku i dlatego spowodowały roz-



Ryc. 115.

rywaniu, że cienki stosunkowo obwód pokrywy zastygł znacznie prędzej, niż o wiele więcej materiału zawierająca piasta, wzmocniona nadto licznymi żebrami, które dopomagały jej zatrzymać ciepło.

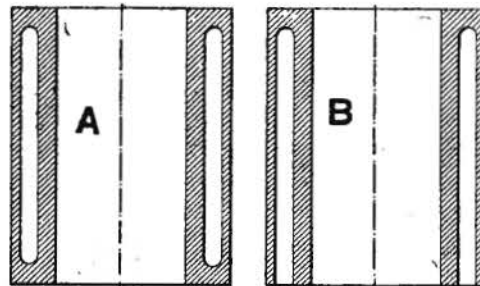


Ryc. 116 (G. Z.).

Ryc. 117 A przedstawia schematycznie cylinder parowy o podwójnych ścianach, złączonych z obu stron dla uzyskania szczelności płaszczca; ponieważ wewnętrzna

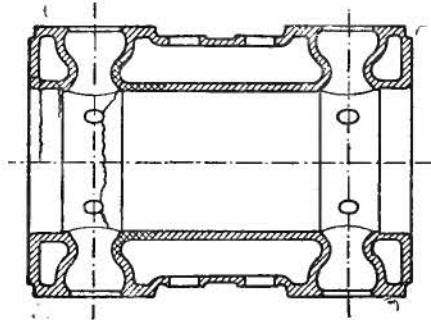
ściana jako grubsza znacznie wolniej będzie tężeć niż cienka zewnętrzna, powstaną w niej napięcia rozciągające, które mogą spowodować pęknięcie cylindra. Gdyby cylinder wykonano tak, jak pokazuje szkic 117 B, tj. bez drugiego złączenia, co wymaga później szczelnego przyśrubowania pokrywy, nie powstałyby naprężenia.

Pęknięcie cylindra z powodów podobnych widzimy w miejscach oznaczonych na ryci-



Ryc. 117 (St. u. E.).

¹⁾ St. u. E. 1908, str. 815. ²⁾ G. Z. 1909, str. 603.



Ryc. 118 (St. u. E).

nie 118, przedstawiającej przekrój cylindra motoru gazowego. Mimo, że konstruktor przez umiejętny rozkład grubości ścian chciał zapobiedz naprężeniom, jakie wywołują nierówne grubości ścianek w przykładzie na ryc. 117 A, to jednak nie osiągnął przez to równomiernego chłodzenia i nie zapobiegł pęknięciu wskutek naprężeń.

Na podobnym cylindrze jak ryc. 118 mierzono kurczenie się części wewnętrznej i zewnętrznej po odlaniu, i stwierdzono, że po 24 godzinach zewnętrzna część skurczyła się o 7 mm, wewnętrzna tylko o 2¹/₂, po 36 godz. skurczyły się obie o 15 i 10 mm, po 80 godz. o 26 i 23 mm¹⁾. W czasie stygnięcia występują więc natężenia z powodu nierównomiernego ochładzania się.

Że i w gotowym zimnym odlewie pozostają natężenia trwale, dowodzi opisane w tem samym źródle doświadczenie, przy którym w podobnym cylindrze wytaczano od środka żłobek, i gdy nóż doszedł do pewnej głębokości, a więc grubość ścianki się zmniejszyła, naprężenie przewyższyło wytrzymałość żelaza i cylinder nagle pękł, tworząc szczelinę o szerokości 2 mm.

Zapobieganie naprężeniom. Odlew, nawet prostych kształtów, nie stygnie prawie nigdy równomiernie, — u odlewów złożonych jest to wprost wykluczone, dlatego można bez przesady powtórzyć zdanie doświadczonych odlewczy, że niema odlewu bez naprężeń. Zależy tylko na tem, by one były nieszkodliwe tj. nieznaczne, i nie mogły wywołać zniszczenia odlewu czy zaraz po jego wykonaniu, czy też później, przy współdziałaniu przyczyn zewnętrznych, co jest jeszcze niebezpieczniejsze i większemi grozi stratami.

Naprężeniom w odlewach należy zapobiegać przez sto-

¹⁾ St. u. E. 1908, str. 513.

sowne kształty, co jest zadaniem konstruktora projektującego maszynę, — przez odpowiednie postępowanie przy wykonaniu formy i po zrobieniu odlewu, a wreszcie przez zastosowanie środków, by usunąć naprężenia istniejące już w odlewie.

Konstruktor, mając do zbudowania maszynę, której znaczną część stanowią odlewy o złożonych kształtach, powinien uświadomić sobie, że odlew nie jest ciałem jednolitym, w którym siły wewnętrzne są w równowadze, i że nie wystarczy dążyć do wytrzymałości materiałów, jakie mu podano, stosować szablonowo przy projektowaniu części lanych, zapominając o komplikacjach odlewniczych. Naprężenia, jakie występują w wadliwie wykonanych odlewach, mogą być kilkakrotnie wyższe od tych, jakie wypadają konstruktorowi z obliczenia sił działających w przyszłej maszynie; naprężenia te mogą się sumować z naprężeniami podczas pracy maszyny i dawać bardzo wysokie obciążenia, mogą też przeciwdziałać im, i tam, gdzie np. w odlewach żelaznych występować powinny według obliczenia siły ściskające, mogą się objawić siły rozciągające.

Konstruktor powinien też mieć na uwadze, że zwiększając grubość ścian stosownie do wielkości przyszłego obciążenia, osiągnąć może coś całkiem przeciwnego niż zamierzał, gdy np. zgrubienie zamiast wzmocnić daną część, wywoła powstanie naprężeń, — zwłaszcza, gdy metal z powodu powolnego stygnięcia nabierze struktury grubokrystalicznej.

Konstruktor powinien znać nie tylko wszelkie właściwości materiału, z którego buduje, ale mieć także doświadczenia nabyte w odlewni, często bowiem odmienne nieco zaprojektowanie odlewu (przykład na ryc. 117 A i B) uwalnia go od wielkich trudności a fabrykę od strat. W wypadkach trudnych jest wskazane zasięgnięcie rady doświadczonego kierownika odlewni, która może spowodować pewniejsze udanie się odlewu.

Najważniejszym czynnikiem, niedopuszczającym do powstawania naprężeń, jest *równomierne stygnięcie odlewu*; konstruktor może się do tego przyczynić, dając w odlewie wszędzie jednakowe grubości, jak to widzieliśmy na cylindrze ryc. 118, i starając się o równomierny roz-

kład materiałów, aby ciepło nie mogło się zatrzymać w jednych częściach dłużej niż w innych.

Doniosłą jest również rzeczą budowę tak obmyślić, aby było jak najmniej punktów wiążących części ze sobą (jak na ryc. 117 *A* w przeciwieństwie do *B*) co utrudnia swobodne kurczenie się poszczególnych części. Gdyby konstruktor w podobnym wypadku jak na ryc. 117 *A* chciał wobec groźących naprężeń wzmocnić obie części, łącząc je w pewnych odstępach ze sobą żebrami, pogorszyłby jeszcze sprawę, wywołując nowe, bardziej złożone naprężenia; to samo stało się z pokrywą na ryc. 115 i 116. Dlatego przy stosowaniu takich żeber trzeba być oględnym i rozważyć jaki one mogą wywołać skutek. W pewnych wypadkach, jak o tem będzie mowa w dalszym ciągu, żebra istotnie wzmacniają odlew.

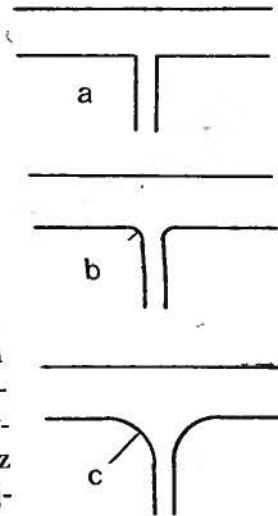
Wiemy z cytowanego przykładu (ryc. 118), że starania o równe grubości w odlewie dla uniknięcia naprężeń nie zawsze prowadzą do celu i pomimo tego odlewy posiadają naprężenia i pękają, jednakże odlewnia łatwiej poradzi sobie z takim odlewem przez stosowne studzenie, niż z odlewem, w którym obok cienkich części znajdują się grube.

Jest to jednak rzadki wypadek by wszystkie części odlewu mogły mieć jednakową grubość i jednorodny rozkład materiału; gdy więc konstrukcja wymaga aby cienkie części łączyły się z grubymi, należy przejścia między nimi robić stopniowe, nie nagłe, bo wtedy część gruba tężejąc później i kurcząc się, niewątpliwie oderwie się od cienkiej, stężelej już i niepodatnej, do czego przyczyni się znane *działanie karbu*¹⁾.

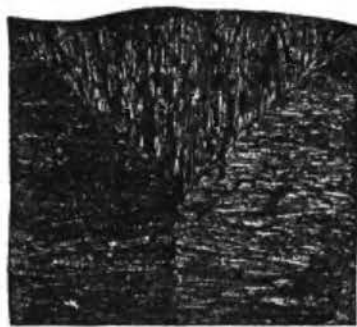
Przejścia stopniowe od jednej do drugiej grubości wykonywa się zapomocą przegubów, które im mają większy promień krzywizny, tem łagodniejsze dają przejście i tem mniejsze w niem natężenie materiału (mniejszy karb). Na ryc. 119 widzimy schemat przejść od wymiarów grubych do cienkich, *a* najostrzejszy i najniebezpieczniejszy, *b* łagodniejszy o małym promieniu krzywizny, i *c* o największym promieniu, najmniej sprzyjający działaniu karbu.

¹⁾ Część I, str. 113.

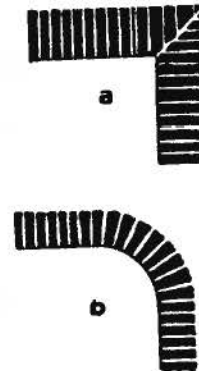
Oprócz działania karbu w odlewie wystąpić mogą w takich przejściach *zjawiska krystalizacji*. Każdy metal, jak wiemy, tężejąc, wytwarza kryształy, które są tem większe i tem swobodniej się układają, im powolniejszy jest przebieg procesu. Kryształy układają się prostopadle do powierzchni stygnącej, jak to widzimy na ryc. 120, przedstawiającej przełom surowego bloka stalowego. Na prostopadłych skrzyżowaniach dwóch powierzchni tworzą się w kierunku przekątni linie graniczne zetknięcia się kryształów odmiennie zorientowanych, przez co przekątnie te przedstawiają linie najmniejszego oporu, gdzie w razie uderzenia nastąpi pęknięcie. Przy ostrych załamaniach w odlewie linie takie wytworzą się więc w miejscach (ryc. 121 a), gdzie przy natężeniach objawi się działanie karbu, i ułatwią je. Jeżeli natomiast nie będzie tam ostrego przejścia ale przegub, to kryształy, układając się pro-



Ryc. 119.



Ryc. 120 (M.—H. II. A.).



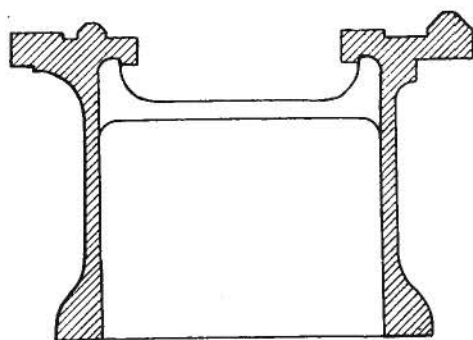
Ryc. 121.

stopadle do powierzchni (121 b), nie wytworzą takiej niebezpiecznej granicy zetknięcia.

I tu jednak należy zachować krytyczną miarę, aby przegub, mający zmniejszyć naprężenie nie stał się jego powodem.

Jak widzimy na ryc. 119 c zwiększenie promienia krzywizny przegubu powoduje nagromadzenie materiału a tem samem opóźnia stygnięcie, — przegub więc, przyczyniając się z jednej strony do zmniejszenia naprężenia wskutek złagodzenia przejścia z jednego wymiaru w drugi, równocześnie działa przeciwnie, ułatwiając powstanie naprężenia albo jamy. I tu trzeba więc zachować ostrożność, aby przegub nie był ani za ostry ani za łagodny.

Nagromadzenie materiału wyłącznie po jednej stronie odlewu spowodować może jak wiemy (ryc. 111) skrzywienie,



Ryc. 122.

które niweczy wartość odlewu. Przykładem na to jest łożo tokarki (ryc. 122), gdzie u góry materiał jest nagromadzony, aby wytworzyć potrzebną powierzchnię kierującą dla części ruchomych; kierownica musi być sztywna aby się nie ugięła, więc wymiary jej są stosunkowo znaczne. Ponieważ

dolna część (podstawa) łoża ma na celu tylko oparcie tokarki na posadzce, wystarczyłaby jej u dołu grubość ścianek taka sama, jak w środku; w tym wypadku jednak ścianki, jako cienkie ostygłyby prędzej niż kierownica, i łożo, analogicznie do ryc. 111, wygięłoby się wklęsło ku górze, co byłoby równoznaczne z jego niezdatnością, gdyż celem łoża jest umożliwić przesuwanie suportu w linii prostej. By temu zapobiedz, trzeba było po przeciwnej stronie kierownicy, a więc u podstawy, nagromadzić materiał w takiej ilości, aby tężenie spodu odbywało się równocześnie z górą i nie mogły wystąpić naprężenia wyginające.

W pewnych razach przez małą tylko podatność konstrukcyi można zapobiedz naprężeniom z powodu nierównomiernego ostygania; na ryc. 123 widzimy koło wagonowe o grubym wieńcu, który zastyga później niż cieńsza tarcza łącząca go z piastą, i gdyby tarcza ta nie była podatna, po-



Ryc. 123.

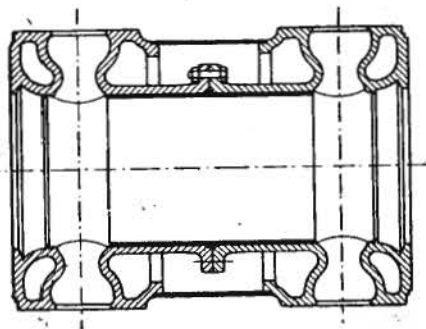
wstałyby w wieńcu niebezpieczne naprężenia rozciągające, albo pęknięcie przy ostygnięciu, tak jak koło na ryc. 113 D. Przez zastosowanie tarczy wygiętej, która przy kur-

czeniu się wieńca jeszcze się dalej nieco wygina, zmniejszają się naprężenia, tak, że nie są niebezpieczne.

Przez *podzielenie odlewu* na części można nieraz skutecznie zapobiedz naprężeniom. Tak np. koło zamachowe na ryc. 113 D można uchronić od naprężeń przez podzielenie go na dwie połowy wzdłuż ramion od wieńca do piasty, albo pomiędzy ramionami. Połowy te odlewa się oddzielnie ale równocześnie, a potem łączy śrubami i pierścieniami ściągającymi i razem obtacza. Można też formować obie połowy razem jako jedno koło (szablonem), a następnie w formę wstawić blaszki pokryte czernidłem grafitowem, dzieląc niemi na tej samej średnicy piastę i wieńiec na dwie połowy. Dla dogodności odlewania nie dzieli się zwykle wieńca całkowicie lecz część zewnętrzną pozostawia w całości. Przy stygnięciu i ściąganiu się wieńca nastąpić może jeszcze w formie pęknięcie w miejscu podziału, a jeżeli się to nie stanie, rozdziela się obie części wbijając klin, — naprężenia w swobodnych połówkach znikają w znacznej części, poczem wieńiec i piastę skręca się śrubami i ściąga pierścieniami, a koło obtacza.

Dla uniknięcia naprężeń i pęknięć w cylindrach motorów takich jak na ryc. 118, wykonywa się coraz częściej cylindry z dwóch części, skręcanych ze sobą, jak pokazuje ryc. 124, a w środku umieszcza osobną tuleję.

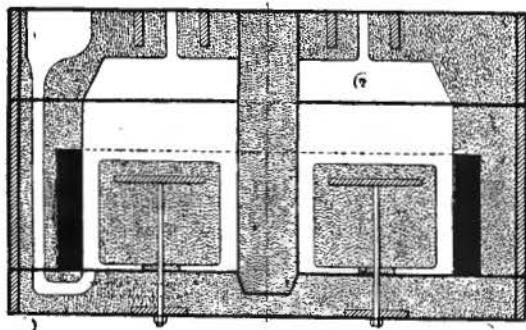
Dalszym sposobem uniknięcia naprężeń jest *umiejętne przygotowanie formy*; począwszy od roboty modelu należy starać się przewidzieć naprzód wszystko, co może być niebezpieczne, i starać mu się zapobiedz. Ponieważ pęknięcie odlewu w stanie gorącym, jeszcze w formie, wynika często z jej sztywności,



Ryc. 124 (St. u. E.).

trzeba się starać nie tylko o to, by forma była przepuszczalna, lecz by jej części, a więc i rdzenie, poddawały się w miejscach, gdzie odlew kurcząc się, spotyka przeszkodę z ich strony. Tak bywa przy formowaniu długich rur z krysami, które przy zastyganiu odlewu zbliżają się do siebie, ściskając zawarte między nimi części formy; grube rury kurcząc się wywierają nacisk na rdzeń i jeżeli nie jest podatny, — pękają. Z tego powodu wielkie rdzenie wykonywa się na podkładach z warkocza słomianego (ryc. 28), z gliny wymieszanej z dodatkami organicznymi, a do mniejszych używa się lepiszczy, które po wlaniu metalu do formy pod wpływem gorąca przestają wiązać piasek i rdzeń się rozpada. Dla podatności formy ubija się często warstwę tłustego piasku tylko około modelu, a środek wypełnia materiałem porowatym, jak zużyty piasek z poprzednich odlewów, gruz koksowy i t. p. Dobrem okazało się również przy odlewaniu rur z krysami i t. p. przedmiotów, umieszczanie w sąsiedztwie krysy warstwy podatnej gliny formierskiej, która podając się kurczącej się rurze, odgrywa rolę elastycznej wkładki.

Gdy odlewom nie można dać wszędzie jednakowych wymiarów i przez to zapobiedz nierównemu ostygnięciu, należy zastosować w formie sztuczne chłodzenie odlewu, do



Ryc. 125 (St. u. E.).

czego, jak wiemy, służą przede wszystkim kokile, które w tym samym celu stosuje się dla zapobiegania powstawaniu jam. Na ryc. 125 widzimy zastosowanie kokili przy wyrobie formy dla wielkiego tłoka motoru gazowego¹⁾;

dokoła zewnętrznego obwodu odlewu znajduje się gruba żelazna obręcz (kokila), która odbierając mu ciepło, umożliwia

¹⁾ St. u. E. 1908, str. 849.

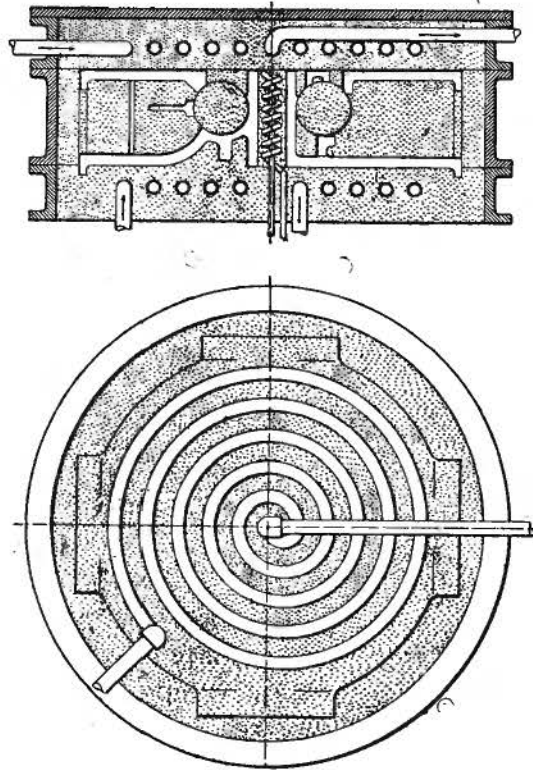
równoczesne stygnięcie wieńca i znacznie cieńszej od niego podstawy. Podczas gdy przed zastosowaniem tego środka tłoki podczas ruchu zawsze pękały, później wszystkie odlewy były dobre. W powyższej formie jest prócz kokili kilka interesujących szczegółów, jak wlew od dołu, bardzo gruby nadlewek i ubezpieczenie rdzeni od spłynięcia przez przymocowanie do dna formy śrubami utwierdzonemi w blachach.

Gdy zastosowanie kokil nie jest możliwe lub nie wystarcza, stosowane bywa, naturalnie tylko przy większej liczbie jednakich odlewów, chłodzenie formy krążącą w rurach wodą. Jako

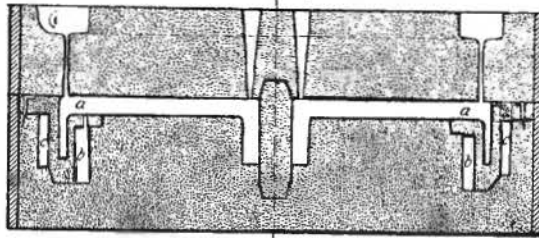
przykład podana jest na rycinie 126 forma głowicy cylindra w maszynie parowej Corlissa. Aby umożliwić równoczesne stygnięcie wszystkich części, zastosowano nad i pod odlewem w osobnych skrzynkach zaformowane węzownice spiralne, w środku zaś cieńszą śrubową. W kilka minut po wlewu żelaza zaczęto przepuszczać przez węzownice prąd zimnej wody, która studząc piasek w bezpośrednim sąsiedztwie odlewu, powodowała szybkie i równoczesne stygnięcie wszystkich jego części.

Sposób ten umożliwił wykonywanie udanych odlewów, gdy poprzednio wszystkie pękały w formie.

Odwrotnie do poprzedniego środka, mającego na celu chłodzenie części grubych, stosuje się *ogrzewanie* cienkich,



Ryc. 126 (St. u. E.).

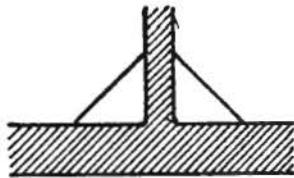


Ryc. 127 (St. u. E.).

aby nie stygły za szybko. Na ryc. 127 widzimy formę grubej płyty *a* z grubą piastą i bardzo cienkim wieńcem; wskutek szybkiego tężenia wieńca powstawały naprężenia powodujące pę-

kanie odlewu. Aby temu zapobiedz, uformowano razem z płytą dwie, w pobliżu wieńca biegnące obręcze *c* i *b*, które po odlaniu ich równocześnie z płytą, utrzymywały swem ciepłem formę w sąsiedztwie wieńca w tak wysokiej temperaturze, że wieńec nie mógł stężeć prędzej niż reszta odlewu, a naprężenia nie mogły wystąpić. Trudność formowania wieńca wraz z bardzo blisko niego położonemi obręczami pokonano przez wypełnienie szerokiego zagłębienia zrobionego modelem, wkładkami rdzeniowemi, uwidocznionemi na rysunku, które w postaci segmentów układano obok siebie.

Jeżeli nie można zapobiedz nagłemu przejściu części cieniwej w grubą bez dostatecznego przegubu, i jest obawa, że przy stygnięciu powstanie w tem miejscu pęknięcie a nawet oderwanie się obu części od siebie, stosuje się między



Ryc. 128.

niemi cienkie *żebra wzmacniające* (ryc. 128), które mają podwójne zadanie, raz wzmocnienia połączenia między obiema częściami przez to, że tężąc wcześniej niż one, wiążą je ze sobą, a powtórę, że odbierając ciepło gorętszej tj. grubszej części, a doprowadzając je do chłodniejszej cieniwej, wyrównywują przez to do

pewnego stopnia czas stygnięcia obu. Żebra takie wykrawa się w gotowej formie, a później o ile stanowią przeszkodę w konstrukcyi, usuwa przez odcięcie.

Dalszym sposobem niedopuszczania naprężeń w odlewie jest stosowanie zapobiegawczych środków po jego wykonaniu. O ile przedmiot znajduje się jeszcze w formie, sposoby

te polegają na ułatwieniu swobodnego kurczenia się i przyspieszaniu stygnięcia części grubych, a opóźnianiu go u cienkich. Robi się to przez odkrycie formy, wykruszenie rdzeni, oswobodzenie i odsłonięcie części wolno stygnących, polewanie ich wodą, przy równoczesnem zachowaniu w całości formy otaczającej części cienkie, a nawet gromadzeniu nad nimi warstwy gorącego piasku, odgarniętego z nad grubych. W ten sposób w odlewie kręgu korbowego (ryc. 114) nie dopuszczono przy następnych odlewach do naprężeń przez to, że po wykonaniu odlewu i stężeniu powierzchni, odkrywano samą korbę, wybijano rdzenie z piasty (*A* i *B*) i polewano wodą dla szybszego i jednoczesnego z innymi częściami ostudzenia. W ten też sposób, przez wyjęcie głównego rdzenia udaje się wykonywać odlewy cylindrów w jednym kawałku (jak na ryc. 118) bez większych naprężeń, zdalne do użytku.

Przy odkrywaniu formy i chłodzeniu odlewu wodą trzeba jednak wielkiej ostrożności i doświadczenia, aby nie przesadzić i nie wywołać przez to pogorszenia sprawy zamiast polepszenia.

Ostatnim środkiem usunięcia naprężeń, względnie niedopuszczenia, by się objawiły pęknięciem, jest stosowanie *wygrzewania odlewu* wyjętego z formy. Ponieważ ten proces stosowany bywa tylko w odlewnictwie stali, będziemy o nim mówili w ustępie poświęconym tym wyrobom.

4. METALE UŻYWANE W ODLEWNICTWIE.

Nie wszystkie znane w przemyśle metale dają się w jednakowy sposób traktować przy odlewaniu, — różne ich własności fizyczne i chemiczne wymagają odpowiedniego do tego postępowania. W niniejszym rozdziale omówimy poszczególne materiały ze względu na ich zastosowanie w budowie maszyn na odlewy, opierając się na ich ogólnych własnościach, omówionych w części I i uzupełniając to, co tam nie było powiedziane a co ma znaczenie przy odlewaniu.

Żelazo lane (żeliwo). Wiemy z poprzednich wiadomości o surowcu¹⁾, że do odlewów nadaje się odmiana szara, o większej zawartości krzemu a małej manganu, w której węgiel występuje przeważnie w postaci krystalicznej jako grafit, a w małej ilości jako węgiel żelaza (karbid, cementyt), — w przeciwieństwie do surowca białego, gdzie węgiel jest zawarty w postaci połączenia chemicznego. Ta druga odmiana bywa tylko wyjątkowo stosowana na odlewy i to w rodzajach zbliżonych swym składem do surowca szarego.

Wiemy również, że prócz węgla, krzemu i manganu, które są niezbędnymi składnikami surowca, znajdują się w nim przymieszki szkodliwe, jak siarka, fosfor, miedź i gazy, których znaczenie zostało również określone.

Żelazo lane różni się od surowca tylko tem, że jest materiałem po raz drugi topionym, złożonym z różnych ga-

¹⁾ Część I. str. 13—19.

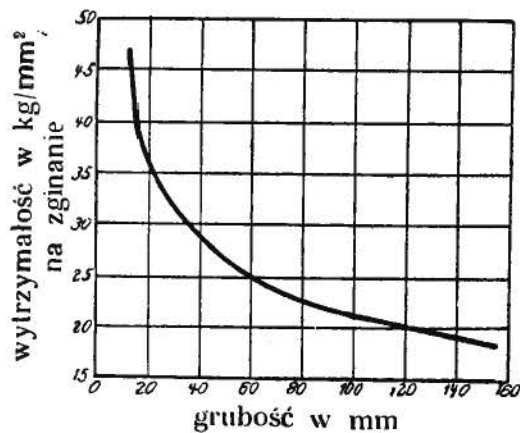
tunków dla otrzymania potrzebnej jakości, oraz tem, że zawartość siarki jest w niem naogół większa, z powodu że koks użyty do topienia oddaje mu, jak wiemy, znaczną część własnej siarki.

Dobór różnych gatunków w żelwie ma na celu ograniczenie zawartości składników, które w pewnym rodzaju odlewu są niepożądane ze względu na własności, jakie nadają żelazu, a zapewnienie potrzebnej ilości pożytecznych, tj. wpływających na wytrzymałość, obrabialność i inne własności materiału.

Dobór ma także na celu osiągnięcie pewnej, korzystnej dla odlewni ceny własnej odlewu, co nie zawsze idzie w parze z pożądaną dobrocią materiału, ale często jest z nią trudne do pogodzenia.

Głównym czynnikiem, stanowiącym o własnościach odlewu żeliwnego, jest zawartość węgla i jego postać. Grafit, jako ciało kruche, nie złączone ściśle z żelazem i stanowiące przez to przerwy w jego jednolitej budowie, wpływa ujemnie na wytrzymałość, — rodzaje więc szare są słabsze niż białe, równocześnie jednak nie mają one wad rodzajów białych, tj. tak wielkiej kruchości i twardości, łatwości pochłaniania gazów i wielkiego współczynnika kurczenia się przy tężeniu. Żeliwo będzie miało tem większą wytrzymałość, im mniej zawierać będzie płytek grafitu, a więc im mniej w niem będzie węgla, a także krzemu, który powoduje wydzielanie grafitu.

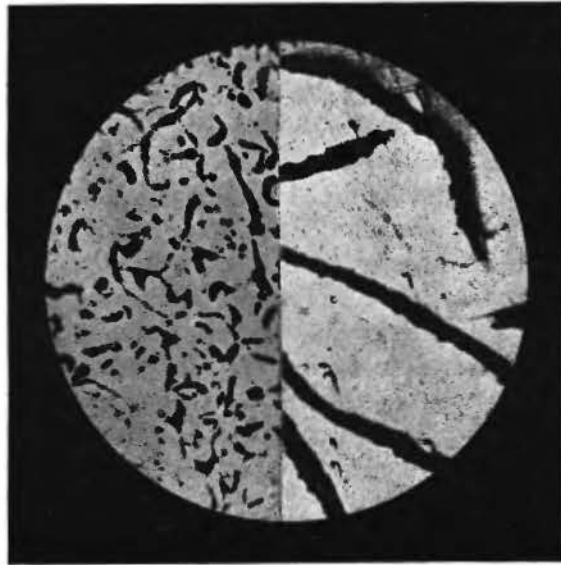
Ale nie tylko sama zawartość grafitu ma wpływ na mechaniczne własności żelaza, ale także sposób, w jaki on jest rozdzielony. Na ryc. 129 widzimy wykres¹⁾ wytrzymało-



Ryc. 129 (Bauer).

¹⁾ Z dzieła: Bauer-Deiss »Probenahme und Analyse von Eisen und Stahl«, str. 61.

ści na zginanie (na osi pionowej) kwadratowych prętów odlanych w różnych grubościach (oś pozioma) równocześnie w wspólnej formie z tego samego żelaza (3,38% węgla, 2,51% krzemu, 0,81% manganu, 0,56% fosforu i 0,095% siarki); z wykresu wynika, że to samo żelazo w pręcie o grubości 12 mm ma wytrzymałość ok. 48 kg/mm², gdy przy grubości 155 ma tylko 18 kg/mm², a więc niespełna 37% wytrzymałości pierwszego. Przyczynę tego wyjaśnia ryc. 130, na której

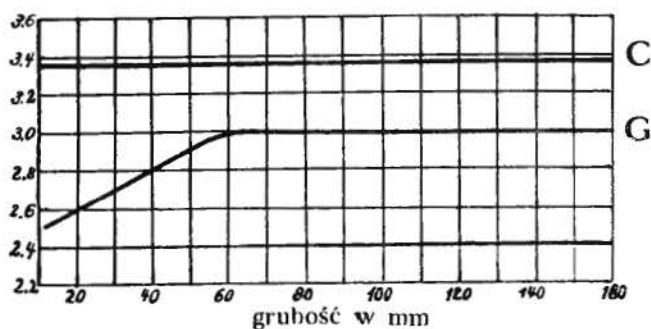


Ryc. 130.

lewa strona przedstawia mikrofotografię cienkiego, prawa grubego pręta z powyższej próby. Na pierwszej widzimy wiele drobnych kryształków grafitu, które stanowią znacznie mniej przerw w materiale niż na drugiej, gdzie nieliczne, ale wielkie płytki przedzielają prawie całe pole przekroju i przez to nadzwyczajnie go osłabiają. Tak wielka różnica w liczbie i wielkości płytek spowodowana była odmienną szybkością tężenia prętów, z których cienki, prędzej tracąc ciepło, zastygł szybko i nie pozwolił złączyć się licznym wykrystalizującym się ziarnom grafitu, tak jak się to stało w pręcie grubym, gdzie przy powolnym tężeniu kryształy łącząc się, potworzyły nie-

liczne ale wielkie płytki. Takie żelazo jest nietylko słabsze ale zarazem miękkie, nieodporne na mechaniczne zużycie, a także nieszczelne przy większym ciśnieniu gazów lub płynów.

Występuje tu jeszcze drugi czynnik wynikający z większej szybkości studzenia cienkich odlewów, a mianowicie wydzielanie się grafitu w mniejszej ilości, obok większej pozostałości cementytu. Uwidocznia to rycina 131, gdzie na pionowej osi



Ryc. 131 (Bauer).

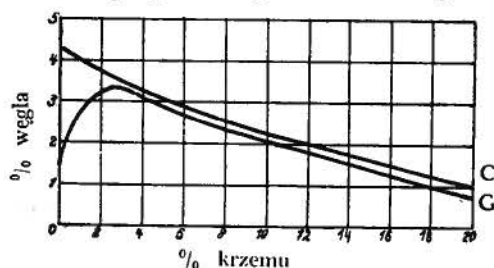
oznaczone są zawartości procentowe, a na poziomej grubości prętów; linia C przedstawia całą (niezmienną) zawartość węgla (3.38%) w odlewach, linia G zawartość grafitu, która jest najmniejsza w żelazie z najcieńszego pręta (2.5%), wzrasta z grubością prętów aż do maximum (3%) osiągniętego w pręcie o grubości 60 mm, poczem już się dalej nie zmienia. Od tej więc grubości pręta ustaje w naszym żelazie wpływ większej zawartości karbidu na wytrzymałość, a pozostaje tylko wpływ różnej wielkości kryształów grafitu.

Wynika stąd wskazówka, że chcąc mieć odlewy o jednokowej i dostatecznej wytrzymałości, należy się starać o to, by wydzielanie się grafitu było w małych ziarnach, i nie za obfite a ponieważ w zwykłych formach nie można dowolnie zmieniać szybkości studzenia, trzeba użyć na to innego sposobu, a jest nim zmiana zawartości krzemu. Wiemy¹⁾, że zawartość ta ułatwia wydzielanie się grafitu w żelazie lanem, jeżeli się więc zmniejszy ją, proces krysta-

¹⁾ Część I. str. 16.

lizacji grafitu opóźni się i w odlewie otrzymamy mniej grafitu a zarazem mniejsze płytki.

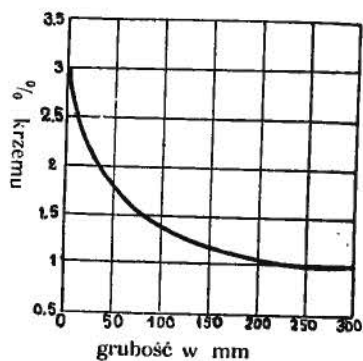
W jaki sposób zawartość krzemu wpływa na ilość wydzielonego grafitu, przedstawia ryc. 132, w której na osi pionowej oznaczone są procentowo zawartości węgla, na poziomej krzemu;



Ryc. 132 (Geiger).

nowej oznaczone są procentowo zawartości węgla, na poziomej krzemu; górna linia C uwiidocznia całkowitą zawartość węgla, dolna G zawartość grafitu. Widzimy, że przy małych ilościach krzemu bardzo mało węgla zawar-

tego w żelazie wydziela się w postaci grafitu, ze wzrostem tego dodatku ilość grafitu szybko się zwiększa aż do ok. 3% krzemu, poczem stosunek ilości krzemu do całej zawartości węgla jest prawie niezmienny. Wyprowadzamy stąd wniosek, że zawartość krzemu powyżej 3% w żelazie lanem jest bezużyteczna, bo nie wpływa na wydzielanie się grafitu, z drugiej zaś strony wiemy, że żelazo zawierające więcej niż 3% krzemu jest kruche. By więc zapewnić sobie



Ryc. 133.

bez względu na grubość odlew wytrzymały, gęsty a zarazem niezbyt miękki, należy stosować odpowiednią zawartość krzemu, nie przekraczając 3%. Ryc. 133 przedstawia krzywą podaną przez L e y d e g o na najodpowiedniejszą zawartość krzemu w stosunku do grubości odlewu.

Ze względu, że krzem odgrywa tak ważną rolę w żelazie lanem a jest zarazem dodatkiem podnoszącym koszt wyrobu su-

rowca, rosną ceny żelaza odlewnianego zwykle w stosunku do zwiększającej się w nim zawartości krzemu.

Wytrzymałość żelaza lanego, używanego w przemyśle zależy od zawartych w nim składników, przede wszystkim

węgla i krzemu, grubości, gęstości i jednolitości odlewu i t. d., i jest bardzo zmienna nawet w obrębie tego samego odlewu. Tak np. *wytrzymałość na rozciąganie* ¹⁾ zawarta jest w skrajnych wartościach 7—26 kg/mm²; dla żelaza na odlewy maszynowe przyjąć można 14—16 kg/mm², a więcej dla wyborowych i małowęglistych rodzajów, np. dla cylindrów motorowych 18—24 kg/mm². Wytrzymałość prętów nieobtoczonych tj. z pozostawioną ich naturalną powierzchnią, *tz. naskórkiem*, jest o ok. 2 kg/mm² mniejsza. Wydłużenie jest bardzo małe z powodu kruchości żelaza i wynosi 0·2—0·8%.

Najwięcej dziś stosowane do żelaza lanego *badania na zginanie* wykazują wytrzymałość 18—45 kg/mm², przy ugięciu 6—20 mm; dla odlewów maszynowych powinno żelazo mieć wytrzymałość 25—30 kg/mm², przy ugięciu 7—14 mm. Wytrzymałość na zginanie jest w żelazie w przybliżeniu dwa razy większa niż na rozciąganie. Pręty bada się z naskórkiem; po obtoczeniu (bez naskórka) wytrzymałość jest większa o kilka kg/mm².

Największą *wytrzymałość* posiada żelazo lane *na ciśnienie* i dlatego w budowie maszyn najkorzystniej jest stosować je do konstrukcyi w ten sposób obciążonych. Wytrzymałość na ciśnienie wynosi 35—100 kg/mm², dla odlewów maszynowych przyjąć można średnio 70 kg/mm².

Naskórek, jak widzieliśmy wpływa ujemnie na wytrzymałość żelaza; powodem tego jest jego większa kruchość, wskutek której najpierw pęka przy obciążeniu i przez działanie karbu powoduje pękanie reszty przekroju. Nie można go jednak w każdym wypadku uważać za szkodliwy, owszem w pewnych razach działa on dodatnio z powodu, że jako wierzchnia warstwa odlewu, szybko tężejąca, jest on więcej zwięzły i drobnoziarnisty, i mniej zawiera grafitu niż głębsze warstwy. Wskutek tego odlewy z pozostawionym lub lekko tylko zeszlifowanym naskórkiem są więcej wytrzymałe na mechaniczne zużycie niż głębiej obtoczone. Drugą zaletą naskórka jest zabezpieczenie żeliwa przeciw

¹⁾ Część I, str. 108 i dalsze.

rdzewieniu, wobec którego jest on znacznie odporniejszy niż żeliwo obrobione.

Wpływ podwyższenia temperatury objawia się w żelazie lanem obniżeniem wytrzymałości, które zaczyna występować przy temp. 300—400° (zmiennie, zależnie od składu), a powyżej 400° szybko się zwiększa.

Rozrostem żeliwa nazywamy objaw stwierdzony licznymi doświadczeniami i znany w praktyce, że odlewy (np. ruszty, mufle do żarzenia i t. p.), które podlegają wielokrotnemu rozgrzewaniu i studzeniu, zwiększały bardzo znacznie swą objętość; tak np. pręty wielokrotnie ogrzewane na 850—900° po 4 godziny, wykazywały po 10 procesach zwiększenie objętości (głównie długości) o 13—20%, po 99 ogrzaniach o 35—39%. Objawowi temu towarzyszy pewne zwiększenie się ogólnego ciężaru pręta, które nie jest jednak równomierne ze wzrostem objętości, bo ciężar gatunkowy badanego żelaza, wynoszący przed żarzeniem więcej niż 7, po doświadczeniach zmniejszył się na 6; wytrzymałość takiego żelaza obniża się bardzo znacznie, a odlewy po dłuższym powtarzaniu się procesu żarzenia i stygnięcia stają się zupełnie kruche i rozpadają się.

Podobny objaw zauważono na odlewach wystawionych na działanie pary przegrzanej (rury, wentyle i t. d.), które traciły swą wytrzymałość i spoistość.

Powodem takich zmian, dotąd dostatecznie niewyjaśnionym, jest prawdopodobnie utlenianie się rozpuszczonego w żelazie krzemku żelaza, który jako żużel wydziela się przede wszystkim w sąsiedztwie płytek grafitu i stopniowo odbiera żelazu wszelką spoistość.

Opisanym zmianom podlegają jednak tylko gatunki zawierające grafit i to w tym większym stopniu im większe są płytki grafitu. Odlewy o charakterze surowca białego nie podlegają rozrostowi tak długo, pokąd, tak jak w kujnej leiznie, nie nastąpi rozkład karbidu i nie wydzieli się węgiel żarzenia¹⁾; wtedy odlew ulega szybko takiej samej przemianie,

¹⁾ Część I, str. 13, 219.

jak zwykły szary materiał. Ponieważ zawartość krzemu jest bezpośrednim powodem zmian w żelazie, a także pośrednim przez to, że wpływa na wydzielanie się grafitu i węgla żarzenia, przeto na odlewy podlegające zmiennemu i częstemu ogrzewaniu nadaje się żelazo o małej zawartości krzemu i węgla, a większej niż zwykle manganu, który utrudnia wydzielanie się grafitu. Na takie odlewy polecają np. żelazo o następującym składzie: 2·5% węgla, 0·5% krzemu, 1·5% manganu i nie więcej jak 0·01% siarki.

Ze względu na nieodporność żelaza lanego przy żarzeniu, nie można do odlewów z niego stosować jak przy stali procesu żarzenia, dla usunięcia naprężeń.

Kurczenie się żelaza było już omawiane w części ogólnej¹⁾ i przy wyrobie modeli do formowania; tu dodamy tylko, że na zwiększenie się współczynnika kurczenia się wpływa dodatek manganu i siarki, jako składników przeciwdziałających wydzielaniu się grafitu, a na zmniejszenie, — ułatwiający to wydzielanie dodatek krzemu. Grafit, jak wiadomo, wykryształizowując się przy tężeniu żelaza, zwiększa jego objętość, a tem samem obniża wielkość ogólnego skurczenia się odlewu.

Ponieważ wydzielanie się grafitu jest zależne od szybkości tężenia (wzgl. grubości odlewu) i ilości krzemu, przeto ze zmianą tych czynników zmienia się także i współczynnik kurczenia się żeliwa, jak to przedstawia następująca tabelka²⁾, uwzględniająca rozmaite grubości odlewów i rozmaite zawartości krzemu.

krzem w %	współczynnik kurczenia się pręta kwadratowego o przekroju w mm ² .				
	13	25	51	76	102
1·0	1·52	1·32	1·08	0·94	0·85
2·0	1·32	1·11	0·87	0·71	0·62
2·5	1·22	1·01	0·77	0·61	0·50

¹⁾ St. u. E. 1907, str. 1843.

²⁾ Część I, str. 15.

Szybkie studzenie daje skurczenie większe z powodu mniejszego wydzielania się grafitu, powolne działa odwrotnie; cienkie więc odlewy będą się więcej kurczyły niż grube. Tak samo działa wysokość temperatury wlewanej do formy żeliwa, — im ona jest wyższa, tem większe jest rozszerzenie się żelaza płynnego i tem ono więcej ściąga się przy stygnięciu.

Straty składników przy topieniu polegają na utlenianiu się węgla, krzemu, manganu i samego żelaza. Straty węgla są stosunkowo najmniejsze, gdyż w obecności rozżarzonego koksu żelazo znów się nawęгла, straty krzemu i manganu jako ciał łatwo się utleniających są większe, zwłaszcza ostatniego; przyjęć można straty manganu w żelazie odlewniczym na 20—30%, krzemu na 10—15%. Chcąc mieć odlew o pewnym żądanym składzie, trzeba o tych stratach pamiętać. Utlenianie się samego żelaza powoduje stratę przez to, że ono następnie częściowo przechodzi w żużel, a częściowo (jako tlenek) pozostaje w żelazie i zmniejsza jego wytrzymałość; dodatki odtleniające (mangan, krzem, tytan, glin, wanad) wpływają wskutek tego korzystnie na mechaniczne własności odlewu.

Wydzielenia w odlewach powstają przy powolnem tężeniu grubych części; szybciej ostudzona powierzchnia ma wtedy odmienny skład niż wolno tężące wnętrze. To samo dzieje się z żelazem stopionem przy odlewaniu wielkich przedmiotów; żelazo zaczerpnięte z kadzi z rozpoczęciem odlewania, następnie w środku i przy końcu, różni się pod względem zawartości składników.

Oprócz tego objawu występują jeszcze inne, a mianowicie wydzielenia *nerkowate*, ściśle otoczone żelazem, wydzielania się na powierzchni i wewnątrz odlewu *kulek*, otoczonych małą jamą. Wydzielenia *nerkowate* zawierają zwykle mniej węgla a więcej fosforu niż wykazuje średni skład żelaza, dlatego jako twardsze i kruchsze powodują trudności w obróbce, bo albo odpadają albo stawiają opór nożowi i wywołują nierówności obrabianej powierzchni.

Jeżeli żelazo spadające do formy rozpryskuje się, to

odbite kropelki powlekając się warstewką tlenku, zanieczyszczają następnie żelazo; tlenek żelaza doznaje wskutek działania węgla zawartego w żeliwie redukcji na tlenek węgla, powodujący powstawanie otworków (porów). Analizy kropelek tych, mających postać kulek, wykazują, że one zawierają więcej siarki niż reszta żelaza; to wydzielanie się siarki ma ułatwiać tworzenie się szkodliwych kulek.

Niekiedy znów jamy tworzące się w odlewach zawierają kulki nieraz znacznej wielkości (bywały wielkości orzecha włoskiego) o wielkiej ilości fosforu; ich obecność da się wytłumaczyć tem, że przy powolnem tężeniu pozostaje w żelazie coraz więcej fosforu ¹⁾, a że przy tężeniu wywiązują się w odlewie wielkie wewnętrzne ciśnienia, zdarza się, że płynne jeszcze a bogate w fosfor żelazo zostaje wyciśnięte z wnętrza do powstałej jamy odlewnianej, gdzie zastyga w postaci kulek.

Często można zauważyć na żelazie wlanem do kadzi albo na odlewie wykonanym w formie otwartej, że na tężącej powierzchni odbywa się szybki ruch i tworzą się figury w postaci błyszczących kresek, wskutek szybko po sobie następującego i częstego przerywania się coraz w innych miejscach powłoki tlenku pokrywającej płynne żelazo. Figury takie ukazują się najczęściej na żelazie o średniej zawartości krzemu (1—2^o/_o), ani za małej ani za wielkiej, i odlewnicze wyprowadzają z nich czasami wnioski o rodzaju żelaza, co jednak łatwo prowadzi do omyłek.

Na powierzchni tężącego żelaza tworzą się często grubsze płytki tlenku, utrudniające wydobywanie się gazów z żelaza (głównie tlenku węgla) przez co powstają na wolno stygnącej powierzchni odlewu nierówności a nawet zagłębienia.

O gazach rozpuszczonych w płynnem żelazie i wydzielających się przy tężeniu mówiliśmy już w części ogólnej ²⁾. Była tam także mowa o dodatkach utrudniających wywiązanie się ich (na co wpływa głównie zawartość krzemu) i odtleniających, z których tytan wchodzi najwięcej w użycie.

¹⁾ Część I, str. 203.

²⁾ Część I, str. 18.

Obok niego bywa także stosowany glin i wanad; dodaje się ich w małych ilościach (poniżej 1%) do kadzi, do której wypuszczono z pieca żelazo albo wkłada je w postaci stopu z żelazem na dno kadzi przed napełnieniem jej żelazem. Dodatki odtleniające oczyszczając żelazo z tlenków, podnoszą bardzo korzystnie jego mechaniczne własności.

Dobór żelaza. Chcąc otrzymać odlew o składzie odpowiadającym wymaganiom, na co, jak wiemy, wpływa ilość węgla, krzemu i manganu, przy nieprzekraczalnej zawartości siarki i fosforu, — a zarazem osiągnąć cenę odlewu umożliwiającą racjonalne prowadzenie odlewni pod względem finansowym, trzeba umieć tak dobrać surowe materiały, aby w obu kierunkach czyniły zadość wymaganiom.

Przy pewnej stałej cenie koksu i wapienia, głównym czynnikiem rozstrzygającym o cenie odlewu jest dobór gatunków żelaza, posiadających i różny skład chemiczny i rozmaite ceny, a więc surowca sprowadzanego w »gęsiach« ¹⁾ z huty, własnych odpadków (wlewów, złych odlewów i t. d.), starego żelaza (łomu) kupowanego, wiórów z obróbki żelaza w warsztacie mechanicznym i t. p.

Najważniejszym z tych składników, bo umożliwiającym osiągnięcie pewnego składu chemicznego w odlewie, a zarazem najdroższym, jest surowiec; jego umiejętne zakupno i dobór stanowią głównie o dobrym wyniku technicznym i finansowym.

Z tego, co poprzednio powiedziano o własnościach żelaza odlewnianego wynika, że przy składaniu odpowiedniej mieszaniny na odlewy, trzeba mieć na oku przede wszystkim zawartość węgla i krzemu, a dalej manganu, siarki i fosforu, uwzględniając z góry zmiany składników w topieniu. Tu jednak na przeszkodzie staje dawny i zakorzeniony u odlewnicy zwyczaj zakupywania żelaza w pewnych utartych markach na podstawie przełomu, zwyczaj dogadujący hutom wyrabiającym surowiec, gdyż je prawie uwalnia od ściślejszego przestrzegania chemicznego składu. Wiadomo

¹⁾ Część I, str. 166.

że na postać przełomu surowca wywierają wpływ zawarte w nim składniki; i tak zawartość manganu powoduje tworzenie się surowca białego, odznaczającego się nietylko jasną barwą ale i charakterystycznym przełomem (promieniowym, listkowym i t. p.), zawartość krzemu wytwarza surowiec szary, mający barwę szarą aż do czarnej, i budowę ziarnistą, zależną od wielkości wytwarzających się płytek grafitu. Wiadomo też, że zawartość siarki utrudnia wydzielanie się grafitu, a więc dopomaga do powstawania odmian białych, fosfor zaś zwiększa ziarna w surowcu szarym. Na tej podstawie opierano dawniej, a nawet często dziś jeszcze opierają zakupno surowców, klasyfikując je nie tyle według składu chemicznego ile podług wielkości ziarn. W krajach przemysłowych utarły się typy, oznaczające pewne własności surowca, a głównie uwzględniające wielkość ziarn w przełomie. Tak np. wszędzie jest znany rodzaj zwany *hematytem* (od pewnej rudy hematytowej, z której go dawniej wytapiano), oznaczający surowiec gruboziarnisty, o małej, nieprzekraczalnej zawartości fosforu (poniżej 0.1%), — dalej różne gatunki surowca zwykłego (zawierającego fosfor) odlewniczego, określone numerami, o coraz mniejszych ziarnach w przełomie, co powinny być w związku ze zmniejszającą się zawartością krzemu. Nadto istnieją gatunki specjalne, często jako żelazo angielskie, posiadające pewne wybitne cechy, np. małą ilość węgla, mało lub wiele krzemu, manganu, wiele fosforu i t. d. a obok nich surowiec wytapiany na zimno, tj. przy słabo ogrzaniem powietrza (300—400°), o małej zawartości węgla i krzemu. Ceniony jest również drogi dziś surowiec wytapiany na węglu drzewnym, dla znacznej zawartości węgla a małej siarki, i swej bardzo drobnoziarnistej, prawie bezpostaciowej, gęstej struktury.

Zakupno żelaza na podstawie przełomu polega na błędnej zasadzie, bo przełom daje tylko przybliżone, a może nawet dać mylne wskazówki; ten sam surowiec bywa więcej gruboziarnisty gdy jest odlewany w formach z piasku, i po odlaniu przysypany gorącym piaskiem, mniej ziarnisty gdy zastyga swobodnie, a miewa nawet postać surowca białego, gdy jest wlany do formy żelaznej, studzonej (w maszynach

do odlewania)¹⁾. Stwierdzono też, że rodzaj wytwarzającego się żużla w wielkim piecu i jego temperatura powodują zmiany w strukturze surowca bez względu na jego skład chemiczny.

Jedynie więc racjonalnym jest dobieranie i zakupywanie surowca na podstawie składu chemicznego, i nie brak usiłowań stworzenia nowych podziałów surowca na podstawie zmieniającej się zawartości krzemu, a pewnej, nieprzekraczalnej ilości manganu, fosforu i siarki. Odlewnia mając surowce o znanym składzie chemicznym, zestawia sobie wymagany dla odlewu rodzaj. Następujący przykład to objaśnia:²⁾ Ma być wykonany odlew maszynowy o grubości ścianek 10—20 mm, dobrze obrabialny; odpowiedni do tego skład żelaza jest 2·1—2·3% krzemu, a nie więcej niż 0·75% manganu, 0·5% fosforu i 0·09% siarki. Skład zestawiono w równych ilościach z każdego gatunku w następujący sposób:

Rodzaj żelaza	Skład chemiczny w procentach			
	krzem	mangan	fosfor	siarka
Surowiec odlewniany nr. 0	3·7	0·6	0·24	0·01
Łom	2·0	0·7	0·40	0·10
Własne wlewy	2·1	0·8	0·32	0·08
Średnio . .	2·6	0·7	0·32	0·063

Po przetopieniu w piecu kupolowym i zmianach, jakie tam zachodzą (ubytek krzemu i manganu, przyrost siarki), osiągnie się w odlewie 2·25% krzemu, 0·55% manganu, 0·32% fosforu, 0·09% siarki.

Następująca tabelka podaje zawartości procentowe składników stosownie do różnego rodzaju odlewów:³⁾

¹⁾ Część I, str. 167.

²⁾ Z artykułu E. Krodkiewskiego »Surowiec odlewniczy«, Przegląd Techniczny 1913, str. 283.

³⁾ St. u. E. 1913, str. 621.

Składniki	O d l e w y			
	o grubości w mm		maszynowe grube	na cylindry i t. p.
	do 8	8—15		
Ogólna ilość				
węgla . . .	3·28—3·75	3·35—3·65	3·20—3·50	2·80—3·35
Grafit . . .	3·20—3·60	2·90—3·20	2·70—3·00	2·40—2·75
Krzem . . .	2·20—2·60	1·80—2·25	1·25—1·60	1·10—1·45
Mangan . . .	0·60—1·00	0·60—1·00	0·60—0·85	0·50—0·80
Fosfor . . .	1·00—1·35	0·90—1·25	0·50—0·65	0·45—0·70
Siarka . . .	0·03—0·04	0·06—0·08	0·07—0·09	0·08—0·12

Przeprowadzaniu doboru żelaza na podstawie składu chemicznego stoją na przeszkodzie w znacznym stopniu niektóre huty wyrabiające surowiec, niechętne poddaniu się warunkowi dostarczania żelaza o określonych pewnych warunkami zawartościach. Powodem tego jest dotychczasowe, znacznie dogodniejsze dla nich postępowanie, gdzie huta daje przeciętną analizę surowca ale nie odpowiada za jej pewność. Ta odporność hut jest uzasadniona częściowo niemożnością zachowania nieprzekraczalnych granic w chemicznym składzie, z powodu że wielki piec, zasilany tyłu różnorodnymi i zmiennymi często materiałami, podlegającymi zmianom temperatury, ciśnienia i t. d., a więc zależny od różnych czynników, nie daje się prowadzić z taką ścisłością, jakiejby wymagał dokładnie określony rodzaj surowca; nawet w obrębie jednego spustu z pieca zdarzają się różnice, zwłaszcza w zawartości krzemu.

Wprowadzanie surowca odlewniczego przed odlaniem go w kawalki (gęsi) do takich samych *mieszalników* jak przy wyrobie stali¹⁾, jednocząc wiele surowca razem, umożliwiłoby o wiele jednolitszy wyrób; żelazo oswobodzone w znacznej części od siarki przy takim wymieszaniu pozwalałoby przyjąć hucie za swój skład pewną, w granice ujętą gwarancję. Mieszalniki do tego wyłącznie celu zbudowane istotnie

¹⁾ Część I, str. 168.

zaczynają już wchodzić w życie z bardzo dobrymi wynikami.

Obecnie wielkie zakłady, posiadające własne laboratoria, wykonują stale analizy sprowadzonego do odlewni surowca i dobierają według nich żeliwo na swoje odlewy; małe odlewnie są pod tym względem położone niekorzystnie i one jednak poddając analizie swoje materiały w obcych laboratoriach za opłatą, lepiej zawsze wyjdą na tem, niż polegając na ogólnych, hut nie obowiązujących analizach, albo też, co także często się spotyka, dobierając swoje żelazo podług recept, nieraz przechowywanych w tajemnicy, które mogły być dobrze ułożone ale wobec zachodzących ciągle zmian w rodzajach surowców wymienionych w recepcie, tracą szybko swoją wartość.

Surowiec bywa przez huty dostarczany w kawałkach (gęsiach) albo wysokich, o przekroju prostokątnym, albo płaskich, także prostokątnych, trapezowatych lub od dołu zaokrąglonych podług kształtu formy żelaznej. Jeżeli formy na gęsi są robione w piasku, wtedy surowiec jest oblepiony przywartym do niego piaskiem z trzech stron, a nawet z czterech, gdy dla powolnego studzenia i wytworzenia gruboziarnistej struktury przysypuje się gęsi po odlaniu. Jest to niekorzystne dla odlewni, bo kupując żelazo, dopłaca się za przywarty do niego piasek (o ile huty za to nie dodają pewnej ilości ponad wagę), a przy topieniu w piecu kupolowym piasek wymaga większego dodatku wapna. Przy dobre żeliwa według składu chemicznego, nie oglądającym się na ustrój przełomu, dogodniejsze są wolne od piasku gęsi z form żelaznych, a zwłaszcza szybko studzone z maszyn odlewnianych, mające strukturę surowca białego, który, jak wiadomo, zużywa mniej ciepła przy topieniu i topi się przy niższej temperaturze pieca ¹⁾).

Kawałki surowca dostarczane z huty są za wielkie i za ciężkie, by je w całości wrzucać do pieca, i muszą być łamane; w tym celu formy mają na dnie w pewnych odstępach wzniesienia, tworzące zagłębienia w gęsi i przez to ułatwiające przełamanie. Ponieważ łamanie młotem jest koszto-

¹⁾ Część I, str. 15.

wne i męczące, stosując się do tego maszyny poruszane hydraulicznie, elektrycznie lub transmisyą, często przewoźne, które łamią 8—10 ton na godzinę.

Stare żelazo (łom). Każda odlewnia posiada odpadki żelaza lanego w postaci wlewów (tj. żelaza stężałego w kanałach wlewowych i powietrznych), nieudałych odlewów itp. i musi je zużywać; nadto stare maszyny i inne przedmioty żeliwne, dostarczane przez handlarzy starego żelaza, dają materiał o cenie znacznie niższej, niż surowiec, wpływający korzystnie na obniżenie ceny wyrobu przy mieszaniu z innymi rodzajami. Ujemną stroną używania odpadków jest większa zawartość w nich siarki, nabytej z koksu przy topieniu, i mniejsza na ogół zawartość krzemu, co jednak daje się wyrównać dodatkami bogatszego w krzem surowca, a przy odlewach o koniecznej, małej zawartości krzemu, jest nawet pożądane. Gorszą trudność przy użyciu starego żelaza stanowi nieznaną jego skład chemicznego odmiennego w każdym odlewie i nie dającego się nawet przecięciowo stwierdzić. O ile ma się do czynienia z własnymi odpadkami, to rozdzielając uważnie przy czyszczeniu odlewów odcięte wlewy i sortując nieudane odlewy, można ze znaczną dokładnością określić ich skład; kupny jednak łom, mimo pewnego sortowania według pochodzenia i rodzaju odlewów, wykazuje tak wielkie różnice w składzie poszczególnych kawałków, że jego skład daje się określić tylko w bardzo niepewnych liczbach. Z tego powodu przy doborze żelaza należy być bardzo ostrożnym używając kupnego łomu i nie stosować go wcale do odlewów ważnych, np. cylindrów dla silników. W handlu dzielą stare żelazo według pochodzenia na łom z maszyn, z walców, hematytowy i z kokil (mała zawartość fosforu), z garnków i pieców (wiele fosforu), z żelaza spalonego (ruszty, blachy kuchenne, retorty itp., ze znaczną ilością siarki i tlenu) itp.; przy takim podziale, o ile jest przeprowadzony sumiennie i ściśle, można jeszcze z pochodzenia żelaza wnosić o jego składzie i uniknąć większych omyłek.

Stare żelazo, o ile ma postać większych odlewów, musi być rozbite na kawałki mniejsze, czy to ręcznie czy z po-

mocą kafara, uruchomionego siłą ludzką lub przy pomocy windy motorycznej. Ciężar 0·5—5 ton, zwykle w kształcie kuli, podniesiony do kilkumetrowej wysokości, spada na odlew, ułożony na silnym fundamencie, i rozbija go. Dla ochrony robotników od rozpryskującego się żelaza otoczony jest kafar ścianą z dyli drewnianych, wewnątrz wyłożoną grubą blachą. Odlewy trudne do rozbicia np. walce (z walcowni) można przetapiać tylko w piecu płomiennym.

Do starego żelaza zaliczyć trzeba także drobne odpadki, oddzielane przy magnetycznym sortowaniu używanego piasku formierskiego, o czym była mowa przy przyrządzaniu piasku, odpadki zawarte w żużlu przy topieniu i w resztkach koksu i żelaza, wyjętych z pieca po topieniu, odpadki z oczyszczalni itd., co wszystko wynosi 3—5% przerobionego w odlewni żeliwa i przedstawia znaczną wartość. Odpadki te albo wprost sortuje się magnetycznie, albo, gdy są zawarte w żużlu itp., najpierw miażdży się między wałcami, w młynkach kulowych, gniotownikach itp. i dopiero magnetycznie sortuje. Odpadki te zużywa się podobnie jak stare żelazo, lecz do odlewów mniej ważnych, ze względu na niemożność oznaczenia ich składu i zwykle większą zawartość siarki w odpadkach pochodzących z żużla.

Zużycie wiórów żeliwnych. Każda fabryka maszyn wytwarza w swych warsztatach ogromną ilość wiórów; odpadki te, sprzedawane hutom martinowskim, mają bardzo małą cenę, która tem więcej się zmniejsza, im większa jest odległość fabryki maszyn od huty. Najgorzej jest z wiórami żelaza lanego, które dla huty mają wartość znacznie niższą, niż z żelaza kujnego, są trudne do zbycia i często stanowią kłopotliwy balast w fabryce. Zużytkowywanie ich we własnej odlewni dawało ujemne wyniki, bo wióry, wsypywane wprost do pieca kupolowego, zatykały go i utrudniały ruch powietrza i gazów, wywołując zaburzenia w piecu; z powodu swej małej objętości a wielkiej powierzchni spalały się w znacznej ilości (do 50%), przechodząc w żużel, a o ile się stopiły, to doprowadzały z sobą wiele siarki, pochłoniętej w ciągu przebytej drogi w piecu przez stykanie się z koksem na bardzo wielkiej powierzchni. Próby wrzucania wiórów do pieca w skrzy-

neczkach drewnianych lub żelaznych lanych, podrażały robotę, a niewiele ją polepszały, bo osłona spaliwszy się lub stopiwszy, oddawała wióry w stanie luźnym i mało albo nie rozgrzane. Najlepsze wyniki osiągnął w Ameryce Prince przez zastosowanie osłon z żelaznej, trudno topliwej blachy, która dopiero w najniższej warstwie pieca stapia się, a raczej rozpuszcza w stopionem żelazie, oddając żarowi swą zawartość już na pół stopioną w postaci bryły. Unika się tym sposobem zatykania pieca, spalania żelaza i pochłaniania siarki z koksu.

Brykietowanie wiórów, spojonych innemi ciałami, np. smołą, żywicą itp. było drogie, a przytem, z powodu nieodporności materiału łączącego na działanie żaru, nie zapobiegało przedwczesnemu rozsypywaniu się wiórów, ze skutkami jakie ono za sobą prowadzi.

Dopiero wynaleziony przed paru laty i dziś już udoskonalony system Ronaya brykietowania bez dodatku ciał wiążących, bardzo posunął naprzód sprawę zużytkowania wiórów. Według tej metody wióry poddaje się wysokiemu ciśnieniu w cylindrycznej formie tłoczni hydraulicznej w ten sposób, że tłoki z obu stron działające wywierają na wióry dwukrotnie powtarzający się nacisk, dochodzący do 2450 kg/cm², wskutek czego wióry doznają niezmiernie silnego zgniecenia, a powietrze, zawarte między nimi, w znacznej części uchodzi, tak, że ciężar gatunkowy brykietu gotowego (ryc. 150) dochodzi do 5.8.

Maszyna jest urządzona rewolwerowo: w stole obracającym się około pionowej osi, znajdują się cztery formy, z tych jedna bywa napełniana, w drugiej odbywa się pierwszy nacisk, w trzeciej powtórny, z czwartej stempel wyrzuca gotowy brykiet na pas transportowy, który go zabiera.

Wióry, ile możności zupełnie wolne od rdzy, przesypują się przed prasowaniem przez rodzaj aspiratora, w którym prąd powietrza porywa pył, a w nim cząstki rdzy (o ile jest) uwolnione wskutek wzajemnego ocierania się wiórów; następnie odbywa się sortowanie magnetyczne dla oddzielenia obcych ciał, a wreszcie wióry wpadają do lejkowatego upustu, doprowadzającego je do prasy. Wióry stalowe z tokarni przepuszcza się przez walce zgniatające dla rozdrobnienia. Bry-

kiedy, wskutek wykonanej na nich pracy, wychodzą z prasy gorące, przez co wilgoć, oliwa itp. płynne zanieczyszczenia w znacznej części wyparowują.

Niewielki rozmiar i dogodny kształt brykietów pozwala je łatwo przechowywać, transportować i wrzucać do pieca tak, by się należycie układały; w piecu zachowują się tak jak żelazo w kawałkach, tylko nieco szybciej się topią, nie rozpadając się jednak przed stopieniem. Strata przez spalanie, przy użyciu dużej ilości brykietów w stosunku do innego żelaza jest dość znaczna, natomiast przy mniejszych ilościach mało co większa nad normalną lub równą tej, z jaką się ma do czynienia przy dobrze prowadzonym procesie topienia. I tak, przy topieniu *samych* brykietów strata ta dochodzi 10⁰/₀, przy 30⁰/₀ brykietów wynosi 3—5⁰/₀, co nie przewyższa zwykłych strat przy topieniu żelaza w kawałkach.

Pod względem składu chemicznego zachodzą w żelazie brykietowanym znaczne zmiany przed i po topieniu. Przede wszystkim *zmniejsza* się ogólna *zawartość węgla* w odlewie, a równocześnie obniża się w znacznym stopniu zawartość grafitu na korzyść węgla chemicznie połączonego, przytem *zmniejsza* się zawartość *krzemu* a *zwiększa siarki*, co tłumaczy słabsze wydzielanie się grafitu w odlewie.

Wskutek takich zmian w składzie chemicznym, zmieniają się fizyczne własności żelaza i zwiększa się znacznie wytrzymałość, a także twardość odlewu, równocześnie wzrasta współczynnik kurczenia, a przez to skłonność do naprężeń i tworzenia się dziur w odlewie, zwiększa się też i kruchość materiału. Ponieważ zwiększenie wytrzymałości i twardości jest pożądane przy wielu odlewach, np. cylindrach silników, i w tym celu dodaje się specjalnych, drogich gatunków surowca, można w pewnych wypadkach dla osiągnięcia tego samego celu stosować z korzyścią o wiele tańsze brykiety; natomiast do odlewów cienkich i takich, które mają być miękkie, dodatek ich nie działa korzystnie, jeżeli jest za wielki.

Znaczenie brykietów polega więc nietylko na zużyciu mało wartościowych odpadków na równi ze starem żelazem (łomem), ale także na możliwości zastąpienia nimi, w pewnych razach, drogich, specjalnych gatunków surowca. Brykiety bywają stosowane chętnie, nawet do odlewów o przepisanych

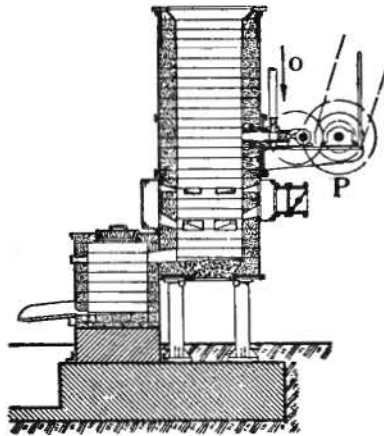
warunkach wytrzymałości, i dlatego dobrze prowadzone zakłady nie mieszają wszystkich odpadków razem, lecz rozdzielają je przynajmniej na dwa rodzaje: 1) odpadki z obróbki zwykłych odlewów maszynowych i 2) z odlewów osobliwych (np. cylindrów motorów, walców, granatów i t. p.). Przed brykietowaniem poddaje się pewną liczbę prób analizie chemicznej, przez co że wyrobione z takich wiórów brykiety można stosować na równi z surowcem dostarczanym z hut, z gwarancją pewnego składu chemicznego. Pewien zakład brykietowania w Niemczech podaje np. na odlewy maszynowe następujący skład swych brykietów: krzemu 1·8—2^o/_o, manganu 0·6—0·8^o/_o, fosforu 0·6—0·7^o/_o, siarki 0·1—0·14^o/_o.

W porównaniu z łomem starego żelaza, którego się wiele używa w odlewniach, są brykiety, nawet bez analizy sprzedawane, pewniejsze, gdyż wymieszanie wiórów przed brykietowaniem daje większą pewność jednolitości materiału, niż przy użyciu łomu. Dodatek brykietów stosuje się do rodzaju odlewu, i tak, przy odlewach o większej wytrzymałości, twardszych, gdzie zależy na małej zawartości krzemu, przyjmuje się dodatek 25—30^o/_o brykietów, do zwykłych odlewów maszynowych 10—15^o/_o, na rury zaś, garnki i t. p. mniej niż 10^o/_o.

Ciężar pojedynczego brykiety wynosi około 16 kg, okazało się bowiem, że taki kawałek jest najdogodniejszy do manipulacji i samego przebiegu procesu topienia. Brykiety najlepiej wrzucać na końcu, kiedy reszta naboju jest już w piecu, unika się bowiem obijania ich kawałkami wrzucanego żelaza, narzucony zaś na nie nabój koksu chroni je przy wrzucaniu następnego naboju żelaza.

W r. 1913 pojawił się w pewnych odlewniach nowy, poprzednio przez wynalazcę W. Wagnera wypróbowany przyrząd, umożliwiający bezpośrednio, bez poprzedniego brykietowania, zużytkowanie wiórów żeliwnych, przez wtłaczanie ich wprost do pieca. Na ryc. 134 widzimy szkic takiego urządzenia. Przez przewód o dostają się luźne wióry z umieszczonego wyżej zbiornika do pojedynczej lub podwójnej prasy tłokowej P, poruszanej transmisyą lub elektromotorem, która je wciska w części pieca położonej nad dyszami, gdzie już się odbywa topienie; wskutek tego wióry ulegają stopieniu na-

tychmiast po wciśnięciu do pieca i przez to nie utleniają się szybciej, niż reszta żelaza. Aby prąd powietrza z dysz nie uniósł lekkich wiórów, należy je silnie utłoczyć, dlatego w cylindrze prasy panuje ciśnienie 300 atmosfer, okazało się też



Ryc. 134 (G. Z.).

korzystnem dodawać do wiórów przed tłoczeniem mialu wapiennego (10%), który z nimi tworzy u wylotu prasy zbite i nie rozpadające się cegielki.

Do pieca można w ten sposób wciskać 10—30% wiórów, zależnie od doboru; by takie zmiany były możliwe, musi prasa mieć zmienną liczbę obrotów (przy transmisji koła stożniowe).

W porównaniu z użyciem brykietów ma sposób Wagnera tę wyższość, że nie wymaga kosztownego urządzenia do brykietowania, każda odlewnia może taki przyrząd zastosować

do swoich pieców i przerabiać własne wióry o wiadomym składzie. Dalszą zaletą ma być przy jego użyciu mniejszy niż przy brykietach przyrost siarki w stopionem żelazie, której zaraz po wrzuceniu do pieca topiące się wióry nie pochłaniają tyle, oraz oszczędność koksu, wrzucane bowiem w bardzo gorącej sferze topienia zużywać mają tylko nadmiar ciepła i nie wymagają dodatku koksu dla własnego stopienia. Tę ostatnią zaletę należy przyjmować z pewną ostrożnością, gdyż nie jest logicznie uzasadniona, bo albo piec znoszący 10—30% dodatku żelaza bez podwyższenia ilości koksu pracował przedtem z niepotrzebnym nadmiarem koksu, albo jeżeli tak nie było, to przy znacznym naddatku wiórów może dawać żelazo za zimne. Wpływ dodanych do topienia wiórów na dobroć żeliwa jest zresztą taki sam jak przy stosowaniu brykietów.

Jeżeli rozpowszechniający się szybko sposób Wagnera udowodni przy dłuższem zastosowaniu prawdziwość przypisywanych mu zalet, a nie wykaże nieprzewidzianych dziś wad,

będzie niewątpliwie jednym z najpożyteczniejszych wynalazków ostatnich lat w dziedzinie odlewnictwa.

Dodatki żelaza miękkiego. Jeżeli zależy na znacznej wytrzymałości odlewu żeliwnego, jednakże nie tak wysokiej, jaką daje odlew stalowy, to osiągnąć to można zmniejszając zawartość węgla w żelazie. Zwyczajnie nie daje się ona doprowadzić poniżej 3‰, a przytem z powodu naturalnej przymieszki krzemu ilość grafitu jest za wielka i źle wpływa na wytrzymałość; z tego powodu stosuje się do żeliwa dodatek żelaza kujnego, zmniejszając przez to zawartość węgla i wydzielanie się grafitu. Mimo znacznie wyższej temperatury topliwości takiego żelaza, daje się ono stopić w piecu kupolowym, jednakże przechodząc przez warstwę rozżarzonego koksu nawęglą się bardzo silnie, tak że przy znacznym nawet dodatku żelaza kujnego niepodobna zawartości węgla w żeliwie obniżyć więcej niż do 2·8‰, — zazwyczaj jest ona wyższa. I te wyniki są często wystarczające, a niekosztowny dodatek żelaza kujnego w postaci odpadków, np. zużytych szyn, wiórów brykietowanych itp., daje wymagany materiał. Następująca tabelka podaje przykład, jaką w pewnym wypadku osiągnięto wytrzymałość przy różnych dodatkach żelaza kujnego:

Dodatek stali w ‰	Ogólna zawartość węgla w ‰	Ilość grafitu w ‰	Wytrzymałość w kg/mm ²	
			na rozciąganie	na zginanie
0·0	3·63	3·12	15·57	30·90
12·5	3·37	2·94	19·00	35·60
25·0	2·95	2·44	25·80	41·50

Chcąc przy zmniejszonej zawartości węgla mieć odlew o charakterze surowca szarego, a więc zawierający dosyć grafitu i nie kurczący się zbyt przy ostygnięciu, dodaje się obok żelaza kujnego równocześnie żelazo-krzemu, wkładanego do kadzi przed wypuszczeniem do niej z pieca żeliwa.

Chcąc otrzymać mniejsze zawartości węgla niż przez dodatek stali do pieca kupolowego, trzeba topienie przeprowadzać w piecu płomiennym, gdzie zawartość węgla nie zwiększa się albo, co w ostatnich czasach wchodzi coraz więcej w użycie, miesza się w kadzi żeliwo z pieca kupolowego z żelazem kujnym, wyświeżonym w małej gruszce Bessemera¹⁾ lub w piecu Martina.

Z dodawaniem żelaza kujnego trzeba być ostrożnym, i pamiętać, że ze zmniejszaniem się ilości węgla zwiększa się współczynnik kurczenia i twardość odlewu, a zawartość siarki przy topieniu w piecu kupolowym doznaje powiększenia. Trzeba się też liczyć z tem, że ilość zużytego przy topieniu paliwa zwiększa się z dodatkiem stali, a proces topienia trwa dłużej i jest kosztowniejszy.

Ilość dodanego żelaza kujnego nie powinna przekraczać 30%, najdogodniej zaś jest dla odlewania, gdy nie jest większa niż 10%.

Dodatki innych materiałów do żeliwa stosuje się w ograniczonym zresztą zakresie celem osiągnięcia pewnych osobliwych własności. Pomijając dodatki odtleniające i oczyszczające (krzem, mangan, glin, wanad, tytan), o których była już mowa, stosuje się jako istotne składniki w żelowie następujące materiały:

Krzem w postaci żelazo-krzemu dodawany bywa dla otrzymania odlewów wytrzymałych na działanie kwasów. Przy zawartości do 20% krzemu otrzymuje się żelazo odporne wobec najsilniejszych kwasów i ich par, a więc nadające się do wyrobu naczyń dla przemysłu chemicznego. Odlewanie takiego stopu jest jednak trudne gdyż jest gęstopłynny, silnie się kurczy przy stygnięciu i jest kruchy; mały dodatek glinu ma usuwać gęstopłynność. Naczynia z tego materiału, jako łatwo rozbijające się, wymagają obchodzenia się oględnego. Na naczynia do słabych kwasów, nie wymagające tak wielkiej odporności, wystarczy starać się o strukturę zbitą i drobnoziarnistą, co się osiąga przy małej zawartości krzemu, aby grafit nie wydzielił się w dużych płytkach.

¹⁾ Część I, str. 190—191.

Jest również wskazane, by zawartość siarki i fosforu była mała.

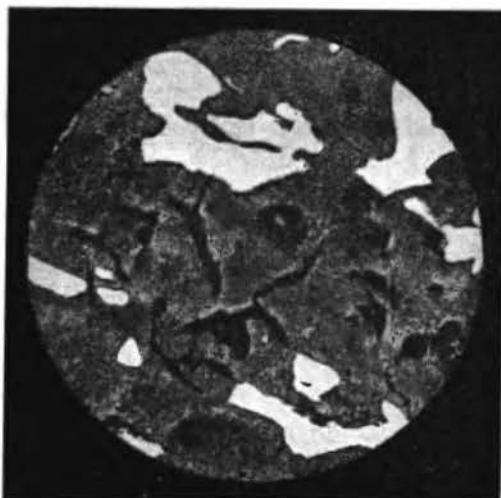
Podobny skład powinno mieć żeliwo znoszące wysoką temperaturę i żar, jak ruszty, retorty, kokile i t. p. a więc zawierać jak najmniej fosforu i siarki, które tworząc związki topiące się przy niskiej temperaturze, zmniejszają odporność żelaza; powinno dalej nie zawierać wiele krzemu a dosyć manganu, aby struktura nie była szara ale biała, nie za wiele jednak, aby żeliwo nie było kruche. Na tego rodzaju odlewy polecają następujący skład: 3—3·2% węgla, 1—1·5% krzemu, 0·8—1% manganu i nie więcej niż 0·2% fosforu a 0·06% siarki.

Glin, jako istotny dodatek stosuje się do żeliwa na maszyny elektryczne, działa bowiem korzystnie na jego magnetyczne własności,

Nikiel dodany do żelaza powiększa jego elastyczność, chroni od rdzy i zwiększa odporność na kwasy. Wysoka cena tego metalu stoi jednak na przeszkodzie szerszemu stosowaniu niklu w żelazie lanem; dlatego też i własności tego stopu nie są dostatecznie zbadane.

Chrom dodaje żelazu twardości i robi je zbitem, wskutek czego można mu w obróbce nadawać wielką gładkość; jest to wielki przymiot u przedmiotów trących się z innymi np. panewek łożyskowych, ślizgawek maszyn roboczych i t. p.

Twarde odlewy, o których mówiliśmy przy formowaniu, podając ich strukturę na ryc. 35, wymagają odpowiedniego doboru materiałów składowych, aby przy szybkim studzeniu zewnętrznej powierzchni, umożliwić powstanie istotnie twardej warstwy, — aby żelazo części głębszych lub nagle nie chłodzonych było dobrze obrabialne i wytrzymałe, miało więc strukturę szarą i drobnoziarnistą, — aby przejście między zewnętrzną warstwą białego, a wewnętrzną szarego żeliwa było stopniowe a nie nagle (bo wtedy twarda skorupa łatwo się odkrusza), a w miarę zmniejszającej się ilości karbidu, występowało coraz więcej grafitu. Obraz takiej przejściowej struktury widzimy na ryc. 135, gdzie w szarem tle perlitu leżą obok siebie białe pola cementytu i czarne grafitu. Ponieważ na powstawanie struktury białej wpływa zawar-



Ryc. 135 (Bauer).

tość manganu, a szarej krzemu, mamy tu do czynienia z dwoma sprzecznymi czynnikami, które należy pogodzić. Wiadomo jednak ¹⁾, że przy odpowiedniej szybkości, względnie powolności chłodzenia żelaza, można bez względu na zawartość krzemu lub manganu wytworzyć białą lub szarą strukturę; stosując więc przy budowie formy na odlew w jednym miejscu części szybko stu-

dzące powierzchnię odlewu, w innym nie dopuszczając do tego, uwalniamy się do pewnego stopnia od wpływu obu składników, ograniczając je do możliwego minimum lub zmieniając ich zawartość stosownie do żądanej grubości i twardości białej warstwy. Gdy odlew jest bardzo gruby i mimo zastosowania kokili o grubych ścianach posiada za dużo ciepła by się mogła wytworzyć dostatecznie gruba i twarda warstwa na powierzchni, mimo małej zawartości krzemu, wtedy dodaje się więcej manganu, jakkolwiek on przynosi ze sobą i większy współczynnik kurczenia się i większą kruchość odlewu.

Znaczną stosunkowo (ponad 1%) zawartość manganu w podanych w literaturze analizach twardych odlewów przypisać trzeba temu, że w piecu kupolowym wobec małej zawartości krzemu spala się wiele manganu; dają go więc przy doborze o 25—30% więcej niż potrzeba w odlewie.

Gdy znów chcemy ograniczyć grubość twardej warstwy, zwiększamy zawartość krzemu. Następujące analizy amery-

¹⁾ Część I. str. 16.

kańskich kół wagonowych wskazują, w jakiej zależności jest grubość warstwy białej od ilości krzemu:

% krzemu	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0
warstwa biała w mm	38	25	16	6	3

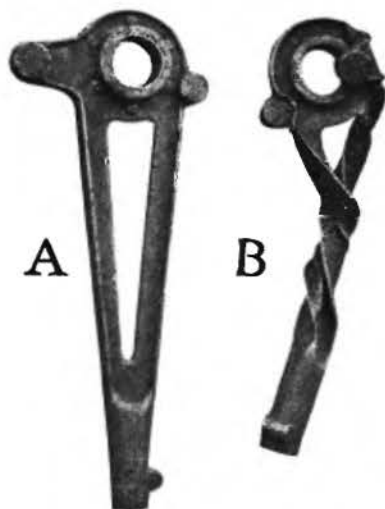
Najważniejsza rzecz przy wyrobie twardej leizny, tj. wytworzenie nie tylko białej ale zarazem bardzo twardej warstwy na powierzchni, zależy od możliwie dużej zawartości węgla który wydziela się tam jako karbid. Praktyka wykazała, że osiągnąć to można tylko przez znaczny dodatek (30% i więcej, niekiedy do 80%) surowca wytapianego na węglu drzewnym; ten dodatek ma jeszcze inną zaletę, a mianowicie wytworzenie wewnątrz drobnoziarnistej struktury, o małych płytkach grafitu.

By zawartość krzemu, manganu, a także fosforu i siarki (ta jest szczególnie niepożądana, bo powoduje szkodliwe wydzielania) utrzymać na niskim poziomie, używa się często dodatku żelaza kujnego, np. w postaci brykietowanych wiórów. Skład żeliwa na twarde odlewy bywa średnio następujący: węgla 3.5—3.8%, krzemu 0.5—0.8%, manganu 0.6—1%, fosforu do 0.5%, siarki do 0.05%. Zawartość warstwy białej różni się zwykle od szarej, a mianowicie ogólna ilość węgla i zawartość manganu są większe w warstwie twardej.

O wyrobie kujnej leizny była mowa w części poświęconej hutnictwu żelaza ¹⁾.

Stal lana. Odlewów stalowych wtedy używa się zamiast żeliwnych, gdy wymagana jest większa wytrzymałość lub ciągliwość, jakiej nie mają kruche bardzo odlewy z lanego żelaza. Do znoszenia bardzo wielkich obciążeń, przy których odlewy żeliwne byłyby zanadto grube i ciężkie, albo do wyrobu części lekkich a silnych, wytrzymałych na uderzenia, nadają się z tego powodu odlewy stalowe. Jak doskonały otrzymać można wyrób pokazuje ryc. 136, gdzie odlew A na dźwignię do automobilu pozwolił się odkształcić bez złamania w sposób przedstawiony na ryc. B; materiał w tym odlewie posiadał

¹⁾ Część I, str. 219.



Ryc. 136 (St. u. E.).

wytrzymałość na rozciąganie około 45 kg/mm^2 przy wydłużeniu 25% .

Własności lanej stali są te same jak żelaza kujnego przed obróbką zimną czy gorącą¹⁾, podobna jest więc struktura, skład chemiczny, wytrzymałość, topliwość, kurczenie się, powstawanie jam, zanieczyszczeń i t. d. Jest to rzecz naturalna wobec sposobu wytwarzania żelaza zlewne, jednakowego z wyrobem stali na odlewy, a różniące się tylko ilością materiału, mniejszą zazwyczaj do celów odlewnianych niż do

bloków na cele kuźnicze. Z tego wynikają różnice w wielkości pieców i stosowanie urządzeń odpowiednich do tego mniejszego zapotrzebowania oraz pewnych właściwości materiału odlewane.

Wytrzymałość stali jest jak wiadomo w bezpośrednim związku z zawartością węgla, z którą jednocześnie zwiększa się twardość a zarazem kruchość materiału, — zależnie więc od wymagań, jakie stawiamy odlewom, dobieramy zawartość węgla w bardzo obszernych granicach ($0\cdot07$ — 1%), otrzymując przy zwykłych rodzajach stali na odlewy wytrzymałość 40 — 70 kg/mm^2 i wydłużenie 25 — 8% , a przy wyborowych rodzajach o wiele korzystniejsze jeszcze liczby. Następująca tabelka podaje dla rozmaitych zawartości węgla, przy minimalnych ilościach fosforu ($0\cdot002$ — $0\cdot04\%$) i siarki ($0\cdot01$ — $0\cdot018\%$), wytrzymałość na odlewy stali, wykonanej w piecu elektrycznym²⁾.

¹⁾ Część I, str. 19—22, 31—37, 200—204.

²⁾ St. u. E. 1914, str. 536.

Zawartość węgla %	Wytrzymałość na roz- ciąganie w kg/mm ²	Wydłużenie %
0·070	36·4	30·2
0·105	39·2	31·0
0·135	41·3	28·3
0·260	47·9	22·4
0·340	57·6	18·7
0·520	74·2	16·7
0·790	84·9	15·8
1·070	86·8	13·6

Z dodatkiem pewnych metali stal odlewniana nabiera nowych własności, rozszerzających jeszcze zakres jej zastosowania. Na takie dodatki używany bywa nikiel, chrom, wanad i mangan.

Nikiel (1—4%) zwiększa i wytrzymałość i twardość odlewu, nie odbierając mu ciągliwości; stal z niklem używana bywa na koła zębate i części maszyn narażone na uderzenia.

Chrom (0·2—2%) bywa dodawany głównie dla zwiększenia twardości, bez zmiany wytrzymałości, do stali na przyrządy przerabiające twarde materiały, czasem z dodatkiem *wolframu*.

Do obu powyższych rodzajów dodaje się niekiedy w małych ilościach *wanadu*, którego znaczenie polega głównie na oczyszczaniu stali z tlenków.

Mangan daje stali nadzwyczajną twardość i dlatego bywa stosowany (do 12·5%) na części obrabiające twarde materiały (kamienie, cement i t. p. na koła zębate, blachy do kas pancernych, walce, iglice do szyn i t. p. Odlewanie stali manganowej sprawia trudności z powodu bardzo wielkiego współczynnika kurczenia się (około 2·6%), dlatego części z niej robione muszą być konstruowane umiejętnie, formy robione z zachowaniem wszelkich ostrożności, a odlewy poddawane wyżarzaniu.

Odlewy stalowe są znacznie droższe od żeliwnych z wielu powodów, jak wyższa cena samego metalu, większe koszty formy wskutek konieczności użycia bardziej ogniotrwałych materiałów, stosowania wielkich nadlewków, które zużywają

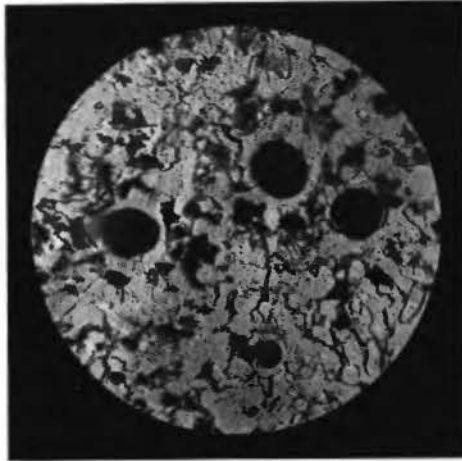
i wiele stali i wymagają znacznych kosztów na ucięcie, — a wreszcie z powodu kosztów żarzenia.

Temperatura topliwości stali zależy jak wiemy od ilości zawartego w niej węgla ¹⁾ i wynosi 1350—1500°, a ponieważ metal, zwłaszcza przy cienkich odlewach, bywa przegrzany, przeto materiał formy wytrzymać musi temperaturę nawet powyżej 1600° i wymaga wskutek tego składników ogniotrwałych (szamoty, piasku kwarcowego i t. p.) i drogich.

Gazy pochłonięte przy topieniu (wodór, azot, tlenek węgla) wydzielając się przy stygnięciu, wymagają od formy przepuszczalności i łatwo wytworzyć mogą odlew porowaty; tlen powoduje zanieczyszczenie stali tlenkami, przez co jej wytrzymałość szkodliwie obniża. Przeciwdziała się tym szkodliwym czynnikom znanymi środkami ²⁾, przeprowadzając

odtlenienie zapomocą manganu, krzemu, glinu, tytanu, wanadu, i nie dopuszczając wydzielania się gazów przez dodatek krzemu.

Tak samo jak przy odlewaniu bloków stalowych, tak i przy odlewach maszynowych tworzą się zanieczyszczenia żużlem w postaci drobnych kropelek (ryc. 137), a przy grubych odlewach wydzielania ³⁾, wywołujące nierównomierny



Ryc. 137.

chemiczny skład odlewu. Zapobiega się temu, usuwając żużel w nadlewki, a nie dopuszczając wydzielen przez możli-

¹⁾ Część I, str. 31. Na końcu ustępu »toplivość« wskutek omyłki korektorskiej wydrukowano, że na każde 0.1% dodatku węgla temperatura »podnosi« się o 100°; oczywiście jest, że temperatura »obniża« się, nie »podnosi«.

²⁾ Część I, str. 35—37, 201, 205—208.

³⁾ Część I, str. 203.

wie szybkie studzenie odlewu, co jednak często nie daje się wykonać.

Wyrób form do odlewania stali sprawia znacznie większe trudności i wymaga bardzo umiejętnego postępowania z powodu większego współczynnika kurczenia się stali, który przy małej zawartości węgla wynosi 2^o/_o; objawia się przez to większa możność tworzenia się jam, występowania naprężeń i pęknięć, i trzeba w znacznie wyższym stopniu niż przy żelazie lanem stosować opisane poprzednio środki zapobiegawcze, jak wielkie nadlewki (30—50^o/_o ciężaru odlewu, a często więcej, aż do 150^o/_o), studzenie lub ogrzewanie poszczególnych części odlewu i t. d., a mimo to można się zawsze w odlewie stalowym spodziewać niebezpiecznych naprężeń, o ile nie usunie się ich przez żarzenie.

Żarzenie polega na znanej własności żelaza kujnego, że rozgrzewane powyżej temperatury niebieskiego nalotu ¹⁾ staje się w miarę wzrostu temperatury coraz bardziej plastycznym, przy coraz mniejszej wytrzymałości; następująca tabelka podaje zmiany wytrzymałości żelaza kujnego przy różnych temperaturach:

Temperatura C°	Wytrzymałość na roz- ciąganie w kg/mm ²	Wydłużenie %
20	38·4	30·4
100	39·1	14·1
200	50·3	15·8
300	47·4	20·0
400	34·1	35·0
500	19·3	50·3
600	10·7	76·7

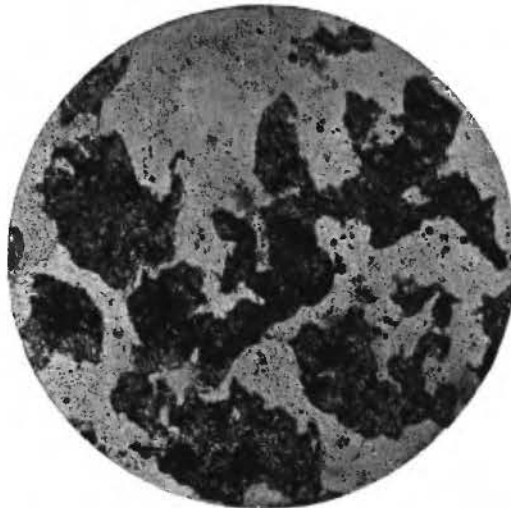
Widzimy więc, że po przejściu sfery niebieskiego nalotu materiał staje się coraz bardziej podatnym i przy temperaturze 600^o wytrzymałość jego jest blisko cztery razy mniejsza, a ciągliwość 2½ razy większa. Jeżeli więc odlew, w którym

¹⁾ Część I, str. 27.

powstały naprężenia, ogrzewać będziemy bardzo jednostajnie do 600° i wyżej, to przy pewnej temperaturze naprężenie pokona zmniejszając się wytrzymałość materiału, który jako bardzo plastyczny nie ulegnie pęknięciu, tylko się odpowiednio wydłuży; skoro zaś następnie będziemy go studzili bardzo wolno, by nie mogły wystąpić różnice temperatury w poszczególnych częściach odlewu, będzie on po ukończonym procesie zupełnie wolny od naprężeń.

Żarzenie przy 600° wystarcza do usunięcia naprężeń, zwykle jednak temperaturę znacznie podwyższamy, celem wytworzenia korzystniejszej struktury odlewu, a tem samem lepszych warunków wytrzymałości.

Żelazo tężąc zwolna, zwłaszcza w grubych odlewach, wykryszalizowuje się powoli, wskutek czego składniki

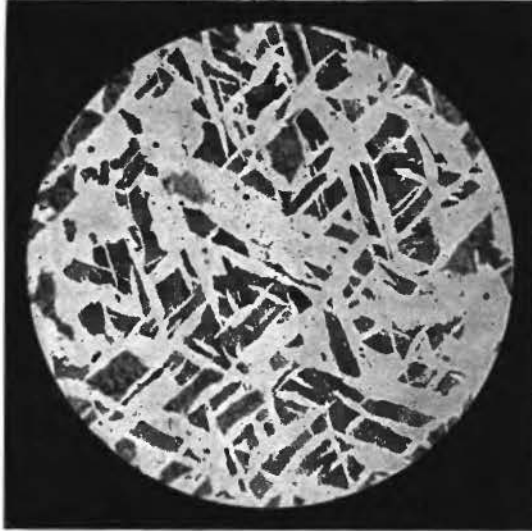


Ryc. 138.

jego (feryt i perlit) tworzą wielkie komórki, co, jak wiadomo z procesu przegrzania¹⁾, źle wpływa na wytrzymałość materiału. Na ryc. 138 widzimy strukturę odlewu stalowego (pow. 1 : 250) o zawartości 0·52% węgla, gdzie składniki skupione w wielkie ziarna są rozłożone bardzo nieregularnie. Przy jeszcze powolniejszym stygnięciu (grubszym od-

lewie) wytwarza się charakterystyczna krystalizacja w postaci figur geometrycznych; równoległoboków, trójkątów, kwadratów. Strukturę taką pierwszy raz zauważoną w żelazie meteorycznym nazwano od badacza, który ją zaobserwował i opisał, *figurami Widmannstättena*. Jest ona jeszcze niebezpieczniejsza

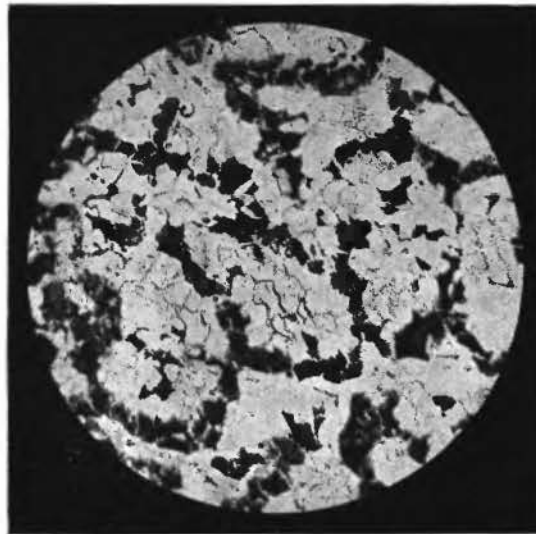
¹⁾ Część I, str. 26.



Ryc. 139.

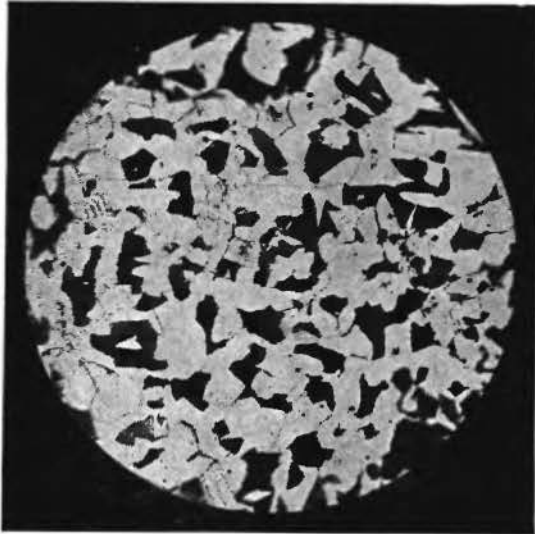
dla wytrzymałości odlewu. Taką strukturę widzimy na rycinie 139 (powiększ. 1 : 80), przedstawiającej surowy odlew stalowy o zawartości 0,27% węgla, 0,88 manganu, 0,275% krzemu, 0,032% fosforu i 0,04% siarki¹⁾. Materiał ten poddawano żarzeniu przy różnych temperaturach, począwszy od 750°, otrzymując strukturę coraz drobniejszą; przy 850°

wytworzyła się struktura przedstawiona na ryc. 140 (powiększ. 1 : 80). Znikły tu geometryczne formy, a ferryt i perlit wydzielił się w licznych i drobnych ziarnach. Na ryc. 141 przedstawiony jest wynik żarzenia przy 900°; rozłożenie obu składników jest tu więcej równomierne, niż na rycinie poprzedniej, ale rozmiary komórek (ziarn) są większe, co nie jest korzystne dla wytrzymałości. By zebrać



Ryc. 140.

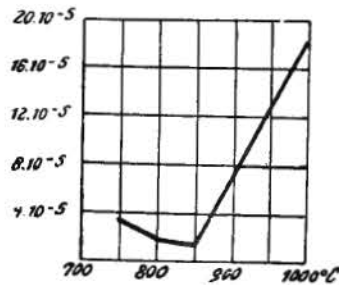
¹⁾ Oberhoffer, »Die Bedeutung des Glühens vom Stahlformguss«. St. u. E. 1912, str. 892 i 1623 oraz 1913, str. 891.



Ryc. 141.

daty porównawcze, poddawano pręty z materiału w ten sposób żarzonego badaniom wytrzymałości i równocześnie badano je mikroskopowo. Na ryc. 142 widzimy wykres przedstawiający w ułamkach centymetra wielkość ziarn pomysłanych w postaci kulek (przy różnych temperaturach żarzenia), na ryc. 143 zaś wykresy badań wy-

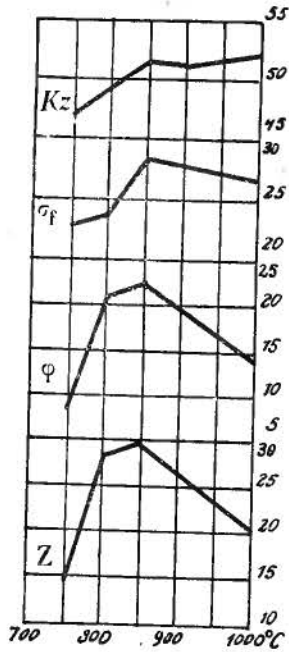
trzymałości prętów na rozciąganie, a mianowicie K_z u granicy wytrzymałości¹⁾, σ_f u granicy płynności, φ wydłużenia procentowego, i Z zwężenia procentowego. Widzimy jak bardzo wpływa proces żarzenia na zmiany wytrzymałości, oraz że warunki te polepszają się do pewnej temperatury, w naszym przypadku do 850°, poczem znów się pogarszają. Materiał żarzony nabiera również większej odporności na uderzenie, co stwierdzono przy innych badaniach. Temperatura, przy której się to dzieje, nie jest stała, ale zależy od zawartości węgla i odpowiadającej jej temperatury krytycznej. Na ryc. 144 mamy część wykresu stygnięcia żelaza²⁾, odnosząc się do żelaza o małej zawartości węgla, przedstawiającą linię punktów krytycznych (AB), gdzie przy stygnięciu z roztworu stałego zaczynają się wydzielać składniki (feryt i perlit), tak



Ryc. 142 (St. u. E.).

¹⁾ Część I, str. 108—113.

²⁾ Część I, str. 6, linia OSB.



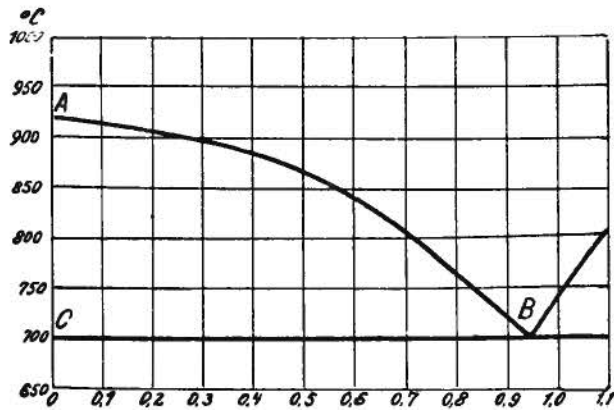
Ryc. 143 (St. u. E.)

długo, aż przy oziębieniu do 700° (linia CB) nie ma już wcale roztworu stałego.

Z powyższych badań wynika, że najodpowiedniejsza temperatura żarzenia leży na linii AB i dla każdej zawartości węgla istnieje pewna najstosowniejsza temperatura, jaką wskazuje linia punktów krytycznych.

Należy przytem uwzględnić wpływ manganu, który obniża temperaturę krytyczną w ten sposób, że 1% jego zawartości powoduje jej obniżenie o około 70°. Tak w naszym żelazie o zawartości 0.27% węgla, punkt krytyczny leżeć powinien, jak wynika z wykresu na ryc. 144, przy 900°, z powodu jednak przymieszki manganu obniża się o około 60°, dlatego najlepsze wyniki przedstawia materiał żarzony przy 850°.

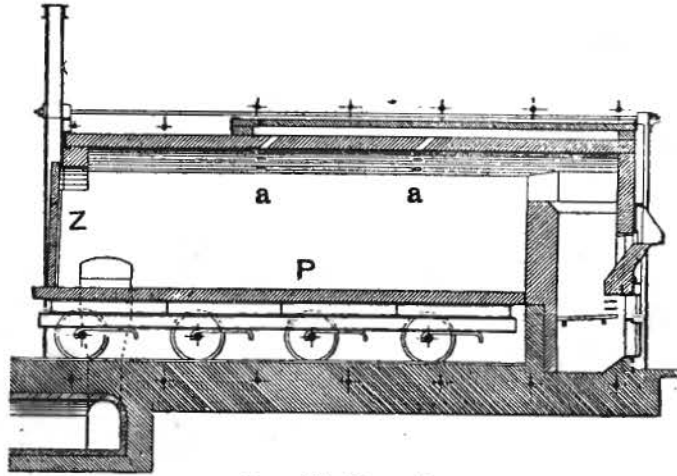
Piece do żarzenia. Żarzenie odbywa się w ten sposób, że odlew umieszcza się w piecu, gdzie w ciągu kilkunastu godzin doprowadza go się do żądanej temperatury, pozostawia w niej przez kilka godzin, a następnie bardzo powolnie studzi, co u wielkich odlewów trwa



Ryc. 144 (St. u. E.).

kilkadziesiąt godzin. Najlepiej jest umieszczać odlew w piecu zaraz po wyjęciu z formy, gdy jest jeszcze gorący.

Ponieważ obecnie dobrze prowadzone fabryki wyżarzają wszystkie swoje odlewy, muszą mieć piece do tego celu nie-raz bardzo wielkie rozmiary. Piec do żarzenia odlewów przed-stawia ryc. 145; jest to komora, mająca z jednej strony pa-lenisko zasilane wciskanem pod ruszt powietrzem, gdzie wę-giel spalony w wysokiej warstwie daje przeważnie palne gazy, spalające się z wtórnem powietrzem, wciskanem do komory



Ryc. 145 (Osann).

zapomocą wentylatora przez otwory *a*. Odlewy leżą na ognio-trwale wymurowanej płycie *P*, osadzonej na kołach ze swo-bodnymi osiami (bez łożysk) dla uniknięcia używania smaru, zwęglającego się w wysokiej temperaturze. Wjazd do komory zamyka zasuwą *Z*, gliną i piaskiem uszczelniana.

Jeszcze jedno zadanie spełnia proces żarzenia: Wskutek powleczenia powierzchni formy ciałami zawierającymi węgiel, doznaje w niej zewnętrzna warstwa odlewu pewnego, choć bar-dzo płytkiego nawęglania, które robi ją kruchą. Przy żarzeniu warstwa ta znika wskutek utleniania się węgla od tlenu za-wartego w powietrzu, a na powierzchni tworzy się warstewka uboga w węgiel. Jest to korzystne dla od-porności odlewu na uderzenia, bo nie powstają w miękkiej, wierzchniej warstwie pęknięcia, mogące działać następnie

jako karb na głębsze warstwy. Jest to także pewny sposób stwierdzenia, czy wyżarzanie odbywało się czy nie.

Wyrób stali do celów odlewniczych odbywa się tymi samymi sposobami, co żelaza na cele kuźnicze; używa się więc do tego celu pieców Martina, pieców naczyniowych, tyglowych i elektrycznych. Ponieważ w części I. (zarysie hutnictwa) zasady urządzenia i działania tych pieców były omówione, poprzestać tutaj możemy na dodatkowych szczegółach, o ile dotyczą odlewnictwa i omówić warunki stosowania poszczególnych metod.

Piece Martina ¹⁾ stosuje się do celów odlewniczych na ogół mniejsze, niż do wyrobu bloków kuźniczych, najwięcej buduje się pieców 10-tonowych; czasem bywają większe, a przy mniejszem zapotrzebowaniu — mniejsze. Praktyka oznaczyła piec 5-tonowy, jako najmniejszą wielkość, przy jakiej opłacają się wysokie koszty utrzymania i obsługi pieca a zarazem możliwość utrzymania go w jednostajnej temperaturze, od czego zależy dobroć wyrobu. Piec Martina ze względu na jego trwałość i ekonomię produkcji musi być stale w ruchu, jeżeli więc najmniejszy, 5-tonowy piec Martina, wyrabia więcej stali niż odlewnia potrzebuje, wskazane jest zastosowanie innych systemów wyrobu, przedewszystkiem metody naczyniowej.

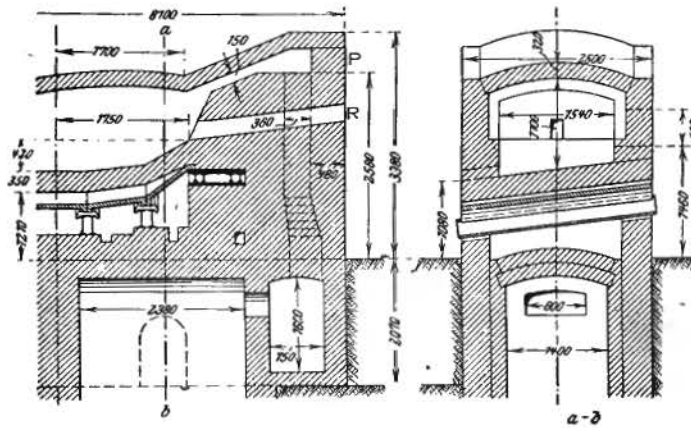
W piecu Martina, prowadzonym dla celów odlewniczych, przerabia się głównie odpadki żelaza kujnego, wkładane do pieca w stanie stałym, z małym dodatkiem, zwykle nie więcej niż trzecią częścią, surowca mało-fosforzystego (hematytu) i dodatkami żelazo-manganu, żelazo-krzemu itp. dla odtlenienia i przeciwdziałania gazom, a chromu, niklu itd. dla wytworzenia potrzebnego stopu.

Gdzie jest łatwo o paliwo płynne (olej z mazi pogazowej, ropę naftową, uboczne produkty destylacji nafty), tam istnieje możliwość stosowania pieców Martina o małej pojemności (3—5 ton), opalanych takim paliwem. Na ryc. 146 przedstawiony jest 4-tonowy piec opalany produktami ropy (mazutem) ²⁾. Założenie pieca jest znacznie tańsze, bo od-

¹⁾ Część I, str. 191.

²⁾ Revue de Metallurgie 1911, str. 882.

pada generator z przewodami gazu i wentylami do zmiany jego krążenia, a także regeneratory dla gazu, gdyż potrzebne są tylko dla powietrza. Powietrze dopływa do topniska kanałem *P*, więcej nachylonym ku topnisku, niż leżący pod nim przewód ropny *R*. Palnik do mazutu widzimy na ryc. 147; składa się on z wewnętrznego przewodu dla płynnego paliwa i zewnętrznego dla powietrza o ciśnieniu 3—3,5 at. Palnik dla ochrony od gorąca, umieszczony jest w osobnym przewodzie, chłodzonym wodą.



Ryc. 146.

Piec przerabia naboje wkładane na zimno i składające się z 31% surowca a 69% odpadków, daje 6 procesów na 24 godzin i zużywa 137 kg mazutu na tonę stali.

Piece naczyniowe tzn. »małe gruszki« Bessemera ¹⁾ przerabiają naboje począwszy od 0,5 tony. Tak małe jednak naboje są trudne do świeżenia, dlatego obecnie nie buduje się już prawie mniejszych pieców niż na 1,5 tony, i jest dążność do zwiększania ich do 5 a nawet 8 ton.

Różnica w wyrobie stali na odlewy w piecu naczyniowym od świeżenia w piecu Martina jest taka sama jak przy metodach hutniczych. Proces w piecu gruszkowym z powodu szybkiego przebiegu (15—20 minut) nie daje się tak

¹⁾ Część I, str. 191, ogólnie o metodzie naczyniowej: str. 186 i d.

ściśle prowadzić jak w martinowskim, żelazo zawiera więcej żużla, wymaga się też jak najmniejszych zawartości siarki oraz fosforu, którego przy stosowanej dotychczas wyłącznie kwaśnej wyprawie nie można usunąć. Obsługa pieca gruszkowego wymaga wielkiego doświadczenia i jest na tonę wyrobionej stali znacznie droższa. Zaletą procesu gruszkowego jest natomiast możliwość bardzo szerokiego regulowania produkcji, tj. zwiększania przez powtarzanie procesu, a zmniejszania przez ograniczenie się np. do kilku świeżeń tygodniowo. Dalszą zaletą tego procesu jest łatwość przegrzania stali dla możliwości wykonywania bardzo cienkich odlewów (do 3 mm); z tego powodu do masowych drobnych odlewów nadaje się lepiej gruszkowa metoda, niż martinowska.

Wyrób stali w piecu gruszkowym odbywa się w ten sposób, że surowiec topi się w piecu kupolowym, o ile możliwości umieszczonym na wyższym poziomie (ryc. 148 lit. K), poczem przepuszcza go się rynną do gruszki (P), umieszczonej niżej. Jeżeli piec jest ustawiony na jednym poziomie z gruszką, używa się do przenoszenia żelaza kadzi zawieszonyj u żórawia. Piec musi być wygrzany przed procesem; w tym celu wypełnia go się koksem i rozżarza, a po przegrzaniu ścian wysypuje koks i napełnia gruszkę surowcem. Jeżeli procesy powtarzają się kilkakrotnie bezpośrednio po sobie, to ogrzewanie takie jest tylko do pierwszego z nich potrzebne, bo piec później tak silnie się rozgrzewa, że wyświeżone żelazo jest nawet za bardzo przegrzane i trzeba je chłodzić przy końcu procesu dodatkiem odpadków stalowych.

Topiąc w piecu kupolowym starać się trzeba o jak najmniejsze zużycie koksu, aby ograniczyć przyrost siarki; żelazo nie potrzebuje w nim przegrzania, bo wystarcza do tego aż nadto proces w gruszce.

Zawartość węgla w surowcu świeżonym nie powinna być duża, aby proces się nie przedłużał ponad konieczność, bo wtedy żelazo przegrzewa się za bardzo i spala; strata ta



Ryc. 147.
(St. u. E.)

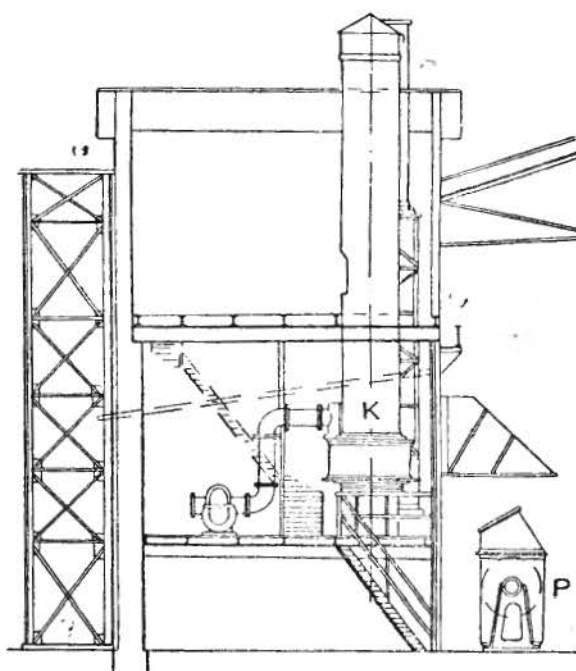
wynosi zazwyczaj 12—15‰. Z tego powodu dodaje się zwykle do topienia około 30‰ odpadków stalowych. Zawartość manganu nie powinna przewyższać 0.75‰, bo spalony daje żużel oblepiający i niszczący wyprawę pieca, i musi być następnie odbijany. Ilość krzemu niezbędnego, jak wiadomo, przy metodzie kwaśnej wynosi 1.5—2‰.

Świeżenie przeprowadza się całkowicie, a na końcu dodaje żelazo-krzemu, żelazo-manganu lub surowca zwierciadlistego dla odtlwienia i nawęglenia do żądanej zawartości.

Małych gruszek używa się także do wyrobu kującej leizny¹⁾.

Proces tyglowy był omawiany w części I²⁾, tu więc wystarczy przypomnieć, że daje on żelazo bardzo drogie ale zarazem wyborowe, odpowiadające najwyższym wymaganiom; powodem tych dobrych własności stali tyglowej jest nie tylko dobór materiałów i usunięcie żużła

oraz gazów (wpływ krzemu), ale także wystanie się żelaza w stanie stopionym, przy wysokiej temperaturze, co, jak doświadczenie wykazało (np. na stali damasceńskiej³⁾), bardzo dodatnio wpływa na zjawiska krystalizowania się stali przy zastyganiu, a czego w innych procesach, z wyjątkiem elek-



Ryc. 148 (G. Z.)

oraz gazów (wpływ krzemu), ale także wystanie się żelaza w stanie stopionym, przy wysokiej temperaturze, co, jak doświadczenie wykazało (np. na stali damasceńskiej³⁾), bardzo dodatnio wpływa na zjawiska krystalizowania się stali przy zastyganiu, a czego w innych procesach, z wyjątkiem elek-

¹⁾ Część I, str. 223.

²⁾ Część I, str. 209.

³⁾ Część I, str. 211.

trycznego nie można w tym stopniu przeprowadzić, najmniej zaś w procesie gruszkowym.

Piece elektryczne ¹⁾ znanych systemów umożliwiają, jak wiadomo, najdokładniejsze i najlepsze przeprowadzenie procesu wyrobu stali wyborowej, dzięki ograniczeniu dostępu powietrza i możliwości podnoszenia w nich temperatury do maximum osiągalnego w piecach hutniczych. Stal wyrobiona w piecu elektrycznym może mieć najkorzystniejszy skład chemiczny i zawierać najmniej szkodliwych przymieszek, a zarazem wystać się jak w tyglu. Stal tą metodą otrzymywana jest bezsprzecznie najlepszym materiałem na odlewy, którym stawia się najwyższe wymagania pod względem wytrzymałości i ciągliwości; jej zastosowanie zależy tylko od ceny prądu elektrycznego, zmieniającej się w bardzo obszer-nych granicach, w stosunku do kosztów energii na jego wytworzenie.

Wybór pieca. Gdy chodzi o wybór odpowiedniego pieca dla odlewni stali, należy rozróżnić między wielkimi zakładami, wyrabiającymi odlewy w wielkiej ilości, a odlewniami małymi o niewielkim i zmiennym zapotrzebowaniu; następnie rodzaj wyrobu będzie stanowił o wyborze pieca, inne bowiem są wymagania dla wielkich niż dla drobnych odlewów, inne dla zwykłych części maszynowych niż dla wyborowych, od których wymaga się najwyższych osiągalnych własności.

Wielkim zakładom będzie odpowiadał jedynie piec Martina o stałej, znacznej i nieprzerwanej produkcji; o ile obok zwykłych, maszynowych odlewów wyrabiają one także drobne odlewy o cienkich ścianach, uzupełnią swe urządzenie piecem naczyniowym. Gdy zaś zachodzi potrzeba tak wyborowych odlewów, jakim najlepiej prowadzony piec Martina nie może sprostać, wtedy należy rozważyć sprawę ustawienia pieca tyglowego odpowiednich do potrzeby rozmiarów albo pieca elektrycznego.

Mniejsze zakłady mogą mieć tylko wyjątkowo warunki

¹⁾ Część I, str. 213.

do wyrobu stali wyborowej, natomiast odlew stalowy zwykły, drobny i średni nadaje się dobrze do zakresu produkcji takich odlewni; do takich celów wybierać można tylko między piecem martinowskim a naczyniowym.

Piec Martina wymaga ciągłej i stałej produkcji a rozmiary jego poniżej 5 ton pojemności nie dają zazwyczaj rentownej fabrykacji i równomiernego wyrobu, — chyba że jest możliwość zastosowania paliwa płynnego. W razie więc gdy zapotrzebowanie na odlewy jest mniejsze, co w odlewniach handlowych niejednokrotnie zachodzi, powoduje mało elastyczna produkcja pieca znaczne trudności. W takich razach odlewnie pracują częściowo na zapas, co jest zawsze niebezpieczne, albo wyrabiają bloki na cele kuźnicze, jeżeli jest na nie zbyt, a piec ma wyprawę zasadową, — albo zamiast wyrabiać stal, przetapiają żelazo lane, robiąc zwykłe żeliwne odlewy, które pod względem swego składu (mała zawartość siarki) są wprawdzie bardzo dobre, ale z powodu wyższej ceny nie mogą konkurować z odlewami pochodzącymi z pieców kupałowych.

Widzimy więc że piec Martina daje się zastosować tylko do dość znacznej i mało zmiennej produkcji, dlatego odlewnie małe, nie mogące liczyć na znaczniejszy i stały zbyt swych wyrobów, mogą się opłacać tylko przy dobrze prowadzonej małej bessemerni. Piec gruszkowy może produkcję zmieniać w tak wielkich granicach, już to świeżąc żelazo codziennie albo tylko w niektóre dni w tygodniu, i powiększając lub pomniejszając liczbę dziennych procesów (na jeden liczy się wraz z przerwą około godziny), że stosownie do zamówień można z nim o wiele dogodniej pracować niż z piecem Martina. Obliczając rentowność takiego urządzenia, trzeba jednak pamiętać o tem, że prowadzenie pieca gruszkowego tak aby dawał wyrób równorzędny martinowskiemu, jest trudniejsze i kosztowniejsze, i że ze zmniejszeniem produkcji można iść tylko do pewnych granic, poniżej których wyrób przestanie się opłacać; z jednej strony mało zmienne koszty amortyzacyjne będą w miarę obniżania produkcji coraz większe na tonę wyrobionej stali, z drugiej strony skład robotników, którego nie można dowolnie zmniejszać ani zmie-

niać, i koszty ogrzewania pieca przed świeżeniem będą również podrażać wyrób przy małej produkcji.

By temu zaradzić łączy nieraz odlewnie posiadające piec gruszkowy wyrób odlewów stalowych i żeliwnych, topiąc w piecu kupolowym najpierw surowiec dla bessemerni, a następnie dla odlewni żelaza; w ten sposób jeden rodzaj wyrobu dopomaga drugiemu, obniżając koszty amortyzacji a do pełnego stopnia robocizny i paliwa.

Wyrób pieców bessemerowskich, stosowany do cienkich odlewów, stanowi też poważne współzawodnictwo dla fabryk wyrabiających kujną leiznę, których wyrób z powodu kosztów żarzenia bywa często droższy a pod względem wytrzymałości jest gorszy, niż takie same odlewy stalowe.

Piece gruszkowe przedstawiają korzyść i dla odlewni stali posiadających piec martinowski, jako rezerwa na czas zwiększonego zapotrzebowania odlewów, któremu mało zmienna produkcja pieca Martina nie może podołać, a także dla odlewania drobnych przedmiotów, wymagających gorętszej stali, niż daje piec płomienny.

W miejscowościach, gdzie prąd elektryczny jest bardzo tani, opłaca się dla małych odlewni stali piec elektryczny, pozwalający również zmieniać zakres produkcji w obszernych granicach, a zarazem umożliwiającą przeróbkę najgorszych, a więc najtańszych surowców bez szkody dla gotowego wyrobu.

Miedź i jej stopy ¹⁾. Czysta miedź jest materiałem zupełnie niezdatnym do odlewania z powodu, że pochłania gazy w stanie płynnym, a krzepnąc staje się gęstopłynną i gazy wydziela; wskutek tego gazy nie mogą się wydobyć z gęstego metalu, wypełniają go w postaci baniek, robiąc odlew porowatym i powiększając przez to bardzo znacznie jego objętość. Szczególnie szkodliwa jest w miedzi zawartość tlenu miedzi, i siarki pochodzącej albo z rud (siarczków) albo z bezwodnika siarkawego, pochłoniętego przy topieniu z gazów wytworzonych na palenisku. Siarka z miedzią tworzy siarczki a w obecności tlenu miedzi odbywa się reakcja ($\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Cu}_2\text{O} = \text{SO}_2 + 6\text{Cu}$), wytwarzająca bezwodnik siar-

¹⁾ Część I, str. 39 i 79.

kawy, który obok wodoru przyczynia się do porowatości odlewu i czyni go niezdatnym do użytku; gazy przy wysokiej temperaturze stopionej miedzi mają objętość około pięć razy większą niż w temperaturze normalnej. Zapobiega się tej wadliwości odlewu, dobierając do odlewania metal czysty, wolny od związków siarki, chroniąc go od dostępu gazów w czasie topienia przez przykrycie grubą warstwą (do 5 cm) węgla drzewnego w małych kawałkach lub w proszku, który pływając na powierzchni metalu żarzy się kosztem tlenu zawartego w gazach spalania, — a wreszcie używając dodatków odtleniających, jak fosfor, krzem, mangan, tytan, glin, boraks



Ryc. 149 (G. Z.)

i magnez. Z tych dodatków najlepszymi okazały się boraks (0.75—1%) i magnez (0.025—0.1%), gdyż użyte w małym nadmiarze nie wpływają, — w przeciwieństwie do innych dodatków, niekorzystnie na mechaniczne własności metalu. Na ryc. 149 widzimy słupki jednakowej grubości odlane z tej samej zawsze ilości miedzi, raz bez magnezu, to znów z różnymi jego dodatkami; miedź bez magnezu daje słupek o wiele dłuższy, z powodu wydzielonych

w odlewie gazów; w miarę dodatku magnezu miedź jest coraz gęstsza a słupki krótsze, aż przy 0.08—0.1% magnezu otrzymuje się odlewy blisko o $\frac{1}{3}$ krótsze¹⁾.
Odlewy z miedzi odtlenionej (głównie na cele elektrotechniczne) są zupełnie wolne od porów, a wytrzymałość ich zadawalająca. Miedź odlewa się w formy z piasku (suszone) lub metalowe (ogrzone); formowanie z powodu znacznego współczynnika kurczenia się jest podobne jak do odlewów

¹⁾ G. Z. 1913, str. 240.

stalowych, przy zastosowaniu wielkich nadlewków, podatnych części formy i równomiernego studzenia.

Odlewy ze stopów miedzi jak bronz, mosiądz, bronz glinowy, wykonywa się w sposób podobny jak miedziane, jednak z mniejszymi trudnościami, gdyż stopy¹⁾ są, jak wiadomo, więcej rzadkoplątne i mniej pochłaniają gazy niż metale czyste, a ich punkt topliwości leży niżej, przytem nie tężeją odrazu ale w granicach dwóch temperatur, lepiej wypełniają formę. Ponieważ stopy te składają się z metali o różnych punktach topliwości, z których cynk przy niskiej temperaturze paruje²⁾, stapia się najpierw najtrudniej topiącą się miedź, i do niej dodaje łatwiej topliwych metali, z których cynk bywa ostatni; część cynku po dodaniu wyparowuje, dlatego obliczając skład stopu trzeba dać go 4—6% więcej. Pary cynku jako szkodliwe dla zdrowia powinny być z pracowni odprowadzane; w krajach bardziej przemysłowych istnieją ustawy nakazujące zaopatrywać w stosowne urządzenia piece, w których się topi cynk i jego stopy.

Ponieważ jak wiemy zarówno miedź jak i jej stopy łatwo się utleniają w stanie rozżarzonego i roztopionego, należy je chronić od zetknięcia z powietrzem, najlepiej warstwą węgla drzewnego lub oczyszczającego żużla, przez dodatek sody, soli kuchennej, szkła i t. p. a dla oczyszczenia z tlenków stosuje się fosfor (jako stop z miedzią lub cyną³⁾), mangan (stop z miedzią) lub magnez, czasem glin.

Przy wyrobie stopów na cele odlewnicze najkorzystniej jest używać czystych, nowych metali, które nie są zanieczyszczone tlenkami z poprzedniej obróbki. Praktyka okazała jednak, że użycie stopu wytworzonego z czystych metali, wprost na odlew, nie daje dobrych wyników, bo odlew nie jest jednolity pod względem rozkładu składników; lepiej jest więc poprzednio przygotować, w postaci małych bloków, stopy o pewnym stałym stosunku składników (dostarczają ich dziś w tej postaci zakłady hutnicze) i do odlewania przetapiać w odpowiednim stosunku. By składniki dobrze się stapiały

¹⁾ Część I, str. 55.

²⁾ Część I, str. 44.

³⁾ Część I, str. 81.

ze sobą, należy je mieszać, najlepiej drążkiem, umyślnie do tego celu wyrobionym z węgla retortowego, z żelaznym drutem wewnątrz dla wzmocnienia.

Odpadki. Wobec wysokiej ceny czystych metali (głównie miedzi i cyny) i wielkiej obfitości starego metalu w handlu, a także odpadków z własnej odlewni i wiórów pochodzących z obróbki, powszechnie używa się w znacznej ilości takich odpadków, jako dodatku do czystych metali, a nawet często małe odlewnie przerabiają same tylko odpadki. Jest to zupełnie uzasadnione i ekonomicznie ważne, przedstawia jednak niebezpieczeństwo dla dobroci odlewu, jeżeli nie jest wykonywane umiejętnie. Topienie małych kawałków, a w większym jeszcze stopniu cienkich wiórów, powoduje bardzo znaczne straty przez spalenie (utlenienie), przy wiórach do 20%, a przytem zanieczyszczenie stopionego materiału tlenkami miedzi i cyny¹⁾, które rozpuszczając się w stopie lub nie mogąc się z niego wydzielić, odbierają mu wszelką ciągliwość, robią go kruchym, a przy odlewie gęstopłynnym, kaszowatym i zupełnie do przeróbki niezdatnym. Należy więc przy topieniu drobnych odpadków chronić metal od utlenienia, przesypując kawałki stopu węglem drzewnym, dodając ciał chroniących od utlenienia i oczyszczających (sól, soda, szkło i t. p.). Przy topieniu wiórów najkorzystniej postępuje się w ten sposób, że z ostatniego topienia pozostawia się w tyglu część metalu, i stopiwszy go, o ile nie jest jeszcze płynny, wysypuje do niego wióry, tak by je metal w zupełności okrył, a gdy się roztopią i metal znów jest gorący, wysypuje się nową porcyę, postępując tak aż do napelnienia tygla; przy takim postępowaniu strata metalu nie przechodzi 5%.

Przy przeróbce odpadków bardzo dobrym środkiem okazało się *brykietowanie*, gdyż słończony do małej objętości metal topi się szybko i z niewiększą stratą niż przy topieniu większych kawałków. Na ryc. 150 widzimy brykiety robione sposobem Ronaya. Materiał przeznaczony do brykietowania powinien być starannie sortowany, aby nie zawierał odpadków żelaza, glinu, niklu i t. p., a także by wióry miedziane,

¹⁾ Część I, str. 41, 43 i 80.

jako najdroższe, nie były mieszane zwiórami miedzi, brązu i t. p., a te znów między sobą.

Materyał odlewany na części drobne powinien być przegrzany dla rzadkopląnności, to jednak musi być wykonane bardzo oględnie, pod warstwą węgla, inaczej nastąpić może przesyconie się gazami, utlenienie, co przeciwdziała rzadkopląnności; pamiętać przytem trzeba, że przegrzanie jest powodem



Ryc. 150.

zwiększenia współczynnika kurczenia się i naprężeń w odlewie.

Odlewy wykonywa się zwykle do form suchych, choć w odlewnictwie brązu stosuje się także przy łatwych kształtach odlewanie w miernie wilgotnym piasku. Do topienia stosuje się najczęściej piece tyglowe, jako najlepiej chroniące metal od wpływu gazów, zwłaszcza odkąd rozpowszechniły się piece opalane płynnym paliwem i przechylne, topiące 300 a nawet 500 kg naraz. Piece elektryczne, o ile cena prądu na to pozwala, okazały się doskonałymi do topienia miedzi i jej stopów.

Znaczniejsze ilości metalu na odlewy wielkich rozmiarów (posągi, działa i t. p.) topi się w piecach płomiennych, starając się o płomień redukujący. Małe piece płomienne opalane palnymi olejami używane bardzo w Ameryce, często nie dają dobrych wyników, jeżeli płyn ma wysoki punkt wrzenia i nie daje się zgazować; wtedy wymieszanie z powietrzem jest niedokładne, płomień działa utleniająco, a skierowany wprost na metal nasycza go gazami. Przy zastosowaniu takich pieców należy więc używać paliwa o niskim punkcie wrzenia.

Glin i jego stopy ¹⁾ topi się w tyglach grafitowych, czasami stosują także żelazne; fabryki wyrabiające stopy w wielkich ilościach używają pieców płomiennych. Przy topieniu

¹⁾ Część I, str. 45, 96.

należy metal chronić od wpływu powietrza, gdyż bardzo łatwo się utlenia i pokrywa gęstą warstwą tlenku, trudną do oddzielenia, tak że przy zbieraniu jej z powierzchni, zbiera się równocześnie wiele płynnego metalu. Węgla drzewnego nie można tu stosować do ochrony z powodu lekkości glinu, z którym się węgiel miesza, nie spływa łatwo na powierzchnię i często przy wlewaniu dostaje się do formy, psując odlew. Chcąc uchronić metal od utlenienia, nie topi się od razu całej ilości przeznaczonej na odlew ale tylko część, i do stopionego metalu stopniowo wrzuca się kawałki, tak by je płynny metal pokrywał i chronił; po stopieniu należy przeprowadzić odtlenienie, dodając w małych ilościach fosforu (w stopie z miedzią lub cynkiem), magnezu, a najczęściej chlorku cynku, który kosztem tlenu zawartego w tlenku glinowym utlenia się i oczyszcza metal. Odtlenianie przeprowadza się po wyjęciu tygła z pieca i dodaje chlorku cynkowego w małych kawałkach tak długo aż zniknie warstwa pokrywająca i ukaże się powierzchnia czystego metalu.

Glin i jego stopy trzeba chronić od przegrzania, przy którym łatwo pochłania gazy i utlenia się, a w formie silniej się kurczy. Jeżeli więc metal jest za gorący, ochładza go się wrzucając kawałki metalu, najlepiej w postaci blachy, która się stapia; skoro topienie staje się powolnem, jest to znak, że metal jest dostatecznie ochłodzony i wtedy jest czas do odlewania. Glin stygnie bardzo wolno z powodu swego znacznego ciepła właściwego i z tego samego powodu topi się bardzo pomалу.

Formy do odlewów z glinu robi się z mokrego piasku, wilgotność jego powinna być jednak mała; stosowane jest również odlewanie w formach metalowych przy wyrobach masowych i stosownych kształtach. Ze względu na znaczny współczynnik kurczenia się glinu i jego stopów, należy piasek w formie ubijać bardzo lekko, rdzeń robić z materiałów rozsypujących się przy ogrzaniu formy od wlanego metalu, a po odlaniu jak najprędzej formę rozburzyć dla oswobodzenia odlewu i nakrywszy go gorącym piaskiem, pozwolić mu stygnąć swobodnie. Powierzchnię formy pokrywa się grafitem.

Przy formowaniu należy stosować przeguby a unikać

ostrych kątów, bo w tych miejscach łatwo powstają pęknięcia, konieczne są również duże nadlewki. Wlew najlepiej jest dawać od spodu formy, aby się napełniała spokojnie od dołu.

Metale białe ¹⁾, łożyskowe, topi się w kotłach otwartych pod grubą warstwą drobnego lub sproszkowanego węgla drzewnego. Ponieważ składają się one zwykle ze znacznej ilości jednego metalu np. cyny i z mniejszej innych, np. antymonu i miedzi, nie topi ich się naraz w całej przepisanej ilości, ale składniki, których jest mało, stapia się z częścią głównego składnika i stop ten wrzuca następnie do osobno stopionej reszty owego metalu. Robi się to w tym celu, aby otrzymać najpierw pośredni stop o temperaturze topliwości znacznie niższej niż ma metal najtrudniej topliwy, i w ten sposób uniknąć szkodliwego przegrzania całej ilości, następnie dla lepszego wymieszania, — antymon zwłaszcza źle się miesza dodany wprost do innych metali. Po wrzuceniu nowego składnika należy wszystko razem dobrze wymieszać żelazną łopatką, by składniki rozdzieliły się równomiernie w całej ilości stopu. Topienie ostateczne nie powinno się odbywać przy wyższej temperaturze niż 500°. Stopy odlewa się w formy żelazne, najczęściej wprost w panewki łożyskowe, które dobrze jest nieco podgrzać (na 100—150°).

¹⁾ Część I, str. 89.

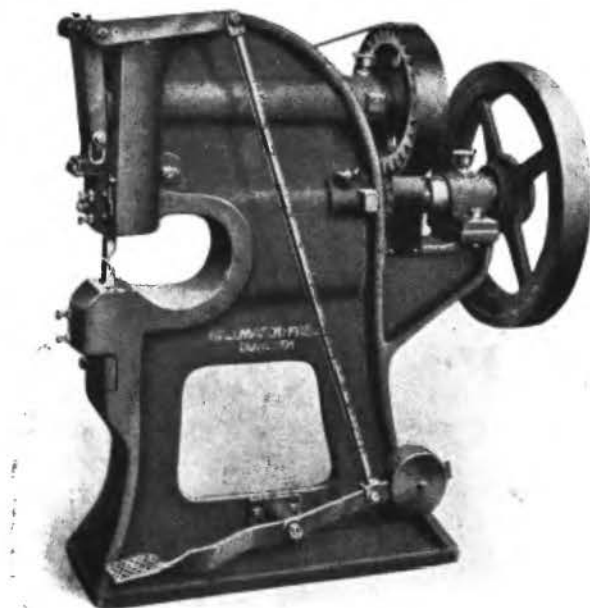
5. WYKOŃCZANIE ODLEWÓW.

Odlew wyjęty z formy musi być oswobodzony z piasku formierskiego w którym tkwi, z rdzeni wypełniających jego otwory, wlewów i nadlewków, rąbków powstałych z nieszczelnego przylegania do siebie poszczególnych części formy, między które dostał się płynny metal. Obok tych czynności, koniecznych dla nadania odlewowi postaci wymaganej przez konstrukcję, a polegających na usunięciu dodatków spowodowanych czynnościami odlewniczymi, wymaga jeszcze powierzchnia odlewu obróbki zmierzającej czyto do usunięcia przywartego i na szklisty żużel stopionego piasku formierskiego, czyto do zdjęcia wierzchniej warstwy twardszej (przy odlewach z wilgotnych form), utlenionej od wpływu gazów i zanieczyszczonej grafitem lub węglem z formy. Czynności te zmierzają albo do ułatwienia dalszej obróbki narzędziami krającymi, które na twardej powierzchni, a zwłaszcza pokrytej piaskiem łatwo tępią się a nawet kruszą, albo do nadania odlewowi powierzchni równej, jednolitej pod względem barwy, przyjemnej dla oka, która odlew nieobrabiany i nie pokrywany farbą czyni piękniejszym i bardziej pokupnym.

Mamy więc przy wykończaniu odlewów dwie grupy czynności, które kolejno omówimy.

Pierwszą rzeczą jest *wyjęcie odlewu z formy*, przez rozłożenie skrzynek i oswobodzenie go z piasku, o ile sam nie odpadł; skutecznia się to zapomocą różnych narzędzi, łopat, drągów żelaznych, prętów do wykruszania rdzeni, dłut i t. d., poczem *odłacza się wlewy* przez uderzenie. Tę czynność trzeba

wykonać ostrożnie, aby z wlewem nie oderwać kawałka odlewu, co zdarza się wtedy, gdy wlew nie jest prowadzony z boku i połączony z formą zapomocą cienkiego przewodu, ale wprost z odlewu do góry tuż przy jego krawędzi. W takim razie nie należy odłamywać wlewu ale odpilować go, co trwa dłużej i więcej kosztuje ale nie grozi zepsuciem odlewu. Przy stosowaniu grubych nadlewków, a także przy odlewach stalowych, odłącza się nadlewki i wlewy przez odpi-



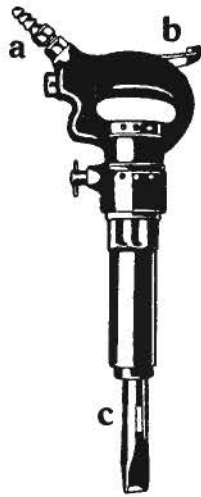
Ryc. 151 (Durlach).

łowanie czy to piłą krążkową czy prostą lub taśmową; ta ostatnia pozwala uciąć je tuż przy powierzchni odlewu, co zmniejsza robotę szlifowania pilnikiem lub zeszlifowywania pozostałej części.

Przy odlewach z materiałów mniej odpornych np. z mosiądzu i brązu używa się do odcinania nadlewków *dłutownicy* (ryc. 151), gdzie na dolnym nieruchomym dłucie opiera się wlew i odcina go górnym, poruszaniem zapomocą ekscentra.

U stalowych odlewów można także odcinać nalewki strumieniem tlenu ¹⁾).

Pozostałe części nadlewków, wlewów oraz rąbki powstałe w miejscu zetknięcia się części formy ze sobą i rdzeniami, usuwa się (zwykle tylko przy wielkich odlewach) zapomocą *dłut ręcznych*, a lepiej, bo prędszej i taniej, przy pomocy *dłut pneumatycznych*, poruszanych podobnie jak ubijarki do piasku zgęszczonem powietrzem, doprowadzanem giętką rurą do narzędzia ²⁾). Ryc. 152 przedstawia takie dłuto; z jednej strony jest rękojeść z nasadką *a* do przytwierdzenia rury (gumowej) powietrznej i przycisk *b* do otwierania wentyla wpustowego dla powietrza, z drugiej osadzone dłuto *c* ³⁾).



Ryc. 152
(Durlach).

O ile nie używa się dłuta, usuwa się rąbki i resztki wlewów ręcznie *pilnikiem* o grubem nacięciu, albo, co jest taniej, przez *zeszlifowanie*. Małe przedmioty, dające się trzymać w rękach albo zawiesić na windzie, obrabia się na szlifierkach stałych, pojedynczych lub podwójnych. Podwójną szlifierkę do tego celu, pędzoną motorem elektrycznym przedstawia ryc. 153. Krążki o średnicy 350—600 mm a szerokości 40—60 mm osadzone są na wspólnej osi i dla zabezpieczenia w razie pęknięcia opancerzone blachą falistą, dającą się zesuwać w miarę zużycia krążków. Przedmiot obrabiany opiera się na podstawkach nastawialnych w dowolnej wysokości i odległości.

Odlewy wielkie, trudne do poruszania, oszlifowuje się zapomocą szlifierek o krążku umieszczonym na ruchomej osi, osadzonej na dźwigniach, przy pomocy których można go w dowolnem miejscu doprowadzić do odlewu. Jeszcze podatniejsze są szlifierki o osi poruszanej elektromotorem, za-

¹⁾ Opis tej czynności w dalszych rozdziałach.

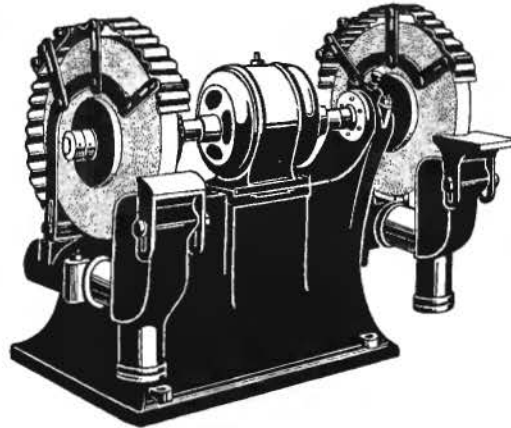
²⁾ Opis narzędzi poruszanych zgęszczonem powietrzem: podany w rozdziale poświęconym kuciu.

³⁾ Przekrój narzędzia na ryc. 241.

pomocą giętkiego wału; trzymane przez robotnika w rękach, pozwalają się przysuwać w dowolnym miejscu (ryc. 154).

Przy szlifowaniu odlewów powstaje wiele pyłu szkodliwego dla zdrowia robotników, dlatego szlifierki powinny być zaopatrzone w urządzenia odciągające pył w postaci połączonych z ekshaustorem rur, które porywają pył z pod krążka.

Przy oczyszczaniu ręcznym powstaje także szkodliwy pył i odpadki zanieczyszczające pracownię; by je usunąć stosuje się skrzynkowe stoły, których górną część tworzy płyta żelazna z podłużnymi otworami. Na takiej płycie ustawia się odlew aby odpadki przy oczyszczaniu go wpadały przez otwory do wnętrza skrzyni. Aby wytwarzający się pył usunąć, połączona jest skrzynia z przewodem prowadzącym do ekshaustora, przez co w szczelinach płyty odbywa się ssanie pyłu do wnętrza.



Ryc. 153 (Durlach).



Ryc. 154 (Durlach)

Drugi rodzaj czynności, mających na celu oczyszczenie powierzchni odlewów, można wykonywać różnymi sposobami. Piasek przywarty do powierzchni



Ryc. 155.

daje się usunąć w części zapomocą ręcznych szczotek o stalowych płaskich drutach (ryc. 155) lub mechanicznie krążkami z drutami na obwodzie, przy szybkim obrocie krążka (ryc. 156). Przywarty piasek odbija się, używając młotka pneumatycznego (ryc. 157) o twardej karbowanej powierzchni obrabiającej T; ze środka tej powierzchni przez znajdujący się w niej otwór wysuwa się twardy tłuczek, wykonujący około 6000 uderzeń w minutę. Tłuczek uderzając, podnosi młotek a ten spadając sam uderza, wskutek czego powierzchnia odlewu otrzymuje mnóstwo uderzeń odbijających przywarty do niej piasek.



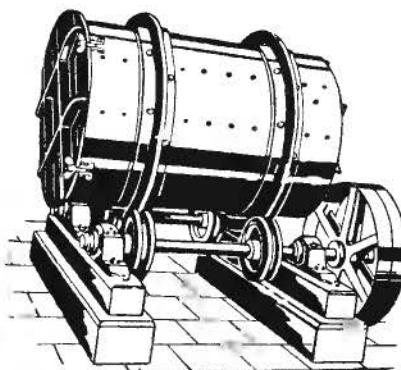
Ryc. 156.

Małe odlewy czyścić można w żelaznych beczkach, obracających się około osi, lub jak na ryc. 158 poruszających się tocząco na kółkach; przy około 50 obrotach beczki na minutę, odlewy ocierając się o siebie, oczyszczają



Ryc. 157 (Durlach).

się. Dla przyspieszenia i wzmocnienia tej czynności wsypuje się do beczki oprócz odlewów także twarde kawałki żelaza np. kawałki wlewów lub umyślnie do tego celu odlewane z twardego żelaza kulki, o ostrych, z sześciu stron sterczących stożkach. Zachować tu trzeba ostrożność, aby odlewy uderzając o siebie nie rozbiły się, a przy dłużej trwającej obróbce nie ścierały się ostre krawędzie i rogi. Robota w beczkach sprawia bardzo uciążliwy hałas; by go zmniejszyć a także ochronić od rozbicia delikatniejsze odlewy, wykładają niekiedy wnętrza beczek deskami z twardego drewna. Wywiązujący się przy obróbce pył oraz piasek wydobywa się przez otwory w powierzchni bębna; przy zastosowaniu urządzeń odpylających przytwierdza się przewód ssący obrotowo do bocznej ściany beczki.



Ryc. 158 (Durlach).

Do polerowania odlewów, aby miały gładkość i połysk, używa się podobnie zbudowanych beczek, a do wnętrza wsypuje się obok odlewów odpadki skóry, kawałki drewna, trociny i t. p.

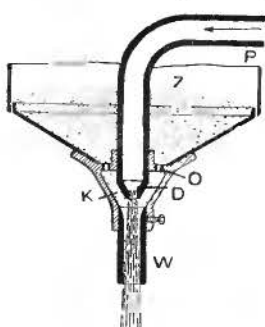
Wszystkie te sposoby oczyszczania powierzchni odlewów rugowane są obecnie coraz więcej przez przyrządy działające na odlew zapomocą *strumienia piasku*, rzucanego przy pomocy zgęszczonego powietrza na obrabianą powierzchnię. Oczyszczanie takie odbywa się bardzo szybko i dokładnie, piasek wnika w każdą szczelinę, a powierzchnia oczyszczona nim nabiera jednolitej szaro-niebieskiej barwy, przyjemnej dla oka; staje się ona przytem miękką, dogodną do obróbki narzędziami krającymi, nadaje się także bez dalszego przygotowania do pokrycia innymi metalami, farbą i t. d.

Zasada działania tego systemu obróbki polega na tem, że ostry i twarty piasek porwany prądem zgęszczonego powietrza lub pary, której jednak obecnie nie używa się już do obróbki odlewów, uderza o oczyszczaną powierzchnię i odrywa od niej mikroskopijnie małe cząsteczki; ponieważ

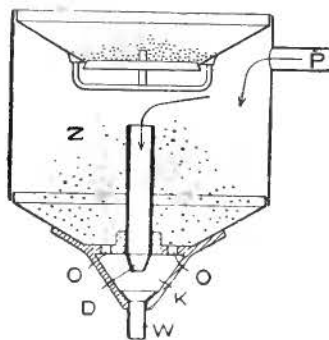
działanie to odbywa się strumieniem piasku, a więc olbrzymią ilością ziarenek, robota oczyszczania postępuje bardzo szybko. Im kruchszy jest materiał obrabiany, tem łatwiej odpadają od niego cząsteczki, dlatego o wiele szybciej można obrobić piaskiem twarde szkło niż żelazo lane, a to znów szybciej niż stal.

Przyrząd wyrzucający piasek tworzy dysza, a doprowadzanie piasku i nadanie mu znacznej prędkości polega albo na *ssaniu* albo na *ciśnieniu* wywołanem zgęszczonem powietrzem; oba sposoby są stosowane w praktyce. Zasadę wyrzucania piasku przy stosowaniu ssania przedstawia ryc. 159. Powietrze cisnące dostaje się przewodem *P* prowadzącym od kompresora do dyszy *D*, i wypływając wylotem *W* wywołuje rozrzedzenie powietrza w otaczającej dyszę komorze *K*, wskutek czego piasek znajdujący się w zbiorniku *Z* pod wpływem ciśnienia atmosferycznego dostaje się przez otworki *O* do komory *K* i porwany prądem powietrza, wyrzucany bywa ze znaczną szybkością wylotem *W* na obrabianą powierzchnię odlewu. Bywają też urządzenia, w których dysza ssie przez rurę piasek ze zbiornika umieszczonego na dole; urządzenie takie spotrzebuje jednak dużo powietrza i powoduje szybkie zużywanie się przewodu dostarczającego piasek ze zbiornika, dlatego więcej stosowany bywa opisany powyżej przyrząd, do którego piasek donosi elewator skrzynkowy.

Urządzenie polegające na ciśnieniu powietrza (ryc. 160) różni się tem od poprzedniego, że zbiornik *Z* jest zamknięty, tak że piasek w nim znajduje się pod wpływem zgęszczonego powietrza płynącego przewodem *P*; zbiornik komunikuje się z dyszą *D*. Wskutek tego zamknięcia piasek pod ciśnieniem powietrza i swojego



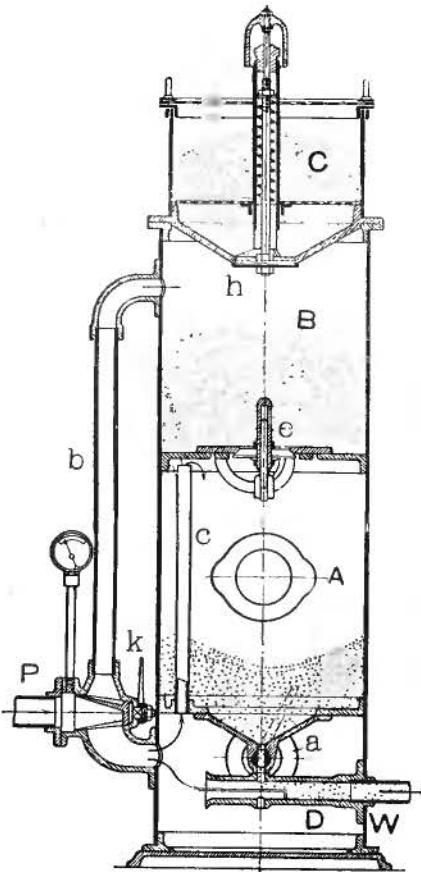
Ryc. 159 (Osann)



Ryc. 160 (St. u. E.)

ciężaru wpada przez otwory *O* do komory *K* i zostaje wyrzucony wylotem *W* przez powietrze dopływające dyszą *D*, przez co piasek ma większą szybkość niż przy ssaniu i działa energiczniej, natomiast ciągłość procesu doznaje przerwy, skoro zbiornik *Z* się wypróżni. Wtedy trzeba przerwać dopływ powietrza, napełnić wypróżnioną komorę z drugiego zbiornika nad nią położonego a oddzielnego wentylem i znowu proces może się dalej odbywać.

Aby zapobiedz takim przerwom, budowane są przyrządy umożliwiające przygotowanie zapasu piasku w ciągu roboty przez zastosowanie podwójnego zbiornika pracującego pod ciśnieniem. Przyrząd taki widzimy na ryc. 161. Powietrze ciśnące płynie przewodem *P* do kurka rozdzielającego *k* i przy odpowiednim jego ustawieniu dopływa tylko do dyszy *D*, porywa piasek spadający z góry otworem nastawialnym zapomocą kurka *a* i wyrzuca wylotem *W*. Przestrzeń w której znajduje się dysza, komunikuje się z komorą *A* przewodem *c*, tak że obie są pod tem samym ciśnieniem. Gdy zapas piasku w komorze *A* wyczerpie się, przekręca się kurek *k* w ten sposób, że powietrze płynie nie tylko do dyszy i komory *A*, ale także przewodem *b* do komory *B*, napełnionej również piaskiem i łączącej się z dolną za pośrednictwem wentyla *e*. Ponieważ przez to wyrównywa się ciśnienie w obu przestrzeniach, otwiera się pod naciskiem piasku wentyl *e*, piasek wsypuje się do dolnej komory, z niej do dyszy, i robota nie

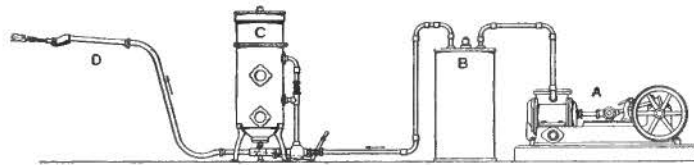


Ryc. 161 (W. T.).

doznaje przerwy; skoro tylko zapas piasku z komory *B* przesyła się do *A*, przestawia się znów kurek *k* w pierwotne położenie, poczem w komorze *B* ciśnienie spada, tak że wentyl *e* pod naciskiem powietrza z dołu zamyka się. Równocześnie ciśnienie piasku nasypanego zapomocą elewatora lub ręcznie do najwyższej położonej komory *C* otwiera wentyl *h* i napełnia komorę *B*. Tym sposobem zbiornik ma zawsze zapas piasku, należy tylko stale go dostarczać do górnej komory (*C*) i pamiętać o przestawianiu kurka *k*. Aby tej, przy pracy uciążliwej i przeszkadzającej czynności uniknąć, stosuje się obecnie urządzenia sterujące samoczynnie kurkiem *k* za pośrednictwem przeniesienia dźwigniowego, naciskanego piaskiem znajdującym się w komorach; skoro komora wypróżni się, piasek przestaje naciskać i pod wpływem ciśnienia powietrza następuje przestawienie kurka bez współdziałania robotnika.

Wylot *W* dyszy *D* łączy się przewodem doprowadzającym piasek do właściwej dyszy obrabiającej, która wyrzuca piasek na odlew. W najprostszym sposobie będzie się to odbywać, jeżeli przyrząd wyrzucający piasek połączy się giętką rurą z dyszą, którą robotnik trzyma w ręce i podobnie jak dyszę sikawki kieruje na obrabiany odlew. Najodpowiedniejszym kątem ustawienia dyszy do powierzchni odlewu jest 45—60°.

Na ryc. 162¹⁾ widzimy szkic całego urządzenia do takiego czyszczenia odlewów; składa się ono z kompresora *A*, zgęszcza-



Ryc. 162 (St. u. E.).

jącego powietrze, zbiornika *B*, w którym gromadzi się zapas zgęszczonego powietrza i wyrównywa jego ciśnienie, przyrządu piaskowego *C* jak poprzednio opisany i połączonej z nim giętką rurą dyszy *D*, którą robotnik przy pracy trzyma w ręce i kieruje nią piasek na odlew.

¹⁾ St. u. E. 1912. str. 1220.

Przy czyszczeniu odbijają się ziarna piasku i wywiązują się wiele pyłu, co jest szkodliwe dla płuc i oczu robotnika, dlatego przy opisanym sposobie czyszczenia stosują maski ochronne (ryc. 163) z gęstej tkaniny z siatką mosiężną z przodu dla widzenia, zakończone u dołu miękką tkaniną, dającą się włożyć pod ubranie i w ten sposób uszczelnić maskę. U szczytu doprowadza się giętką rurą zgęszczone powietrze, które wewnątrz maski wydobywa się dyszą o licznych otworkach i mając wyższe ciśnienie niż powietrze atmosferyczne, nie dopuszcza pyłu do wnętrza maski a zarazem odświeża je i chłodzi.

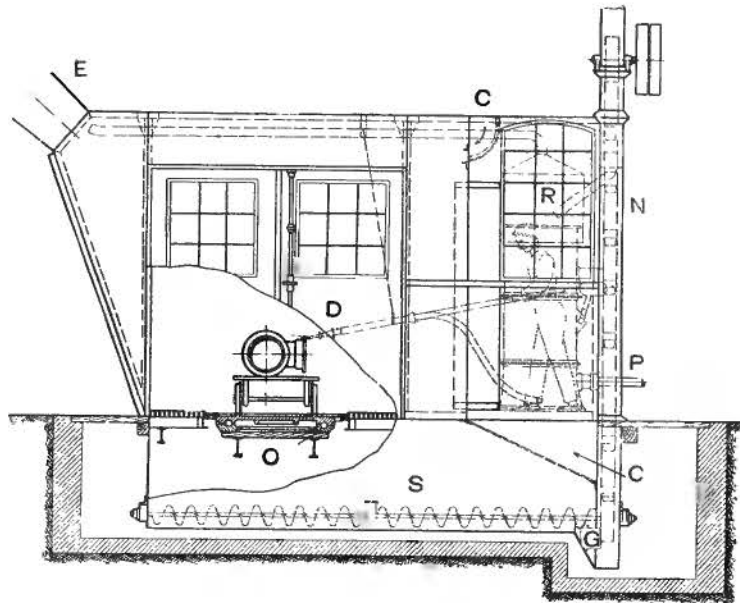


Ryc. 163 (Durlach).

Zastosowanie maski ochrania wprawdzie robotnika, ale nie zapobiega zanieczyszczeniu pyłem i piaskiem otoczenia, w którym się odbywa praca. To było powodem budowania domków do czyszczenia, tj. zamkniętych przestrzeni, gdzie przedmiot daje się dogodnie ustawić, piasek zużyty napowrót się zbiera i ponownie stosuje, a pył odprowadza ekshaustorem.

Domki takie mogą mieścić tylko odlew, a dyszę wsuwa robotnik przez wąski otwór chroniony powietrzem ssaniem do wnętrza; przez otwór ten obserwuje on także przebieg roboty. Nie jest to dogodne urządzenie, bo obsługa i dozór są utrudnione, dlatego lepsze są domki, w których mieści się także sam robotnik, mogący swobodnie pracować. Taki domek widzimy na ryc. 164 ¹⁾. Odlew ułożony na wózku wjeżdża na szynach i ustawiony na obrotnicy *O* daje się w czasie czyszczenia dowolnie zwracać w stronę dyszy *D*, co ułatwia dokładność i szybkość czyszczenia. Robotnik ma obok siebie przyrząd piaskowy *R*, zasilany zgęszczonym powietrzem z przewodu *P*. Po przeciwległej stronie znajduje się przewód *E* prowadzący do ekshaustora, który przez otwory *C* umieszczone pod podłogą, z boków i u góry ssie powietrze; w ten sposób prąd powietrza otacza ze wszystkich stron robotnika, nie dopuszczając do niego pyłu, porywanego do eks-

¹⁾ W. T. 1909, str. 658.



Ryc. 164 (W. T.).

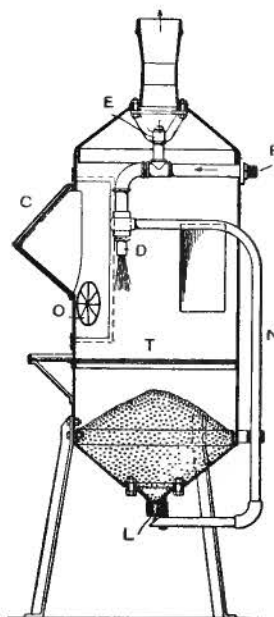
haustora. Zużyty piasek spada przez otwory w posadzce pod spód, skąd śruba transportowa *S* zabiera go do zagłębienia *G*, a stąd elewator skrzyneczkowy *N* podnosi go w górę i wysypuje do przyrządu piaskowego.

Do małych przedmiotów zamiast domku używana bywa komora małych rozmiarów, jaką przedstawia ryc 165. Jest to blaszane cylindryczne naczynie ze stożkowato zwężającymi się dnami. Przez otwór *O* zamykany skórzanym rękawem, wsuwa robotnik rękę w gumowej rękawicy, trzymającą odlew; można go także postawić na płycie *T* z podłużnymi otworami. Powietrze dopływające przewodem *P* wytwarza w dyszy *D* ssanie, wskutek czego piasek nagromadzony w zbiorniku pod płytą i wysypujący się z niego przemykanym otworem *L*, dostaje się do rury *N* i dopływa do dyszy. Przebieg roboty daje się obserwować przez okienko *C*. Zużyty piasek spada przez otwory w płycie *T* napowrót do zbiornika, pył zaś uchodzi wylotem w szczycie komory, gdzie dysza *E* zasilana tem samym zgęszczonem powietrzem wytwarza ssanie i kieruje pył do wylotu. Przyrząd ten stosuje się z korzyścią do małych odlewów o zawiłych kształtach, do oczyszczania

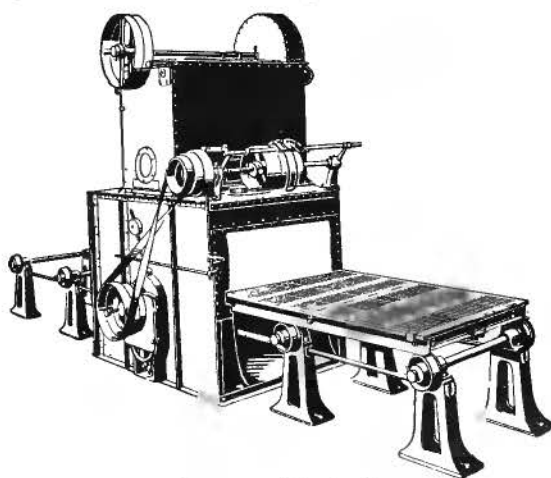
otworów z przywartych rdzeni i t. p. robót, wymagających ciągłego odwracania i doglądania przedmiotu.

Obok opisanych sposobów czyszczenia, gdzie robotnik oczyszcza każdy odlew osobno, istnieją maszyny obrabiające równocześnie większą liczbę przedmiotów, a więc pracujące poniekąd masowo, przyczem robotnik dozorujący ustawia na stole maszyny odlewy nowe a zdejmuje oczyszczone, dozorując o tyle roboty, aby przedmiot niedostatecznie obrobiony odpowiednio odwrócić i ustawić. Stół takich maszyn wykonywa wraz z odlewami ruch pod dyszami, które są stałe lub ruchome.

Jeden typ tego rodzaju piaszczarek widzimy na ryc. 166. Prostokątny stół z podłużnymi otworami, na którym ustawia się odlewy, porusza się na kółkach ruchem zwrotnym, przesuując się z jednej strony na drugą przez część środkową, mieszczącą dyszę. Dysza w kształcie rury tak szerokiej jak stół, z wązkim otworem biegnącym przez całą szerokość, jest nieruchoma; bywają też stosowane



Ryc. 165 (St. u. E.).

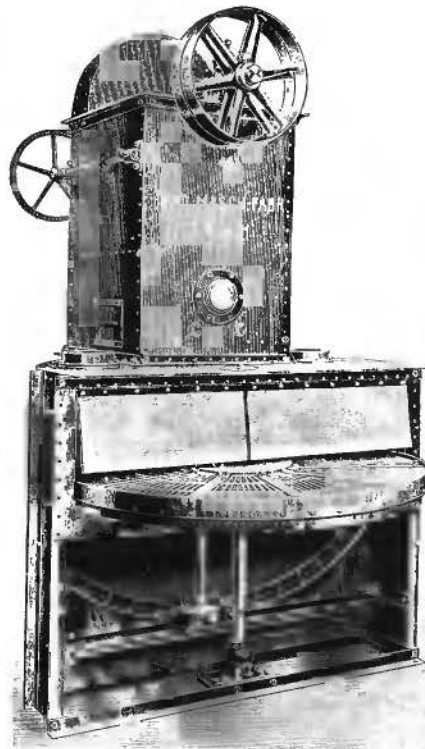


Ryc. 166 (Durlach).

dysze ruchome, wykonujące ruch kołowy na pewnej przestrzeni w ten sposób, że dwie, trzy lub cztery dysze, zależnie od wymiarów stołu, obsługują go na całej szerokości. W miejscu gdzie odlew dostaje się do środka maszyny, znajduje się zasłona z grubego płótna gumowego, niedopuszczająca

piasku na zewnątrz a pozwalająca na wejście i wyjście stołu z odlewami; zużyty piasek zbiera się pod maszyną, skąd go elewator kubelkowy podnosi do góry.

Zamiast ruchomego stołu stosują także tż. pokład bez końca; jest to szeroka taśma zrobiona ze szczelbi utwierdzonych na łańcuchach, które są napięte na bębnach po obu



Ryc. 167 (Durlach).

stronach pokładu. Szczelbki z odlewami przesunąwszy się pod dyszami, dostają się następnie pod spód i odbywszy drogę w przeciwnym kierunku, znów po drugiej stronie wydostają się na wierzch. Jeden robotnik ustawia na pokładzie odlewy przeznaczone do czyszczenia, drugi po stronie przeciwległej zdejmuje gotowe. Ruch pokładu jest powolny a kształty odlewów muszą być proste, aby po jednorazowym przejściu część zwrócona do góry była oczyszczona. Szybkość ruchu daje się zmieniać, tak samo jego kierunek.

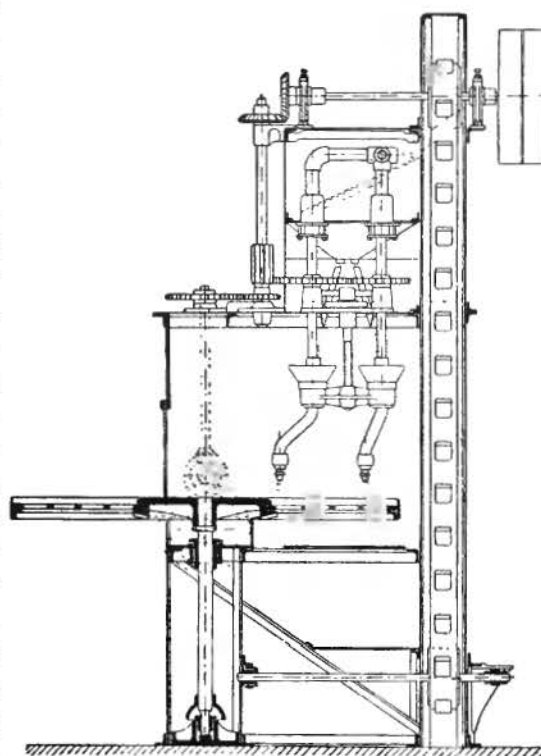
Inny, bardzo często stosowany typ piaszczarki widzimy na ryc. 167. Tutaj odlewy ustawia się na stole okrągłym, obracającym się około osi pionowej i do po-

łowy wystającym z maszyny, od wnętrza której przegradza go płótno gumowe, w środku przedzielone albo złożone z paszków. Na części stołu wystającej z maszyny robotnik układa odlewy, odwraca je i zdejmuje, na drugiej, wewnątrz maszyny, pracują ruchome dysze; ruch ich bywa wahadłowy, posuwisty zwrotny lub obrotowy, co jest najkorzystniejsze.

By dać pogląd, jak są urządzone takie maszyny, podajemy na ryc. 168 przekrój piaszczarki o stole obrotowym.

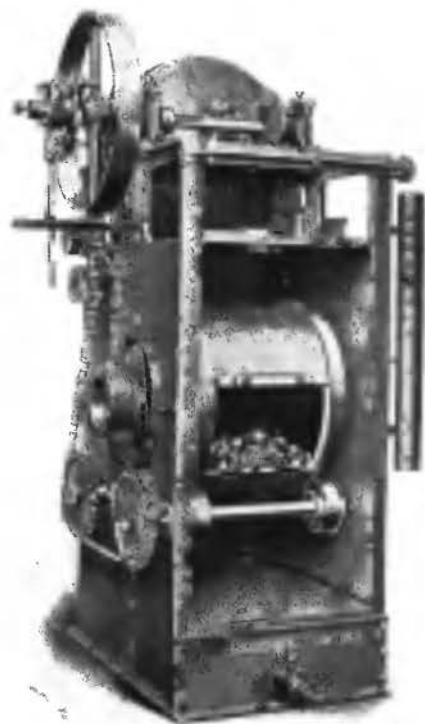
Widzimy więc stół do połowy wysunięty z osłony, nad nim dysze wygięte i krążące około wspólnej osi. Spadający pod stół piasek zabiera elewator naczynkowy i u góry wysypuje do zbiornika, skąd przewodami dopływa do małych zbiorników połączonych z dyszami; dysze dają się podnosić i opuszczać, stosownie do wysokości odlewów. Ruch przenosi się z transmisji na wszystkie części za pośrednictwem kół zębatych.

Odmienny rodzaj piaszczarek widzimy na ryc. 169. Jest to maszyna przypominająca beczkę do czyszczenia odlewów, jaką poznaliśmy poprzednio (rycina 158). I tu także odlewy (drobne) umieszcza się w bębnie, który jednak obraca się bardzo wolno (około 20 razy na minutę), aby przedmioty nie mogły się uszkadzać przez wzajemne uderzanie o siebie; rolę oczyszczania pełnią wyłącznie dysze piaskowe, umieszczone



Ryc. 168.

obok bębna i przez jego boki wrzucające piasek, przyczem wykonywują ruch wahadłowy w płaszczyźnie osi bębna, aby piasek padał kolejno na całej jego szerokości. Inne urządzenia stosują dysze przesuwające się od jednej ku drugiej stronie wewnątrz bębna na drążku leżącym w jego osi, albo też jest jedna dysza rurowa w osi bębna z otworem wązkim na całej jego szerokości. Ponieważ odlewy wskutek obrotu



Ryc. 169 (Durlach).

ciągłe zmieniają swe położenie, robota odbywa się szybko i dokładnie.

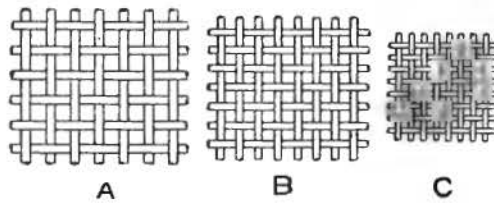
Do popędu piasku najkorzystniejsze okazało się powietrze zgęszczone na 1,5—2 atm., do czego używa się kompresora tłokowego, który zresztą dostarcza powietrza zgęszczonego także do popędu ubijarek do piasku i dłut pneumatycznych do czyszczenia odlewów, maszyn formierskich, piecyków do suszenia i innych przyrządów używanych w odlewniach. Gdzie takiego urządzenia nie ma, a więc w małych odlewniach, można stosować mniejsze ciśnienia w piaszczarkach i zadawając się powolniejszą robotą zgęszczać powietrze wentylatorem lub innymi obrotowymi miechami, ja-

kich używa się do pieców kupolowych. W takim razie ten sam przyrząd w czasie gdy piec kupolowy jest nieczynny, służy do użytku piaszczarki.

Najkorzystniejsza odległość dyszy od powierzchni obrabianej jest 15—20 cm.

Piasek, używany do czyszczenia odlewów, powinien być twardy i ostry a nadto suchy i nie zawierać lepiących domieszek (gliny); najlepszy jest czysty piasek kwarcowy. Grubość ziarn piasku zależy od rodzaju odlewów; im piasek jest grubszy, tem robota odbywa się szybciej, ale tem bardziej jest szorstka powierzchnia odlewu po obróbce. Najgrubszego piasku używa się do czyszczenia bardzo odpornych materiałów np. stali, — im materiał jest kruchszy i mniejszą ma wytrzymałość, tem drobniejszy może być piasek, tem gładsza będzie powierzchnia oczyszczonego odlewu. Na ryc. 170 wi-

dzimy w naturalnej wielkości sita do piasku z otworami wielkości odpowiedniej dla materiałów maszynowych: *A* dla odlewów stalowych, *B* dla żeliwnych, *C* dla mosiądzu.



Ryc. 170 (W. T.)

Wytrawianie. W niektórych fabrykach za przykładem Ameryki nie oczyszczają piaskiem odlewów przeznaczonych do obróbki na maszynach narzędziowych, lecz poddają je chemicznemu oczyszczaniu, tzn. wytrawianiu (bajcowaniu); czasami stosują oba sposoby. Proces ten polega na zanurzeniu odlewu w kadzi napełnionej roztworem kwasu siarkowego (10% kwasu siarkowego o gęstości 66° Bé, reszta wody); gdy przedmioty są wielkie, ustawia się je na drewnianych rusztach i zlewa kwasem. Wytrawianie, zależnie od stanu powierzchni odlewu i sposobu działania kwasu, trwa kilka do kilkunastu godzin, poczem odlewy płucze się w wodzie, a niekiedy dla zupełnego zabezpieczenia od dalszego działania resztek kwasu, neutralizuje się je w mleku wapiennym.

Przez działanie kwasu rozluźnia się spoistość przywartego do odlewu piasku, który odpada.

Tak oczyszczone przedmioty dają się obrabiać, nie narażając narzędzia na stępienie lub wyszczerbienie wskutek przywartego piasku.

Wytrawianie odlewów jest mało rozpowszechnione, i wobec coraz większego rozwoju piaszczarek prawdopodobnie i w przyszłości nie będzie miało większego zastosowania. Do oczyszczenia odlewów, których się później nie obrabia, nie można tego procesu stosować, gdyż powierzchnia wytrawionego odlewu jest plamista i nieładna.

6. BADANIE METALI ODLEWNIANYCH.

Odbywa się ono na zasadach podanych w części I¹⁾. Ze względu na to, że skład chemiczny (np. w żelazie zawartość węgla) ma najdonioślejszy wpływ na wytrzymałość materiału, należy przede wszystkim zwrócić uwagę na zawartość składników, tak istotnych i koniecznych, jak niepotrzebnych i szkodliwych, trzeba więc przy większych zamówieniach i odbiorach opierać się na *badaniu chemicznem*.

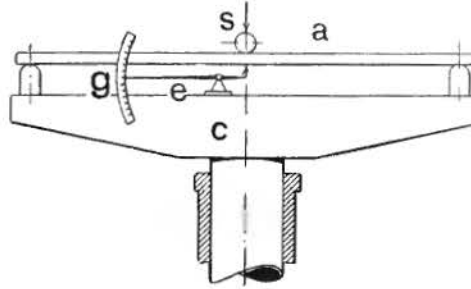
W razie uszkodzenia odlewu i badania jego przyczyn, może oddać ważne usługi *badanie metalograficzne*, wykazując czyto niejednolity rozdział składników, czyto zmiany zaśle wskutek wpływów mechanicznych lub termicznych.

Ostatnim i bezpośrednim sposobem przekonania się o stosowalności materiału do pewnych odlewów zamierzonych lub już wykonanych (np. uległych uszkodzeniu), jest *badanie mechaniczne*.

Próba na *rozciąganie* i wyznaczenie granicy plastyczności i złamania oraz towarzyszącego im wydłużenia, jest przy badaniu stali najwięcej rozpowszechniona, mniej przy badaniu żelaza lanego, które z powodu bardzo małej rozciągliwości nie wskazuje swej elastyczności przy rozciąganiu; ponieważ przytem jakiś błąd odlewania, np. bańka gazu, może spowodować zmniejszenie przekroju i wywołać w tem miejscu zerwanie pręta, albo małe zboczenie kierunku rozciągania z osi pręta wywrze jednostronny nacisk na kruchy naskórek

¹⁾ Część I, str. 102—123.

pręta i spowoduje jego pęknięcie, — jest badanie żelaza lanego przez rozciąganie mało stosowane w przepisach odbiorczych różnych krajów, a głównie obowiązuje *próba na zginanie* z równoczesnym miarzeniem przegięcia. Zasadę wykonywania takiego badania objaśnia ryc. 171.



Ryc. 171 (Geiger).

Pręt *a* umieszcza się na dwóch podporach u góry zaokrąglonych, i oparłszy go w środku o również zaokrąglony sworzень *s*, ciśnie się z dołu tłokiem hydraulicznym belkę *c* z podporami tak długo aż nastąpi złamanie. Utwierdzona na belce dwuramienna dźwignia *e* wsparta jednym końcem o środek badanego pręta, wskazuje drugim wygięcie na nieruchomym kabłąku *g* z podziałką. Wytrzymałość na złamanie *K* wylicza się ze znanego wzoru: $K = \frac{P \cdot l}{4W}$, gdzie *P* oznacza wywarty nacisk, mierzony manometrem, *l* długość pręta między podporami, *W* moment oporu przekroju pręta. Najczęściej stosuje się pręty o długości 650 mm przyczem $l = 600$ mm, a przekrój jest albo okrągły o średnicy 30 mm albo (rzadziej) kwadratowy o długości boku 30 mm.

Po wykonaniu próby na zginanie można zrobić próbę na rozciąganie na pozostałych kawałkach; te dwie wytrzymałości pozostają do siebie w pewnym stosunku, który w normalnych rodzajach żelaza lanego wynosi średnio $\frac{1}{2.07}$ u prętów okrągłych, a $\frac{1}{1.07}$ u kwadratowych ¹⁾.

Jeżeli przeznaczona do badania próbka żelaza lanego jest bardzo mała, wtedy wycina się z niej ciało próbne kształtu małego cylindra lub sześcianu o długości krawędzi 3 cm i bada przez *zgniatanie*; wytrzymałość na ściskanie jest średnio 4.8 razy większa niż przy rozciąganiu w zwykłych rodzajach żelaza lanego, u gatunków wyborowych liczba ta spada na 4.2.

¹⁾ St. u. E. 1912, str. 358.

Sposób obrobienia a także odlania badanego pręta ma bardzo znaczny wpływ na jego zachowanie się przy badaniach. Pręty próbne ze stali i innych metali bada się w stanie obrobionym, stalowe poddaje się nadto żarzeniu; pręty z lanego żelaza bada się zazwyczaj nieobrobione tj. wraz z naskórkim, który w budowie maszyn zwykle pozostawia się na odlewach, z wyjątkiem powierzchni stykających się z innymi częściami.

Pręty próbne należy odlewać równocześnie z właściwymi odlewami, o których materiale chcemy nabrać wyobrażenia przez zrobienie próby.

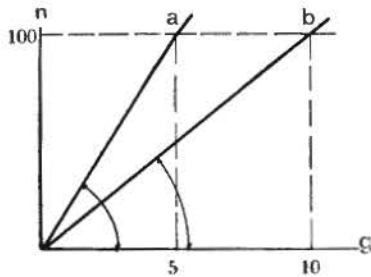
Wiadomo że szybkość studzenia wpływa w każdym odlewie na wielkość ziarn, a w odlewach żeliwnych wpływa także na wielkość i liczbę płytek grafitu; wytrzymałość więc pręta szybko studzonego będzie zupełnie inna (większa) niż stygnącego powolnie. Przy odlewaniu próbnych prętów należy na to zwrócić uwagę. Są dwa systemy odlewania takich prętów: albo formuje się je w tej samej formie co odlew i łączy z nią kanalikami, aby metal równocześnie formy wypełniał, albo wykonywa w osobno zrobionej formie. W pierwszym razie szybkość stygnięcia pręta zależeć będzie od wielkości głównego odlewu, który swym zapasem ciepła będzie ogrzewał formę i opóźniał stygnięcie, w drugim stygnięcie odbywać się będzie niezależnie od odlewu i przy formach zawsze w ten sam sposób wykonywanych będzie szybkość jego zawsze jednakowa. W wypadku pierwszym wytrzymałość pręta będzie więcej zbliżona do wytrzymałości odlewu, w drugim pręty próbne, otrzymane przy różnych odlewach i z różnych gatunków leizny będzie można ze sobą porównywać pod względem własności materiału, gdyż będą wyrabiane w warunkach podobnych. Stosownie do przeznaczenia prób i ich celu należy stosować pierwszy lub drugi system.

Pręty próbne powinno się wykonywać w formach niedzielonych, aby nie powstawały rąbki powodujące niejednolite zachowanie się materiału podczas badania.

W pewnych razach, zwłaszcza do odlewów stalowych stosuje się *badanie dynamiczne*, przy użyciu wahadła z ciężarem ¹⁾.

¹⁾ Część I, str. 113.

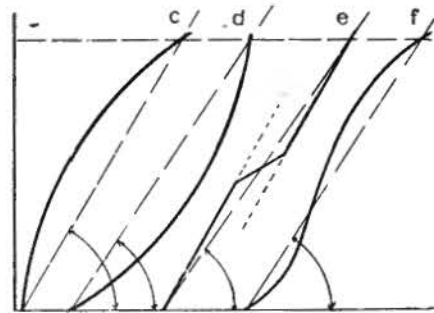
Badanie twardości metodą Brinella ¹⁾ lub skleroskopem ²⁾ polecane dla nabrania wyobrażenia o zachowaniu się materiału podczas obróbki narzędziami krającymi, nie dają dobrych wskazówek, bo twardość jest tylko jedną z funkcji



Ryc. 172.

obrabiwalności metalu, a obok niej wywiera wpływ także kruchość względnie ciągliwość. O wiele lepsze wyniki daje metoda próbnego skrawania metalu nożem (np. rurki odlanej), albo wiercenia ³⁾. Ta ostatnia próba, stosowana najczęściej, odbywa się w ten sposób, że świdrem o kształcie niezmiennym i przed próbą zawsze jednakowo naostrzonym, naciskany

z pomocą stałego ciężaru, wykonywa się otwór, mierząc do jakiej głębokości pogrążył się świder przy pewnej liczbie, np. 100 obrotach. W trudno obrabialnym materiale świder mniej się zagłębi niż w łatwiej obrabialnym. Wyposażywszy wiertarkę w przyrząd zaznaczający zagłębienia w stosunku do wykonanej liczby obrotów świdra, otrzymamy wykres obrabiwalności materiału. Taki wykres widzimy na ryc. 172. Na pionowej osi *n* oznaczone są liczby obrotów, na poziomej *g* głębokości otworu w mm; wykres *a* wskazuje, że świder przy 100 obrotach zagłębił się do 5 mm, wykres *b* — do 10 mm, tj. dwa razy głębiej, a więc pierwszy materiał jest dwa razy trudniej obrabialny niż drugi. Kąty, jakie tworzą linie wykresów, dają wartości porównawcze różnych materiałów. Ta sama próba pozwala ocenić także niejednorodność metalu, jak to przedstawia rycina 173. Wykres *c* wska-



Ryc. 173.

¹⁾ Część I, str. 117.

²⁾ Część I, str. 119.

³⁾ Część I, str. 119—120.

zuje, że materiał z początku trudniej było obrabiać, niż w głębszych warstwach, bo linia wykresu wznosi się z początku pod mniejszym kątem, niż później; na wykresie *d* mamy przykład metalu zachowującego się odwrotnie, niż poprzedni, linia *e* zaznacza, że w metalu jednolitym znajduje się w środku warstwa łatwo obrabialna, wykres *f* przedstawia materiał niejednolity. Średnią obrabialność wskazują linie kreskowane, łączące początek wykresu z miejscem oznaczającym 100 obrotów, oraz kąty przez nie utworzone. Jeżeli trzeba obrabialność wyrazić jakąś liczbą bezwzględną, należy mieć do wszystkich badań pewien stały materiał porównawczy, którego wykres daje stały kąt, oznaczony liczbą 1. Badany na obrabialność materiał będzie dawał kąt większy lub mniejszy, który można wyrazić pewną liczbą w stosunku do kąta materiału normalnego, przyjętego za jednostkę. Jako materiał normalny stosują żelazo lane o pewnym stałym składzie i odlewane w jednakich warunkach; polecają też, jako lepszy od żeliwa, stop miedzi z cynkiem.

7. ŁĄCZENIE ZAPOMOCĄ STOPIONEGO METALU.

Jest jeszcze jedno zastosowanie topienia, nie mające z odlewnictwem bezpośredniego związku, ale najczęściej z tym procesem spokrewnione, bo stosujące metale stopione do łączenia ze sobą części metalowych.

Pierwszy z tych sposobów zwany *stapianiem*¹⁾ polega na stopieniu brzegów obu łączonych przedmiotów, tak że płynne materiały jednej i drugiej części spływają się razem, albo też przestrzeń między brzegami wypełnia się osobno dodanym płynnym metalem tego samego rodzaju, tak że po zastygnięciu wytwarza się jedna całość. Drugi sposób, *lutowanie*, stosuje do przedmiotów zetkniętych ze sobą nienaruszonymi brzegami — inny i od łączonych odmienny, stopiony metal, który przylegając ściśle do obu brzegów, spaja je ze sobą. Oba sposoby omówimy kolejno.

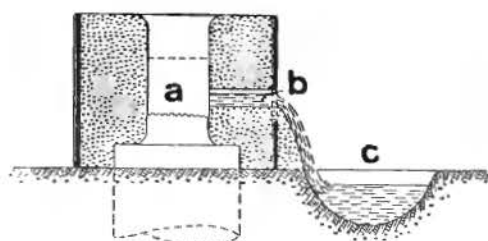
Stapianie. 1. Najdawniejszy i w odlewniach żelaza lanego często dziś jeszcze używany sposób naprawiania zepsutych odlewów, polega na doprowadzeniu do powierzchni

¹⁾ Niemiecka terminologia obejmuje dwa różne procesy jedną nazwą »Schweissen«, co jest zupełnie fałszywe i utrwaliło się tylko wskutek narzucenia nazwy procesowi istotnego *zgrzewania* (Schweissen) procesowi *stapiania*, przez interesowane w tem przedsiębiorstwa, bez należytego oporu sfer technicznych. Było to niewątpliwie celowe, aby dawną, znaną nazwą wzbudzić u odbiorcy zaufanie do nowego procesu, wmówić w niego że ma przed sobą rzecz dobrze znaną, a nie zupełnie nową, do której odmienna nazwa usposobiłaby go nieufnie.

uszkodzonego miejsca płynnego żelaza, i rozgrzewaniu jej w ten sposób; część uszkodzona jest otoczona formą mającą kształt brakującej części a wlewane żelazo spływa z niej pozostawionym u spodu upustem. Gdy odlew zacznie się topić w miejscu uszkodzenia, co się rozpoznaje zanurzając pręt żelazny, po zmiękczeniu powierzchni i pogłębieniu się formy, wtedy zatyka się odpływ, i dolawszy formę do pełna, pozostawia w niej żelazo aż do zastygnięcia.

Powierzchnia, z którą ma być łączona nowo odlana część, musi być zupełnie metalicznie czysta, bez śladu rdzy lub jakichkolwiek zanieczyszczeń, które utrudniają ściśle złączenie.

Odlewy o kształtach złożonych powinny być poprzednio ogrzane aby uniknąć szkodliwych naprężeń wskutek niejedno-



Ryc. 174 (St. u. E.)

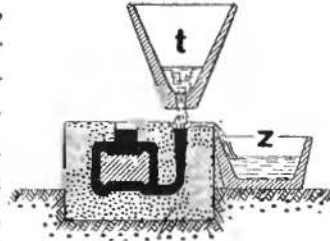
stajnej temperatury poszczególnych części. Rycina 174 przedstawia naprawianie czopa u walca według powyższego sposobu. Walec zakopany jest w ziemię tak, że tylko górna część wystaje z częścią a, która ma być uzupełniona (po linię kreskowaną) nowym kawałkiem czopa. Górna część odlewu otoczona jest formą piaskową, — a w części sąsiadującej z powierzchnią a znajduje się odpływ b dla żelaza spływającego do zagłębienia c, gdzie tężeje. Skoro wyczuje się prętem żelaznym, że żelazo na powierzchni a zaczyna się topić, zatyka się odpływ i wypełnia formę do szczytu. Żelazo powinno być silnie przegrzane.

Naprawy tego rodzaju są trudne, a chociaż przy wprawnej robocie udają się, są jednak kosztowne, bo zużywają wiele płynnego żelaza na rozgrzanie części naprawianej.

2. Inny sposób uzupełniania uszkodzonych części i łączenia złamanych przedstawia zastosowanie *termitu* ¹⁾. Ryc. 175 przedstawia sposób naprawiania złamanych części odlewu żeliwnego, który tak samo daje się zastosować do łączenia

¹⁾ Część I, str. 45 i 207.

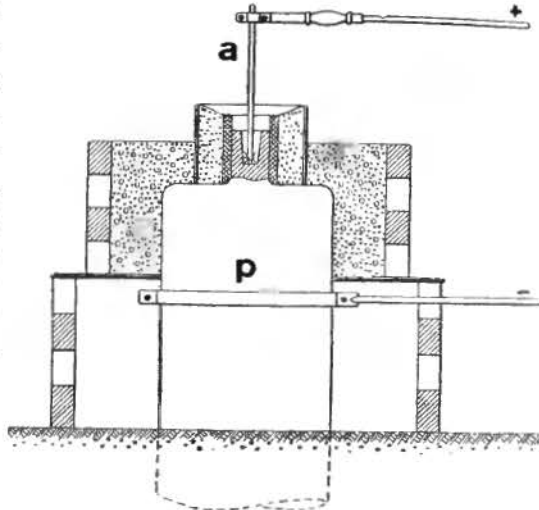
części wykonanych z żelaza kujnego, np. złamanych wałów, odlewów stalowych i t. p. Części złamane oczyszcza się należycie, przyczem szczelinę w miejscu pęknięcia rozszerza się, wycinając materiał dłutem na 20–30 mm, poczem otacza się ją formą. Forma ta na pewnej długości obejmuje dookoła odlew pustą przestrzeń tak, że po wykonaniu naprawy pozostaje w miejscu złączenia zgrubienie, — jak to widać na szkicu. Robi się to w tym celu, by wlawszy większą ilość przegrzanego żelaza termitowego mieć zapas ciepła dostateczny do stopienia oblanych niem brzegów odlew. Po przygotowaniu formy ustawia się nad nią tygiel magnezytowy *t* z zatkanym otworem w dnie, wsypuje do niego termit i zapala zapomocą osobnego naboju z nadtlenu barowego (dostarczanego wraz z termitem), a skoro reakcja się odbędzie, przebija się otwór w dnie tygla i wpuszcza żelazo do formy; pływający na metalu żużel zlewa się do ustawionego na boku naczynia *z*. Do żelaza termitowego można dodać wiórków żelaznych w ilości 5–10%; przy wielkich formach wlewa się tylko warstwę (do 20 mm) żelaza termitowego a resztę zalewa płynnym żelazem tego samego rodzaju co w naprawianym przedmiocie. Aby termit przy naprawach przedmiotów z żelaza lanego nabrał własności tego materiału, dodaje się do niego po wleciu do formy żelazo-krzemu w małych kawałkach, w ilości odpowiadającej składowi żelaza.



Ryc. 175 (St. u. E.).

3. Stاپanie przy zastosowaniu *prądu elektrycznego* wykonywa się różnymi sposobami, w których źródłem ciepła jest płomień elektryczny. Do naprawiania odlewów używana bywa metoda *Sławianowa*; sposób ten objaśnia ryc. 176, przedstawiająca naprawianie porowatego czopa u walca. Miejsce wadliwe jest wywiercone do zdrowego żelaza i obformowane w ten sposób, że w skrzynce wypełnionej masą formierską czop, którego wnętrze należy wypełnić metalem, jest oddzielony koksowymi płytkami wyprasowanymi według jego kształtu. Cała forma jest otoczona węglem drzewnym w obmurowaniu. Jeden biegun (ujemny) prądniczy łączy się z wal-

cem w miejscu *p*, drugi (dodatni) z ręką izolowaną, do której przytwierdzony jest pręt *a* o grubości około 10 mm, z żelaza podobnej jakości jak odlew. Skoro pręt zbliży się do czopa, powstaje między nimi łuk elektryczny, który rozgrzewa materiał czopa i stapiając równocześnie pręt, wypełnia żelazem wadliwe miejsce.

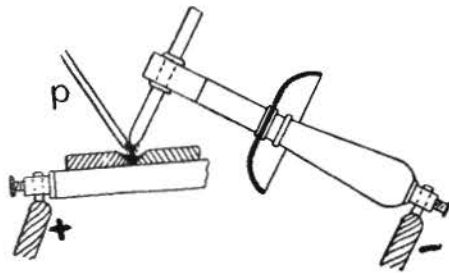


Ryc. 176 (St. u E.).

Prąd (stały) ma napięcie 65 woltów i natężenie 400—600 amp. zależnie od grubości pręta (zwykle około 10 mm), i długości łuku elektrycznego.

Jeżeli ilość materiału, potrzebnego do wypełnienia formy jest wielka, można do formy częściowo wypełnionej płynnym żelazem z pręta dodać kawałków żelaza: przy wielkich formach można po rozpoczętym procesie, gdy spód wypełnia już stopiony metal z pręta, dolać resztę żelazem stopionem w zwykły sposób.

Przy stapianiu elektrycznym musi robotnik zarówno ręce jak twarz zasłaniać przed szkodliwym wpływem promieni, używając maski z niebieskimi szklami na twarz a na ręce ochronnych rękawic.



Ryc. 177.

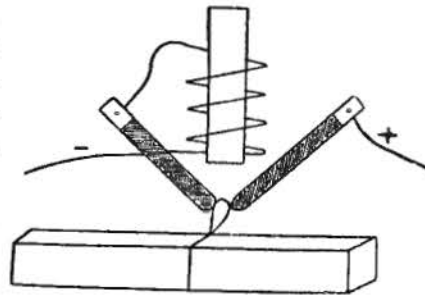
Do podobnych celów a także do łączenia blach i t. p. stosowany bywa sposób Bernardosa, podobny do poprzedniego, a tem się różniący, że drugi

biegun stanowi elektroda węglowa utwierdzona w rękojeści. Ryc. 177 przedstawia łączenie tym sposobem blach i t. p. przedmiotów. O ile one są małe, umieszcza się je na płycie, połączonej z ujemnym biegunem, drugi biegun (dodatni) jest, jak była mowa, utwierdzony w rękojeści, z osłoną ochraniającą rękę robotnika. Jeżeli łączone przedmioty są grube, ścina się je ukośnie i stapiając zalewa dodatkowym, równocześnie topionym metalem, wkładając go w kawałkach w zagłębienie, albo doprowadzając prętem p zbliżonym do łuku.

Przy topieniu płynny metal nawęgla się od elektrody węglowej i staje się twardszym; jeżeli chcemy tego uniknąć, wtedy należy zmienić bieguny, aby biegun ujemny był złączony z rękojeścią, doprowadzającą prąd do węgla.

Oba powyższe sposoby, jakkolwiek w swej zasadzie proste, wymagają znacznej wprawy w robocie, aby płomień elektryczny nie zmieniał swej długości, bo to wywołuje nagłe zmiany w zużyciu prądu, niekorzystne dla prądnicy.

Wady tej nie posiada system *Zerenera*, którego przyrząd przedstawiony schematycznie na ryc. 178 wytwarza łuk elektryczny między dwiema elektrodami węglowymi, ukośnie utwierdzonemi na wspólnej osadzie połączonej z rękojeścią do trzymania, albo dającej się zawiesić. Węgla można zbliżać i oddalać od siebie, wytwarzając łuk elektryczny; obok węgla umieszczony jest elektromagnes, który łukowi nadaje kształt



Ryc. 178.

ostrego stożka i kierunek ku dołowi, co bardzo ułatwia robotę. Przy metodzie tej jest więc źródło ciepła oddzielone od ogrzewanego przedmiotu i pozwala regulować ogrzewanie miejsca łączonego, przez co unika się szkodliwego przegrzania materiału; przez to unika się także nawęglenia szwu węglem, pochodzącym z elektrod, a więc stwardnienia materiału. Sposób *Zerenera* używany bywa do łączenia cienkich blach i przedmiotów.

Z powodu, że energia elektryczna jest tylko w wyjątko-

wych warunkach tania, a zużycie prądu przy elektrycznym stapianiu jakimkolwiek systemem jest znaczne, nie znalazły sposoby te, jako drogie, obszernego zastosowania, a gdy w stapianiu gazowym znaleziono metodę tańszą, zarówno co do kosztów założenia jak i pracy, a prawie równowątą pod względem dobroci wykonanej roboty, zmniejszyła się jeszcze bardziej możliwość korzystnego stosowania metod elektrycznego stapiania.

4. **Stapianie gazowe**¹⁾. Z powodu szerokiego zastosowania, jakie stapianie gazowe znalazło w przemyśle maszynowym, musimy się niem zająć obszerniej, niż innemi metodami łączenia.

Przy łączeniu zapomocą stapiania należy odpowiednio przygotować przedmioty, które mamy złączyć. Na ryc. 179



a



b



c

Ryc. 179.

podane są najważniejsze z tych sposobów. Cienkie przedmioty stapia się wprost ze sobą (a), grubsze przycina się ukośnie (b) i między stopione brzegi wlewa materiał z równocześnie topionego pręta (jak przy stapianiu elektrycznym); jeszcze grubsze części przycina się z obu stron (c) i z obu stron łączy²⁾.

Stapianie gazowe polega na tej zasadzie, że jeżeli jakiś gaz palny, zmieszany z tlenem w odpowiednim stosunku wypuszczać będziemy z palnika kształtu zwężającej się rurki, to po zapaleniu mieszaniny u wylotu, otrzymamy stożkowaty płomień o bardzo wysokiej temperaturze, który w zetknięciu z jakimś metalem z łatwością go topi. Płomień takiego można więc użyć do łączenia ze sobą brzegów blachy, czy też innych przedmiotów przez stopienie.

Jako gazów palnych używa się dziś wodoru, acetylenu

¹⁾ Anczyc: »Nowsze sposoby łączenia blach«. Przegląd Techniczny, Warszawa, 1910.

²⁾ Obraz makrograficzny takiego połączenia jest podany w Części I, str. 107, ryc. 47.

i zwykłego gazu świetlnego zmieszanych z tlenem nie w takim stosunku, jak tego wymaga zupełne spalanie gazu, lecz z nadmiarem gazu palnego, raz dlatego, aby szybkość spalania się mieszaniny nie była zbyt wielka, tj. by spalanie nie odbywało się wybuchowo, a powtóre, by płomień nie miał własności utleniających, co przy niezbyt dokładnem wymieszaniu obu gazów łatwo może się zdarzyć, gdy się używa tlenu w ilości wymaganej do zupełnego spalania.

Gazy muszą się znajdować pod ciśnieniem, aby szybkość wypływu ich z palnika była większa niż szybkość spalania się, inaczej bowiem płomień dostałby się do środka palnika, a przy sprzyjających warunkach do zbiornika z gazem palnym, powodując niebezpieczeństwo wybuchu; może także być pod ciśnieniem tylko jeden gaz, np. tlen, i wypływając ssąć drugi gaz, mający niskie ciśnienie.

Tlen. potrzebny do spalania gazów palnych, sprowadza się w stanie zgęszczonym w żelaznych zbiornikach z fabryk, które go wyrabiają, albo wytwarza się na miejscu i zgęszcza.

Tlen, wyrabiany fabrycznie, używany nietylko do stapiania ale i innych celów technicznych, a także naukowych, lekarskich i t. p., otrzymuje się dziś prawie wyłącznie ze skroplonego powietrza, a tylko w rzadkich wypadkach przez elektrolizę wody.

Tlen ma ciśnienie około 120 atm. i dlatego musi być w zbiorniku szczelnie zamknięty; zamknięcie zbiornika musi jednak umożliwiać wypuszczanie z niego tlenu w czasie roboty. W tym celu jest zbiornik zamknięty wentylem, który jest tak urządzony, że umożliwia dowolne zmniejszenie ciśnienia tlenu dopływającego do palnika a zarazem wskazuje zapomocą manometru, jakie jest ciśnienie w zbiorniku, z czego można wnosić o zapasie tlenu.

Stapianie wodorem. Przy spalaniu mieszaniny wodoru i tlenu w stosunku 2:1 posiada płomień temperaturę 2400°, ponieważ jednak mieszanina taka spala się zbyt gwałtownie (2800 m/sek.) czyli wybuchowo, a płomień jej wskutek odbywającej się dysocjacji pary wodnej, działa utleniająco, używa się do stapiania mieszaniny wodoru i tlenu w stosunku 4:1, uzyskując spalanie spokojne, płomień neutralny, ale nie tak gorący, o temperaturze około 2000°. Płomieniem takim

można łatwo stapiać blachy cienkie, dla grubych jego temperatura jest za niska, tak że grubszych blach niż 8 mm nie można łączyć bez poprzedniego rozgrzania.

Wodór, potrzebny do procesu, wytwarza się z gazu wodnego lub drogą elektrolizy wody.

Zastosowanie wodoru do stapiania powołało do życia proces stapiania, lecz wkrótce spotkało się z współzawodnikiem w acetylenie, którego zastosowanie pozwala łączyć znacznie grubsze blachy i jest zwykle tańsze; gdy przytem powiodło się otrzymać acetylen w stanie zgęszczonym w takich samych zbiornikach, jak tlen i wodór, i tym sposobem uzyskano dla niego taką samą możliwość przenoszenia urządzenia i niezależność od generatora, jakie ma proces wodorowy, zmniejszyło się bardzo zastosowanie wodoru do stapiania, i dziś sposób ten tylko wyjątkowo może mieć korzystniejsze warunki zastosowania, niż sposób acetylenowy.

Stapianie acetylenem. Acetylen ($C_2 H_2$) powstaje z karbidu wapniowego ($Ca C_2$) przez działanie wody, przyczem wytwarza się wodorotlenek wapniowy jako osad [$Ca C_2 + 2H_2O = C_2 H_2 + Ca (OH)_2$]. Karbid jest to szaro-białe, twarde ciało, o krystalicznym przełomie, w kawałkach różnej wielkości; kawałki te nie powinny być wielkie, bo są niewygodne w użyciu, unikać też trzeba miała. Jeden kilogram karbidu chemicznie czystego daje $340 dm^3$ acetyleny; jeżeli jednak karbid nie jest chemicznie czysty, co w handlu zawsze się zdarza, wtedy ilość wytworzonego acetyleny jest znacznie mniejsza, czasem poniżej połowy powyższej ilości. Dobry karbid handlowy powinien dawać 270 do $300 dm^3$ gazu.

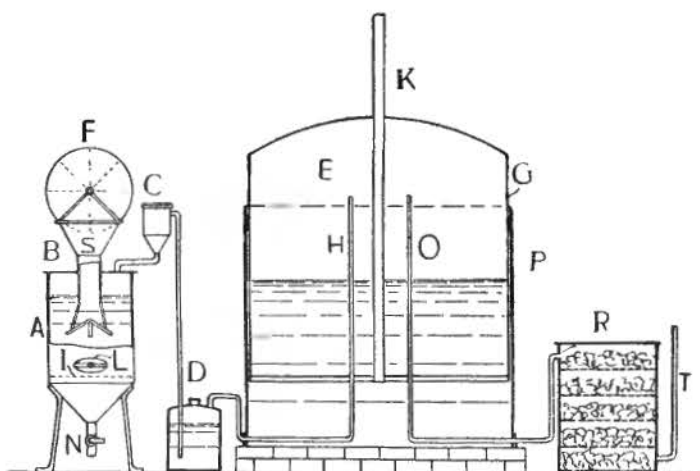
Acetylen do zupełnego spalania musi być zmieszany z tlenem w stosunku 1 : 2·5; taka mieszanina działa jednak utleniająco na stapiane metale, dlatego acetyleny używa się w nadmiarze, w stosunku 1 : 1·25 do 1 : 1·8, wytwarzając płomień o temperaturze wynoszącej około 3000° .

Acetylen rozgrzany do 480° , ulega rozkładowi na związki o całkiem odmiennych własnościach, dlatego jest rzeczą niezmiernie ważną, aby w przyrządach, wytwarzających go z karbidu, temperatura nie mogła się zbyt podnosić.

Oprócz generatora i zbiornika na wytworzony acetylen, musi urządzenie wytwarzające go posiadać przyrządy do oczy-

szczania gazu z domieszek: 1) mechanicznych, t. j. cząstek wapna, powstającego przy rozkładzie karbidu, które dostawszy się do stopionego metalu, obniżają jego wytrzymałość; 2) chemicznych, jakie znajdują się w nieczystym karbidzie (w handlu), a które (np. związki fosforu i siarki) bardzo źle wpływają na dobroć spojenia. Wystrzegać się wreszcie trzeba, aby uchodzący z generatora gaz nie porywał z sobą cząstek wody, ale był należycie osuszony.

Urządzenia stałe do wytwarzania acetylenu są w zasadzie podobne do siebie, istnieje jednak bardzo wiele systemów, tj. tyle, ile firm, które je budują. Jeden z systemów



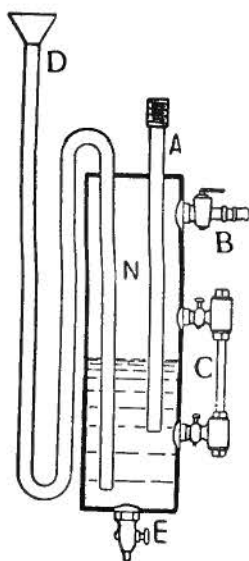
Ryc. 180.

przedstawia ryc. 180. Do generatora *A*, wypełnionego wodą, wrzuca się naboje karbidu za pomocą przyrządu zasilającego *B*, umieszczonego nad nim. Przyrząd ten składa się z bębna obrotowego *F*, podzielonego na 8 na obwodzie zamkniętych komórek, z których kolejno wysypuje się karbid przez lejek *S* na ruszt *I*. Generator można oczyścić i opróżnić przy pomocy otworu *L*, zamykanego pokrwyką, i kurką spustową *N*. Wytworzony gaz przechodzi przez filtr koksowy *C*, oczyszcza się z mechanicznych przymieszek i pionowym przewodem dostaje się do płuczki *D*, gdzie się płucze w wodzie dla dalszego oczyszczenia; stąd przepływa do zbiornika *E*, składają-

cego się z nieruchomego naczynia *P* i ruchomego dzwonu *G*, zamkniętego od spodu wodą, wypełniającą dolne naczynie. Gaz dopływa do zbiornika rurą *H*, odpływa zaś rurą *O*. W razie przepelnienia zbiornika gazem i zbytniego podniesienia dzwonu, odpływa nadmiar gazu w górne warstwy powietrza długą rurą *K* w chwili, gdy jej dolny koniec znajdzie się nad powierzchnią wody. Zdarzyć się to może tylko wyjątkowo, gdyż urządzenie wyposażone jest automatycznym przyrządem, regulującym zasilanie regulatora karbidem, stosownie do zawartości gazu w zbiorniku. Ze zbiornika dopływa acetylen do cylindra oczyszczającego *R*, wypełnionego warstwami masy specjalnie przyrządzonej, która zatrzymuje szkodliwe przymieszki i osusza gaz z wody; stąd przewodem *T* odpływa gaz na miejsce zużycia.

Do chwilowego użytku budują także małe aparaty łatwo przenośne, w których wszystkie części urządzenia są w jeden przyrząd łączone. Aparaty takie, dogodne z powodu małej objętości i ciężaru, łatwości transportu i stosunkowo niskiej ceny, są jednak o wiele gorzej wyposażone w przyrządy oczyszczające i przez to dostarczają gorszego gazu.

Przyrządy takie umieszczane bywają często na wózku, dla jeszcze łatwiejszego przenoszenia.

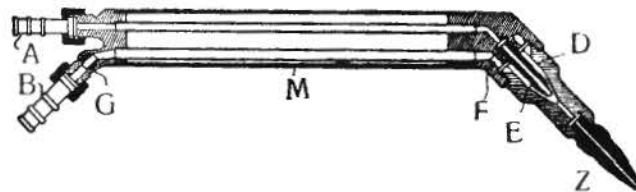


Ryc. 181.

Ponieważ zapas acetyleny w zbiorniku przedstawia zawsze niebezpieczeństwo wybuchu, a zapalenie najłatwiej nastąpić może przez cofnięcie się płomienia w palniku do przewodu gazowego, jest rzeczą konieczną oddzielić zbiornik gazu od palnika w ten sposób, aby gaz mógł dopływać bez przeszkody, a niebezpieczeństwo zapalenia się go w zbiorniku od strony palnika było wykluczone. Najlepiej zadanie to spełnia *przegroda wodna* (ryc. 181), którą umieszcza się w sali roboczej przy ścianie i tylko za jej pośrednictwem czerpie gaz potrzebny do roboty. Stanowi ją cylinder *N* napełniony do połowy wodą, w której zanurza się przewód *A*, doprowadzający gaz do zbiornika; kurek *B*, połączony z palnikiem rurą gu-

nową, znajduje się w górnej części cylindra. Jeżeli wskutek cofnięcia się płomienia z palnika przewodem gumowym i kurkiem *B* zapali się gaz w cylindrze, to płomień nie może posuwać się dalej do głównego przewodu, z powodu że woda zakrywa wylot tego przewodu. Aby stan wody był zawsze dostateczny, umieszcza się na cylindrze wodoskaz *C* i lejek *D* z wygiętą rurką do wlewania wody; do opróżniania służy kurek spustowy *E*.

Palnik, służący do roboty, łączyć musi wiele warunków, by odpowiedzieć swemu zadaniu; warunki te są: lekkość, aby robotnik bez zmęczenia mógł go przez dłuższy czas utrzymać w ręce, kształt dogodny, aby dał się skierować w dowolne miejsce i nie zasłaniał miejsca stapianego, dobre mieszanie obu gazów, możliwość regulowania ich dopływu stosownie do grubości i rodzaju materiału łączonego, zabezpieczenie od cofania się płomienia, możliwość chłodzenia palnika i t. p. Pierwszy palnik acetylenowy zbudował francuz Fouché, dziś istnieją różne rodzaje takich palników, lepiej i gorzej spełniające swe zadanie. Jedną z takich konstrukcyi przedstawia ryc. 182 w przekroju. Gazy doprowadza się do palnika



Ryc. 182.

gumowymi rurkami, założonemi na wystające końce przewodu tlenowego *A* i acetylenowego *B*, który daje się zamykać kurkiem *G*. Przewody te, umieszczone obok siebie i otoczone wspólną osłoną *M*, dochodzą do wspólnej komory *D*, w środku której znajduje się dysza *E* doprowadzająca tlen, a z brzegu pierścieniowy przewód *F*, którym wpływa do komory acetylen. Ponieważ acetylen ma małe ciśnienie, przeto wypływający z dyszy pod ciśnieniem tlen ssie go, miesza się z nim w końcu komory i wypływa z palnika dyszą *Z*, u wylotu której mieszanina się zapala. Stosownie do grubości blachy

otwiera się mniej lub więcej kurek przewodu acetylenowego, reguluje ciśnienie tlenu wentylem redukującym (umieszczonym na zbiorniku tlenu), lub wymienia dyszę palnika, zmieniając przez to średnicę otworu wypływowego. Robotnik musi mieć do wyboru kilka palników różnej wielkości dla różnych grubości spajanych przedmiotów.

W czasie roboty winien robotnik chronić oczy kolorowymi okularami przed jaskrawym światłem płomienia.

Mimo większych zalet stapiania acetylenem w porównaniu z systemem wodorowym, wskutek wyższej temperatury płomienia a przez to większej szybkości roboty i możliwości stapiania grubszych przedmiotów, ma system acetylenowy, w porównaniu z wodorowym, wadę pewnej nieruchomości, wymaga bowiem osobnego generatora ze zbiornikiem gazu, a choć buduje się przenośne generatory, to jednak przyrządy te, mimo wszystko, są za wielkie i za ciężkie, dość niebezpieczne, a przytem mogą wytwarzać tylko małe ilości gazu, niedostateczne do większych robót i, co gorzej, dają gaz mniej oczyszczony i mniej wartościowy niż gaz z większego przyrządu. Temu niedomaganiu położyło kres wprowadzenie najpierw we Francyi, a później wszędzie, acetylenu rozpuszczonego w acetonie (franc. acétylène dissous), który przechowywa się w stanie zgęszczonym w takich samych zbiornikach, jak tlen i wodór. Aceton, płyn otrzymywany z produktów destylacji drzewa, ma własność rozpuszczania w wielkiej ilości acetyleny; przy zwykłym ciśnieniu rozpuszcza on 25-krotną objętość acetyleny, przy ciśnieniu 15 atm. 130, a przy 25 atm. 250-krotną. Jeżeli więc do acetonu, wypełniającego taki sam zbiornik, jakiego się używa dla innych zgęszczonych gazów, wciskać będziemy acetylen, to możemy go tam bardzo wiele nagromadzić, a następnie, obniżając ciśnienie, możemy go następnie wydzielić.

Zastosowanie acetyleny w zbiornikach jest bardzo dogodne, z powodu łatwości przenoszenia całego urządzenia do stapiania, doskonałej czystości gazu, bezpieczeństwa, a wskutek termicznej wyższości acetyleny, pozwala się daleko obszerniej stosować niż wodór. Jedyną, ale dotkliwą wadę tego systemu stanowi wysoka cena gazu, z powodu droższej produkcji, opłat patentowych i kosztów transportu zbiorników z fabryki.

Stapianie gazem świetlnym, którego się używa do oświetlania i w każdym większym mieście w osobnych zakładach wyrabia, przedstawia tę wielką dogodność, że go zawsze, bez osobnych przyrządów, można mieć na miejscu, nie potrzeba więc ani generatora, ani naczyń ze zgęszczonym gazem palnym. Całe więc urządzenie do stapiania składa się z naczynia z tlenem i potrzebnym do niego wentylem redukującym, przegrody wodnej, połączonej z przewodem gazu świetlnego i palnika. Z powodu małej stosunkowo wartości kalorycznej tego gazu, płomień jego ma za niską temperaturę do stapiania grubszych blach ze sobą, tak że granicę jego zastosowania stanowi stapianie blach żelaznych o grubości 3 mm; do takich jednak połączeń, które w drobnym przemyśle bardzo często się zdarzają, może być bardzo korzystnie stosowany z powodu taniałości i gazu i instalacji.

Starania, by do palników można było stosować lekkie oleje palne, nie doprowadziły dotąd, mimo licznych konstrukcji i patentów do takich wyników, aby system ten znalazł szersze zastosowanie w przemyśle.

Połączenia wytworzone przez stapianie mają obok zalety bardzo dogodnego stosowania tak do łączenia nowych części, jak i do naprawiania uszkodzonych, także pewne właściwości, które przy nieogłędnem ich stosowaniu lub wykonywaniu, stają się poważnemi wadami ¹⁾.

Najważniejsza z nich jest ta, że połączenie ma odmienną strukturę niż materiał łączony, gdyż w miejscu spojenia nastąpiło stopienie i jakkolwiek miałby materiał przedtem strukturę (włóknistą, ziarnistą), jakkolwiek byłby on przedtem przerabiany (kuty, walcowany i t. d.), połączenie będzie miało zawsze strukturę materiału *lanego*.

O ile materiał łączonych części był także lany (odlew stalowy, żelazny i t. p.), to połączenie przez stopienie, poprawnie wykonane, nie zmieni jego charakteru, będzie więc miało podobne własności mechaniczne i chemiczne.

Inaczej ma się rzecz z żelazem przez mechaniczną przeróbkę uszlachetnionem; mając strukturę jaką otrzymało w prze-

¹⁾ Anczyz »O strukturze i wadach połączeń stapianych«, Przegląd Techniczny, Warszawa. 1911.



Ryc. 183.

róbce, przechodzi ono w miejscu złączenia w stan płynny tj. taki, jaki miało w bloku surowym przed walcowaniem.

Ryc. 183 przedstawia (pow. 1 : 110) blachę z żelaza miękkiego o typowej strukturze materiału walcowanego, ryc. 184 tę samą blachę w miejscu złączenia; struktura ta jest zupełnie odmienna, ziarna wielokrotnie większe, o ustroju materiału lanego.

Gruboziarnistość struktury lanej można zmniejszyć do pewnego stopnia przekuwając silnie połączenie, przez co powstaje struktura materiału kutego.

Poza tym, jakby pierwotnym grzechem połączenia stapanego, który stanowi jego lana struktura, występują przy nieumiejętnej robocie inne jeszcze wady.

Przedewszystkiem podnieść trzeba częstą niezupełność złączenia, gdy stykające się powierzchnie przedmiotów nie stopią się i nie zleją z sobą a brzegi są złączone tylko materiałem miejscami dodanym i jak gdyby nim oblepione.

Przykład tego widzimy na rycinie 185 przedstawiającej połąc-



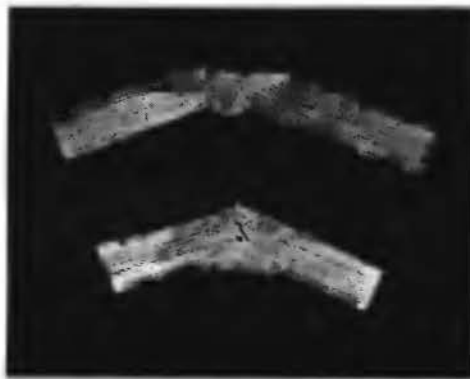
Ryc. 184.

czenie dwóch ukośnie ściętych rurek; połączenie u góry jest wykonane należycie, u dołu brzegi rurek nie stopiły się z powodu nieodpowiedniego przecięcia i są złączone tylko na powierzchni dodanym materiałem.

Na dobroć połączenia wywrzeć wpływ mogą także gazy użyte do połączenia, przede wszystkim acetylen i tlenu, gdy któryś z nich jest w nadmiarze.

Jeżeli w nadmiarze jest acetylen (C_2H_2) to pod działaniem wysokiej temperatury spalania następuje jego rozkład i wydzielający się czysty węgiel łączy się z roztopionem żelazem, nawęglając materiał połączenia.

W praktyce wypadki nawęglania są dość częste, gdyż przy robocie unika się nadmiaru tlenu jako bardzo szkodliwego czynnika. Ponieważ skutkiem nawęglania materiał staje się twardszy i kruchszy, wytworzone połączenie ma większą twardość, niż materiał łączony, tak, że obróbka narzędziami jest znacznie trudniejsza, a często nawet bardzo trudna; zwiększenie kruchości, wskutek nawęglania zmniejsza wytrzymałość przedmiotu w miejscu złączenia i, o ile działają siły, może być powodem pęknięcia i złamania.



Ryc. 185,

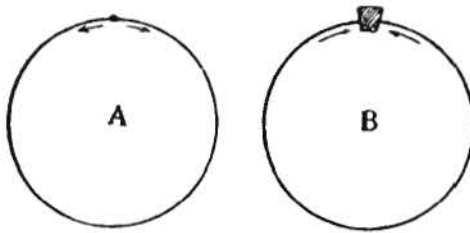
Aby wykluczyć niebezpieczeństwo nawęglania, należy unikać w mieszaniu palnej nadmiaru acetyleny, tj. dopuszczać do płomienia więcej tlenu. Przedstawia to jednak inne niebezpieczeństwo: wprowadzenia do płomienia tlenu w nadmiarze, co jeszcze gorzej działa przez to, że w wysokiej temperaturze materiał stopiony ulega utlenieniu, tworząc żużel, którego kropelki mieszają się z płynnym metalem i po zastygnięciu pozostają w połączeniu, czyniąc je słabszym i niejednolitem.

Dalszym, często występującym, a nadzwyczaj groźnym nieprzyjacielem wszelkich połączeń, powstających przy wysokiej temperaturze (zgrzewanych, stapianych i, do pewnego stopnia, nitowanych), są naprężenia, występujące w materiale ostygającym.

Ponieważ przy stapianiu trzeba materiał bardzo wysoko ogrzać w miejscu złączenia, podlega on w bezpośrednim sąsiedztwie połączenia miejscowemu rozszerzaniu się pod wpływem ciepła, a przy zastyganiu — kurczeniu się.

Przed zalaniem szwu rozszerzone brzegi łączonych części np. blach zbliżają się do siebie, a skoro połączenie wykonano i następuje stygnięcie blachy, kurczą się one i oddalają od siebie, wywołując w połączeniu naprężenia rozciągające, bardzo dla niego niekorzystne wobec lanej struktury szwu. Naprężenia mogą spowodować pęknięcie połączenia, tem bardziej, jeżeli było wadliwie wykonane i jest porowate, żuźlowate lub nawęglone.

Naprężenia są szczególnie niebezpieczne przy łączeniu ze sobą brzegów naczyń, zwłaszcza cylindrycznych (np. w kotłach parowych, ryc. 186 A), bo wtedy naprężenia rozciągające bardzo silnie występują, i nawet dobrze wykonane połączenie nie może ich znieść. Zapobiega się temu przez zgrubienie materiału w połączeniu, by zmniejszyć naprężenie jednostki powierzchni; wtedy jednak połączenie jest mniej podatne, niż inne części cieńszej blachy, i przy ruchach, jakim blacha kotłowa ustawicznie podlega wskutek zmian temperatury, zachowuje się szew taki odmiennie i może przez to pęknąć. Dlatego zgrubienie szwu, zalecane przez zwolenników i obrońców tego systemu spajania, nie może być powszechnie stosowane. Lepsze w wielu razach jest rozwarcie obu brzegów cylindra (np. przez założenie klinów), tak by w materiale wywołać naprężenia sprężyste, które usiłują zbliżyć do siebie łączone brzegi (ryc. 186 B). Przy rozgrzaniu



Ryc. 186.

połączenie jest mniej podatne, niż inne części cieńszej blachy, i przy ruchach, jakim blacha kotłowa ustawicznie podlega wskutek zmian temperatury, zachowuje się szew taki odmiennie i może przez to pęknąć. Dlatego zgrubienie szwu, zalecane przez zwolenników i obrońców tego systemu spajania, nie może być powszechnie stosowane. Lepsze w wielu razach jest rozwarcie obu brzegów cylindra (np. przez założenie klinów), tak by w materiale wywołać naprężenia sprężyste, które usiłują zbliżyć do siebie łączone brzegi (ryc. 186 B). Przy rozgrzaniu

i ostudzeniu, następuje albo wyrównanie sił rozciągających i ściskających, albo występuje nadwyżka sił ściskających, których działanie znosi połączenie, jako materiał lany, o wiele lepiej niż działanie sił rozciągających.

Najlepszym sposobem usunięcia naprężeń w połączeniu jest wyżarzenie w całości gotowego przedmiotu, o ile jest to możliwe.

Z tego cośmy mówili o ustroju połączeń stapianych i możliwości powstawania wad przy ich wykonaniu wynika, że jest rzeczą prawie niemożliwą, aby połączenie takie było pod względem wytrzymałości równe materiałowi nietkniętemu.

Nie wynika jednak z tego, co było powiedziane o wadach połączeń stapianych, aby połączenia te były zawsze złe i nie zasługiwały na stosowanie w przemyśle; chcieliśmy tylko wskazać, że są liczne czynniki, mogące obniżyć wartość połączenia, i że niejednokrotnie nie można bez dokładnego zbadania ocenić, czy połączenie jest dobre, czy wadliwe, a co gorzej, że zbadać je dokładnie można tylko niszcząc, przez rozłamanie, lub rozcięcie, — co do istniejącego połączenia nie może być stosowane. Jedyną więc drogą, wobec faktycznej trudności przekonania się o dobroci połączenia, jest przy wykonywaniu go unikać w robocie błędów, a to jest możliwe tylko wtedy, gdy będziemy mieć świadomość: 1) czy, — o ile występują siły, działające na połączenie, zwłaszcza siły rozrywające, można do danego przedmiotu stapanie wogóle zastosować, czy nie; 2) jakie błędy i dlaczego można w robocie popełnić, i że przez małe zmiany, jak obniżenie ciśnienia tlenu, oczyszczenie powierzchni łączonych, zastosowanie innego palnika i t. p. można tych błędów unikać; 3) że można je poprawić przez zgrubienie, przekucie, wyżarzenie szwu i t. p., a wreszcie, co jest najważniejsze, 4) że dobroć połączenia zależy przedewszystkiem od biegłości i sumienności robotnika.

Stapanie *innych* metali, używanych w budowie maszyn, odbywa się z większymi trudnościami niż żelaza. *Miedź* z powodu jej bardzo dobrego przewodnictwa ciepła trudno doprowadzić do stopienia, i stosować trzeba palniki o znacznie większej dyszy niż do części żelaznych tych samych rozmia-

rów; nadto jej łatwe utlenianie się utrudnia wykonanie czystego złączenia, nie zanieczyszczonego tlenkiem, co jak wiemy jest bardzo szkodliwe dla wytrzymałości ¹⁾. Ochronia się więc ją zapomocą łatwopłynnego żużla, — kwas borowy w proszku dobrze się do tego nadaje. *Stopy miedzi* zachowują się podobnie. Jeszcze większe trudności następuje *glin* z powodu nadzwyczajnie łatwego utleniania się przy rozgrzaniu, — tu używa się też środków dających żużel oczyszczający i ochraniający.

Przecinanie zapomocą tlenu. Proces ten, dość luźno związany ze stosowaniem przeróbki stopionych metali, jest co do sposobów roboty i przyrządów tak blizki stapianiu, że obu tych procesów nie można odrębnie traktować.

Jeżeli na rozgrzane do białości żelazo skierujemy strumień tlenu, to żelazo natychmiast się spala. To znane zjawisko użytkowano praktycznie do przecinania blach i innych przedmiotów metalowych, czynności codziennej w warsztatach maszyn, kotłarniach i t. p., zwłaszcza przy wykonywaniu napraw. Przez zbudowanie odpowiedniego palnika i stosowne prowadzenie go po blasze, można w bardzo krótkim czasie, w kilku lub kilkunastu minutach, przecinać blachy wszelkiej grubości, przyczem wypalone miejsce przedstawia szczelinę o szerokości zaledwie kilku milimetrów, a powierzchnia cięcia jest tylko lekko falista. Ryc. 187 przedstawia w małym pomniejszeniu ($\frac{2}{3}$) kawałek blachy kotłowej o grubości 20 mm, którą tym sposobem wycięto ze środka większej blachy i w środku jej wypalono szczelinę dla pokazania, że kierunek cięcia może być zupełnie dowolny.

Palnik do przecinania musi być tak zbudowany, aby po rozgrzaniu miejsca przecinanego, można było zaraz skierować na nie strumień tlenu, któryby spowodował spalenie, a zarazem prądem swym usunął z miejsca przeciętego powstający żużel. Palnik acetylenowy do przecinania przedstawia ryc. 188. Do zwykłego palnika A, jaki był przedstawiony na ryc. 182, przytwierdzony jest przewód S do tlenu z kurkiem E do regulowania dopływu i dyszą G, która tlen do-

¹⁾ Część I, str. 41.

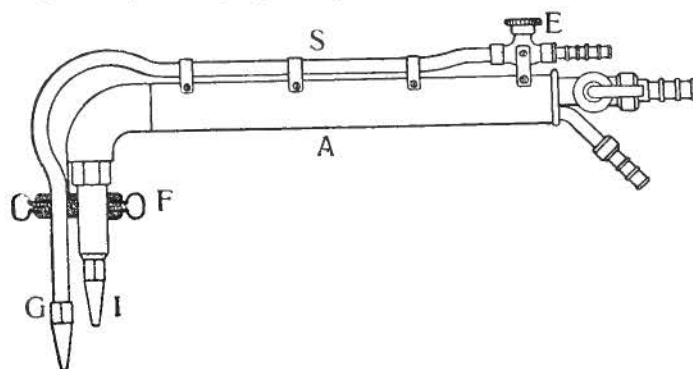
prowadza do miejsca przecinanego. Dysza ta pozwala się za pomocą spójki ze śrubami *F* nastawić w dowolnej wysokości względem dyszy palnika *I*. Prowadząc palnik po blasze, rozgrzewamy ją w danym miejscu do białości i bezpośrednio



Ryc. 187.

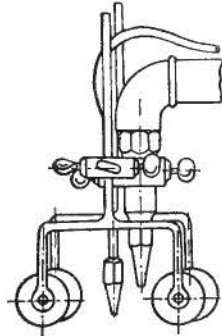
potem, kierując na nią strumień tlenu, tryskający z dyszy *G*, spalamy żelazo i wydmuchujemy produkty spalania, wytwarzając wąską i czystą szczelinę. Oczywiście że do przecinania można zastosować każdy palnik acetylenowy, wodorowy i do gazu świetlnego, byle był wyposażony przewodem tlenowym; im tańszy jest gaz palny (np. gaz świetlny), tem taniej wypada robota.

Aby odległość dyszy od przedmiotu była jednakowa, co



Ryc. 168.

dla ciągłości i jednolitości roboty jest rzeczą bardzo ważną, umieszczają często koniec palnika na kółkach, które toczą



Ryc. 189.

się po przecinanym przedmiocie, najczęściej blasze, i w ten sposób nie dopuszczają zmian odległości. Ryc. 189 pokazuje sposób takiego osadzenia dyszy. Przy ucinaniu blach po linii prostej, łamiącej się, kołowej, lub jakkolwiek wygiętej, jest rzeczą konieczną prowadzenie palnika po odpowiedniej kierownicy, więc np. po prostym pręcie, na drążku osadzonym obrotowo około osi i t. p.

Z powodu wielkiej szybkości cięcia, materiał, w bezpośrednim nawet sąsiedztwie miejsca ciętego, nie doznaje szkodliwych zmian, gdyż nie rozgrzewa się zbyt. Dzięki temu, sposób ten stał się prawdziwym dobrodziejstwem w warsztatach mechanicznych, oszczędzając ogromnego nieraz nakładu pracy ręcznej i maszynowej, i mnóstwa czasu zużywanego dawniej na przecinanie części żelaznych i wycinanie otworów w blachach.

System ten znajduje więc zastosowanie do ucinania dźwigarów, wałów, przycinania blach do ram lokomotyw, wycinania włazów w blasze kotłowej, ucinania nadlewków u stalowych odlewów, usuwania niepotrzebnych konstrukcji i t. p.

Ucinanie tlenem daje się stosować tylko do żelaza kujnego; żelaza lanego nie można ciąć, gdyż z powodu niższego punktu topności niż temperatura spalania, stopia się przedtem i spalając się następnie tworzy z tlenkiem mieszaninę za gęstą, aby ją było można wydmuchać z powstałej szczeliny. Miedź również nie nadaje się do tego procesu z powodu silnego przewodnictwa ciepła, co nie pozwala ogrzać jej aż do spalania.

Lutowanie. Przy tym procesie łączenia używa się jako spoiwa *odrębnego* metalu w płynnym stanie, który łącząc się z metalem obu stykających się, rozgrzanych lecz nie stopionych powierzchni, tworzy między nimi spójnię. Ten po-

średniczący metal musi mieć temperaturę topliwości niższą niż metale łączone, które nie mogą ulec stopieniu wtedy, gdy on jest płynny; nadto powinien on rozpuszczać do pewnego stopnia owe metale i tworzyć z nimi w miejscu zetknięcia stop, przechodzący różnymi zawartościami składników od jednego metalu (łączącego) do drugiego (łączonego) i przez to wytwarzać spójnie. Warunkiem udania się złączenia musi być wobec tego zupełna metaliczna czystość powierzchni, aby zetknięcie metalu pośredniczącego (lutowia) z metalem łączonym było bezpośrednie i owo rozpuszczające działanie mogło nastąpić.

Ze względu że lutowanie odbywa się w podwyższonej a często bardzo wysokiej temperaturze, przy której łatwo występuje utlenienie, należy starać się nie tylko o to, by powierzchnie części łączonych były czyste, ale także, by podczas ogrzewania nie pokryły się tlenkiem, który udaremnia połączenie. Dlatego powierzchnie te chroni się od zetknięcia z powietrzem zapomocą środków pokrywających je i nie dopuszczających utlenienia, albo, o ile ono nastąpiło, rozpuszczających warstwę tlenku na rzadkoplłynny żużel.

Do oczyszczania powierzchni przed lutowaniem stosuje się mechaniczną obróbkę (obrobienie pilnikiem, oskrobanie i t. p.) oraz środki chemicznie działające np. kwas solny, chlorek cynku i inne sole, do ochrony i oczyszczenia w czasie ogrzewania boraks, salmiak, kwas fosforowy, szkło tłuczone, kałafonię i różne mieszaniny działające w podobny sposób.

Metale i stopy używane do lutowania dzielimy na *łatwo topliwe*, pozwalające się stosować przy niskiej temperaturze (zwykle nie powyżej 300°) ale dające połączenia słabe, nie znoszące większych natężeń ani obróbki, i *trudno topliwe* (zwykle powyżej 800°), wymagające więc wyższego ogrzania i droższych przez to urządzeń, lecz dające połączenia silne i znoszące pewną obróbkę (kucie, zginanie i t. p.).

Do pierwszego rodzaju (tz. *lutowie miękkie*) należy cyna i jej stopy z ołowiem w różnych stosunkach, odpowiednio do temperatury przy jakiej mają się topić, czasem z dodatkiem bizmutu lub kadmu gdy potrzeba bardzo niskiej tem-

peratury topliwości ¹⁾). Stopy takie mają postać prętów, płytek, ziarenek lub proszku.

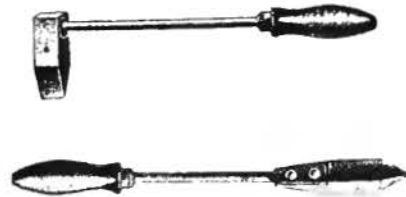
Na drugi rodzaj (tz. *lutowie twarde*) używana bywa miedź i jej stopy z cynkiem; stosuje się je zazwyczaj w postaci ziarenek, ale także w proszku, w kształcie płytek, drutów, siatek i t. p.

Obecnie w handlu znajdują się różnego rodzaju maście, zawierające obok sproszkowanego lutowia także środki oczyszczające i ochronne, tak, że bez dalszych dodatków i trudności można wykonać nimi lutowanie, pokrywając łączone powierzchnie i ogrzewając je do wymaganej temperatury.

Ważną rzeczą przy lutowaniu jest dokładne dostosowanie do siebie łączonych powierzchni, aby warstewka lutowia między nimi była jak najcieńsza, bo wtedy złączenie jest silniejsze niż przy warstwie grubej.

Do rozgrzewania lutowia i przedmiotów łączonych używa się różnych sposobów, zależnie od temperatury topliwości zastosowanego lutowia.

Przy lutowiu miękkim używa się *lutówki* prostej lub zgiętej (ryc. 190), w której zaostroszony klocek kutej miedzi



Ryc. 190.

osadzony jest na drążku żelaznym zakończonym drewnianą rączką. Lutówkę ogrzewa się w piecu, poczem rozporządza się zapasem ciepła, wystarczającym na pewien czas do roboty. Dogodniejsze są lutówki stale ogrzewane np. za pomocą gazu, spirytusu, benzyny i t. p. bo nie stygną w ciągu roboty.

Do twardego lutowania potrzeba wyższych temperatur; przedmioty łączone ogrzewa się na ognisku w węglu drzewnym, albo na podkładzie ogniotrwałym za pomocą lampy spirytusowej lub benzynowej, zasilanej powietrzem zgęszczanem pompką ręczną (ryc. 191) i pozwalającej wielkość i działanie płomienia regulować przez zmianę dopływu paliwa i powietrza. Do długo trwających robót najlepsze jest zastosowanie

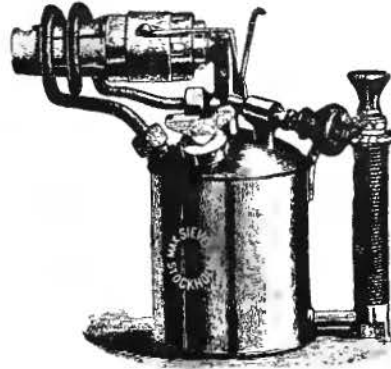
¹⁾ Część I, str. 93.

palnika gazowego, zasilanego powietrzem zgęszczonym (rycina 192).

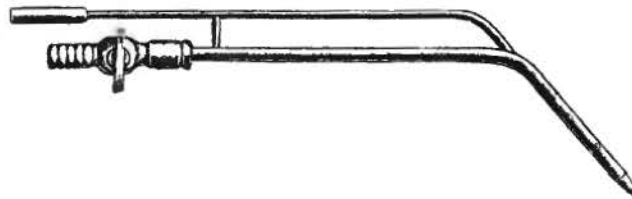
Powierzchnie łączonych przedmiotów powinny być jak największe, aby złączenie odbywało się na dużej przestrzeni, jeżeli więc są one małe, np. przy stykających się blachach, to się je ścina ukośnie i nakłada na siebie, zawija brzegi i t. p.

Szew lutowany jest zawsze słabszy niż łączony metal; przy żelazie wytrzymałość jego, przy dobrym wykonaniu, wynosi 70—80% wytrzymałości materiału. Zdarzające się wypadki, że przy próbach szew taki był silniejszy niż sam łączony materiał, odnoszą się zwykle do żelaza lichego lub nadwerżonego przez nieogłędną obróbkę.

Do twardego lutowania nadają się tylko przedmioty mniejszych rozmiarów lub cienkie, dające się łatwo ogrzać;



Ryc. 191.



Ryc. 192.

części wielkie, trudne do rozgrzania, nie dają się lutować. W budowie maszyn stosuje się lutowanie, najczęściej twarde, przy naprawach złamanych części z żelaza kujnego, wyrobie zbiorników z cienkiej blachy żelaznej lub miedzianej, gdy chce się uniknąć szwu nitowanego, do wyrobu rur miedzianych i t. p.

Żelazo lane daje się lutować tylko przy użyciu środków, zwykle patentowanych, które powierzchnię przełomu oczyszczają z grafitu i przez to umożliwiają złączenia jej z twardem lutowiem.

Powlekanie płynnymi metalami jest czynnością pokrewną lutowaniu, z tą różnicą, że tam grubsza warstewka metalu pokrywa równocześnie dwie powierzchnie, wywołując między nimi połączenie, tu stanowi ona tylko powłokę powierzchni i jest rozpostarta na niej w nadzwyczaj cienkiej warstwie.

Nie zajmujemy się tu wytwarzaniem powłoki zapomocą prądu elektrycznego lecz tylko stosowaniem do tego celu metalu stopionego. Oba te sposoby różnią się pod tym względem, że przy powłokach z metalu stopionego, wykonanych w podwyższonej temperaturze, mamy, jak przy lutowaniu, do czynienia z wzajemną rozpuszczalnością metali i tworzeniem się stopów przejściowych, przy elektrolitycznym pokrywaniu powłoka trzyma się tylko przez adhezję powierzchni przedmiotu i przy pewnych błędach wykonania odpada od niej w postaci łusek.

W budowie maszyn stosuje się powlekanie innymi metalami w celu zabezpieczenia wyrobów od chemicznych wpływów gryzących cieczy lub wpływu powietrza i największe zastosowanie ma powlekanie cynkiem i cyną.

Cynkowanie poza procesem elektrolitycznym odbywa się dziś dwoma sposobami: w roztopionym cynku i w pyłe cynkowym. W jednym i drugim wypadku należy powierzchnię przedmiotu bardzo dokładnie oczyścić, co się odbywa na drodze chemicznej przez zanurzenie w roztworze kwasu solnego albo mechanicznie zapomocą dmuchawki piaskowej.

Do cynkowania służą żelazne ogrzewane kotły ze stopionym cynkiem; przez zanurzenie przedmiotów w tej kąpieli osadza się bardzo trwale warstwa cynku na powierzchni w ten sposób, że wytwarza się warstewka pośrednicząca, zawierająca cynk i żelazo, które stopniowo przechodzi w czysty cynk.

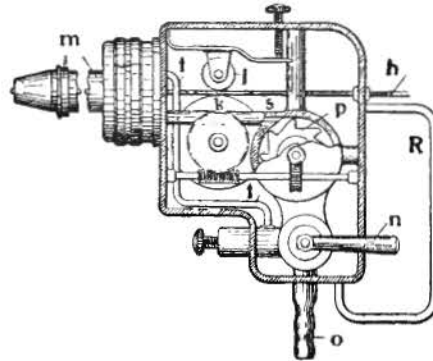
Drugi sposób zwany *szardyzowaniem* od nazwiska wynalazcy (Sherarda), stosowany do małych przedmiotów, polega na ułożeniu ich w pyłe cynkowym, otrzymywanym przy wyrobie cynku i zawierającym do 90% czystego cynku obok tlenku cynkowego. Używa się do tego procesu bębnow obrotowych, które po częściowem wypełnieniu wyrobami ułożonymi w pyłe cynkowym wsuwa się do pieca i ogrzewa do 230—400°. obracając nieustannie bęben. Po kilku godzinach

przedmioty są pokryte warstwą cynku. Powłoka jest bardzo trwała, tak że pokryte cynkiem wyroby można mechanicznie obrabiać (prasować, wyciągać) bez uszkodzenia.

Cynowanie wykonywa się w podobny sposób jak pokrywanie płynnym cynkiem, — zanurzając przedmioty doskonale oczyszczone w roztopionej cynie, silnie przegrzanej (300—400°).

Pokrywanie stopionymi metalami, które ograniczało się na cynk i cynę, znalazło obszerniejsze zastosowanie wskutek dokonanego przed kilku laty i obecnie już do celów fabrycznych przystosowanego wynalazku *Schoopa*, polegającego na tem, że jakikolwiek stopiony metal rozpyla się zapomocą par lub gazów i pod ich ciśnieniem rzuca na powierzchnię danego przedmiotu, na której pyłki metalu osadzają się, zbijają i łączą ze sobą w zwięzłą powłokę dowolnej grubości.

Przyrząd do tego służący widzimy na ryc. 193. Drucik metalowy *h* podsuwają kółka tarciove *l* i *k* do dyszy *m*, gdzie się topi i rozpyla. Palny gaz, zwykle mieszanina wodoru z tlenem, dopływa z przewodu *o* zamykanego kurkiem *n* do rurki *t* prowadzącej do dyszy. Powietrze o ciśnieniu około 3 atm., potrzebne do rozpylenia stopionego metalu, dopływa do turbinki *p* wprawiając ją w obrót i przewodem *s* dochodzi do dyszy *m*, gdzie wytwarza się płomień bardzo gorący, topiący każdy metal; turbinka (lub elektromotor)



Ryc. 193.

za pośrednictwem kół ślimakowych obraca kółko tarciove *k*, posuwające drucik. Cały przyrząd jest niewielki, ma kształt pistoletu, i trzymany za rękojeść *R* pozwala się dowolnie poruszać w czasie roboty. Przyrząd rozpylający łączy się giętymi przewodami ze zbiornikami gazu i powietrza, które podobnie jak przy stapianiu gazowem i oczyszczaniu zapomocą strumienia piasku, wyposażone są w stosowne wentyle i urządzenia.

Zakres działania procesu Schoopa jest bardzo rozległy. Zastępuje on w wielu razach procesy elektrolitycznego powlekania lub w roztopionych metalach, pracując o wiele szybciej, stosując dowolne metale (cyna, cynk, ołów, miedź, glin i t. p.) i dając powłoki dowolnej grubości, trwałe, dające się toczyć, polerować i t. p. lub stosować w stanie niezmiennym. Powłoki te, służyć mogą do takich samych celów, jak wykonane innymi sposobami. Poza budową maszyn znalazł wynalazek Schoopa zastosowanie w technice i w przemyśle artystycznym do rozmaitych materiałów, także niemetalicznych.

II. KUŹNICTWO.

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE.

Procesami kuźniczymi przerabiamy materiały plastyczne w ten sposób, że zapomocą odpowiednio stosowanego nacisku nadajemy im wymagane kształty. Przez te czynności przekształca się dany materiał w całości, zachowując jego objętość bez zmiany a tylko przemieniając jego postać; odcinanie, jakie bywa niekiedy stosowane, czyto dla odłączenia gotowego przedmiotu od reszty materiału, czyto w jakim innym celu, jest tu tylko czynnością dodatkową i uboczną, nie zmieniającą zasady roboty kuźniczej, jaką jest plastyczna przeróbka bez zmiany objętości.

Pod tym względem istnieje podobieństwo czynności kuźniczych z odlewniczymi, bo i tam mamy formę o pewnej objętości, dla której potrzeba określonej ilości metalu, bez względu na to ile go mieści zbiornik, z którego się odlewa, a odłączenie nadlewków i wlewów jest tylko rzeczą uboczną, dla kształtu odlewu nieistotną. Przy kuciu w formach analogie te występują wyraźniej, bo forma tłoczona na plastyczny materiał obejmuje go swym kształtem i tyle go zużywa, ile wynosi jej objętość w chwili gdy się obie części tłoczące ze sobą spotkają.

Tą jednakową objętością surowego materiału i wykonanego z niego istotnego wyrobu różnią się te oba procesy, odlewniczy i kuźniczy od innego działu przeróbki, jaką jest skrawanie surowego materiału dla wydobycia z niego żądanego kształtu o innej i znacznie mniejszej objętości niż miał przed rozpoczęciem roboty, a więc przeróbki, w której

odłączanie materiału z obrabianego przedmiotu jest istotną cechą procesu obróbki.

Nieodzownym warunkiem przeróbki kuźniczej jest *plastyczność* surowego materiału, metale więc kruche, nieciągliwe, są tutaj z góry wykluczone. Do metali plastycznych, naturalnie w różnym stopniu, w zwykłej temperaturze, należy między innymi, jak wiemy z części ogólnej, ołów, cyna, miedź, mosiądz, żelazo kujne, do nieplastycznych w zimnym stanie cynk, antymon, surowiec żelaza i i. Niektóre metale w stanie zimnym nieplastyczne nabierają tej własności przez rozgrzanie, np. cynk jest plastyczny w temp. 100—150°, u innych plastyczność wzmagą się z rozgrzaniem (cyna, żelazo i i.) i albo stale się zwiększa ze wzrostem temperatury aż do punktu topienia, jak u żelaza, albo metal rozgrzany ponad pewną miarę, staje się mniej ciągliwym a nawet kruchym, jak miedź, cynk i cyna. Nagłe oziębienie (hartowanie) może odebrać metalowi plastyczność (stal) albo ją zwiększyć (pewne rodzaje bronzu). Wiemy też, że metale czyste mają wogóle większą ciągliwość niż stopy, chociaż i tu zdarzają się wyjątki (mosiądz).

Plastyczna przeróbka jakiegoś metalu jest tylko wtedy możliwa, gdy odkształcenia wywołane działaniem sił są trwałe, a więc gdy materiał nie jest sprężysty; przeróbka kuźnicza odbywać się więc może tylko powyżej granicy sprężystości metalu¹⁾. Wiemy też, że przy zbyt wielkiem natężeniu, przewyższającym granicę wytrzymałości materiału, następuje zerwanie, — stąd wskazówka, że siły działające przy przeróbce nie mogą wywoływać natężeń rozrywających. Mamy więc dwie granice wielkości natężeń dla przeróbki kuźniczej, która odbywać się może tylko powyżej granicy sprężystości, a poniżej granicy wytrzymałości. Najstosowniejsze będzie trzymanie się granicy plastyczności, kiedy materiał *plynie*, bo wtedy odkształcenia najłatwiej się odbywają.

Do przeróbki kuźniczej nadawać się będą, na podstawie powyższego rozważania, metale, w których granica sprężystości jest odległa od granicy wytrzymałości, a nieodpowiednie

¹⁾ Część I, str. 110—111.

te, gdzie te granice są bliskie, bo w takim razie trudno nacisk na materiał utrzymać między obiema granicami i łatwo je przekroczyć ze szkodą dla przebiegu roboty i całości obrabianego przedmiotu.

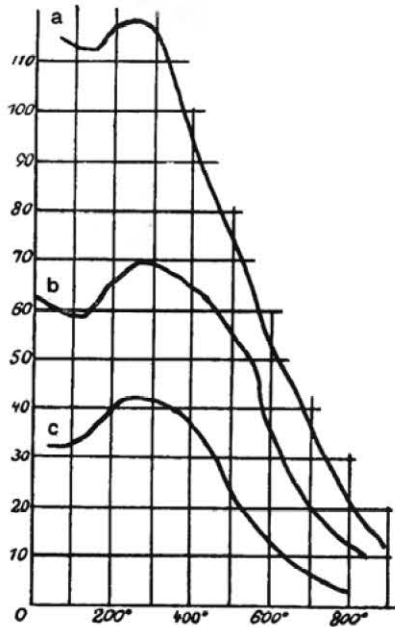
Odporność materiału, warunkująca wielkość potrzebnego nacisku dla wywołania plastycznego odkształcenia, wywiera również wpływ na możliwość przeróbki kuźniczej, gdy bowiem jest zbyt wysoka, materiał mimo swej plastyczności stawia za wielki opór narzędziu i przeróbka jest trudna i przez to kosztowna.

Najważniejszy materiał kuźniczy, żelazo kujne, jest, jak wiemy, więcej plastyczny przy małych niż przy większych zawartościach węgla, który odbiera mu ciągliwość, robiąc go kruchym. Jednakże przeróbka w normalnej temperaturze jest utrudniona z dwóch powodów, raz dla stawianego oporu, gdyż wytrzymałość żelaza miękkiego wynosi około 35 kg/mm^2 a ze wzrostem węgla podnosi się znacznie i u t.z. stali maszynowej ¹⁾ wynosi przynajmniej 50 kg/mm^2 , a powtórę z powodu zmian, jakie powoduje zimna obróbka ²⁾, zwiększając twardość i kruchość materiału i wywołując potrzebę dodatkowego żarzenia. Jakkolwiek więc w pewnych wypadkach przerabia się miękkie żelazo na drodze zimnej, to jednak znacznie większą rolę odgrywa w przemyśle obróbka żelaza rozgrzanego, która nie wywołuje stwardnienia i kruchości jak zimna a przytem ma do czynienia z materiałem o wiele mniej odpornym w stanie rozżarzonym niż w stanie zimnym.

W jakim stopniu wytrzymałość żelaza a tem samem odporność przy obróbce zmniejsza się wskutek rozgrzania, wskazują wykresy (na ryc. 194) wytrzymałości w kg/mm^2 na rozciąganie (oś pionowa) różnych rodzajów żelaza, przy rozmaitych temperaturach (oś pozioma); linia *a* odnosi się do żelaza zlewnego o zawartości 0.97% węgla (stal perlityczna), linia *b* do żelaza zawierającego 0.37% węgla, linia *c* do miękkiego żelaza pudlarskiego.

¹⁾ Część I, str. 21.

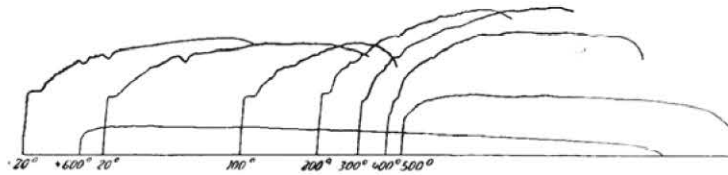
²⁾ Część I, str. 28.



Ryc. 194 (Fischer).

Na wszystkich trzech wykresach widzimy w temperaturze niebieskiego nalotu ¹⁾ (tj. od 150—300°) wzrost a następnie z postępującym rozgrzaniem szybkie obniżanie się wytrzymałości do tego stopnia, że stal twarda (wykres *a*) mająca w normalnej temperaturze wytrzymałość wyższą niż 110 kg/mm² wykazuje przy 900° zaledwie 12 kg/mm², wytrzymałość zaś miękkiego żelaza spada z 30 na 4 kg/mm² przy temp. 800°. Na ryc. 195 widzimy przy różnych temperaturach (od -20 do +600°) wykres natężeń i wydłużeń ²⁾ żelaza zlewne, którego wytrzymałość przy +20° wynosiła 43·7 kg/mm² a wydłużenie 28·9‰.

Ponieważ temperatura niebieskiego nalotu wywołuje nie tylko zwiększenie odporności żelaza ale zarazem zmniejszenie jego ciągliwości, tj. czyni je kruchem, nie obrabia się żelaza nigdy w tej temperaturze ze względu na niebezpieczeństwo powstawa-



Ryc. 195 (Ledebur).

nia pęknięć lub niewidocznych na razie, lecz jeszcze niebezpieczniejszych rys, a ponieważ niepodobna ocenić w czasie obróbki, czy temperatura przedmiotu opadła już do 300°, przyjęto w prak-

¹⁾ Część I, str. 27.

²⁾ Część I, str. 110.

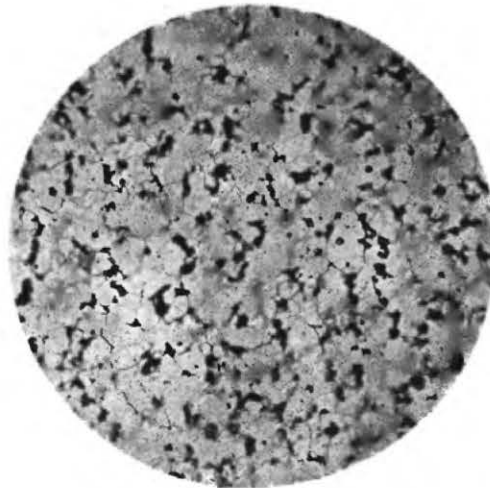


[Ryc. 196 (St. u. E.)

cina 196 przedstawia miękkie żelazo zlewne (pow. 1:150) o zawartości węgla 0,11%, w stanie surowym tj. wzięte wprost z bloka, ryc. 197 to samo żelazo (pow. j. w.) lecz przekute w ten sposób, że w ciągu 118 sekund otrzymało 360 uderzeń młotem, przyczem z początkowej temperatury 1000° ostygło na 810° a jego prostokątny przekrój o wymiarach 60/40 mm zmniejszył się przy kuciu na 25/25 mm. Oba obrazy wskazują jak materiał o grubych i nieforemnych ziarnach przekształcił się w drobnoziarnisty o komórkach jednolitych. Wobec tego jest rzeczą naturalną, że z tą zmianą struktury polepszają się także warunki wytrzymałości. Wytrzymałość żelaza, którego strukturę po-

tyce zasadę, że materiał, który o tyle ostygł, że przestaje świecić (około 550°), nie powinien być dalej obrabiany bez ponownego rozgrzania.

Przeróbka kuźnicza wywołując przekształcenie materiału, powoduje równocześnie wydłużenie ziarn w pewnych kierunkach, przez co przekrój ich zmniejsza się a tem samym żelazo staje się więcej drobnoziarnistym. Ryc.



Ryc. 197 (St. u. E.).

dają obie powyższe ryciny, zmieniła się przy opisanem kuciu w ten sposób, że granica plastyczności wzrosła z 18·48 na 32·0 kg/mm² a granica wytrzymałości z 40·01 na 45·6 kg/mm² ¹⁾).

Inny przykład polepszenia wytrzymałości i ciągliwości różnych gatunków żelaza przez przeróbkę kuźniczą podaje następująca tabelka ²⁾).

	Zawartość węgla w %	Wytrzym. na roz- ciąganie w kg/mm ²	Wydłużenie %
Materyał surowy . . .	0·2	37·2	11·6
Materyał kuty . . .		42·1	22·5
Materyał surowy . . .	0·4	38·8	3·4
Materyał kuty . . .		52·7	17·9
Materyał surowy . . .	9·7	46·8	1·7
Materyał kuty . . .		68·8	10·2

Że przy kuciu na zmiany wytrzymałości wpływa nie tylko zmniejszenie wielkości ziarn, ale także inne czynniki, jak przerobienie i ujednostajnienie materiału, a wskutek tego zmniejszenie niejednorodności w rozkładzie składników i usunięcie naprężeń wskutek żarzenia, — to nie ulega wątpliwości, jak wogóle przy procesie tak złożonym nie można wydzielić i określić dla siebie wpływu poszczególnych czynników wchodzących w grę. Podobnie temperatury przy których rozpoczynała się i kończyła obróbka mają znaczenie; ten sam materiał w ten sposób kuty, że robota skończyła się przy wyższej temperaturze np. przy 800°, będzie miał inną wytrzymałość i ciągliwość niż ten sam materiał kuty do zniknięcia żaru np. do 500°, gdy już wpływ obróbki zimnej zaczyna się zaznaczać.

Jeszcze jedna właściwość występuje przy obróbce kuźniczej, szczególnie przy walcowaniu. Żelazo mające po przeróbce w poprzecznym przekroju taką strukturę, jaką widzieliśmy na ryc. 197, wykazuje często w przekroju podłużnym układ pasemkowy (ryc 198, pow. 1 : 50). Tłómaczą to z wiel-

¹⁾ Oberhoffer, »Über den Einfluss des Schmiedens auf die Eigenschaften eines weichen Flusseisens«, St. u. E. 1913, str. 1507 i dalsze.

²⁾ Ledebur, »Handbuch der Eisenhüttenkunde« z r. 1908, część III, str. 61.

kiem prawdopodobieństwem zawartością małych ilości żużla (w żelazie zlewnem pochodzącego z desoksydacji)¹⁾, które wydłużając się powodują układanie się warstwami ziarn perlitu i ferrytu wzdłuż pasemek żużla²⁾.



Ryc. 198 (St. u. E.)

Rozgrzewanie materiału do przeróbki kuźniczej posiada obok wymienionych korzyści także strony ujemne jak koszt paliwa i urzą-

dzeń do ogrzewania (pieców), i strata żelaza przez utlenianie się na powierzchni, wskutek czego tworzy się na niej warstwa tlenku, odpadająca przy kuciu jako *tz.* zendra; przy nieoględnym postępowaniu w czasie ogrzewania, gdy żelazo nie jest należycie chronione od dostępu powietrza i długo pozostaje w piecu, może nastąpić nawet *tz.* spalanie żelaza *tj.* utlenienie się jego składników wewnątrz (krzem i mangan), przez co wytwarzają się złoże żużla przedzielające cząstki żelaza od siebie i wywołujące przez to jego kruchość, nie dającą się usunąć żadnym późniejszym procesem.

Innym objawem zbyt długiego ogrzewania bywa odwęglenie żelaza na powierzchni, która przez to staje się miękką.

Rozgrzewanie materiału w piecu kuźniczym łatwo może wywołać *prze-grzanie*, objaw dla wytrzymałości materiału bardzo niebezpieczny, którego znaczenie i sposób usuwania omawialiśmy w części ogólnej³⁾.

¹⁾ Część I, str. 189 i 203.

²⁾ Oberhoffer, »Einige Beobachtungen über die sogenannte Zeilenstruktur«. St. u. E. 1913, str. 1569.

³⁾ Część I, str. 26.

Sposoby obróbki kuźniczej jakkolwiek wszystkie mają na celu plastyczne przekształcenie metalu w inną postać tej samej objętości, różnią się jednak między sobą sposobem działania narzędzi i według tego dzielimy je na następujące grupy:

I. *Kucie i tłoczenie* (prasowanie) zapomocą uderzenia lub spokojnego nacisku, wywartego na materiał nie będący w ruchu.

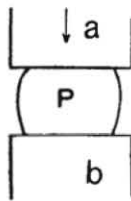
II. *Walcowanie* zapomocą nacisku obracających się wałków na materiał równocześnie posuwający się wskutek działania tych wałków.

III. *Wyciąganie* zapomocą nacisku zawartego przez nieruchomą formę na materiał przez nią się przesuwany za pomocą stosownych urządzeń pociągowych.

Osobny dział przeróbki kuźniczej stanowią procesy wytwarzania *nierozdzielnych połączeń* między częściami maszyn, przedmiotami metalowymi i t. p.

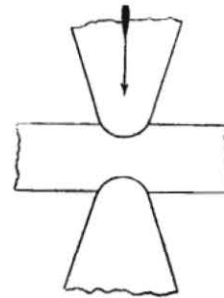
2. KUCIE I TŁOCZENIE.

Obie operacje, pomijając niejednakową szybkość ruchu narzędzi i wynikające z tego skutki, są podobne. I tu i tam obrabiany przedmiot *P* (ryc. 199) opiera się na nieruchomej podstawie *b*, którą jest kowadło, a z góry działa nań narzędzie czynne *a*, którym jest czyto kłoc młota czy tłoczysko prasy. Wskutek wywartego działania następuje odkształcenie przedmiotu w ten sposób, że powierzchnie stykające się z jednej strony z płatnią kowadła, z drugiej z płatnią kłoca, zbliżają się do siebie,

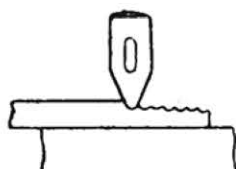


Ryc. 199.

przedmiot rozplaszcza się, a materiał doznaje przeróbki i nabiera cech poprzednio omówionych. Sposób odkształcenia przy kuciu lub prasowaniu zależy zresztą od kształtu jaki ma otrzymać przedmiot i od kształtu użytych narzędzi i sposobu ich stosowania. Jeżeli narzędzie ma płatnię płaską i szeroką, następuje *splaszczanie* w wyżej opisany sposób, opór jednak przedmiotu jest znaczny ze względu na wielkość jego powierzchni, wskutek czego wywarte ciśnienie jednostkowe jest znacznie mniejsze niż przy narzędziu o małej powierzchni (ryc. 200), które wywiera znacznie większe ciśnienie na jednostkę i przez to łatwiej materiał wypiera. Dlatego chcąc przedmiot szybko *wydłużyć* a zarazem *ścięńczyć*, stosujemy płatnię klinową, wywie-



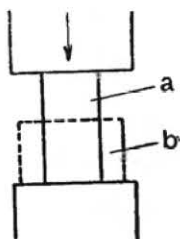
Ryc. 200.



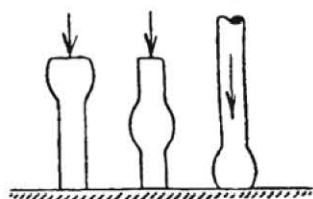
Ryc. 201.

rając w blizkich odstępach nacisk na materiał (ryc. 201); — aby go *wygładzić* stosujemy płatnię płaską. Przy zastosowaniu wielkich ciśnień jednostkowych możemy przedmiot *a* (ryc. 202) stłoczyć na całej powierzchni, spłaszczając go i równocześnie wydłużając równoległe do powierzchni płatni (*b*).

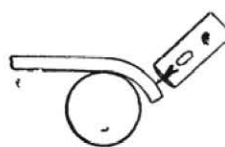
Można też wywołać inne odkształcenia, jak *zgrubienie* (spęczenie), gdy pręt tylko w jednym miejscu rozgrzany stawa w niem mniejszy opór (ryc. 203), *zginanie* (ryc. 204), *przebijanie* (ryc. 205), gdy kolec wciśnięty w materiał roze-



Ryc. 202.

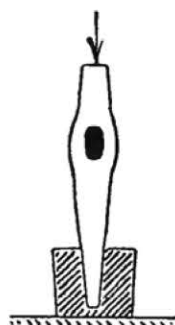


Ryc. 203.

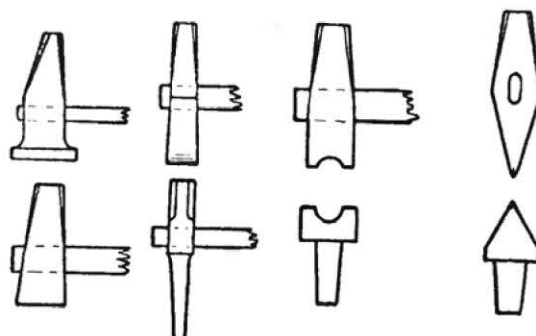


Ryc. 204.

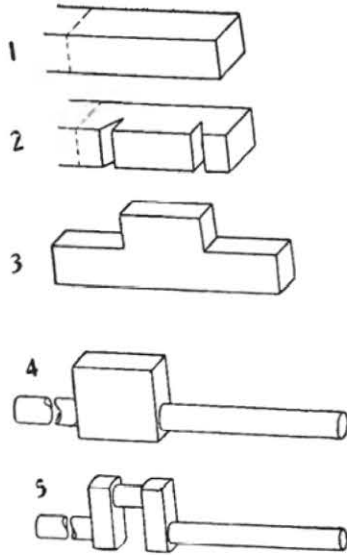
pchnie go na boki i wytworzy otwór. Przez przesuwanie i odwracanie przedmiotu na kowadle, uderzanie z różną siłą i stosowanie narzędzi odpowiedniego kształtu (ryc. 206), nadajemy materiałowi żądaną postać, nieraz bardzo złożoną, do czego konieczna jest wielka wprawa robotnika. Ryc. 207 przedsta-



Ryc. 205.



Ryc. 206.



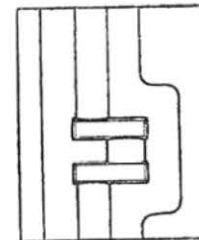
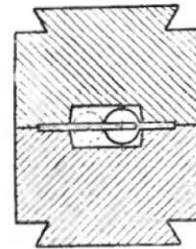
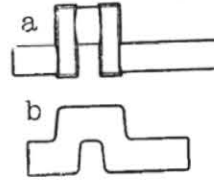
Ryc. 207 (Preger).

żądany kształt. Na ryc. 208 widzimy formę do kucia wału korbowego *a*, odkutego przedtem w przygotowawczy kształt *b*. Aby materiał zawarty w tym kształcie, a będący w nadmiarze zmieścił się w formie i pozwolił jej częściom zetknąć się przy końcu procesu, musi być w miejscu zetknięcia się pozostawiona dokoła formy pusta przestrzeń (widoczna na rycinie), którą wypełni nadmiar tłoczonego materiału. Wskutek tego utworzy się jak przy odlewaniu rąbek dokoła przedmiotu. Rąbek ten można odciąć zapomocą dłuta, albo narzędzia przedstawionego na ryc. 209, wykonanego podług kształtu przedmiotu i działającego na sposób nożyc; narzędzie takie odcina od razu cały rąbek.

Wszystkie powyższe roboty dają się wykonać zapomocą kucia i tłoczenia, i zda-

wia stopniowe (1—4) kucie wału korbowego, którego kształt po następnym obrobieniu na maszynach skrawających podaje szkic 5.

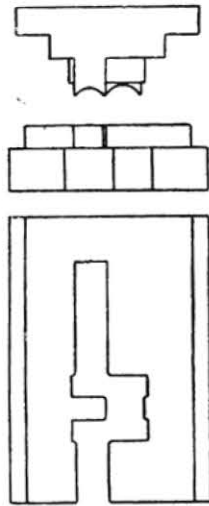
Zamiast takiej obróbki z natury rzeczy kosztownej, stosuje się przy masowej produkcji i o ile kształt przedmiotu na to pozwala, *kucie w formach*, które złożone ze sobą obejmują żądany kształt; jedną część formy umieszcza się na kowadle i położywszy na niej materiał, przykładając do niego część drugą a następnie uderza w nią młotem lub ciśnię tłoczną, przez co obie części formy wciśkają się w przedmiot i nadają mu



Ryc. 208 (Preger).

wałoby się, że wobec tego działanie obu procesów jest jednakowe. Tak jednak nie jest.

Różnice. Przy kuciu rozporządzamy do przeróbki materiału energią, jaką daje uderzenie kłosa mającego pewien ciężar i spadającego z pewnej wysokości; energię tę określa znany wzór: $\frac{Mv^2}{2}$, gdzie $M = \frac{G}{g}$ przedstawia masę kłosa o ciężarze G , a v jego szybkość w chwili zetknięcia się z materiałem. Dwa czynniki wpływają więc na wielkość energii,



Ryc. 209 (Preger).

ciężar młota i szybkość, ta ostatnia w drugiej potędze, przez co zwiększenie jej działa więcej na wzrost energii niż powiększenie ciężaru młota. Zdawałoby się że należałoby ten wzgląd wyzyskać przy budowie młotów mechanicznych; jednakże dla przeróbki materiału nie jest rzeczą obojętną czy zwiększymy w odpowiednim stosunku ciężar kłosa czy jego szybkość, i doświadczenie rozstrzygnęło na korzyść pierwszego z następujących powodów: Młoty o ciężkim kłocie nie mogą wykonywać częstych uderzeń i po uderzeniu dłużej spoczywają na materiale, młoty natomiast o znacznej szybkości nie mogą mieć ciężkiego kłosa i wykonywując znacznie więcej uderzeń, krótko tylko stykają się z materiałem obrabianym. Tymczasem materiał ten wymaga, aby oddzia-

ływanie narzędzia trwało dostatecznie długo, bo wskutek spójności cząstek ruch ich od miejsca działania młota stopniowo tylko przenosi się dalej i potrzeba pewnego czasu, by doszedł do warstw głębszych. Jeżeli działanie młota trwa tylko krótką chwilę, przeróbka materiału ogranicza się jedynie do warstw bliższych powierzchni zetknięcia; przy dłuższem spoczywaniu kłosa na przedmiocie przenosi się ono na warstwy głębsze. To jest powodem dlaczego na dobroć przeróbki przez kucie lepiej działa zwiększenie ciężaru kłosa niż jego szybkości, a także że tłocznie są pod tym względem najkorzystniejsze. Wskutek krótkości zetknięcia się z materiałem spadającego

kloca, energia jaką on posiada nie zużywa się wyłącznie tylko na odkształcenie materiału, ale w znacznej części (według doświadczeń Kicka ¹⁾ 35%) przenosi się na kowadło, wywołując jego ruch. Ten objaw ma podwójnie ujemne znaczenie, jako zmniejszenie pracy użytecznej młota i spowodowane ruchem kowadła wstrząśnienie, niebezpieczne dla trwałości młota i dla jego otoczenia. By zmniejszyć wstrząśnienia przy kuciu, umieszcza się pod kowadłem ciężką żelazną podstawę (kłodzisko, szabotę), która przejmując w sobie uderzenia, jakim kowadło podlega, tem mniej doznaje wstrząśnień, im większy jest jej ciężar w stosunku do młota. W praktyce ciężar podstawy oznacza się w stosunku do maksymalnej energii uderzenia młota i różne podręczniki podają zgodnie ciężar podstawy Q w stosunku do ciężaru spadającego G i wysokości spadu h :

$$\begin{array}{ll} \text{Dla obróbki żelaza miękkiego} & Q = 6hG \\ \text{dla stali} & Q = 10hG \end{array}$$

U młotów parowych, gdzie para wzmacnia uderzenie spadającego kloca, należy powyższe wartości pomnożyć przez 1·3. W praktyce spotyka się nieraz, zwłaszcza u większych młotów, kłodziska o mniejszych ciężarach niż z powyższych wzorów wynikają, a to z powodu olbrzymiej często ilości żelaza potrzebnej na ten cel, podczas gdy młot tylko czasem obrabia przedmioty wymagające wykorzystania całej jego rozporządzalnej energii.

Mimo stosowania wielkiego kłodziska wstrząśnienia dają się tylko zmniejszyć ale nie usunąć w całości, i udzielając się fundamentom, szkodliwie oddziałują na sam młot i na jego otoczenie, przenosząc się na bardzo wielkie nieraz odległości, powodując osiadanie się ziemi, pęknięcia murów w budynkach i t. p. Aby się od tego uchronić, umieszcza się kowadło wraz z podstawą na osobnym fundamencie, nie złączonym z podstawą młota, i nie bezpośrednio w ziemi zbudowanym ale opartym na elastycznym podkładzie z drzewa lub pilśni. Podkład taki uginając się podczas ruchu kłodziska

¹⁾ Kick: »Vorlesungen über mechanische Technologie« 1908, str. 34.

doznaje zgniecenia, a następnie rozpręży się, przez co wstrząśnienie jest mniejsze.

Dalszą ujemną stroną obróbki zapomocą młota jest hałas sprawiany przy kuciu, przykry dla pracujących, a w miejscowościach gęściej zaludnionych nieznośny dla okolicznych mieszkańców.

Przerabianie materiału przez tłoczenie jest o wiele dokładniejsze i jednolitsze, bo tłoczysko prasy opierając się nieustannie na materiale wywołuje ruch cząstek w warstwach głębiej położonych, i przy dostatecznym nacisku przerabia cały materiał nawskróś, energia zużywa się w całości na przeróbkę, wstrząśnień niema, odpada więc potrzeba ciężkiej podstawy, osobnego fundamentu i sprężystego podkładu, niema też hałasu jak przy młocie, gdyż praca tłoczni odbywa się zupełnie cicho.

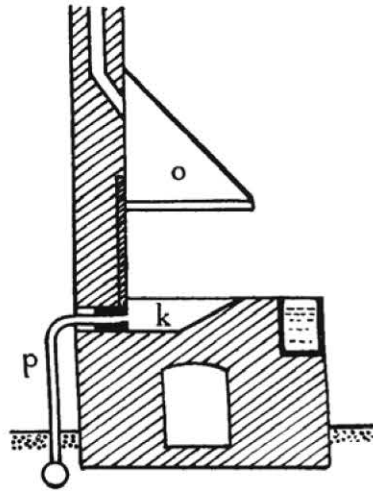
Ujemną stroną tłoczni są znacznie większe koszty założenia, gdyż dla przerobienia materiału zapomocą spokojnego nacisku siły działające muszą być nieraz olbrzymie, co wpływa na rozmiary tłoczni i koszty jej budowy i ustawienia.

Ponieważ przy uderzeniu przeróbka materiału sięga jak wykazaliśmy, tylko do pewnej głębokości, nadają się młoty do obrabiania przedmiotów cienkich; przedmioty grube, zwłaszcza wielkie bloki, można korzystnie przerabiać tylko na tłoczniach. Gdy jeszcze w ostatnim dziesiątku zeszłego wieku budowano do obrabiania takich bloków młoty o ciężarze kłosa wynoszącym dziesiątki tysięcy kilogramów ¹⁾, dziś ich miejsce zajęły olbrzymie hydrauliczne tłocznie, młoty zaś tegoczesne o ciężarze kilkudziesięciu, kilkuset a rzadko kilku tysięcy kilogramów, używane są do zwykłych robót kuźniczych w przeróbce mniejszych przedmiotów.

Piece kuźnicze. Piece do ogrzewania przedmiotów kutech zastosowane są do ich kształtu i wielkości. Do rozżarzania małych wyrobów używa się powszechnie *ogniska kowalskiego*, którego typową postać przedstawia ryc. 210. Ognis-

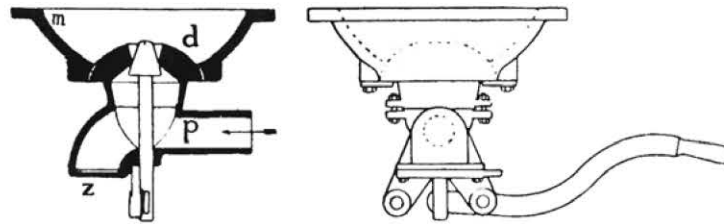
¹⁾ Słynny młot »Fryc« u Kruppa w Essen zbudowany w r. 1861 został usunięty w r. 1911, robiąc miejsce prasom hydraulicznym. Pierwsza taka prasa stanęła tam jeszcze w r. 1890.

ska stanowi kotlina *k* oddzielona żelazną płytą od ściany, przy której jest zbudowany piec; powietrze potrzebne do spalania paliwa (węgiel drzewny, węgiel kamienny wolny od siarki, koks) doprowadza przewód *p*. Gazy spalenia chwytają okap *o* i kieruje do komina. Z boku znajduje się koryto żelazne z wodą do chłodzenia narzędzi, przytłumienia i zalewania ognia i t. p.



Ryc. 210.

Opisane ognisko z wymurowaną kotliną ma wadę jednostronnego, a więc niekorzystnego doprowadzania powietrza; w większych zakładach używa się zamiast murowanych, — żelaznych ognisk, w których powietrze dopływa z dołu. Taki przyrząd, który się osadza w żelaznym stole, widzimy na ryc. 211. Jest to z żelaza odlana misa *m* z wprawioną w dnie wypukłą dyszą *d*, mającą w środku otwór dla powietrza tłoczonego z dołu przewodem *P*. Otwór dyszy wypełnia stożek

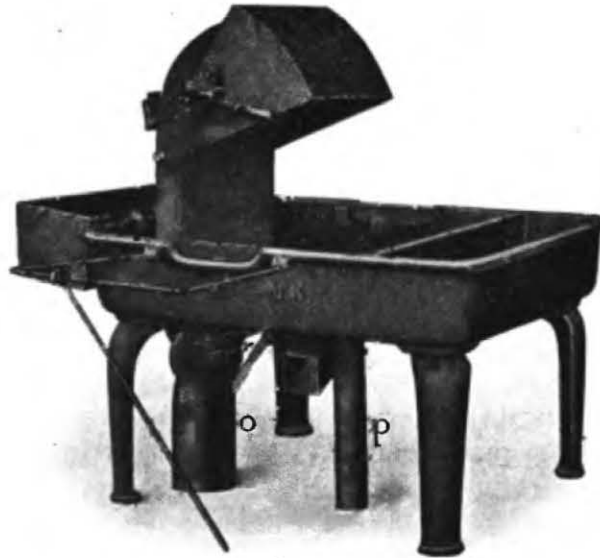


Ryc. 211.

podnoszony i opuszczany zapomocą pręta poruszanego dźwignią, przez co można regulować dopływ powietrza do dyszy, zmieniając powierzchnię otworu; stożek służy także do oczyszczania dyszy z żużla, tworzącego się z węgla. Spadający przez otwór dyszy popiół usuwa się otwierając zasuwę *z*.

Ogniska kowalskie, budowane przy ścianie, utrudniają

rozgrzewanie większych przedmiotów; z tego powodu w kuźniach przerabiających duże kawałki ustawia się piece na środku, odciągając dym stożkowatym okapem z zastępującą komin rurą, teleskopowo zesuwaną dla podnoszenia i obniżania okapu. Takie urządzenie utrudnia pracę przy ognisku, zaciemnia kuźnię a odprowadzanie dymu jest niedostateczne, wskutek czego dym i czad wypełniają pracownię, zaciemniają ją i psują w niej powietrze. Tej wady nie ma wolno stojące ognisko, jakie widzimy na ryc. 212. Mały okap jest tu umiesz-



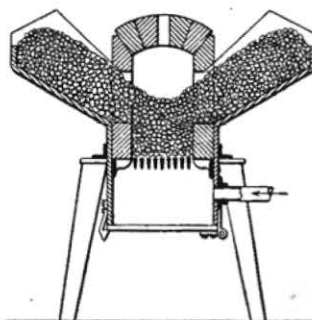
Ryc. 212.

czony z boku i połączony z odpływem *o*, prowadzącym do podziemnego przewodu, łączącego się z ekshaustorem; okap ten można stosownie do potrzeby podnosić i opuszczać, jak to widać na rycinie. Powietrze doprowadza się również z pod spodu rurą *p*.

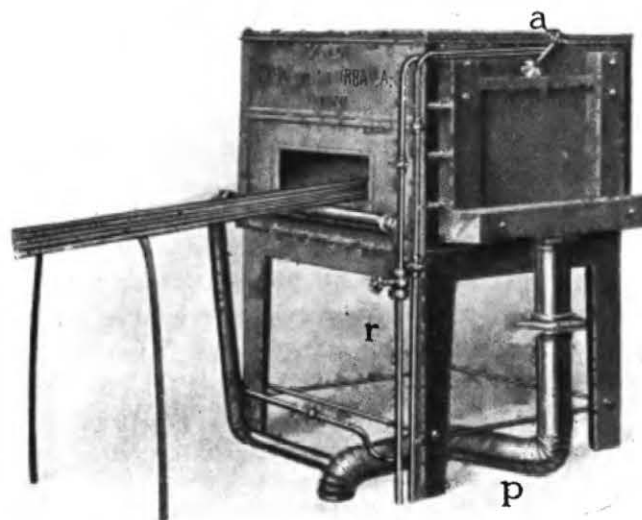
Te najwięcej rozpowszechnione piece kuźnicze źle wyżywiają paliwo, tracąc wiele ciepła przez promieniowanie w górę; dla zapobieżenia takim stratom dają piecom postać przedstawioną na ryc. 213, gdzie ognisko jest przykryte z góry sklepieniem, paliwo wsypuje się z boków, a przedmioty ogrze-

wane (pręty) wsuwa z przodu i z tyłu pieca. Sklepienie rozgrzawszy się promieniuje ciepło i ujednostajnia temperaturę w piecu, przyczyniając się równocześnie do jego ekonomii.

Konstrukcja tego pieca jest przejściem do *pieców płomiennych* komorowych; komora zbudowana z materiału ogniotrwałego wypełniona jest płonącymi gazami. Rozgrzewanie jest tu jednostajniejsze, materiał nie nabiera szkodliwych składników przez stykanie się z węglem rozżarzonym jak w ognisku kowalskim. Piece opala się węglem, gazem palnym lub płynnym paliwem; przy użyciu obu ostatnich rodzajów paliwa można dogodnie regulować dopływ powietrza i w ten sposób zapobiedz jego nadmiarowi w płomieniu i uchronić od utleniania przedmioty rozgrzewane w piecu. Piece takie są też nierównie dogodniejsze do obsługiwania niż piece opalane węglem lub koksem. Na ryc. 214 widzimy tego rodzaju piec ogrzewany paliwem płynnym, które prze-



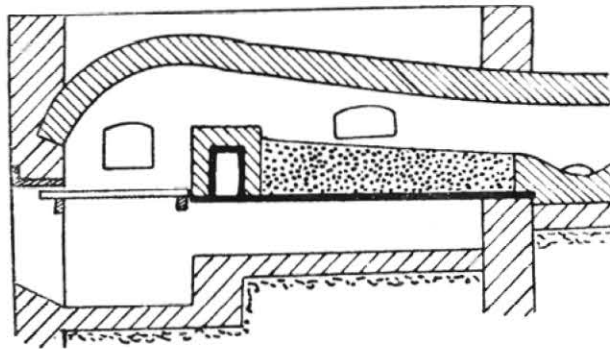
Ryc. 213 (St. u. E).



Ryc. 214.

wodami r dopływa do dysz a (jednej lub więcej), umieszczonych w ścianach pieca, i zmieszane z powietrzem doprowadzanem przewodem p wytwarza płomień.

Przedmioty wielkich rozmiarów muszą być rozżarzane w piecach płomiennych, ogrzewanych albo bezpośrednio za pomocą paliwa spalanego na ruszcie (ryc. 215) albo sposobem Siemens'a (z zastosowaniem regeneratorów). Piec Siemens'a



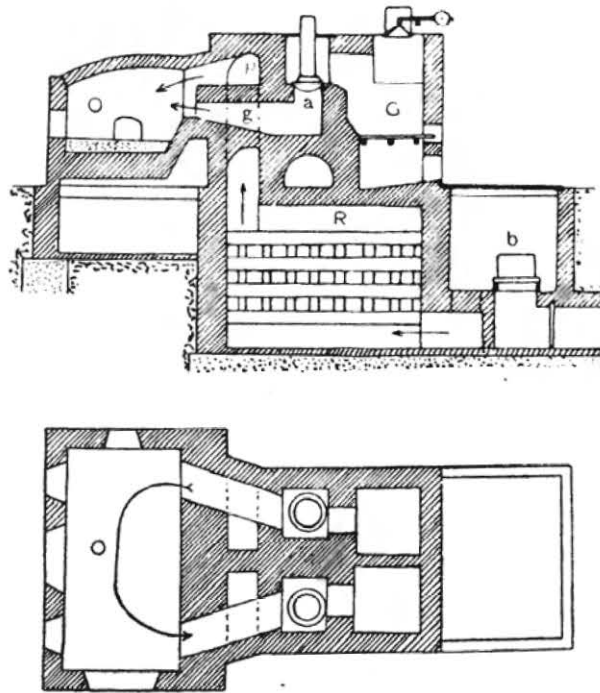
Ryc. 215.

zbudowany do celów kuźniczych¹⁾ widzimy na ryc. 216. Obszerne palenisko O z kilkoma otworami do wkładania przedmiotów i obserwowania wnętrza pieca, zasilane jest palnymi gazami doprowadzanymi wprost przewodem g z generatora G zbudowanego w łączności z piecem, a powietrzem płynącym przewodem p z regeneratora R . Gazy spalenia odbywszy drogę wzdłuż pieca (strzałka) i oddawszy mu część swego ciepła, uchodzą przeciwnym przewodem powietrznym do drugiego regeneratora i tam swe ciepło oddają. Gaz generatorowy, w przeciwieństwie do pieca hutniczego Siemens-Martina²⁾, nie jest tu podgrzewany w regeneratorze ale dochodzi gorący wprost z generatora. Jest to wystarczające, gdyż temperatura pieca kuźniczego dochodzi tylko do 1400° , gdy w hutniczym przekracza 1700° . Tak jak tam, tak i tutaj zmienia się co jakiś czas kierunek krążenia gazu i powietrza,

¹⁾ Steck, »Der Regeneratifofen als Schmiedeofen«. Z. d. V. 1909 str. 1072.

²⁾ Część I, str. 194.

wprowadzając gaz z drugiego generatora a powietrze z drugiego regeneratora, gazy spalenia zaś kierując do regeneratora używanego do tej chwili do grzania powietrza. Do zamykania i otwierania przewodów dla gazów i powietrza służą wentyle *a* i *b*.

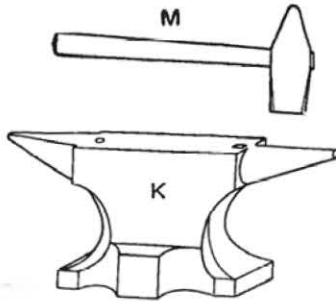


Ryc. 216 (Z. d. V.).

O ile ogrzewany przedmiot nie może się zmieścić w piecu w całości albo tylko jedna jego część wymaga rozgrzewania, a reszta wystaje z pieca nie pozwalając go zamknąć, zamurrowuje się otwór, otaczając szczelnie cegłami część wystającą i zalepiając szczeliny gliną dla powstrzymania dostępu zimnego powietrza do pieca ¹⁾.

Młoty. Do kucia przy pomocy tylko ludzkiej siły używa się młota ręcznego (ryc. 217 *M*), którym uderza się w przed-

¹⁾ Opis i konstrukcję nowszych pieców kuźniczych podaje St. u. E. z r. 1914, str. 609 i dalsze.

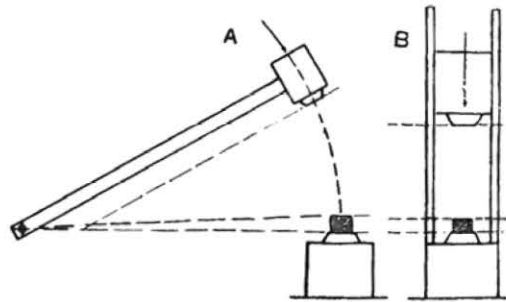


Ryc. 217.

młot spoczywający na kowadle (rycina 217 K). Ponieważ ciężar młota ręcznego a także wysokość z jakiej spada ograniczone są siłą i wzrostem człowieka, przeto ręczne kucie można stosować tylko do obróbki przedmiotów o małych wymiarach;—kawałków grubych, wymagających większej energii uderzenia, nie można ręcznie przekuć, gdyż przerobienie materiału sięgając płytko pod powierzchnię nie może być do-

kładne i jednolite, i do głębszych warstw nie dochodzi. Nieodzownym więc przyrządem w kuźni jest obok młotów ręcznych używanych młot mechaniczny, poruszany wprost lub pośrednio silnikiem.

Zależnie od sposobu osadzenia kłoca rozróżniamy *młoty trzonowe*, gdzie kłoc umieszczony jest na końcu dźwigni (trzona), mającej stały punkt podparcia (ryc. 218 A) i spadając zakreśla łuk, i *kafarowe*, gdzie kłoc umieszczony między kierownicami (ryc. 218 B) spada pionowo. Pierwszy rodzaj dawniej, gdy huty budowane były nad brzegami strumieni dla wyzyskania siły wodnej, był rozpowszechniony z powodu łatwości stosowania popędu kołami wodnymi, dziś, z wyjątkiem pewnych konstrukcji małych młotów w warsztatach rzemieślniczych, nie bywają te młoty budowane. Młot trzonowy posiada wiele stron ujemnych, jak ograniczoną długością trzona i punktem obrotu wysokość spadania, złą dostępność przy robocie, nierównoległość płaszczyzny młota i kowadła, co przy kuciu przedmiotów różnej grubości przedstawia wielką niedogodność, nie po-



Ryc. 218.

zwalając na równoległość powierzchni leżącej na kowadłe do powierzchni stykającej się z płatnią młota.

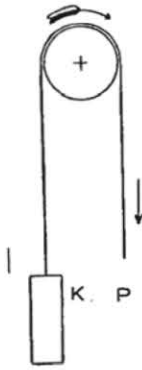
Młot kafarowy może mieć większy spad, jest łatwiejszy do dostosowania mechanicznego popędu, jest dostępniejszy, a powierzchnie obrabiane są równoległe przy każdej grubości przedmiotu. W przeróbce materiałów maszynowych mają zastosowanie prawie tylko młoty kafarowe, dlatego tylko nimi zajmować się będziemy.

Zasada urządzenia młotów mechanicznych jest u wszystkich jednakowa: kłoc młota prowadzony w kierownicach podnosi siła mechaniczna do pewnej wysokości, następnie kłoc spada pod działaniem siły ciężkości, czasem przy współdziałaniu nacisku zewnętrznego, i uderza w przedmiot ułożony na kowadłe, które jest złączone w jedną całość z całym urządzeniem młota. Stosownie do wielkości przedmiotów przetwarzanych dobrany jest ciężar kłoca i zastosowany do niego ciężar kowadła wraz z podstawą, która spoczywa na elastycznym podkładzie. Jedyną więc rzeczą, jaką się młoty mechaniczne między sobą różnią, jest ich popęd, i na tej podstawie przeprowadzimy ich opis.

Popęd mechaniczny młotów może się odbywać *a)* przy pomocy transmisji, jeżeli użyjemy do niego koła umieszczonego na fabrycznej pędni (transmisji) lub osobnego motoru elektrycznego, — albo *b)* przez bezpośrednie połączenie trzona dźwigającego kłoc młota z łokiem motoru pędzonego parą, zgęszczonem powietrzem lub, — dziś jeszcze wyjątkowo, palnym gazem (płynem).

Pierwszy rodzaj popędu, który nazwiemy *transmisyjnym* bez względu na to czy pochodzi z wału pędni czy z osobnego elektromotoru, może przenosić ruch na kłoc młota za pośrednictwem *tarcia* albo *układu korbowego*, — rozróżniamy więc młoty tarciove (cierne) i korbowe; drugi rodzaj o *bezpośrednim zastosowaniu silnika* nazywamy młotami motorowymi, a zależnie od środka popędowego, — *parowymi*, *powietrznymi*, *gazowymi*.

Młoty tarciove bywają budowane jako *pasowe* i *deskowe*. Zasadę pierwszego rodzaju przedstawia ryc. 219. Na kole transmisyjnym umieszczony jest pas, z jednej strony

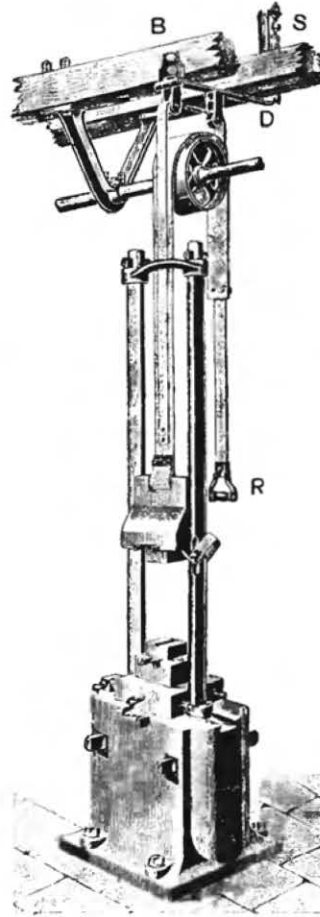


Ryc. 219.

obciążony kłocem *K*, z drugiej ciągnięty siłą *P*; wskutek wywartego z obu stron nacisku powstaje między powierzchnią koła a pasem tarcie, które podnosi kloc w górę. Gdy siła przestanie działać, kloc spada wykonując uderzenie. Przy opasaniu koła pasem do połowy obwodu wystarcza siła siedm razy mniejsza niż ciężar kłoca.

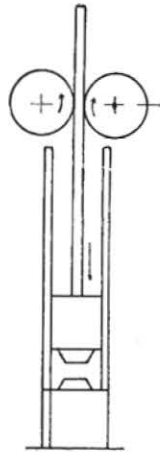
Młot pasowy w rzeczywistym wykonaniu widzimy na ryc. 220. Kloc młota wiszący na pasie porusza się między dwiema kierownicami utwierdzonemi na podstawie dźwigającej kowadło; pas leżący na kole transmisyjnym podnosi kloc wtedy, gdy robotnik pociągnie za rękojeść *R*, — skoro nacisk ustanie, kloc spada. Aby pas nie wycierał się o koło w czasie bezczynności młota i nie niszczył się przez to, zawieszony jest na dodatkowym, cienkim pasie, przełożonym przez kółka utwierdzone u powały na dźwigni *D*, której jeden koniec jest zawiasowo utwierdzony u belki *B*, drugi połączony ze sprężyną *S*; gdy robotnik pociągnie za rękojeść, sprężyna się poddaje, dźwignia się obniża, pas popędowy opada na koło i następuje ruch młota; gdy nacisk ustanie, sprężyna podnosi dźwignię i zapomocą dodatkowego pasa unosi pas główny z ponad koła.

Młoty tarciove o ręcznym nacisku buduje się do 200 kg ciężaru kłoca; ciężar ten zwiększyć można do 1000 kg, jeżeli zamiast ręcznego naciskania zastosuje się mechaniczne, nawijając pas na drugie koło, pędzone również transmisyją,



Ryc. 220.

i zapomocą mechanizmu sterowniczego wyprzęgając je w stosownej chwili.

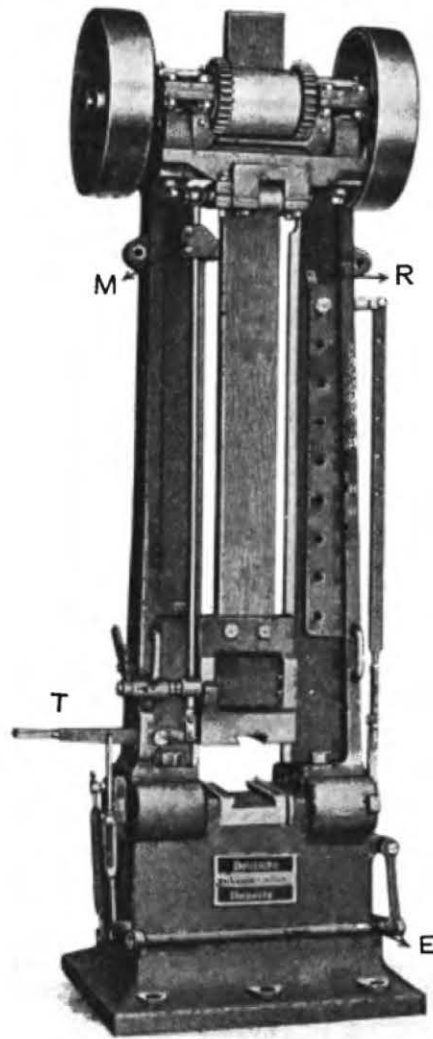


Ryc. 221.

Zasadę młota deskowego widzimy na rycinie 221. Kloc jest przytwierdzony do deski, umieszczonej między dwoma żelaznymi wałkami naciskającymi. Jeden wałek (czasem obydwaj) otrzymuje pęd od wału transmisyjnego i wskutek tarcia powstającego między powierzchniami naciskanymi na siebie, powoduje ruch deski do

góry wraz z klocem; drugi wałek obraca się wskutek tarcia. Gdy kloc wzniesie się do potrzebnej wysokości, odsuwa się jeden wałek, tarcie ustaje i następuje uderzenie.

Na ryc. 222 widzimy rzeczywisty młot deskowy. Dwa koła pasowe pędzone z transmisyi dwoma pasami wprawiają w ruch wałki cierne, pracujące w łączności wskutek wzajemnego ząbkowania się kół zębatych, umieszczonych z obu stron. Nastawialna żabka *M* reguluje wysokość, przy której kloc spada, zaś zapadka *R* wyprzęgana drążkiem połączonym z pedałem *E* i dźwignią *T*, utrzymuje młot w zawieszaniu gdy tego wymaga przebieg roboty; przez nacisk



Ryc. 222 (Sondermann).

dźwigni lub pedału wywołuje się spadek kłoca. Kłoc i kowadło przedstawione są na rycinie bez właściwych narzędzi kujących, które stosownie do kształtu obrabianego przedmiotu wsuwa się w przygotowane żłobki jako narzędzia o płaszczyźnie gładkiej czy kliniastej, czy też z wycięciami zastosowanymi do kształtu wyrobu.

Młoty deskowe bywają budowane o ciężarze kłoca najczęściej 100—500 kg, czasem większym aż do 1000 kg, skok ich wynosi 1,5—2 m.

Zaletą młotów tarciovych jest ich stosunkowo prosta i tania budowa oraz popęd dający się zastosować w każdej fabryce; ujemną stroną stanowi mała liczba uderzeń, 10—20 na minutę, wynikająca ze sposobu działania mechanizmu popędowego; ponieważ liczba obrotów pędni jest niezmienna, można liczbę uderzeń zwiększyć (nieznacznie) tylko przez zmniejszenie skoku młota, przy równoczesnym osłabieniu jego uderzeń. Dalszą ujemną stroną jest niszczenie się pasa u młotów pierwszego rodzaju a szybkie zużycie się deski u drugiego; wynikają z tego koszty i naprawy niedogodne w ruchu fabrycznym. Mimo więc stosunkowej taniości urządzenia są młoty tarciove dość rzadko stosowane w fabrykach maszyn.

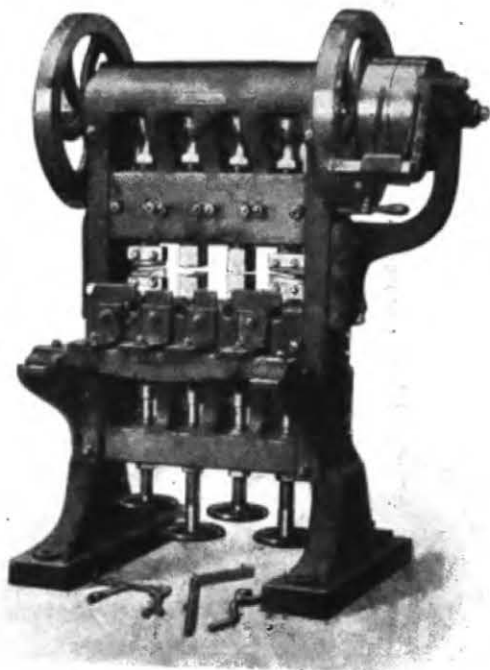
Drugi rodzaj młotów transmisyjnych, młoty o *mechanizmie korbowym* są znacznie więcej rozpowszechnione. Schemat najprostszego urządzenia młota korbowego przedstawia ryc. 223. Na wale otrzymującym ruch od pędni umieszczona jest na końcu korba (można też zastosować wał korbowy); łącznik obejmujący z jednej strony czop korbowy połączony jest z drugiej z kłocem młota, który w ten sposób podnosi się z ruchem czopa korbowego do góry a z ruchem w dół spada i uderza; wskutek takiego bezpośredniego połączenia młot daje tyle uderzeń ile obrotów robi transmisja, — a więc zazwyczaj wiele. Regulować liczby obrotów nie można. Doniosłym dla pracy czynnikiem jest *szttywność* połączenia kłoca z korbą, wskutek czego wysokość jego skoku jest niezmienna a najniższe położenie również niezmiennie. Ogranicza to bardzo stosowalność młotów korbo-



Ryc. 223.

wych o sztywnym układzie; jeżeli przedmiot jest za gruby i młot uderzając nie zdoła go dostatecznie zgnieść, zostaje kłoc nagle zatrzymany z wielkiem niebezpieczeństwem dla części będących w ruchu, — jeżeli zaś przedmiot jest za cienki i młot go nie dosięgnie, energia spadu zamiast zużyć się na odkształcenie, powoduje szarpnięcie, jeszcze groźniejsze dla trwałości mechanizmu niż poprzednio wymienione zatrzymanie się kłoca na przedmiocie.

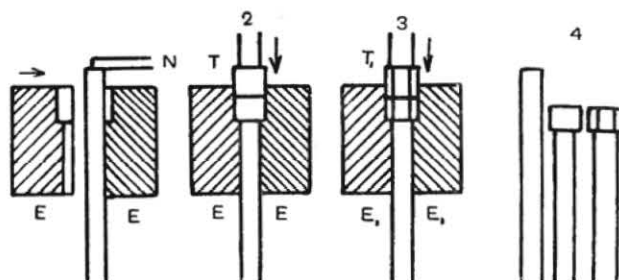
Z powodu powyższych właściwości sztywnego mechanizmu popędowego ogranicza się zastosowanie tego typu młotów do masowej przeróbki przedmiotów o mało zmieniających się wymiarach lub takich, gdzie znaczniejsze odkształcenie jest dostosowane do siły uderzenia i wytrzymałości mechanizmu, i nie może wstrzymać ruchu ani uszkodzić maszyny. Pierwszy rodzaj przedstawia *kowarka*, jaką widzimy na ryc. 224. Na pędzonym pasem transmisyjnym wale z dwoma kołami zamachowemi dla wyrównywania ruchu, znajduje się kilka mimośrodów poruszających za pośrednictwem swych trzonów czynną część młota, a więc albo gładki kłoczek, albo formę kowalską, nożyce do obcinania i t. d.; drugie narzędzie (kowadło) jest umieszczone na silnych śrubach dla ustalania odległości części ruchomej stosownie do grubości przedmiotu. Na maszynach tych, mających bardzo znaczną liczbę uderzeń (do 1000 na minutę),



Ryc. 224.

przerabia się przedmioty produkcji masowej wymagające małych odkształceń.

Drugi typ młota korbowego o sztywnym układzie stanowi kowarka o poziomym ruchu, która z walcowanych prętów wyrabia przez spęczanie wszelkie przedmioty masowej produkcji, nadające się do takiej przeróbki. Zasadę działania tej maszyny widzimy na ryc. 225, przedstawiającej wyrób sześciobocznej główki śrubowej na okrągłym sworzniu. Rozżarzony na końcu pręt wkłada się między dwie szczęki *E* (szkic pierwszy) ruchomą i stałą, tworzące razem formę przyszłego wyrobu. Szczęki zamknąwszy się przytrzymują pręt w ten sposób, że koniec podlegający przeróbce (spęczeniu) wystaje



Ryc. 225.

o potrzebną długość, ustaloną zapomocą nastawnika *N*. W część wystającą pręta uderza stempel *T* (szkic 2) i zgniata pręt w ten sposób, że jego materiał wypełnia otaczającą go formę i tworzy główkę czworokątną; jest to wyrób pośredni, gdyż przerobienie materiału od razu na sześcioboczną główkę nie daje się dogodnie uskutecznić. Na szkicu 3 widzimy tę samą operację powtórzoną w drugiej formie, obejmującej kształt ostateczny, zapomocą nowych szczęk *E*₁ i nowego stempla *T*₁. Kształt wyrobu we wszystkich trzech okresach widzimy na szkicu 4. Maszynę samą przedstawia w widoku z góry ryc. 226. Koło pasowe *P* wprawia za pośrednictwem kół zębatych wał korbowy *K* poruszający łącznik, zakończony wodzikiem *S* ze stemplem *T* utwierdzonym na końcu. Naprzeciw stempla (podwójnego, dla obu okresów roboty) znajdują się szczęki *E* zaciskane po włożeniu pręta. Za ka-

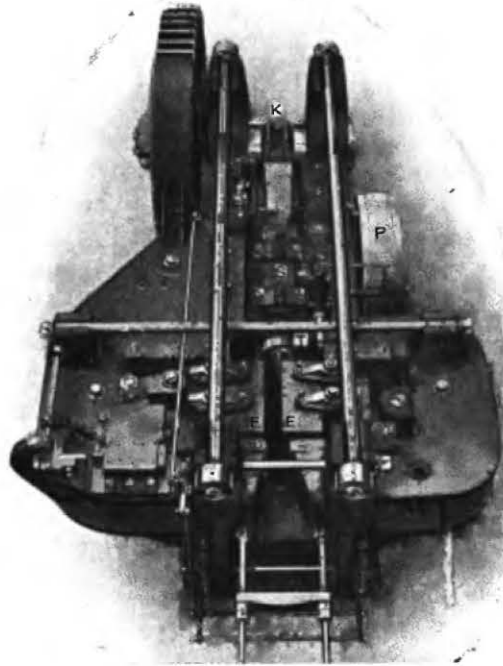
żdym obrotem korby następuje uderzenie; po pierwszym szczęki się rozwierają, aby robotnik przełożył pośredni wyrób do drugiej formy, nad poprzednią umieszczoną, poczem zwierają się i następuje drugie uderzenie wykończające. Maszyny przerabiają, odpowiednio do swej budowy, pręty o grubości 25—150 mm, wykonując od 90—30 ruchów na minutę.

Stosownie do odkształcenia, jakiemu pręt ulega przy takiej przeróbce, podlegają włókna odpowiedniej zmianie położenia, jak

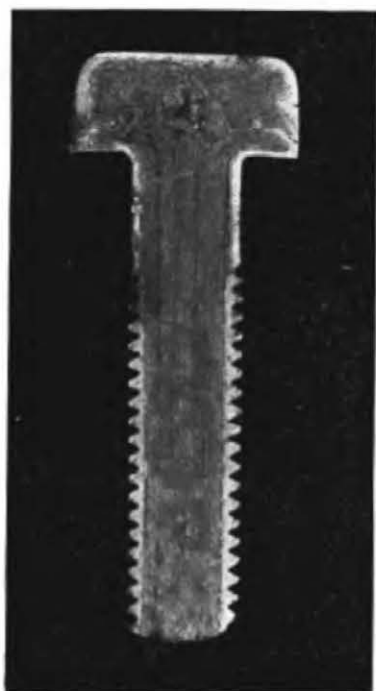
to widzimy na rycinie 227, przedstawiający przekrój śruby z główką wykonaną w opisany sposób.

Niedogodność sztywnej konstrukcji młotów korbowych stojąca na przeszkodzie ich szerszemu stosowaniu, daje się usunąć przez *wprowadzenie* między korbę a kłoc części *elastycznej*, któraby poddawała się w czasie ruchu i umożliwiała kucie przedmiotów różnej grubości bez niebezpieczeństwa dla mechanizmu młota i bez trudności przy kuciu. Taką elastyczną wkładką może być sprężyna stalowa lub powietrze, i na tej zasadzie bywają budowane młoty korbowe elastyczne jako młoty sprężynowe lub powietrzne.

Schemat *młota sprężynowego* widzimy na ryc. 228. Między korbą a kłocem młota znajduje się sprężyna kabłąkowa, przytwierdzona do łącznika; końce kabłąka dźwigają kłoc młota za pośrednictwem prętów przegubowo połączonych ze sprężyną i kłocem albo przy pomocy rzemienia.



Ryc. 226 (Hasenclever).



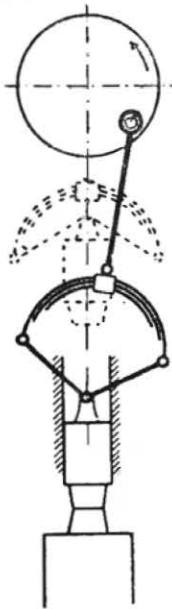
Ryc. 227.

w miarę zbliżania się do punktów martwych maleje a przy oddalaniu się od nich rośnie, sprężyna wykonuje ruch o zmiennej prędkości. Przy małej liczbie obrotów nie ma to wpływu na ruch kłoca, przy większej oddziaływa znacznie na energię kucia. Gdy młot uderzy i spocznie na kowadle a ruch korby powoduje podnoszenie się sprężyny, kloc nie dźwignie się równocześnie ze sprężyną, ale wskutek swej bezwładności pozostanie jeszcze na kowadle, wywołując przez to wygięcie się sprężyny (jak na obu szkicach); trwa to tak długo, aż napięcie wygiętej sprężyny wyrówna się z oporem kłoca, który zacznie się podnosić i wskutek przyspieszonego ruchu korby nabiera znacznej prędkości, tak że sprężyna wyprostowuje się.

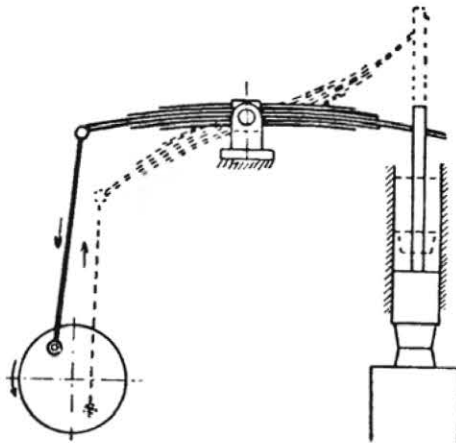
Wskutek elastycznej wkładki odległość kłoca od korby może się zwiększać lub zmniejszać przez odpowiednie wygięcie sprężyny, tak że młot dostosowuje się do grubości kutego przedmiotu.

Inny kształt młota widzimy na ryc. 229, gdzie sprężyna w kształcie belki opartej w środku na czopie, dźwiga z jednej strony kloc młota poruszający się w kierownicy, z drugiej otrzymuje popęd od przyrządu korbowego (mimośrodru) i wyginając się, dostosowuje położenie kłoca do grubości kutego przedmiotu.

Rola sprężyny nie kończy się jednak na tem. Ponieważ ruch korbowy nie przenosi się na kloc z jednostajną szybkością ale



Ryc. 228.

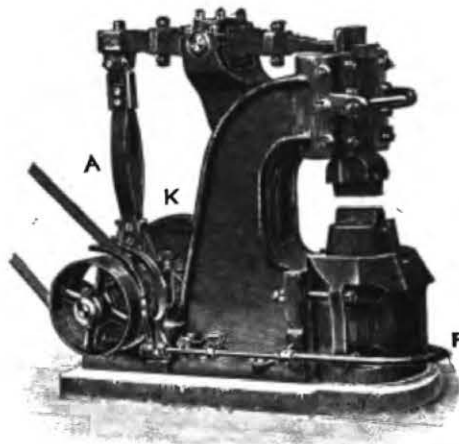


Ryc. 229.

Gdy korba minie górny punkt martwy i zacznie się poruszać na dół, a szybkość jej będzie jeszcze mała, kłoc wskutek nabytej energii podnosić się będzie dalej i sprężyna dozna ponownego wygięcia w położenie wskazane na szkicach liniami kropkowanymi. Wskutek tego kłoc spadając na przedmiot uderza nie tylko energią nabytą wskutek spadania ale także wskutek nacisku sprężyny,

która się teraz odpręża. Im większa jest liczba uderzeń, a tem samem większa chyżość korby tem wygięcia sprężyny będą większe, a przez to uderzenia kłoca silniejsze.

Młot sprężynowy w rzeczywistej postaci według schematu drugiego widzimy na ryc. 230. Aby módz zmienić liczbę obrotów mimośrod, użytego zamiast korby, i przez to uzyskać zmianę energii uderzenia, można pas popędowy przesuwac częściowo na koło luźne i wskutek odbywającego się przez to ślizgania pasa zmniejszać liczbę obrotów i uderzeń a także ich siłę; gdy pas jest w całości na kole, liczba obrotów jest największa. Do przesuwania pasa służy pedał *P* naciskany nogą. Aby młot zatrzymać, przesuwają się pas w całości na luźne koło, przyczem pedał działa równocześnie na hamulec koła *K* umieszczonego na drugim końcu



Ryc. 230.

wału popędowego, a służącego do ujednostajnienia szybkości obrotów wału przez gromadzenia energii w czasie luźnego biegu a oddawanie jej w czasie kucia. Jak widzimy na rycinie, trzon *A* łączący mimośród z belką sprężystą jest wykonany również z dwóch sprężyn, które uginają się i prostują, wzmacniając działanie głównej sprężyny.

Młoty sprężynowe tej konstrukcyi buduje się o ciężarze kłoca 30—250 kg i liczbie obrotów 120 (u wielkich) do 300 (u małych młotów).

Zaletą młotów sprężynowych jest możność zmiany siły uderzeń w znacznych granicach; zmiana ta jednak jest proporcjonalna do szybkości uderzeń i chcąc uderzać silniej, trzeba równocześnie zwiększyć liczbę razów. Zazwyczaj jednak przy kuciu silniejsze uderzenia wymagają powolniejszego ruchu kłoca, aby pomiędzy jednym a następnym uderzeniem można było zmieniać położenie przedmiotu na kowadle, — słabe zaś razy stosuje się przy szybszem kuciu. Widzimy więc, że owa zaleta młotów sprężynowych jest jednak połączona z niedogodnościami przy robocie, przez co jej wartość znacznie maleje. Ujemną również stroną jest sposób zmiany liczby obrotów wału popędowego przy zastosowaniu ślizgania się pasa, szkodliwego dla jego trwałości, inny zaś sposób regulowania liczby obrotów nie jest możliwy wobec niezmienności liczby obrotów transmisji. Sama wreszcie sprężyna wymaga stosunkowo częstych napraw, co powoduje przerwy w ruchu.

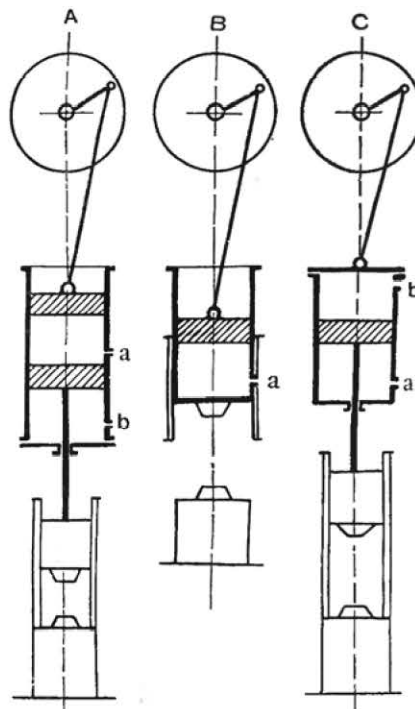
O wiele dogodniejsze w użyciu i lepiej dające się regulować są młoty, w których elastyczną wkładkę stanowi powietrze zamknięte w szczelnym cylindrze. Zasadę działania tych młotów przedstawiają szkice *A*, *B* i *C*, na ryc. 231. Wszystkie mają jednakowy popęd korbowy, którego ruch przenosi się na kłoc młota za pośrednictwem tłoków zamykających powietrze w cylindrze. Na szkicu *A* poruszają się dwa tłoki w nieruchomym cylindrze, jeden połączony z korbą, drugi z trzonem kłoca; gdy górny tłok się podnosi i rozrzedza powietrze w cylindrze, dolny tłok również idzie w górę, podnosząc kłoc, — przy ruchu tłoka popędowego na dół, następuje nacisk na dolny tłok i uderzenie kłoca. Powietrze zamknięte między tłokami odgrywa rolę

sprężyny zgęszczając się i rozrzedzając; przez otwarcie wentyla *a* możemy w czasie wznoszenia się tłoka popędowego wpuszczać powietrze do cylindra, wskutek czego tłok dolny nie podnosi się, bo niema ssania, — to znaczy, że nie zatrzymując ruchu korby, utrzymujemy młot w spoczynku. Przez przemykanie i otwieranie wentyla *a* możemy zmieniać skok młota i siłę uderzenia. Drugi wentyl *b* wpuszczający i wypuszczający powietrze pod tłokiem dolnym, służy również do łagodzenia uderzeń, gdy pod tłokiem nagromadzimy więcej powietrza, — i do wzmocnienia, gdy powietrze wskutek otwarcia wentyla nie może się zgęścić.

Podobnie działa młot na szkicu *B*, gdzie jest tylko tłok popędowy, a ruchomy cylinder stanowi zarazem kloca młota; podnoszenie się tłoka powoduje ruch cylindra w górę, — opadanie ruch na dół i uderzenie. Wentyl *a* służy do regulowania siły uderzeń oraz do utrzymywania kloca w spoczynku.

Szkic *C* przedstawia odwrotność poprzednio opisanego młota; cylinder połączony jest z korbą i wykonywa ruch popędowy. Tłok dźwigający kloca podnosi się gdy cylinder posuwa się do góry, a opada i uderza, gdy cylinder opada. Przez otwarcie wentyla *a* utrzymujemy młot w spoczynku i zmieniamy siłę uderzenia, wentyl *b* służy również do tego drugiego celu.

Mimo rozmaitych rozwiązań konstrukcyjnych jest działanie wszystkich młotów jednakowe i analogicznie do młotów sprężynowych zgęszczenie powietrza służy do wzmocnienia

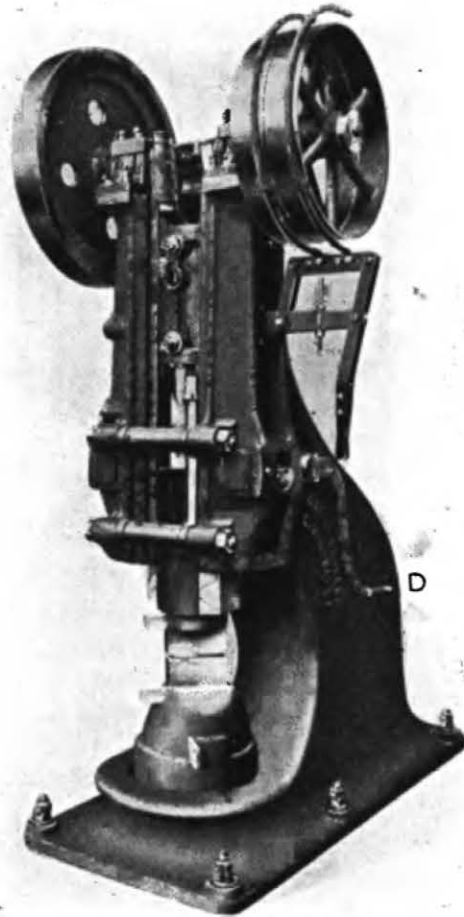


Ryc. 231.

uderzeń, jak napięta sprężyna, a ze wzrostem szybkości wzrasta energia uderzenia. Różnica polega na możliwości zwiększenia i zmniejszania ilości powietrza w cylindrze i przez to zmiany siły uderzenia przy tej samej liczbie obrotów. Jest to rzeczą bardzo doniosłą i stanowi wyższość tych młotów nad sprężynowymi, w których opór sprężyny jest niezmienny i nie pozwala ich tak regulować jak młoty powietrzne; w tych powietrze działa jak sprężyna

o zmieniającym się oporze. Młoty powietrzne pozwalają nadto jeszcze na dłuższe działanie młota na przedmiot, gdy bowiem w cylindrze zamkniemy większą ilość powietrza i młot szybciej spadnie, wtedy organ tłoczący poruszając się na dół ciśnie dalej, i kłoc pozostaje znacznie dłużej na przedmiocie kutym, wywierając ciśnienie. Działanie młota zbliża się wtedy do działania prasy i przerobienie materiału sięga warstw głębszych; młoty tak zbudowane pozwalają więc na przeróbkę grubszych przedmiotów niż młoty o krótko trwającym uderzeniu.

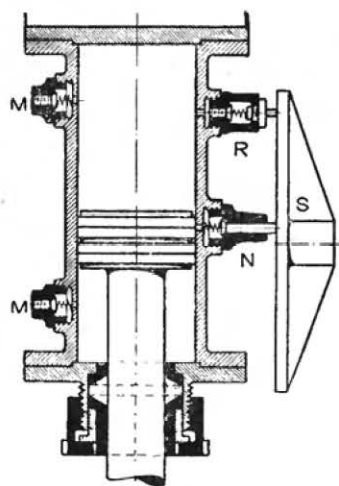
Młot w rzeczywistym wykonaniu na zasadzie podanej na szkicu C widzimy na ryc. 232. Pojazd z transmisyi, — z wyrównaniem ruchu zapo-



Ryc. 232 (Hessenmüller).

mocą koła zamachowego, przenosi się na ruchomy cylinder zapomocą korby. Kłoc połączony jest z tłokiem posuwającym się wewnątrz cylindra; dźwignia *D* służy do poruszania wentyli. Cylinder tego młota z bardzo dokładnem regulowaniem powietrza widzimy na ryc. 233; jest on zamknięty dnami, z których górne złączone jest z przyrządem korbowym, dolne przepuszcza trzon tłoka dźwigający kłoc. Z jednej strony umieszczone są w równych odległościach od den wentyle *M* otwierające się do wnętrza i wpuuszczające powietrze w razie spadku ciśnienia w cylindrze, z drugiej strony znajdują się

dwa odmienne wentyle, z których dolny *N* otwiera się za naciśnięciem drążka, górny *R* stale otwarty pod działaniem sprężyny, zamyka się przy nacisku. Do wywierania równoczesnego nacisku na drążki obu wentyli służy płyta *S* poruszana dźwignią (*D* na ryc. 232). Gdy wał korbowy jest w ruchu, a płyta *S* nie naciska wentyli, tłok wraz z kłocem podnosi się do góry i zatrzymuje nieruchomo, bo powietrze ssane górnym wentylem *M* ponad tłokiem, wypływa otwartym wentylem *R*, natomiast powietrze ssane dolnym wentylem *M* nie może ująć zamkniętym wentylem *N*. Gdy naciśniemy płytą *S* drążki wentyli, przymyka się górny *R* a otwiera dolny *N*, powietrze zatrzymuje się ponad tłokiem i przy ruchu cylindra na dół wywołuje opadanie tłoka i uderzenie, a równocześnie przez otwarty wentyl *N* powietrze z pod tłoka wypływa i nie stawia mu oporu. Im silniej naciśniemy płytę *S* tem więcej przymkniemy wentyl *R* a otworzymy *N*, i tem silniejsze będzie uderzenie; regulowanie siły uderzenia tym sposobem jest bardzo dokładne.



Ryc. 233 (Z. d. V.)

Młoty tego systemu bywają budowane o ciężarze kłoca 100—800 kg i skoku 350—800 mm.

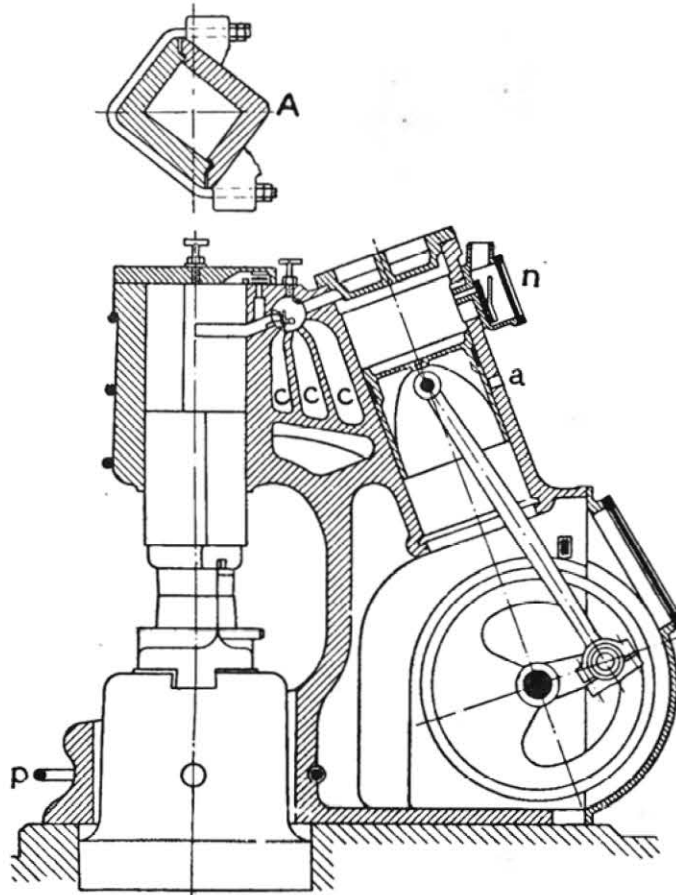
Opisane młoty powietrzno-sprężynowe pozwalają przy znaczniejszej liczbie obrotów transmisji wykonywać uderze-

nia silniejsze, niżby to dało się osiągnąć przez wolne spadanie kłoca, zwiększenie to ograniczone jest jednak słabym sprężeniem powietrza, którego w małej przestrzeni, jaką przedstawia cylinder, nie można silnie zgęścić, a także niezmiennością liczby obrotów transmisji, stanowiącą nieprzekraczalną granicę zwiększenia energii uderzenia, która daje się tylko zmniejszyć, gdy przez ślizganie się pasa zmniejszymy liczbę skoków młota.

Młoty kompresorowe. Niemożność silniejszego sprężenia powietrza z powodu małej przestrzeni cylindra, była wskazówką do innego rozwiązania konstrukcji młotów powietrznych, a mianowicie zastosowania osobnego cylindra do sprężania powietrza (tj. *kompresora*), pozostawiając cylindrowi działającemu w bezpośredniej łączności z kłocem młota pracowanie zapasem powietrza, jaki otrzymuje z kompresora. Ten sposób działania młotów powietrznych posiadających własny kompresor, stawia je na granicy między młotami transmisyjnymi a motorowymi, z pierwszymi bowiem mają wspólny popęd (transmisję), z drugimi zasadę działania cylindra roboczego (gotowe medium cisnące). Przez oddzielenie procesu sprężania powietrza od cylindra roboczego, można wytwarzać większe ciśnienia i energię działania młota znacznie podwyższyć w porównaniu z młotami powietrzno-sprężynowymi.

Z pomiędzy kilku używanych konstrukcji tych młotów opiszemy najbardziej dziś rozpowszechniony młot *Yeakleya*, przedstawiony w przekroju na ryc. 234. Jednostronnie pracujący tłok w ukośnie leżącym cylindrze *A* kompresora otrzymuje popęd od korby i przy ruchu na dół ssie powietrze z cylindra roboczego, a przy niskim położeniu młota także przez otwór *a*, — przy ruchu w górę zgęszcza je; o ile zgęszczenie powietrza przekracza 2 atm., wypuszcza jego nadmiar wentyl klapowy *n*. Pomędzy cylindrem roboczym a pompowym znajduje się wentyl obrotowy, sterowany dźwignią ręczną lub pedałem *p*, tak że powietrze zgęszczone może się dostać do cylindra roboczego, może też wpływać do trzech zapasowych komór *c*. Jeżeli po ruchu ssącym tłoka, gdy kłoc wzniesie się do góry, zamkniemy wentylem połączenie między

oboma cylindrami, tłok wraz z kłosem zawiśnie w górze i pozostanie tam tak długo, dokąd przez otwarcie wentyla nie wpuścimy powietrza do cylindra — wtedy następuje uderzenie. Siłę uderzenia można zmieniać, łącząc przez odpo-



Ryc. 234 (Z. d. V.)

wiednie ustawienie wentyla cylinder roboczy z samym tylko cylindrem kompresora, w którym znajduje się zgęszczone powietrze, albo przez stopniowe otwieranie szczelin prowadzących z komór zapasowych, dodając zapas zgęszczonego powietrza zawarty w komorach. Siłę uderzenia zwiększa także powietrze gromadzące się pod górną pokrywą, które służy

do zatrzymania wznoszącego się tłoka; tłok spręża je w zamkniętej przestrzeni i pod jego ciśnieniem nabiera energii już przy rozpoczęciu spadania.

Chcąc wyrzucić stały nacisk na przedmiot leżący na kowadle, przestawiamy wentyl w ten sposób, że powietrze może przepływać z cylindra sprężającego do roboczego, ale nie może odpływać, wskutek czego przy ruchu pompy zagęszcza się do dopuszczalnej granicy (2 atm.) i naciska kloc młota.

Kloc odkuty jest razem z tłokiem roboczym, mającym przekrój prostokątny, przekrój taki ma więc także cylinder (ryc. 234 A); zapobiega to obracaniu się kłoca i ułatwia uszczelnienie tłoka, który jest objęty dwiema doszlifowanymi połowami cylindra, naciśniętymi na siebie zapomocą obręczy na gorąco nałożonych i przykręconych.

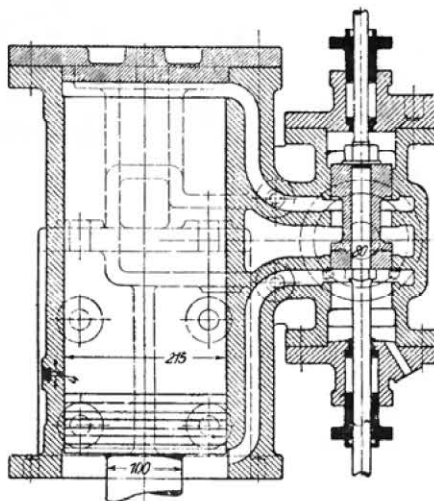
Dla lepszego wyzyskania popędu i szybszego manewrowania mają inne systemy tych młotów (Massey'a, Maffei'a) obustronnie działające tłoki sprężające i robocze.

Młoty kompresorowe są nadzwyczaj dogodne w użyciu i coraz więcej się rozpowszechniają, zastępując często młoty parowe zarówno w większych zakładach, gdzie są trudności w doprowadzeniu pary do kuźni, jak i w mniejszych, nie rozporządzających wcale parą a posiadających popęd transmisyjny lub prąd elektryczny.

Młoty motorowe, w których cisnące medyum, najczęściej para wodna, dopływa sterowanym przewodem, pozwalają w szerokich granicach regulować zarówno siłę uderzenia i wysokość skoku w sposób niezależny od siebie, wskutek czego są najdogodniejsze w użyciu i w fabrykach maszyn najbardziej rozpowszechnione. Podobnie jak w młotach powietrznych kompresorowych, główną część młota stanowi tu cylinder osadzony nieruchomo i zapomocą kanałów zamykanych przyrządem rozdzielającym połączony z przewodami doprowadzającymi z kotła świeżą parę i odprowadzającymi zużytą. Para działając na tłok z kłocem młota, podnosi go do góry, poczem otwiera się odpływ pary i kloc spada na dół wykonywując uderzenie; dla zwiększenia jego energii zazwyczaj wpuszcza się parę także nad tłok, by jej ciśnieniem zwiększyć szybkość i spotęgować uderzenie. W da-

wniejszych wielkich młotach para działała tylko przy podnoszeniu kłoca, ponad tłokiem zaś znajdował się zderzak powietrzny, — dziś, gdy nie buduje się wielkich młotów (zastąpiły je prasy), stosuje się przeważnie młoty z obustronnem działaniem świeżej pary. Konstrukcye zmierzające do lepszego wyzyskania pary i poprawienia dzielności młotów przez zastosowanie do uderzenia ekspansyi pary podnoszącej tłok, nie rozpowszechniły się w praktyce, gdzie więcej zależy na szybkości i sile uderzeń niż na ekonomii pracy młota.

Schemat cylindra młota parowego (ciężar kłoca 200 kg, skok 400 mm) wraz z przyrządem rozdzielającym (suwak walcowy) widzimy na ryc. 235. Suwak doprowadza parę do cylindra raz z dołu, drugi raz z góry, wywołując podnoszenie się i opadanie tłoka wraz z kłocem; trzon suwaka wprawia się w ruch zapomocą dźwigni sterowanych ręcznie lub automatycznie. Ryc. 236 przedstawia młot parowy *jednostłopowy*, gdzie cylinder jest

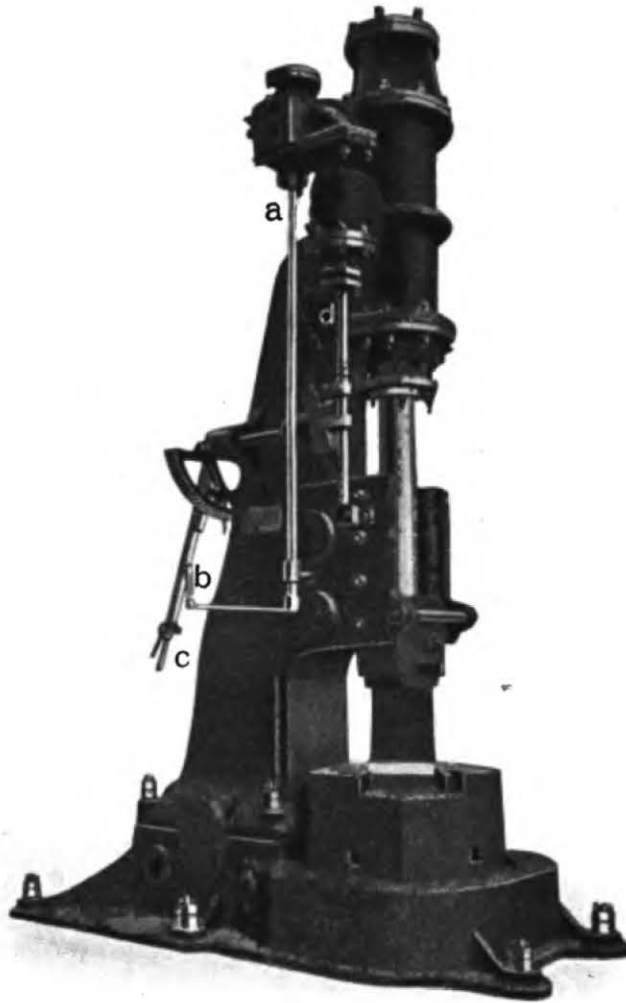


Ryc. 235 (Z. d. V.).

utwierdzony na jednym dźwigarze o szerokiej podstawie. Kowadło wraz z podstawą umieszczone jest w wycięciu płyty słupa na osobnym fundamencie i nie łączy się ze słupem. Wentyl doprowadzający parę daje się otwierać i zamykać zapomocą dźwigni *a*, poruszanego korbą *b*, dźwignik suwaka (*d*) wprawia się w ruch zapomocą mechanizmu uruchomionego dźwignią *c*. Podczas kucia robotnik równocześnie steruje suwakiem i wentylem parowym, zmieniając dowolnie skok młota, częstość uderzeń i ich siłę.

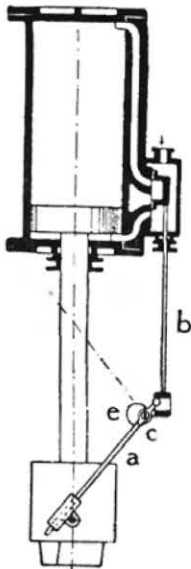
Przy kuciu w formach, jednostajnem przerabianiu materiału (np. wydłużaniu) i t. p., gdy trzeba wykonać większą ilość jednakowych i szybkich uderzeń, stosuje się zamiast ręcznego, sterowanie automatyczne, gdzie części bę-

dące w ruchu (zwykle kloc) uruchamiają drążek suwakowy. Takie urządzenie przedstawia schematycznie ryc. 237. Na powierzchni kłosa utwierdzona jest na czopie pochewka, w którą



Ryc. 236.

jest wsunięty koniec dwuramiennej dźwigni sterującej *a*, obracającej się około czopa *c*; drugi, krótszy koniec porusza drążek suwakowy *b* w miarę tego jak dłuższe ramię podnosi



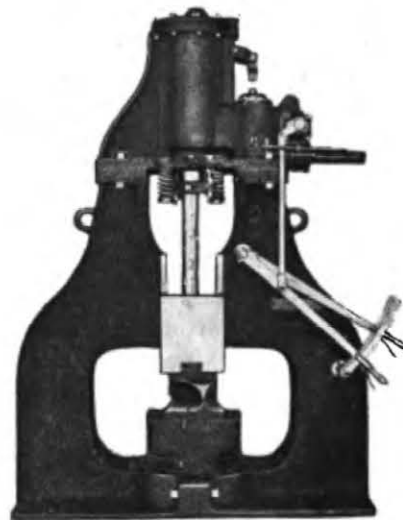
Ryc. 237.

się i opada wraz z kłocem. Aby móc regulować siłę uderzeń, przesuwa się czop c dźwigni sterującej w ten sposób, że nie jest on osadzony stale ale umieszczony na mimośrodku, który można przekręcać i w ten sposób ustawiać czop w różnych punktach koła e, jakie mimośród opisuje przy nastawianiu.

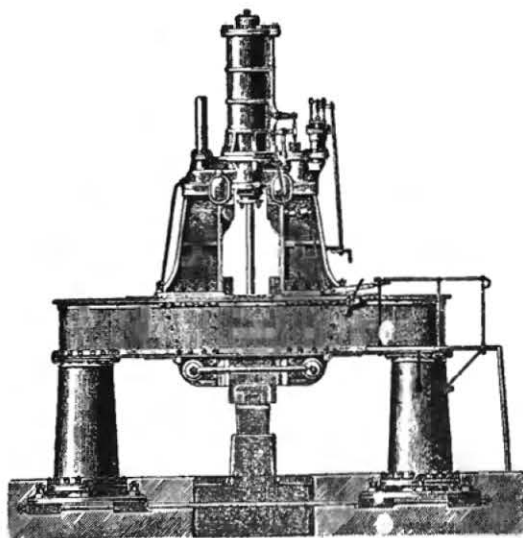
Młoty jednosłupowe są przy robocie z różnych stron dostępne, co ułatwia manipulację przy kuciu; wadą ich jest jednostronne oparcie cylindra; przy kuciu grubszych przedmiotów, wymagających silnych uderzeń, powstają przy takim oparciu wstrząśnienia działające niekorzystnie na mechanizm i stałość młota. Z tego powodu młoty o większym ciężarze kłoca buduje się jako *dwusłupowe* (ryc. 238); cylinder z obu stron utwierdzony o wiele mniej podlega wstrząśnieniom przy kuciu. Na rycinie tej widzimy

dwie jednakowe dźwignie sterownicze, jedną do poruszania suwaka, drugą prowadzącą do wentyla zamykającego dopływ pary. Ażeby kłoc przy zbyt późnym przesunięciu suwaka, wzniosłszy się za wysoko, nie uderzył o płytę, na której wspiera się cylinder młota, umieszczone są pod płytą zderzaki sprężynowe, łagodzące uderzenie; czasami zastępują je kłoc drewniane. Prócz tego zabezpieczenia znajduje się w pewnej wysokości dźwignia (nie uwidoczniła na rycinie), przesuwnąca suwak w chwili, gdy kłoc wznosząc się uderzy o jej koniec.

Z powodu swej budowy są młoty dwusłupowe tylko z dwóch stron dostępne, co przedsta-



Ryc. 238.



Ryc. 239.

wia znaczną niedogodność przy robocie. By temu zapobiedz, dają wielkim młotom postać, jaką widzimy na ryc. 239. Cylinder parowy wraz ze słupami podpierającymi go umieszczony jest na dźwigarze poziomym, wspartym na wysokich, odległych od siebie słupach, tak że robotnik w czasie pracy może swobodnie dostąpić z każdej strony do przedmiotu leżącego na kowadle.

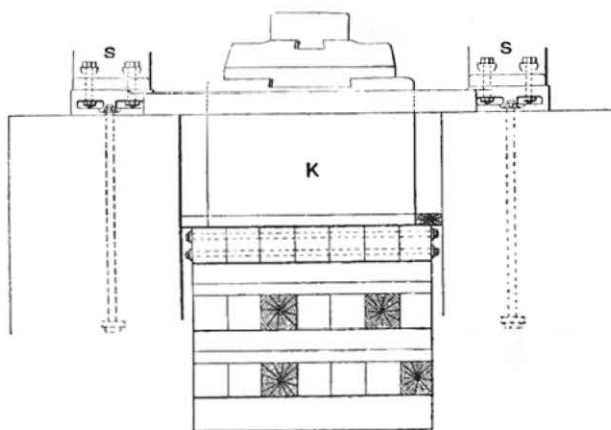
Kloc młota zawieszony jest na długim trzonie i wymaga starannego prowadzenia. Takie młoty buduje się zwykle o jednostronnem działaniu pary, tylko podnoszącej młot, podczas gdy kucie odbywa się tylko energią spadania kłoca; przy takim urządzeniu trzon tłokowy narażony jedynie na rozciąganie, może być stosunkowo cienki, gdy przy młotach działających obustronnie trzon z powodu ciśnienia z góry narażony jest na wyboczenie i musi mieć odpowiednią grubość. Grubość ta przy bardzo długim trzonie, jakiego wymaga konstrukcja przedstawiona na ryc. 239, musiałaby być bardzo znaczna przy obustronnem działaniu pary.

Na ryc. 240 widzimy szkic fundamentu młota parowego. Słupy *S* młota spoczywają na bloku betonowym lub ciosowym, — w środku na osobnym fundamencie, nie złączonym z podstawą słupów i sięgającym aż do stałego gruntu, leży stos związanych śrubami belek (zwykle dębowych), stanowiących sprężysty podkład podstawy *K* kowadła, dla tłumienia wstrząśnień wywołanych kuciem.

Młotki pneumatyczne. Do rzędu młotów motorowych należy zaliczyć narzędzia poruszane zgęszczonem powietrzem,

służące w kuźnictwie do zakuwania nitów, uszczelniania połączeń nitowych, w innych zaś działach fabrykacji maszyn do ubijania piasku formierskiego, oczyszczania powierzchni odlewów ¹⁾, poruszania dłut itp., prócz tego do rozmaitych celów w innych rodzajach przemysłu. Narzędzia te budowane są w postaci (ryc. 152) i rozmiarach nadających się do warsztatowego zastosowania, aby robotnik trzymając je w ręce mógł szybciej i z mniejszym zmęczeniem pracować niż narzędziami poruszanymi ręcznie, wymagającymi fizycznego wysiłku.

Stosowanie młotków pneumatycznych zależne jest, — podobnie jak przy użyciu piasku do czyszczenia odlewów, od



Ryc. 240.

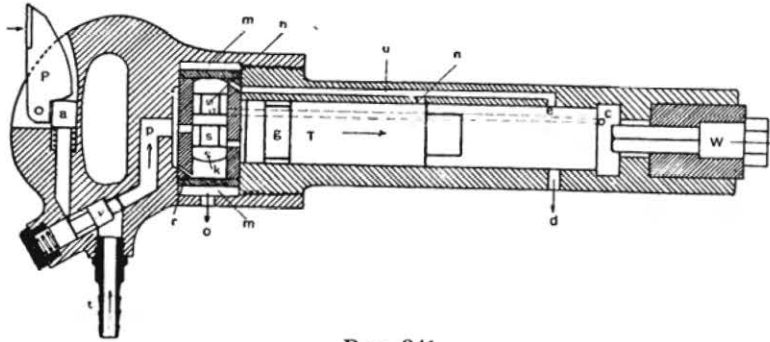
odpowiedniego urządzenia maszynowego, składającego się z kompresora zgęszczającego powietrze do ok. 6 atm., zbiornika, gdzie się gromadzi powietrze sprężone i gdzie się wyrównywa jego ciśnienie, sieci rur rozprowadzających je po fabryce, oraz rur giętkich (gumowych, opancerzonych drutem) łączących stałe rury z narzędziem pneumatycznym, i pozwalających wskutek swej podatności na stosowanie go w każdym położeniu.

Zasada działania młotków powietrznych polega na doprowadzeniu powietrza do przyrządu rozdzielającego (suwaka),

¹⁾ Zob. odnośne rozdziały odlewnictwa (str. 25, 168 i i.).

który je wpuszcza raz z jednej, drugi raz z drugiej strony tłoczka, nadając mu bardzo szybki ruch zwrotny, tłoczek zaś uderza o narzędzie umieszczone na końcu przyrządu i w ten sposób wykonywa pracę. Ilość uderzeń wynosi kilka tysięcy na minutę. Ruch tłoka zużyty jest równocześnie na przesuwaniu organu sterującego, tak że przyrząd samoczynnie się steruje, robota polega na zbliżeniu go do obrabianego przedmiotu i otwarciu wentyla doprowadzającego powietrze, a po wykonaniu roboty, albo dla przerwania jej, na zamknięciu wentyla. Młotek posiada rękojeść dla dogodnego trzymania w czasie pracy.

Ryc. 241 przedstawia przekrój jednej z wielu konstrukcji młotków pneumatycznych. W górnej części rękojeści, którą



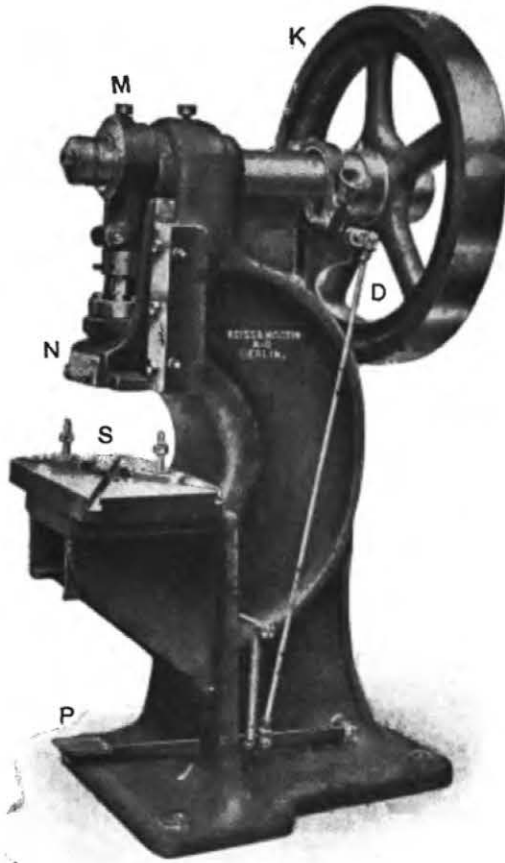
Ryc. 241.

robotnik trzyma w prawej ręce, znajduje się klawisz *P*, naciskany palcem w chwili rozpoczęcia roboty. Klawisz przesuwają pręt *a*, działający klinowatym swym końcem na wentyl *v* w ten sposób, że opuszczając się na dół odsuwa go i do kanału *p* prowadzącego do młotka wpuszcza powietrze dochodzące giętką rurą, nałożoną na przewód *t*. Gdy nacisk na klawisz ustanie, podnosi się pręt *a* pod działaniem sprężyny a uwolniony przez to wentyl *v* zamyka się również pod naciskiem sprężyny. Powietrze płynące kanałem *p* dostaje się najpierw do przyrządu sterującego, którego głównym organem jest suwak okrągły *s*; gdy suwak jest na dole, tak że jego środkowa część zamyka otwór prowadzący wprost z przewodu *p*, powietrze dostaje się kanalikiem *r* pod suwak i przesuwają go w położenie uwidocznione na szkicu. W ten sposób

otwarte jest bezpośrednie połączenie przewodu p przez komorę suwaka około jego zwężonej części do cylindra, i powietrze wpływając tam naciska tłok T i posuwa go szybko naprzód; koniec tłoka uderza w osadę W odpowiedniego narzędzia (nieuwidoczonego na rycinie) i wykonywa pracę. Powietrze, jakie znajdowało się pod tłokiem, uchodzi otworem d wprost na zewnątrz, a także otworem c dostaje się do przewodu kreskowanego, stąd do górnej części komory suwakowej i otworem (kropkowanym) h wpływa do przestrzeni m , okrążającej tę komorę, skąd ma ujście na zewnątrz przez otwór o . Wskutek przesunięcia się naprzód tłoka T zostają zamknięte otwory d i e , wypuszczające powietrze z przedniej części cylindra a część cieńsza (g) tłoka T ustawia się w miejscu, gdzie jest otwór n prowadzący do przewodu u ; zamknięte w niej zgęszczone powietrze przepływa do komory suwakowej ponad suwak s i przesuwają go na dół, wskutek czego powietrze z kanału p dostaje się około zwężonej części suwaka do przewodu kreskowanego i wypływając otworem c , przerzuca tłok T w pierwotne położenie. Powietrze zawarte za tłokiem wydostaje się wprost do komory suwakowej a stąd otworkiem (kropkowanym) k do przestrzeni m i przez otwór o uchodzi na zewnątrz. Wskutek cofnięcia się tłoka T są wolne otwory d i e , ciśnienie nad suwakiem s spada, tak że dopływające z przewodu p powietrze pod suwak przesuwają go do góry, — a więc rozpoczyna się na nowo opisany okres pracy.

Tłoczenie. Używa się kilku systemów tłoczni, zastosowanych do rodzaju wyrabianych przedmiotów i nacisku, jakiego wymaga praca.

Prasa mimośrodowa. Do lżejszych robót, zwłaszcza do przeróbki blachy na zimno, wyrabiania z niej przez wyginanie drobnych części maszyn, narzędzi, osłon do maszyn itp., a także do innych celów w przemyśle metalowym, ma obszerne zastosowanie prasa mimośrodowa, urządzona na tej samej zasadzie co młoty korbowe o sztywnym trzonie, ale działająca łagodniej, przy mniejszej liczbie obrotów. Jedną z licznych konstrukcji takich pras widzimy na ryc. 242. Koło



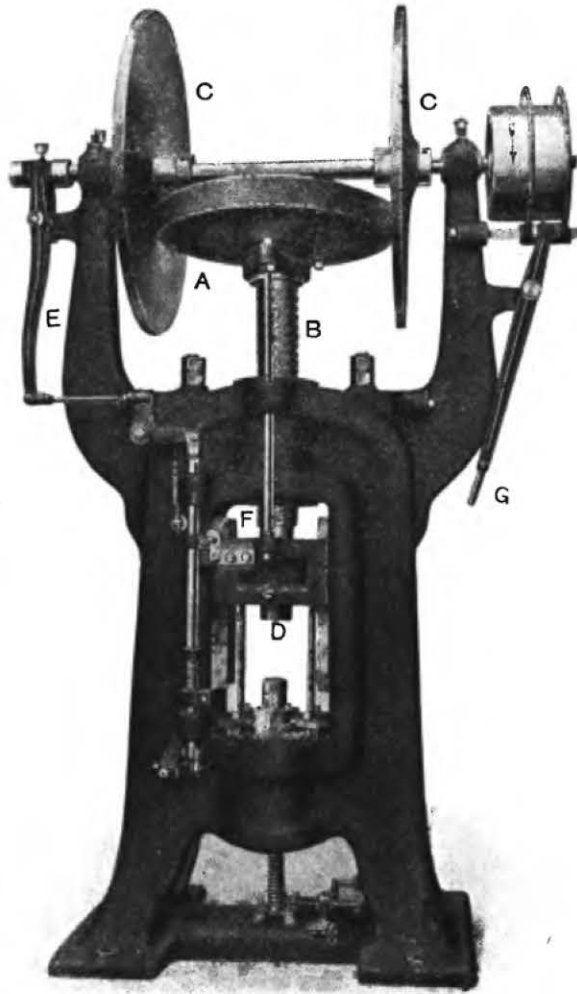
Ryc. 242.

pasowe *K*, będące zarazem zamachowem dla ujednostajnienia ruchu, obraca wał, na którego drugim końcu znajduje się mimośród *M*, wprawiający w ruch osadę *N* z umieszczonem w niej narzędziem (na rycinie narzędzie nie jest uwidocznione). Na stole *S* przytwierdza się drugą połowę formy. Koło zamachowe nie jest na wale zaklinowane, lecz obraca się na niem luznie, i dopiero przez załączenie sprzęgła, wprawianego w ruch naciskiem podnóżka *P*, a połączonego z drążkiem *D*, przenosi się z niego ruch na wał mimośrodu. Urządzenie takie jest dogodne, bo robotnik nie przesuwając pasa, może natychmiast wstrzymać ruch maszyny i znowu ją uruchomić.

wając pasa, może natychmiast wstrzymać ruch maszyny i znowu ją uruchomić.

Prasa śrubowa. Do robót ciężkich, jak wyciskanie przedmiotów z grubej blachy, wytłaczanie główek śrubowych i nitowych, i wielu innych celów, wymagających większej siły przy przeróbce, używa się pras śrubowych, w których śruba znacznej grubości i o bardzo silnym gwincie, otrzymująca popęd z transmisji, wkręca się i wykręca z mutry stale osadzonej, wykonywując w ten sposób także ruch posuwisty. Ruch ten przenosi się na górną część formy; dolna jej część

jest osadzona nieruchomo na stole prasy. Do popędu śruby służą koła cierne. Bardzo używany typ prasy śrubowej przedstawia ryc. 243, gdzie koło cierne *A*, osadzone na śrubie *B* otrzymuje popęd od transmisji za pośrednictwem kół tarczowych *C*; na dolnym końcu śruby osadzony jest suport *D* z połową formy, druga jest utwierdzona nieruchomo w wycięciu kozła prasy. Przez nacisk podnóżka lub ręcznej dźwigni porusza się za pomocą systemu drążków dźwignię *E*, przesuującą w łożyskach wał popędowy wraz z tarczami, wskutek czego obie naprzemian działają, nadając śrubie obrót w jedną to w drugą stronę, przyczem śruba obracając się w nieruchomej mutrze przesuwa suport z narzędziem naprzemian w górę i w dół. Na supporte znajduje się żabka *F*, która przy najwyższym położeniu śruby samoczynnie przesuwa wał popędowy, zmieniając kierunek obrotu śruby i zapobiega przez to uderzeniu suportu o górną część kozła lub zetknięciu się koła ciernego z wałem popędowym. Do zupełnego



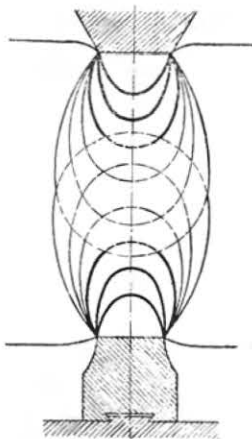
Ryc. 243.

zatrzymania maszyny służy dźwignia *G*, przesuwająca pas na koło luźne.

Cylindryczne koła cierne, wyłożone zwykle na powierzchni trącej skórą, wycierają się wskutek częściowego ślizgania się pasa o tarcze popędowe, dlatego niektóre fabryki wyrabiają je w postaci kół stożkowych, u których niema ślizgania w żadnym punkcie powierzchni koła. Ponieważ przy takiej konstrukcyi koło nie może się przesuwac, posiadają tłocznie tego typu śrubę tylko obracającą się ale nie przesuwającą, a ruch roboczy wykonywa osada narzędzia, mająca w swem wnętrzu mutrę, suwającą się po śrubie. Ta konstrukcyja jest mniej rozpowszechniona od opisanej poprzednio.

Tłocznie hydrauliczne. Do przekuwania wielkich, kilkadziesiąt ton nieraz ważących bloków, gdzie najcięższe młoty okazały się niewystarczającymi, zastosowano w ostatnim dziesiątku poprzedniego stulecia prasy hydrauliczne, które wywierając spokojny a potężny nacisk, mogą nawet bardzo grube przedmioty nawskroś przerabiać.

Aby to osiągnąć musi wywarte ciśnienie być dostatecznie wielkie, i tem większe im grubszy jest przedmiot przerabiany. Uwidocznia to ryc. 244, przedstawiająca działanie prasy (u góry tłoczysko, u dołu kowadło) przy rozmaitych ciśnieniach. Każdemu ciśnieniu odpowiada pewna głębokość przeróbki, oznaczona krzywą, łączącą punkty jednakowego ciśnienia, które przewyższa opór materiału i powoduje jego deformację; poza tę linię działanie obróbki nie sięga.



Ryc. 244 (W. T.)

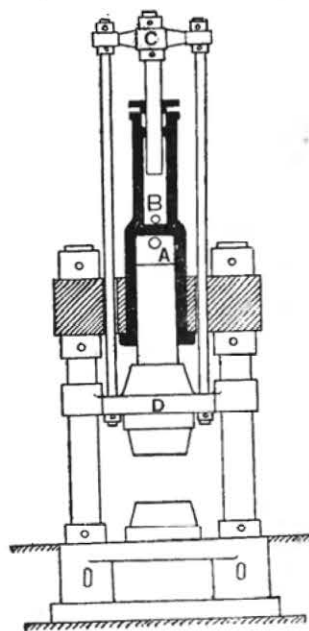
Aby więc materiał w całości został przerobiony, muszą górne i dolne linie odkształceń sięgać tak daleko, by się ze sobą przecięły; pole objęte niemi doznaje w całości przeróbki. Z ryciny wynika także, że mniejsze, niegłęboko sięgające ciśnienia, będą wystarczające do przekucia przedmiotów cieńszych, a ze wzrostem grubości musi także wzrastać ci-

śnienie; przy wyrobie płyt pancernych i dział okrętowych dochodzą wywierane ciśnienia do olbrzymich wielkości, — w ostatnich czasach zbudowane prasy mogą wyrzeć ciśnienie 14 tysięcy ton, a niezawodnie wkrótce powstaną jeszcze potężniejsze.

Prasy hydrauliczne, stosownie do wielkości przerabianych przedmiotów, bywają budowane w różnych rozmiarach, począwszy od tłoczni do małych ciśnień (500 kg); takie małe prasy mają możliwość szybszego manewrowania i robią często więcej niż 100 nacisków na minutę, stanowiąc oczywiste przejście do młotów, bo przy tak wielkiej liczbie ruchów krótko tylko mogą na materyale spoczywać i raczej kują niż tłoczą.

Do pras mniejszych rozmiarów stosuje się popęd wyłącznie hydrauliczny, zarówno przy tłoczeniu jak i podnoszeniu tłoczyska. Taką prasę przedstawia szkic 245. Widzimy tu podwójny cylinder, dolny *A* o grubym tłoku, służy do ruchu roboczego, gdy woda o wysokim ciśnieniu (50 — 300 atm.) wpływa przewodem zaznaczonym w górnej części dolnego cylindra i ciśnię tłok *a* z niem tłoczysko na przedmiot spoczywający na kowadla. Górny cylinder *B* przeznaczony jest do podnoszenia tłoczyska po wykonaniu pracy; gdy woda wpływająca otworem w dole ciśnię tłok do góry, belka *C* umieszczona na szczycie podnosi zapomocą dwóch prętów tłoczysko *D* do góry. Chcąc zatrzymać je w jakimkolwiek położeniu, wstrzymujemy dopływ do małego cylindra, a także odpływ, nie dopuszczając równocześnie wody do cylindra wielkiego. Osada cylindra połączona jest zapomocą silnych słupów z podstawą kowadla.

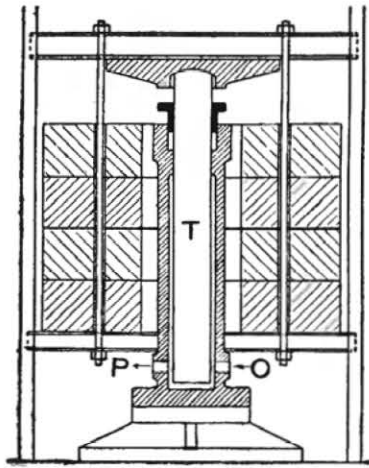
Dla wytworzenia potrzebnego ciśnienia wody używać można pompy bezpośrednio połączonej z prasą, co jest jednak niekorzystne, bo pompa



Ryc. 245.

tylko wtedy się porusza gdy pracuje tłocznia i nie może być w ciągłym ruchu; wymiary jej są wskutek tego zastosowane do najszybszej pracy tłoczni, a więc znacznie większe niżby wymagało średnie zapotrzebowanie pracy. Powoduje to większe koszty napędu, a praca przy tak zasilanej tłoczni odbywa się bardzo wolno.

Wymienione czynniki są powodem, że tego rodzaju urządzenia używa się rzadko, a zazwyczaj obok pompy stosuje się przyrząd pośredniczący — akumulator. Składa się on (ryc. 246)



Ryc. 246.

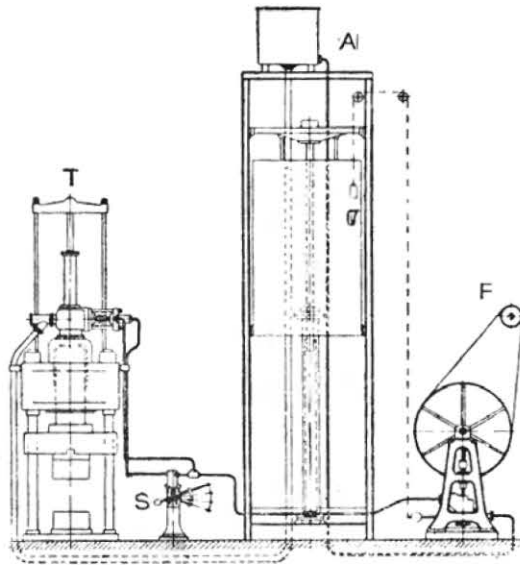
z cylindra hydraulicznego, którego tłok *T* jest obciążony płytami żelaznymi lub skrzynią wypełnioną ciężkimi przedmiotami. Pompa włącza otworem *O* wodę do cylindra, wskutek czego tłok posuwa się w górę i podnosi wiszący na nim ciężar; gdy zostanie otwarty odpływ *P* do tłoczni, woda wyciskana obciążonym tłokiem dostaje się do cylindra prasy i wykonuje pracę. Przy takim urządzeniu pompa zasilająca może być stale w ruchu, tłocząc wodę do akumulatora, a nagromadzony w jego cylindrze zapas wody cisnącej jest każdej chwili gotowy do działania

w tłoczni. Zestawienie całego urządzenia widzimy na ryc. 247. Pompa *F* o stosunkowo małych, bo do średniego ciśnienia zastosowanych rozmiarach, ciśni wodę do akumulatora *A*, skąd za pośrednictwem stawidła *S* doprowadza się ją do tłoczni *T*, czyto do cylindra pracującego, czy też do podnoszącego. Gdy cylinder akumulatora jest napełniony, wznoszący się ciężar działa zapomocą żabki na ciężarek zawieszony na łańcuchu, który zatrzymuje pompę; skoro cylinder opróżni się częściowo i ciężar opadnie, uwolniony ciężarek ciągnąc łańcuch, podnosi dźwignię sterującą pompy i praca jej zaczyna się na nowo.

Zastosowanie akumulatora pozwala na nieprzerwaną a za-

razem szybszy niż przy samej pompie popęd tłoczni, koszty urządzenia są znacznie wyższe; jeżeli jednak fabryka posiada kilka pras, wada ta znika. Przy użyciu akumulatora należy wstrzymując tłocznice zamykać wentyle pomału, w przeciwnym bowiem razie występują niebezpieczne uderzenia wody.

Zamiast akumulatora ciężarowego stosują niekiedy akumulator powietrzny, w którym powietrze zamknięte w zbiorniku ponad wodą doznaje zgęszczenia wskutek pompowania wody do zbiornika. W chwili otwarcia przewodu prowadzącego do prasy, zgęszczone powietrze, tak jak w akumulatorze ciężarowym, wyciska wodę do prasy; wskutek jego elastyczności nie występują tutaj uderzenia przy zamykaniu przewodu jak w akumulatorze ciężarowym.

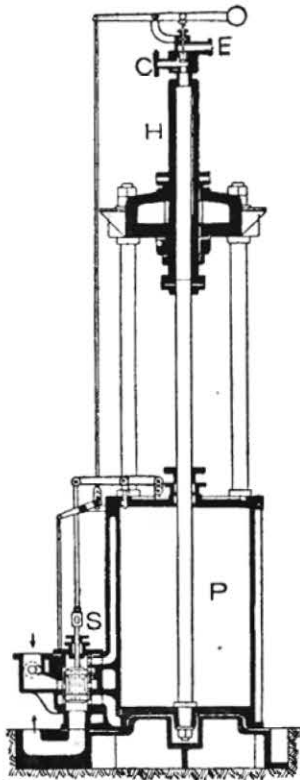


Ryc. 247.

Gdy z rozwojem pras szybkość pracy, jaką daje akumulator, nie była wystarczająca a wymagania co do wielkości ciśnienia wzrastały i nie mogły być zaspokojone przez stosowanie akumulatorów, powstał nowy system urządzeń do prasowania, tzn. tłocznie parowo-wodne. Urządzenie samej prasy nie uległo zmianie, bo woda cisnąca zamiast z akumulatora dopływa z przyrządu tłoczącego z pomocą pary, jak to widzimy na ryc. 248.

W cylindrze parowym *P* porusza się przy pomocy stawidła *S* tłok parowy, którego trzon przedłużony do góry przechodzi w tłok nurowy cylindra hydraulicznego *H*, ściska wodę i tłoczy ją do przewodu *C* prowadzącego do pompy. Wpuszczając parę pod tłok, wytwarzamy potrzebne ciśnienie wody

(do 600 atm.), która w prasie pracuje. Przy wielkich wymiarach tłoka parowego i dostatecznym ciśnieniu pary, szybkość pracy jest znacznie większa niż przy użyciu akumulatora. Gdy tłoczysko prasy opada, woda z jej cylindra wraca tą samą drogą przewodem *C* i po otwarciu wentyla zastosowanego ponad przewodem tłoczącym wpływa do przewodu *E* odprowadzającego ją do zbiornika w górze



Ryc. 248.

umieszczonego i służącego do zasilania cylindra pompy wodą gdy opadnie i nie jest pod ciśnieniem.

Zamiast wysoko położonego otwartego zbiornika można zastosować zbiornik nisko położony, zamknięty i wypełniony zgęszczonym powietrzem, które wodę wyciska, — stosują nawet osobną pompę o niskim ciśnieniu do wypełniania wodą cylindra prasy przed tłoczeniem.

Takie urządzenie pozwala wypełnić cylinder prasy i przewody wodą przed rozpoczęciem pracy, zaoszczędzając bardzo wody ciskającej, która wobec tego jest potrzebna tylko do samego tłoczenia.

Przy pompach hydrauliczno-parowych zastosowane są zwykle dwa cylindry podnoszące tłoczysko, zasilane zazwyczaj parą nie wodą w ten sposób, że para dopływa nieustannie pod tłoki a przy tłoczeniu ciśnienie na tłoki podnoszące przeważone bywa ciśnieniem cylindra hydraulicznego; para znajduje

się więc nieustannie pod tłokami i skoro nacisk hydrauliczny ustaje, tłoki natychmiast podnoszą tłoczysko.

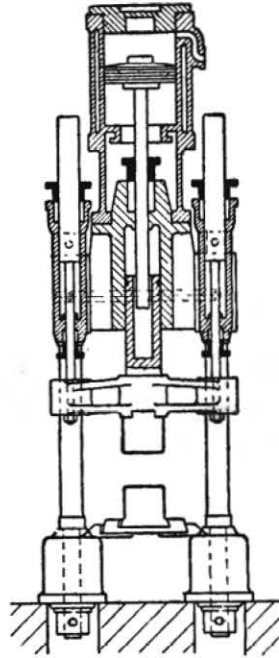
Zaletą tego urządzenia jest bardzo łatwa manipulacja przy robocie, wysokie ciśnienie prasy i szybkość jej pracy, — wadą bardzo wielkie zużycie pary, która pracuje przy całkowitem napełnieniu cylindra (bez ekspansji), ze względu na to, że w czasie roboty ciśnienie w prasie nie może spadać.

Ponieważ przyrząd ściskający wodę zabiera wiele miejsca, umieszczają go coraz częściej ponad prasą, w bezpośrednim związku z jej cylindrem hydraulicznym, jak to widzimy na ryc. 249. W prasie tej tłoki do podnoszenia tłoczyska poruszane są wodą z osobnego akumulatora dającego małe ciśnienie (25 — 50 atm.); woda dopływa z akumulatora nieustannie, tak że w czasie pracy główny tłok przeważając ich opór włacza wodę do akumulatora, w chwili zmiany ruchu zaś oba tłoki natychmiast działają. Chcąc zatrzymać tłoczysko w dowolnym położeniu, zamykamy wentylem przewód prowadzący z akumulatora, a ponieważ woda nie może wypływać z cylindrów ani nie dopływa do nich, prasa nie wykonuje żadnego ruchu.

Dzisiejsze tłocznie hydrauliczno-parowe dochodzą do olbrzymich często rozmiarów; ryc. 250 przedstawia szkicowo taką tłocznę w czasie pracy, z przyrządami do podnoszenia i poruszania kutego przedmiotu.

Wyrób rur przez tłoczenie odbywa się według systemu *Erhardta* w ten sposób, że do okrągłej formy (ryc. 251 *A*) wkłada się rozżarzony blok żelazny o kwadratowym przekroju i wciska w niego okrągły trzpień siłą hydrauliczną. Ponieważ materiał ustępuje pod naciskiem, powstaje otwór o średnicy trzpienia, a wyparty materiał wypełnia wolną przestrzeń między poprzednio zajmowaną objętością a formą, tworząc w ten sposób krótką a grubą rurę (ryc. 251 *B*), u dołu zamkniętą; przez dalszą przeróbkę zapomocą wyciągania, — o czym jest mowa w dalszej części, wyrabia się z tak otrzymanego półfabrykatu rurę o cienkich ścianach, nie posiadającą szwu, a więc jednakowo wytrzymałą w każdym punkcie swego obwodu

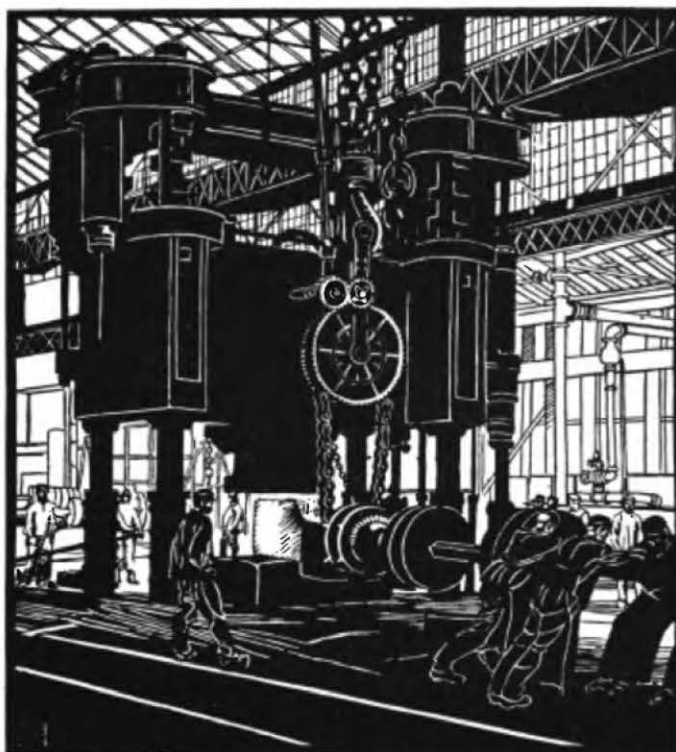
Zaletą tego procesu jest nietylko otrzymanie rury bez



Ryc. 249.

szwu, ale także dokładne kuźnicze przerobienie materiału w czasie włączania trzpienia w blok i wciskania go w otaczającą formę.

Odwrotne do powyższego postępowanie stosuje się przy wyrobie rur i prętów o różnych profilach z pewnych pla-

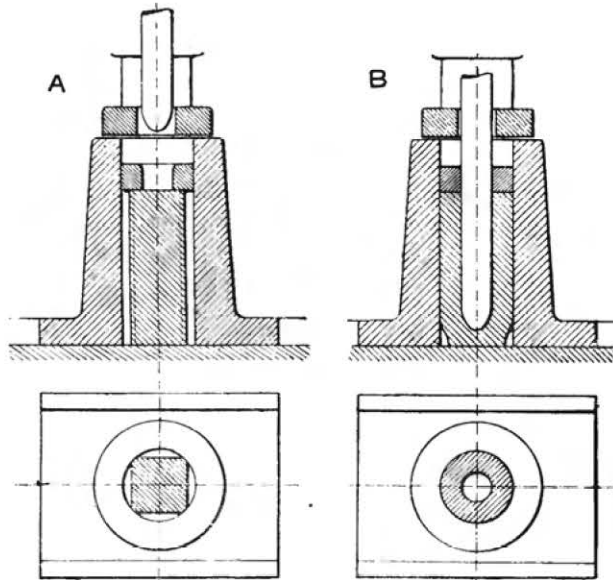


Ryc. 250 (St. u. E.).

stycznych metali, przetłaczając materiał przez otwór o kształcie żądanego przekroju. Szkic 252 przedstawia zasadę wyrobu tym sposobem rur ołowianych. Cylinder *C* zamknięty u góry płytą *P* z otworem o średnicy jaką ma mieć rura zewnętrzna, napelnia się roztopionym ołowiem, a gdy stężeje ale jest jeszcze gorący (około 120°) i wskutek tego plastyczny, ciśnię się go zapomocą tłoczni hydraulicznej tłokiem *T* zakończonym u góry prętym *J* o grubości wewnętrznej średnicy

rury. Ołów wyciskany otworem płyty tworzy około pręta rurę, wysuwającą się z cylindra *C* w miarę tłoczenia.

W podobny sposób bywają przerabiane także inne metale plastyczne, przy pewnej, zwykle ściśle określonej temperaturze, jak cynk, glin, miedź, miękki brąz, mosiądz i pokrewne mu stopy (Delta, Durana)¹⁾. Różnica leży w tem, że do cylindra prasy nie wlewa się metalu w stanie płynnym ale wkłada do niej w postaci odlanego bloku, rozgrzanego do wymaganej temperatury; rozgrzanie przy przeróbce stopów miedzi wynosi 900—1000°. Ponieważ metale przerabiane



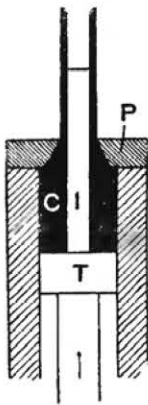
Ryc. 251 (St. u. E.).

w ten sposób stawiają wielki opór, stosować trzeba, zwłaszcza przy grubszych przekrojach bardzo silne prasy, o nacisku przechodzącym w pewnych razach 1000 ton. Powierzchnia przekroju pręta wytłaczanego dochodzić może przy wielkich prasach do 70 mm².

Przy tym procesie doznaje materiał bardzo korzystnej

¹⁾ Część I, str. 86.

przeróbki kuźniczej. Jego wyższość nad procesem wyrobu prętów przez *wyciąganie*, opisanym w dalszym ciągu, polega na znacznie szybszej, zwykle jednorazowej przeróbce materiału, bez oglądania się na jego wytrzymałość, która przy wyciąganiu, ze względu na niebezpieczeństwo urwania się pręta, bardzo ogranicza szybkość roboty, wymagając stopniowego przechodzenia z jednego przekroju w następny, póki się nie osiągnie ostatecznego kształtu. Zużycie pracy jest natomiast przy tłoczeniu znacznie większe.



Ryc. 252.

Naprężenia. Podobnie jak w odlewach, występować mogą także w przedmiotach kutych naprężenia, jeżeli ich wymiary są w różnych miejscach niejednakowe a przez to szybkość stygnięcia różna. W takim razie bowiem w części wolno stygnącej powstawać mogą plastyczne odkształcenia, gdy w innych miejscach materiał więcej wystudzony już nie jest w plastycznym stanie; wskutek tego w częściach równocześnie z nimi stygnących a jeszcze plastycznych powstają trwałe odkształcenia, które po ostygnięciu objawiają się albo jako wygięcie, albo najczęściej, jako wewnętrzne, ukryte i przez to niebezpieczne naprężenia. Takie więc przedmioty, których kształty utrudniają jednostajne ostygnięcie, powinny podlegać wyżarzaniu z powolnym studzeniem na końcu, podobnie jak stalowe odlewy. Różnica między odlewami a przedmiotami kutymi polega — z korzyścią dla przedmiotów kutych, na znacznie mniejszych u nich różnicach temperatury przed i po wystygnięciu, co zmniejsza wielkość i niebezpieczeństwo wynikające z naprężeń, — a także na większej wytrzymałości materiału kutego niż lanego, co pozwala naprężenia łatwiej pokonywać.

Żarzenie, które jak wiemy wywołuje pewne odwęglenie na powierzchni, czyniąc ją plastyczniejszą w zimnym stanie, przeciwdziała ewentualnym złamaniom (przy uderzeniach) wskutek działania karbu, gdy przedmiot posiada ostre wcięcia lub choćby nieznaczne uszkodzenia na powierzchni, mogące działać jak karb.

Wiemy jednakże, że utrzymywanie żelaza przez dłuższy czas przy wysokiej temperaturze wywołuje gruboziarnistą strukturę, zmniejszającą wytrzymałość materiału przy wstrząśnieniach i uderzeniach. By wyroby pod względem wytrzymałości ulepszyć przez zmniejszenie ziarnistości, stosuje się od niedawnych czasów tzn. ulepszanie termiczne,¹⁾ które polega na ogrzaniu żelaza ponad punkt krytyczny²⁾ (eutektyczny), szybkim ostudzeniu (hartowaniu) i odpuszczeniu³⁾ przy pewnej temperaturze, przez co powstaje struktura bezziarnista, charakteryzująca żelazo hartowane i odpuszczone.

Są zatem do pogodzenia dwa sprzeczne wymagania, potrzeba wyżarzenia i powolnego wystudzenia wyrobu dla usunięcia naprężeń, a równocześnie dążenie do szybkiego wystudzenia dla otrzymania korzystnej struktury; praktyka radzi sobie stosując jeden z tych procesów (często nie stosuje żadnego), zależnie od rodzaju wyrobu i jego przeznaczenia. Ulepszaniu termicznemu poddaje się zazwyczaj wyroby mniejszych rozmiarów, które powinny posiadać znakomite warunki wytrzymałości, a wyjątkowo przedmioty wielkie, jak działa i płyty pancerne, gdzie wymagania co do odporności materiału idą, bez względu na koszty roboty, bardzo daleko. Przy odpowiednim postępowaniu i sprzyjających warunkach dają się owe sprzeczne kierunki pogodzić⁴⁾. Ponieważ dla osiągnięcia korzystnej struktury materiał rozżarzony musi być szybko ostudzony poniżej temperatury krytycznej, która u żelaza perlitycznego leży około 700°, a u rodzajów miękkich, z jakimi mamy do czynienia w kuźnictwie — jeszcze wyżej⁵⁾, należy rozgrzany przedmiot szybko ostudzić do temperatury niższej niż krytyczna, co odbywać się będzie w obrębie plastyczności materiału.

Z drugiej strony wiemy, że gdy materiał był poddany

¹⁾ Część I, str. 25, 63, 68, 70, 74.

²⁾ Część I, str. 8, 23.

³⁾ Część I, str. 22—24.

⁴⁾ Heyn i Bauer »Einiges über Kerbschlagversuche und über das Ausglühen von Stahlformguss, Schmiedestücken u. dgl.« St. u. E. 1914 str. 231 i 276.

⁵⁾ Część I, wykres tężenia żelaza str. 6.

zimnej obróbce¹⁾ (tj. poniżej granicy elastyczności), wywołującej jego stwardnienie na powierzchni i kruchość, wystarczy ogrzać go do 600°, aby wpływ tej obróbki usunąć; znaczy to, że przy powyższej temperaturze materiał znajduje się już w plastycznym stanie.

Jeżeli więc wyżarzony przedmiot ostudzimy nagle do temperatury 700° lub nawet nieco niższej, stosownie do zawartości węgla, a potem pozwolimy mu powoli stygnąć, to zapewnimy mu zarówno korzystną strukturę jak i zabezpieczymy go od wewnętrznych naprężeń.

Rozumie się samo przez się, że proces taki można stosować z powodzeniem tylko do przedmiotów mniejszych rozmiarów, które pozwalają na szybkie studzenie do żądanej temperatury; im przedmiot jest większy, tem szybkość i równomierność studzenia jest trudniejsza do osiągnięcia i wymaga większych kosztów. W takim razie fabryka musi przez własne doświadczenia wynaleźć pośredni, dla wyrobu najstosowniejszy sposób postępowania. To jest powodem, że ulepszanie termiczne stosowane przez zakłady hutnicze i fabryki maszyn ze znakomitymi wynikami co do własności wykonanych wyrobów, należy do najtrudniejszych, najbardziej ukrywanych i najmniej zadowolająco i wyczerpująco omówionych dotąd w literaturze procesów technologicznych, — bo zakład posiadający dobrze u siebie wypróbowany sposób termicznego ulepszania, otrzymuje z tego samego materiału o wiele lepsze wyroby niż jego współzawodnicy, czerpie z niego znaczne korzyści i zazdrośnie strzeże swojej tajemnicy²⁾.

W procesach kuźniczych bardzo ważną jest rzeczą mierzenie temperatury czy to pieca czy też materiału będącego w obróbce, od niej bowiem zależy opór stawiany przez materiał, uniknięcie przegrzania, odpowiednie odpuszczenie po hartowaniu itd. Do niedawnych czasów określano temperaturę tylko na podstawie barwy rozżarzonego przedmiotu na

¹⁾ Część I, str. 29.

²⁾ W ostatnich czasach prowadził nad tem Hanemann badania ogłoszone w St. u E. 1914 p. t. »Ueber Wärmebehandlung der Stähle«, dotyczące żelaza o bardzo wysokich zawartościach węgla (0.99 — 1.56 %) jakiej nie posiadają gatunki przerabiane w kuźnictwie.

tej podstawie, że słabo żarzące się ciało wysyła najwięcej promieni czerwonych, w miarę zaś wzrostu temperatury barwa zmienia się w coraz jaśniejsze odcienie czerwonej, następnie w żółtą, wreszcie w białą. I dziś jeszcze określa się bardzo często tak w praktyce jak w literaturze temperaturę nieuzbrojonym okiem, według barwy rozżarzonego przedmiotu, — z tego powodu podajemy tu skalę barw żaru i temperatur jakiej im w przybliżeniu odpowiadają:

Początek czerwoności	500°
Żar ciemno czerwony	600°
« wiśniowy	700°
« jasno-czerwony	800°
« pomarańczowy	900°
« żółty	1000°
« jasno-żółty	1100°
« biały	1200°
« olśniewająco-biały	1500°

Takie określenie temperatury nie ma wartości przy dokładnych pracach kuźniczych, gdyż zależy od wrażliwości oka na barwy a także od oświetlenia miejsca gdzie się odbywa robota; zdarzało się, że tą samą barwą określano temperatury różniące się o 200 i więcej stopni ¹⁾).

Lepsze wyniki daje użycie stożków Segera wyrobionych z gliny o różnym składzie chemicznym, wskutek czego mięknią one i deformują się przy różnych, dla każdego rodzaju dokładnie określonych i o 20—30° różniących się temperaturach; wadą ich jest trudność stosowania w wielu wypadkach.

Najdokładniejsze oznaczenie temperatury umożliwiają termoelementy, których siła elektromotoryczna powoduje wychylenia wskazówki galwanometru, proporcjonalne do temperatury; gdzie nie można ich użyć, stosuje się termometry optyczne, urządzone na podobnej zasadzie co opisane poprzednio określanie temperatury na podstawie barwy żaru, lecz pozwalające przy pomocy przyrządów ściślej ocenić siłę i barwę światła przez porównanie z jakimś stałym jego źródłem.

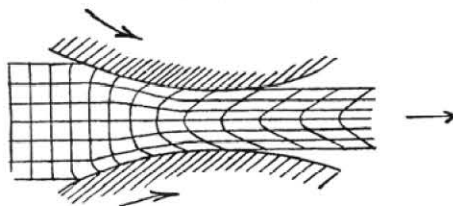
¹⁾ M-H. II A str. 131.

Najdogodniejsze w użyciu są przyrządy zapisujące stale temperaturę w postaci linii ciągłej, rysowanej na przesuwanym się papierze z odpowiednią podziałką dla odczytania temperatury. Do tych celów używa się termoelementów związanych do galwanometru piszącego lub oddziałującego na papier fotograficzny ¹⁾.

¹⁾ O oznaczaniu temperatury do celów laboratoryjnych i fabrycznych p. M-H. II. A. str. 118 i d.

3. WALCOWANIE.

W procesie tym materiał mający na całej swej długości jednakowy lub bardzo mało zmienny przekrój, np. blok odlany w stalowni, belka, pręt itp. wkłada się między dwa poziome, obracające się walce, u których odległość pracujących powierzchni jest mniejsza niż grubość przerabianego przedmiotu; powierzchnie walców chwytają przysunięty do nich przedmiot, wciągają go między walce, które go zgniatają na grubość odpowiadającą ich wzajemnemu oddaleniu i przesu- wają na przeciwną stronę (ryc. 253).

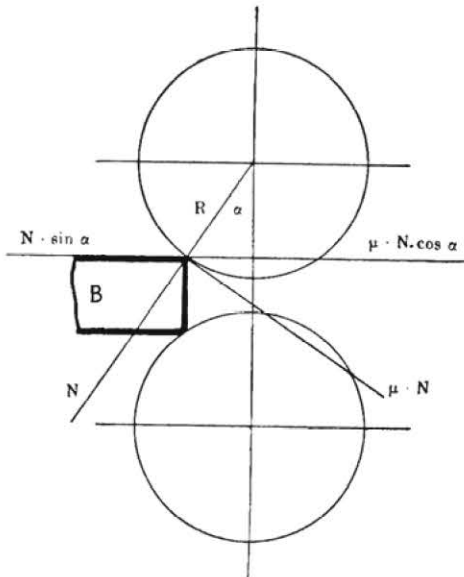


Ryc. 253 (Kick).

Material przy tej obróbce doznaje daleko idących odkształceń, jak to widzimy z ryciny, gdzie powierzchnię przerabianego ciała podzielono na jednakowe kwadratowe pola poziomymi i pionowymi liniami; cząstki doznały zarówno zgniecenia jak wydłużenia, odmiennego w wierzchnich warstwach niż w środkowych. Wskutek bezpośredniego zetknięcia się wierzchnich warstw materiału z powierzchnią walców i wywiązującego się przez to tarcia, zostały cząstki zewnętrzne więcej przesunięte niż położone głębiej, które wskutek swej spoistości z zewnętrznymi cząstkami posuwają się także naprzód, ale powolniej niż tamte. Przebieg procesu uwidoczniają pionowe linie dzielące obrabiane pole: linie z początku pro-

ste, w miarę posuwania się belki wyginają się, części ich skrajne podążają naprzód, środkowe pozostają w tyle i po wyjściu z pod działania walców, kiedy proces odkształcenia się kończy, kształtem swoim dokładnie wskazują, jaki ruch wykonały cząstki materiału.

Stwierdzono doświadczeniem, że szybkość posuwania się obrabianego przedmiotu między walcami jest większa od szybkości obwodowej walców; ta różnica szybkości wywołana jest plastycznością materiału, który wypierany naciskiem walców, rozpoczynającym się w punkcie zetknięcia się belki z wal-



Ryc. 254.

cami a kończącym w największym między nimi miejscu, szybko się naprzód posuwa, jak gdyby wypływał z pomiędzy walców.

Aby walcowany przedmiot mógł być uchwycony przez walce i wciągnięty między nie, musi jego tarcie o powierzchnię walców być dostatecznie wielkie, jak to wykazuje następujące rozważanie:

Jeżeli N (ryc. 254) oznacza w punkcie zetknięcia z materiałem siłę prostopadłą do powierzchni walca, to tarcie jakie ona wywołuje będzie $\mu \cdot N$ (gdzie μ jest współczynnikiem tar-

cia), a jego składowa pozioma, która belkę wciąga między walce, jest $\mu \cdot N \cos \alpha$, gdzie α jest kątem zawartym między N a pionową przechodzącą przez środek obu walców. Składowa pozioma odpychająca belkę od walców jest $N \sin \alpha$. Jeżeli więc ma nastąpić wciągnięcie belki między walce, musi być:

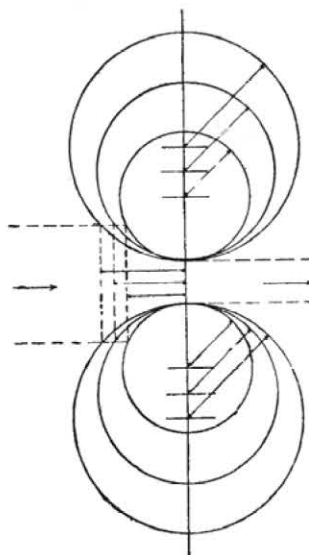
$$\mu N \cos \alpha > N \sin \alpha \text{ czyli} \\ \mu > \operatorname{tg} \alpha,$$

a ponieważ współczynnik $\mu = \operatorname{tg} \varphi$, gdzie φ jest kątem tarcia (22–30°), przeto wciąganie materiału między walce będzie

możliwe wtedy, gdy kąt φ będzie większy niż kąt α . Kąt α będzie tem mniejszy, im większy będzie promień walców (R), z czego wynika, że walce o większej średnicy lepiej wciągają materiał niż walce cieńsze.

Średnicy walców nie można jednak zbyt zwiększać, nietylko ze względu na większy ciężar i wynikającą stąd większą cenę walca i wyższe koszty roboty, ale także dlatego, że ze zwiększeniem średnicy walca zmniejsza się szybkość wydłużania belki z powodu, że walec większy tłocząc materiał na większej powierzchni, co uwidocznia ryc. 255, wywiera przy tym samym ogólnym nacisku, mniejsze ciśnienie jednostkowe i przez to mniej energicznie przerabia materiał.

Na szybkość walcowania wpływa także opór przedmiotu, zależny od rodzaju materiału (jego wytrzymałości), sposobu obróbki (zimnej lub gorącej), a u materiałów obrabianych w stanie rozżarzonej, przede wszystkim u żelaza, od temperatury, przy jakiej odbywa się przeróbka o czym już poprzednio była mowa (str. 217).

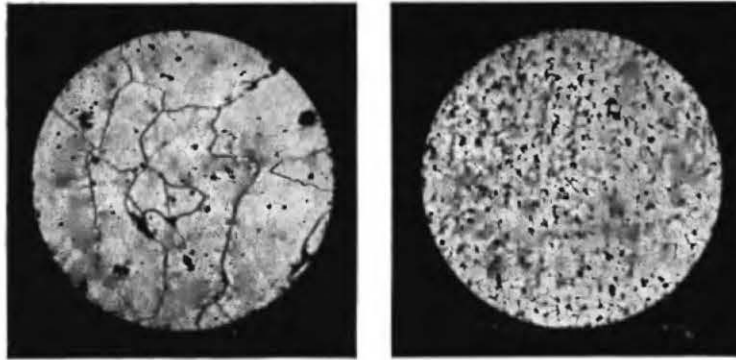


Ryc. 255.

Wpływ przeróbki walcowniczej na materiał objawia się¹⁾ przede wszystkim zmianą wielkości ziarn jak w innych rodzajach przeróbki kuźniczej; z powodu jednakowego wciąż kierunku działania walców zmiana ta odbywa się jednak głównie w kierunku ruchu materiału, tak że wydłużające się ziarna nadają charakter włóknisty wyrobom walcowanym. Zmianę ziarnistości widzimy na ryc. 256. (pow. 1:100), gdzie z lewej strony mamy obraz żelaza zlewnego przed walcowaniem tj. w surowym bloku, o bardzo

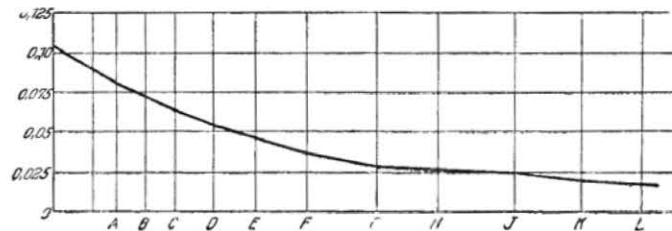
¹⁾ St. u. E. 1910, str. 287, komunikat Instytutu hutniczego w Akwizgranie.

wielkich i nieregularnych ziarnach, właściwych odlewom, z prawej strukturę gotowej blachy, wykonanej z tego bloka, o ziarnach bardzo drobnych. Ryc. 257 przedstawia wykres



Ryc. 256. (St. u. E.).

wielkości ziarn tego samego żelaza w każdym stadium przeróbki. Na osi pionowej podana jest w milimetrach średnia wielkość ziarn, na poziomej oznaczone są literami postępujące po sobie procesy walcowania, przyczem *O* oznacza blok su-



Ryc. 257. (St. u. E.).

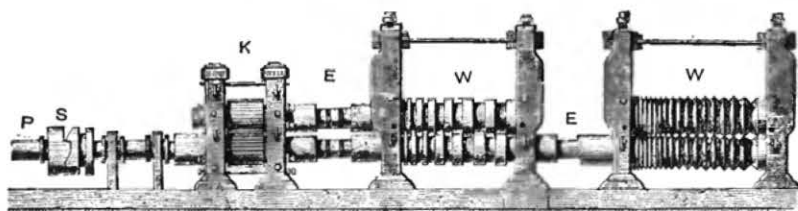
rowy *A, B, C* itd. materiał po coraz dalej idących przejściach między walcami aż do *L*, gdzie żelazo było po raz ostatni przerobione.

W żelazie zlewnem proces walcowania wywołuje nadto jeszcze wydłużenie zawartych w surowym bloku baniek żużla ¹⁾, które ze swego pierwotnie okrągłego kształtu wydłużają się w kierunku ruchu materiału.

¹⁾ Część I, str. 202, ryc. 101.

W żelazie pudlarskiem ¹⁾ powoduje walcowanie zmniejszenie zawartości żużla przez to, że płynny wskutek rozżarzenia żużel wycieka pod naciskiem walców przy pierwszym przejściu między nimi, — później zastyga i przy dalszych przejściach już się nie wydobywa. Ubytek żużla wynosi w ten sposób w wywalcowanym żelazie do 80% zawartości w bryle wykutej po świeżeniu. Także rozkład żużla w walcówkach z żelaza pudlarskiego jest równomierniejszy i w drobniejszych złożach niż przed walcowaniem.

Urządzenie walcowni przedstawia w ogólnym zarysie ryc. 258. Przyrząd popędowy (maszyna parowa, motor gazowy,



Ryc. 258. (Ledebur).

elektryczny, — pędzący wprost lub za pośrednictwem transmisji, najczęściej linowej) przenosi ruch z wału *P*, przez sprzęgło *S*, umożliwiające wyłączenie popędu, na koła zębate *K*, z których dalszy ruch przenosi się na walce robocze *W* przy pomocy wałów pośredniczących *E*, złączonych sprzęgłami z jednej strony z czopami kół zębatach *K*, z drugiej z czopami walców.

Zazwyczaj obok siebie stoi kilka garniturów walców *W* (na rycinie uwidoczniło tylko dwa), i ruch z jednego garnituru przenosi się na następny w ten sam sposób zapomocą wałów *E* z obustronnemi sprzęgłami; ruch może być przeniesiony, tak jak na rycinie, tylko na jeden walec, wtedy drugi obraca się wskutek tarcia o materiał przesuwający się między walcami, albo też każdy walec otrzymuje osobny popęd od odpowiadającego mu walca sąsiedniego garnituru.

Walcowanie odbywa się o k r e s o w o; przedmiot uchwy-

¹⁾ Część I, str. 182—184.

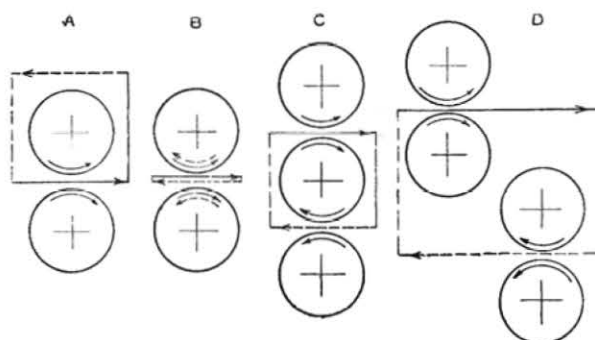
cony walcami przechodzi między nimi, zwężając się i wydłużając, następnie dostaje się znów między walce dla dalszego zwężenia i wydłużenia, — i proces ten powtarza się tak długo, pokaż nie powstanie ostateczny żądany kształt (blacha, kształtówka, szyna kolejowa, drut itp.).

Przeróbka powinna się odbywać jak najszybciej, z najmniejszymi przerwami między jednym przejściem a następnym, aby nie dopuścić do wystygnięcia materiału, co by zwiększyło jego opór i wywołało potrzebę ponownego rozgrzewania w piecu.

Na szybkość przeróbki wpływa sposób uruchomienia i zestawienia walców, od czego zależy możliwość szybkiego podania żelaza wychodzącego z pod walców następnemu walcowaniu.

Ten wzgląd jest powodem rozmaitych konstrukcji walcowni.

Garnitur walcowniany składać się może z dwóch walców (jak na ryc. 258) albo z trzech, a nawet z czterech (ryc. 259).



Ryc. 259.

Przy zastosowaniu dwóch walców może być kierunek ich obrotu stały (szkic A) albo zmienny (szkic B), — mamy wtedy do czynienia z walcownią *zwrotną*. W pierwszym wypadku motor posiada koło zamachowe, które w czasie luźnego biegu i w przerwach między poszczególnymi przejściami materiału przez walce gromadzi w sobie energię i w chwili gdy się odbywa praca, oddaje zebraną nadwyżkę. Takie urządzenie pozwala zastosować siłę maszyny do *śre-*

dniego zapotrzebowania walcowni, wskutek czego jej wymiary, a tem samym koszta założenia, wypadają mniejsze, mniejsze są też koszta popędu.

Ujemną stroną walcowni o dwóch walcach i niezmiennym kierunku ich obrotu jest konieczność przenoszenia walcowanego przedmiotu na przeciwną stronę po każdym przejściu, aby go można było znów poddać pod walce. Wymaga to urządzeń mechanicznych i połączone jest ze stratą czasu i ostyganiem materiału; wydajność walcowni takiej jest stosunkowo mała wskutek rzadszych okresów pracy. Te dla pracy walcowni doniosłe czynniki sprawiają, że walcownie o dwóch walcach i jednakowym kierunku ruchu (szkic *A*) są stosowane rzadko i tylko do mniejszych i krótkich przedmiotów.

Tej wady nie posiada dwuwalcowa walcownia zwrotna (szkic *B*), gdzie po przejściu materiału między walcami maszyna popędowa staje, a następnie zwraca się w przeciwnym kierunku, tak że przedmiot przysunięty do walców odbywa zwrotną drogę między walcami, ulegając dalszej przeróbce. Przedstawia to korzyść o wiele szybszej roboty, znacznego ograniczenia ostygania materiału i prostszych urządzeń transportowych dla poruszającego się po obu stronach przedmiotu.

Dalszą ujemną stroną walcowni wyposażonych kołem zamachowem jest stała, a przynajmniej nieznacznie w ciągu przejścia zmieniająca się szybkość obrotów. W chwili gdy walce chwytają przedmiot, pożądane jest zmniejszenie ich szybkości obwodowej, bo wtedy wstrząśnienie spowodowane wciągnięciem przedmiotu między walce jest mniejsze a uchwycenie go łatwiejsze z powodu większego tarcia; tego przy zastosowaniu koła zamachowego nie można osiągnąć.

Niemożność zmiany szybkości obrotu walcowni nie dopuszcza także zmiany szybkości przeróbki w miarę jak przekrój walcowanego przedmiotu się zmniejsza i gdy przez to jego opór maleje.

Z tego wynika, że dodatnią stroną walcowni zwrotnej (tj. nie posiadającej koła zamachowego) jest możliwość zmniejszenia szybkości obwodowej walców i przez to łatwiejszego uchwycenia i wciągnięcia materiału, oraz możliwość regulowania ich szybkości obwodowej stosownie do oporu walco-

wanego przedmiotu. Pozwala to zmniejszyć liczbę obrotów walców przy rozpoczęciu roboty, gdy gruby blok stawia wielki opór, a stopniowo zwiększać ją w miarę jak walcowany przekrój zmniejsza się i w tym samym okresie mniejsza ilość materiału doznaje przeróbki.

Koszta popędu, mimo że motor musi być silniejszy, nie są często większe niż przy motorach z kołem zamachowym, z tego powodu, że maszyna zatrzymuje się, a więc nie zużywa pary (prądu elektrycznego) nie tylko w przerwach między walcowaniem poszczególnych bloków, ale także między jednym a drugim przejściem.

By połączyć zalety ruchu zwrotnego z korzyściami koła zamachowego, zbudowano *walcownię o trzech walcach* (szkic C). W tym wypadku walce nie zmieniają kierunku obrotów, ale materiał przeszedłszy, jak na szkicu, między walcem górnym i środkowym w jednym kierunku, dostaje się między walec środkowy i dolny, i robota odbywa się natychmiast w kierunku przeciwnym, tak jak u walcowni zwrotnej, poczem rozpoczyna się na nowo cały przebieg. Dzięki tej zalecie walcownie potrójne są bardzo rozpowszechnione. Ich wadę stanowi potrzeba opuszczania i podnoszenia walcowanego przedmiotu po każdym przejściu między górną a dolną stroną środkowego walca, co wymaga umyślnych urządzeń mechanicznych; trudności, a tem samem większe koszta, sprawia także należyte utwierdzenie trzech nad sobą leżących walców.

Ta trudność wywołała konstrukcję *walcowni o czterech walcach* (szkic D), gdzie między dwoma oddzielnie utwierdzonymi, wyżej położonymi walcami, przechodzi materiał w jednym kierunku, a następnie dostawszy się między drugą parę obok tamtych, a poniżej umieszczonych walców, przechodzi z powrotem. Utwierdzenie dwóch par obok siebie leżących walców jest łatwiejsze niż trzech walców nad sobą umieszczonych.

Urządzenie z czterema walcami z powodu większych kosztów na walce i większej liczby samych walców powoduje również zwiększenia kosztów i wymaga więcej miejsca na pomieszczenie walcowni.

Te same niedogodności, które ma walcownia dwuwal-

cowa z powodu zastosowania koła zamachowego i wynikającej z tego niemożności dowolnej zmiany chyżości walców oraz zatrzymywania ich w dowolnej chwili, występują także u walcowni trójwalcowych; z tego powodu bywają budowane w nowszych czasach także walcownie takie bez koła zamachowego, nie posiadające tych wad i dające się także użyć jako walcownie zwrotne.

Wady i zalety urządzeń walcownianych zarówno o dwóch, trzech i czterech walcach poruszających się w jednym kierunku, jak i walcowni zwrotnych, spowodowały, że urządzenia te bywają rozmaicie stosowane, odpowiednio do korzyści, jakie przedstawiają przy przeróbce różnych materiałów.

Walcowni zwrotnych używa się zwykle przy początkowej obróbce grubych bloków; przy dalszej przeróbce cieńszego materiału częściej bywa stosowana walcownia o trzech lub czterech walcach, — ostatnia rzadziej od trójwalcowej.

Nie jest to jednak reguła, bo nierzadkie są wypadki budowania walcowni zwrotnej dla cieńszego materiału lub trójwalcowej do przeróbki materiału ciężkiego (bloków).

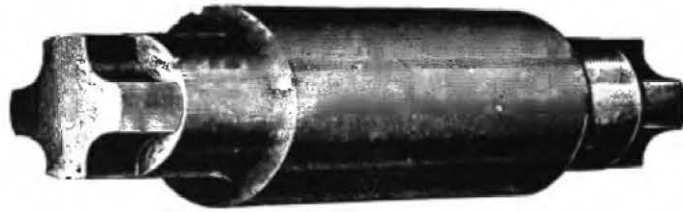
W tym ostatnim wypadku przy rozpoczęciu roboty, gdy blok jest jeszcze krótki a gruby i podnoszenie lub spuszczenie go sprawia trudności wskutek wielkiego ciężaru przedmiotu, przepuszcza się blok tylko między dwoma walcami, stosowanymi jako zwrotne, a kiedy blok się wydłuży i stanie się o tyle cienkim, że podnoszenie i opuszczanie jego o wiele już lżejszego końca nie przedstawia większych trudności, używa się trzech walców, bez dalszej zmiany kierunku obrotu ¹⁾.

Części składowe walcowni, jak to uwidocznia ryc. 258, stanowią walce robocze umieszczone w łożyskach i łączące się ze sobą zapomocą wałów pomocniczych i sprzęgieł, oraz koła zębate przenoszące popęd z motoru na walce. Wszystkie te części walcowni kolejno omówimy.

Walec gładki, jaki bywa stosowany głównie do wyrobu blachy, widzimy na ryc. 260. Powierzchnię pracującą stanowi środkowa, najgrubsza część, — w tym wypadku gładka, a przy wyrobie materiału sztabowego zaopatrzona odpowiednio wy-

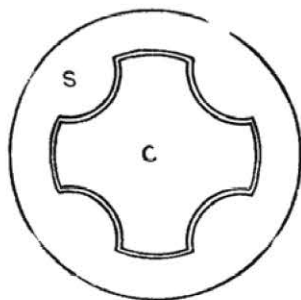
¹⁾ St. u. E. 1914, str. 1031.

toczonemi wcięciami, tzn. kalibrami. Z obu tych stron znajdują się cylindryczne czopy, na których walec wspiera się w włożeniach, a zakończenie stanowią czopy uformowane w kształcie krzyża, na które wsuwa się podobnie ukształtowane sprzę-



Ryc. 260.

gło, przenoszące ruch między walcami roboczymi a wałami pomocniczymi. Na ryc. 261 widzimy przekrój czopa krzyżowego C z nasuniętym nań sprzęgłem S. Między sprzęgłem a czopem znajduje się szczelina ok. 5 mm, pozwalająca na swobodny ruch czopa w sprzęgle. Zarówno kształt czopa sprzęgłowego, stosowany tylko przy walcowniach, jak i szczelina między nim a nasuwą ma na celu umożliwienie ukośnego ustawienia wału pomocniczego w obu nasuwach, bez przerwy w ruchu walców. Jest to konieczne z tego powodu że walce ulegające zużyciu i dla wyrównania powierzchni obtaczane od czasu do czasu, nie mają często jednakowej średnicy, wskutek czego zdarza się że połączone wspólnym wałem, nie leżą w tej samej osi; drugim powodem jest zmiana odległości walców w czasie walcowania, gdy w miarę zmniejszania się



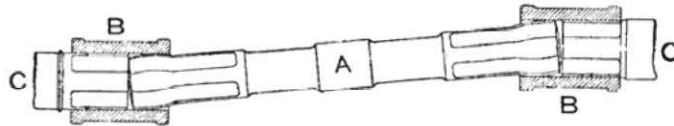
Ryc. 261.

przekroju obrabianego przedmiotu walce muszą być do siebie zbliżane. Ruch walców jednego garnituru, a więc i ich położenie, muszą wtedy być niezależne od położenia walców garnituru sąsiedniego, połączonych walcami pomocniczymi i taką niezależność dają krzyżowe sprzęgła.

Walce pomocnicze, jeżeli mają większą długość, otrzymują podparcie, które ze względu na ich ruchy musi

być w kierunku pionowym podatne. Takie urządzenie przedstawione jest na ryc. 281.

Wał pomocniczy w ukośnym położeniu widzimy na ryc. 262 (A); rycina ta tłumaczy zarazem działanie sprzęgieł krzyżowych (B). Aby ukośne ustawienie wału między walcami roboczymi (C) było swobodne i nie narażało czopa lub sprzęgła na złamanie przy zbyt wielkim nachyleniu, daje się często czopom wałów pomocniczych lekko kuliste zakończenie, jak to jest widoczne na rycinie. Wały mają czopy sprzęgłowe znacznie dłuższe niż u walców, w tym celu, by przy wymianie walców można było z nich zupełnie zesunąć sprzęgło na czopy wałów pomocniczych i tym sposobem rozłączyć połączenie.



Ryc. 262.

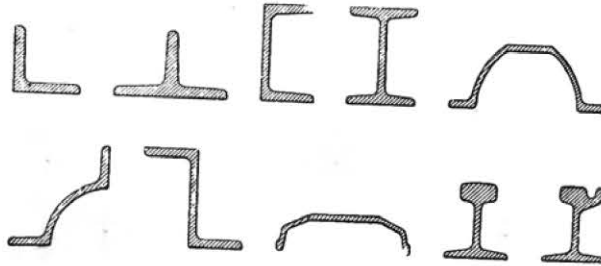
Walce robocze są albo odlane z twardej leizny ¹⁾ lub ze stali, albo ze stali wykute. W obu razach są one obtoczone i wygładzone.

Jeżeli wyrabiany przedmiot nie jest ograniczony dwiema tylko płaszczyznami równymi, jak np. blacha, ale posiadać ma pewien dokładnie określony przekrój, nie można go wykonać między walcami gładkimi, ale konieczne do tego są walce *kalibrowe* (ryc. 258), w których znajdują się wyżłobienia w ten sposób wytoczone, że jeden walec obejmuje część przekroju, drugi resztę i tem samym oba zamykają żądany kształt, czy to żelaza o przekroju prostokątnym, kwadratowym, taśmowym lub okrągłym, czy też inne, więcej złożone i różnorodne kształty (ryc. 263), służące rozmaitym celom.

Gdy jedna część walcowanego przedmiotu leży z jednej, druga z drugiej strony szczeliny przedzielającej powierzchnie obu walców, a więc przekrój jego mieści się częściowo

¹⁾ Str. 25.

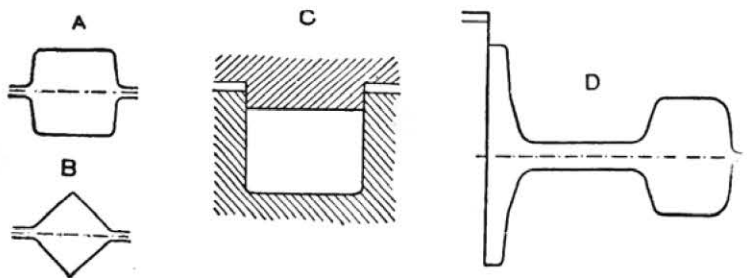
w jednym, częściowo w drugim walcu, nazywamy taki kaliber (ryc. 264 A i B) *rozwartym*, gdyż nie osłania on szczelnie walcowanego przedmiotu, ale w punktach zetknięcia się obu walców posiada obustronnie szczeliny, których wysokość wynosi zwykle 2—5 mm i sprzyja tworzeniu się rąbków z materiału wciśniętego w szczelinę.



Ryc. 263.

Gdy cały przekrój kryje się w jednym walcu a drugi zamyka tylko górną część kalibru wystającym pierścieniem (ryc. 264 C), który wchodzi szczelnie w wycięcie walca przeciwnego, nazywamy taki kaliber *zamkniętym* (szczelnym), bo wskutek dobrego przylegania obu tworzących go części jest znacznie mniej sposobności do wytworzenia się rąbka.

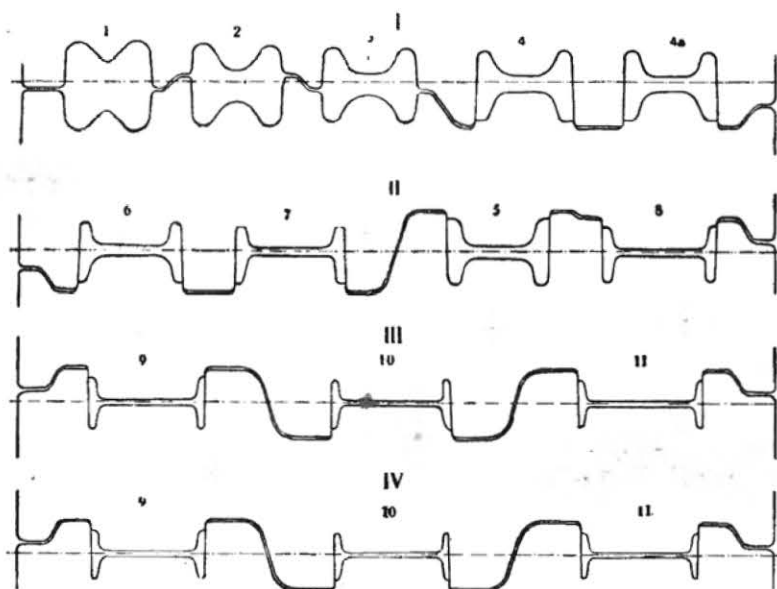
Pewne przekroje np. okrągłe i owalne, pozwalają się wykonać tylko w kalibrach rozwartych, inne, np. kwadratowe i prostokątne, w rozwartych i zamkniętych (ryc. 264 A, B i C), niektóre zaś, np. szyna kolejowa (ryc. 264 D) dają się ująć szczelnie z jednej strony a z drugiej nie; mamy tu do czynienia z kalibrem *mieszany*.



Ryc. 264.

Przekrój gotowego wyrobu jest zazwyczaj wielokrotnie cieńszy niż wyrób surowy (blok lub wstępnie wywalcowana belka przy wyrobie cienkiego żelaza, np. drutu), dlatego chcąc wykonać jakąś walcówkę, nie można za jednym przewalcowaniem otrzymaćżądanego przekroju, ale trzeba to czynić stopniowo. Nie dopuszcza tego opór materiału wywierający reakcję niebezpieczną dla mechanizmu, albo materiał zgoła nie daje się wciągnąć między walce lub ulegnie uszkodzeniu. Walcowanie odbywa się stopniowo, przez częściowe zmniejszanie przekroju (zazwyczaj o 5–10%) aż do osiągnięcia ostatecznego kształtu. Przy tej czynności jak przy wszystkich operacjach kuźniczych, zależy zresztą na dokładnym przerobieniu materiału, więc ogólne zmniejszenie przekroju powinno być znaczne i przekrój gotowego przedmiotu bywa wielokrotnie mniejszy niż surowego bloku. To wszystko wymaga do wytworzenia ostatecznego przekroju szeregu kalibrów coraz bardziej zwężających i zmieniających kształt przedmiotu.

Kalibrów jest zazwyczaj kilkanaście i nie mieszczą się w jednej parze walców ale są rozdzielone na dwie i więcej. Ryc. 265 przedstawia kalibry wraz z konturami obu walców



Ryc. 265 (St. u. E.).

dla walcówki kształtu I nr. 40 ¹⁾). Do wykonania tej kształtówki potrzeba 11 kalibrów rozdzielonych między trzy walce, z których dwa (I i II) zawierając po cztery kalibry przygotowują stopniowo wymagany kształt, a trzeci, wykończający (III) o trzech kalibrach, wydaje gotowy wyrób. Materiał przygotowany w walcach wstępnych może być także wywalcowany na mniejszy dźwigar (nr. 38) w osobnym walcu wykończającym (IV), a jeżeli zamiast drugiego wstępnego walca zastosujemy inny o nieco krótszych wymiarach kalibrów, a w walcu I zamiast kalibru 4 użyjemy kalibru 4a, to możemy wywalcować jeszcze niższe dźwigary 36, 34 i 32, z których każdy będzie miał osobny walec wykończający. Tym sposobem dla pięciu wielkości potrzeba będzie ośmiu walców, z których pierwszy, wstępny, jest dla wszystkich wspólny, drugie dwa wstępne służą do dwóch, względnie trzech numerów, a pięć jest wykończających.

Z ryciny jest widoczne, że ze względu na dogodne rozmieszczenie, kalibry w walcach nie zawsze po sobie następują (kal. 5) a w ciągu roboty odbywa się od czasu do czasu odwracanie o 180° walcowanego przedmiotu (kal. 5 po kal. 4, 6 po 5 i t. d.).

Kalibry, podobnie jak formy kowalskie i odlewnicze, muszą posiadać ile możności pewną zbieżność, ułatwiającą wysunięcie się walcowanego przekroju i mieć rozmiary nieco większe niż gotowy wyrób ze względu na kurczenie się ostygającego materiału; współczynnik kurczenia się przyjmują dla żelaza zlewnego 1·013 ²⁾).

Kurczenie się materiału przy stygnięciu powoduje także pewną zmianę kształtu, zwłaszcza w nierówno stygnących profilach, i z tem liczyć się trzeba przy projektowaniu kalibrów. Z tego powodu np. kaliber dla żelaza kwadratowego nie ma dokładnego kształtu kwadratu, bo wskutek szybszego ostygnięcia krawędzi kurczenie się w kierunku przekątnej jest mniejsze niż w środku boków, które przyjmują kształt wklęsły, zmniejszając kąt krawędzi. Aby tę różnicę wyrównać daje się kalibrom kąt krawędziowy większy niż 90° a przez

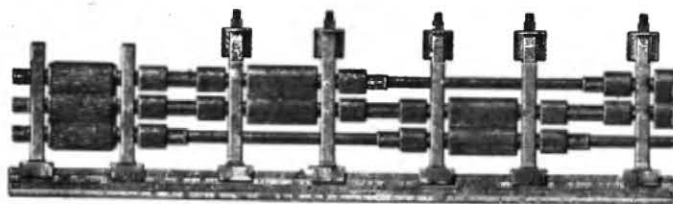
¹⁾ St. u. E. 1905, nr. 8, Tab. X.

²⁾ »Hütte«, Taschenbuch für Eisenhüttenleute r. 1910. str. 781.

kaliber ostateczny przepuszcza się sztabę dwa lub trzy razy, obracając ją za każdym razem o 90°.

Tego rodzaju rozkład kalibrów jak na ryc. 265 nie jest jedynym rozwiązaniem, i takie same dźwigary można wyrobić w kalibrach odmiennie zaprojektowanych, co zależy od wielu czynników, jak grubość surowego bloka, materiał (żelazo pudlarskie, zlewne, twarde, miękkie), jego temperatura, ustrój walcowni i jej wyposażenie (z kołem zamachowym lub bez niego, zwrotność, system dwu- lub trójwalcowy, istnienie lub brak walcowni wstępnej, tzn. blokowej i t. d.), grubość walców, siła pociągowa motoru i t. d.

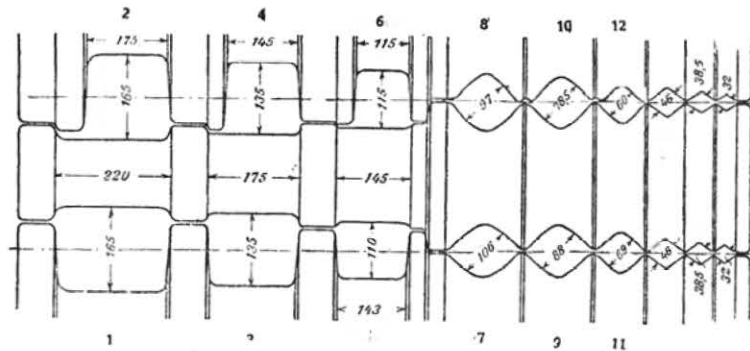
Opisany przykład (ryc. 265) odnosił się do walcowni dwuwalcowej; jeżeli są trzy walce, występuje trudność rozmieszczenia profilów w walcu środkowym, pracującym zarówno z górnym jak i z dolnym walcem. Zadanie to można tak rozwiązać, że w walcu środkowym wycina się kalibry odpowiadające naprzemian kalibrom górnego i dolnego walca, wtedy jednak w obu tych walcach tylko połowa powierzchni jest wyzyskana a połowa zupełnie nie. Można też we wszystkich sąsiadujących z sobą garniturach zastosować walec środkowy, a skrajne tylko naprzemian raz u dołu, raz u góry, usuwając w ten sposób jeden z każdego garnituru i zastępując go wałem przenoszącym ruch (ryc. 266).



Ryc. 266 (Ledebur).

Najczęściej jednak stosuje się trzy walce zupełnie wypełnione kalibrami, przyczem kalibry walca środkowego pracują z kalibrami zarówno górnego jak dolnego walca, są więc wspólne, a różnicę kształtu walcowanego przekroju powodują odmiennie wcięcia w walcach skrajnych. Taki sposób kalibrowania widzimy na ryc. 267, przedstawiającej garnitur

wstępny, przygotowujący materiał ¹⁾, który w walcowni wykończającej ma być przerobiony na cienkie walcówki (okrągłe, kwadratowe lub płaskie). Zmniejszające się stopniowo kalibry są tak rozłożone, że pierwszy leży u dołu, drugi nad



Ryc. 267 (Hütte).

nim u góry, trzeci u dołu obok pierwszego, czwarty nad nim i t. d. W każdym z leżących nad sobą kalibrów jest część wewnętrzna, jako należąca do jednego walca jednakowa, a zewnętrzne różnią się od siebie głębokością lub szerokością, albo nawet (jak w 5 i 9) oboma wymiarami. Te różnice kończą się na dwunastym kalibrze, — ostatnie (nie numerowane na rycinie), najmniejsze kalibry mają wymiary u dołu i u góry jednakowe i używane są tylko z jednej strony.

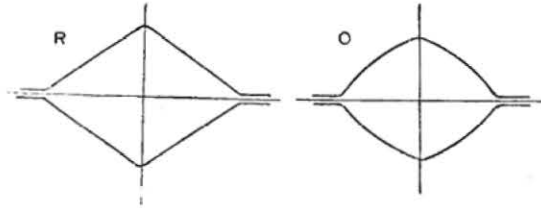
W kalibrach wstępnych stosuje się zwykle silniejsze wydłużanie, w wykończających słabsze, aby nie powstały rysy i pęknięcia, a w końcu przepuszcza się wyrób przez kaliber ostateczny (polerujący), dający wymagany kształt gotowemu wyrobowi i nie wiele różniący się od kalibru poprzedniego.

Przy wydłużaniu wstępnem, kiedy jeszcze nie wytwarza się profil, używa się dla wielu przekroi bardzo dobrze wydłużającego kalibru o kształcie rombowym (ryc. 268 R) lub ostrołukowego (ryc. 268 O) różniącego się od poprzedniego lekko wygiętymi bokami. Dla wykończającego walcowania cienkiego żelaza okrągłego (np. drutu) stosuje się naprzemian

¹⁾ »Hütte«, j. w. str. 972.

kalibry owalne i kwadratowe a dopiero na ostatku kaliber okrągły jako polerujący, ostateczny (ryc. 269).

Zamiast kalibrów używają do wyrobu żelaza wstęgowego walców stopniowych (ryc. 270), przez które, jak przez



Ryc. 268.

kalibry, kolejno przepuszcza się materiał, zbliżając walce podług potrzeby do siebie. Ponieważ wyrób nie jest tu ujęty z boków w ściany kalibru, wypadają boczne powierzchnie nie jako płaszczyzny, ale są w środku wypukłe; ze względu

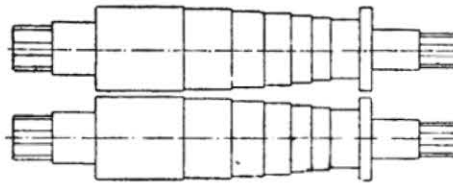


Ryc. 269.

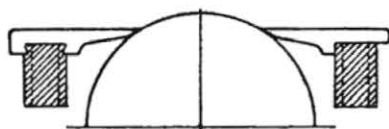
na małe wymiary bocznych ścian u żelaza wstęgowego nie jest to wadą wyrobu.

Projektowanie kalibrów wymaga wielkiego doświadczenia; projektujący oprócz ogólnych czynników, które należy mieć na oku, a o których już była mowa, uwzględnić musi ustrój tej walcowni i urządzenia w niej istniejące, dla której ma zaprojektować nowe walce kalibrowe. Kształt przejściowych kalibrów musi być tak dobrany, by każdy profil był w zupełności wypełniony materiałem; przy złej konstrukcyi, dążącej do zbyt nagłego ukończenia roboty, kaliber nie zostanie w całości wypełniony, wskutek czego dalsza przeróbka w następnych kalibrach nie może odbyć się należycie, nie uda się więc cały plan kalibrowania.

Aby uniknąć nawijania się wyrobu na walce,



Ryc. 270.



Ryc. 271.

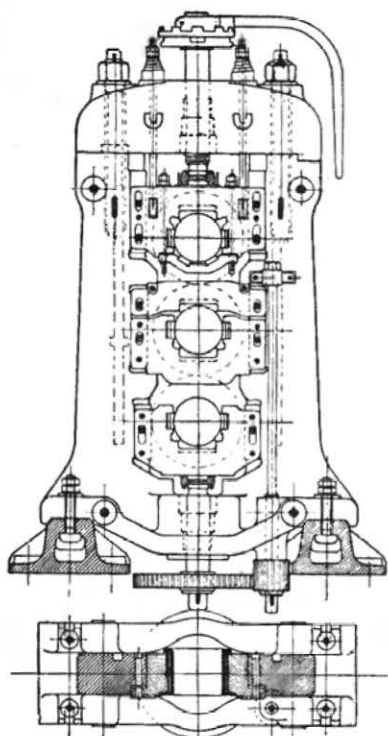
co przy cienkim materiale łatwo się może zdarzyć, stosowuje się przy wylocie kalibrów belki z klinowatymi płytami (nożami ryc. 271), które wychodzący z pod walców wyrób od nich odczepiają. Noże takie stosuje się przy walcu dolnym, aby zaś materiał nie miał skłonności do nawijania się na górny, daje się temu walcowi większą nieco średnicę niż dolnemu; wskutek tego górny walec mając większą szybkość obwodową, bardziej wydłuża materiał, który przez to nabiera dążności do wyginania się ku dołowi, w czym przeszkadzają mu wspomniane noże.

Łoża walcowni. Każdy garnitur walcowniany posiada dwa łożyska silnie lecz przesuwalnie utwierdzone i połączone ze sobą śrubami; w łożyskach znajdują się panewki, w których spoczywają czopy walców. Koziół łoża odlany jest z żeliwa, a przy walcowniach przerabiających ciężkie bloki i znoszących wielkie ciśnienia, odlew wykonywa się ze stali.

Łoże jest przesuwalne na ramie fundamentowej, aby w niem można było umieszczać walce różnej długości; panewki muszą być także nastawialne na wysokość, stosownie do średnicy walców i odległości ich od siebie, w miarę zmiany grubości przedmiotu walcowanego (bloka lub blachy). Przy walcach kalibrowych odległość walców nie zmienia się.

Z powyższego zestawienia warunków, jakim łoże walcowni musi zadość czynić, widzimy, że budowa jego nastęrcza różne trudności konstrukcyjne, które mogą być rozwiązane rozmaicie, z tego też powodu istnieje wiele konstrukcji. Opiszemy kilka z nich.

Na ryc. 272 widzimy łoże dla walcowni o trzech walcach. Koziół łoża składa się z dwóch części, właściwego korpusu i nakrywy przytwierdzonej śrubami: spoczywa on na złączonych ze sobą lanych podkładach, w których można go przesuwac i zapomocą silnych śrub utwierdzać. Panewka środkowa jest osadzona stale, chcąc więc nastawić walce na żadaną odległość, przesuwac się walce skrajne. W konstrukcji przedstawionej na rycinie obie panewki dają się nastawiac zapo-



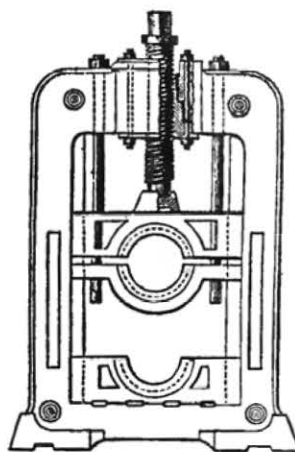
Ryc. 272 (Hütte).

mocą śrub poruszających się w mutrach, z tych dolną wprawiają w ruch koła zębate, górną długą rękojeść wygiętą w dół, aby ją robotnik mógł uchwycić. Aby górna panewka wierzchniego łożyska podnosiła się w miarę odkręcania śruby naciskającej, zawieszona jest na śrubach przechodzących przez nakrywę łożyska; mutry ich wspierają się na zwiniętych sprężynach, które przy naciskaniu panewki poddają się, — gdy nacisk ustanie, podnoszą ją do góry.

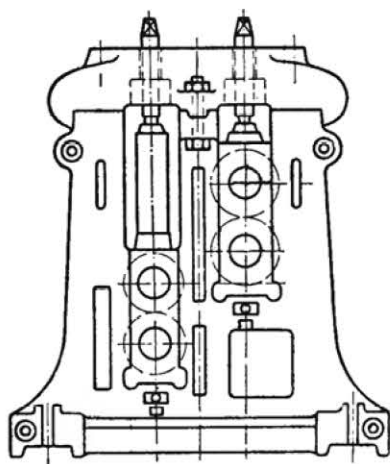
Zamiast sprężyn bywają stosowane dźwignie z ciężarami stanowiącymi przeciwagę, lub cylindry hydrauliczne (jak na ryc. 281.). Do nastawienia dolnej panewki używane są często kliny.

Ryc. 273 przedstawia łoże

walcowni dwuwalcowej z przytwierdzeniem starszej, dziś jeszcze napotykaney konstrukcyi. Łoże nie jest tu utwierdzone zapomocą śrub ale posiada skośnie ścięte brzegi, które zachodzą w ramę, posiadającą ukośne występy (nosa); osadzenie odbywa się przez wbcie klinów pomiędzy nosy i brzegi. Przekrój w górnej części ryciny wskazuje, że mutra posiada występy, którymi opiera się w łożu i w ten sposób wytrzymuje nacisk śruby przy walcowaniu; mutra do łoża przytwierdzona jest śrubą. Kozioł nie jest tutaj dzielony jak w poprzedniej konstrukcyi ale odlany razem z nakrywą.



Ryc. 273.

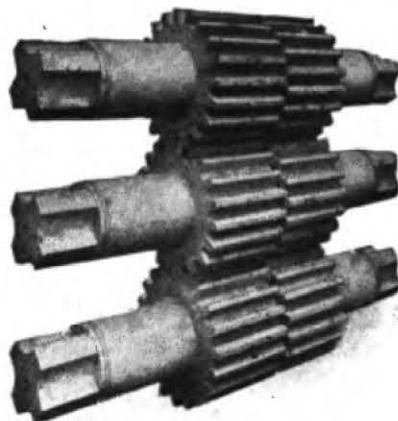


Ryc. 274 (Hütte).

Ryc. 274 podaje szkic łoża dla walcowni o czterech walcach, które parami mieszczą się obok siebie.

Koła zębate przenoszące popęd z motoru na walce (ryc. 258 K) są wraz z wałami i czopami sprzęgłowymi wykute i wyfrezowane, albo odlane ze stali. Ponieważ przenoszą wielkie siły i narażone są na szybkie zużycie, muszą być bardzo starannie skonstruowane i wykonane. Kształt zębów jest albo kątowy (jak na ryc. 281) albo prosty, ale w tym ostatnim wypadku koła zwykle są podzielone na dwie części przedstawione względem siebie o połowę podziału zęba, dla wytworzenia spokojnego ruchu. Koła takie dla walcowni trójwalcowej widzimy na ryc. 275.

Osadzenie czopów kół zębatach bywało dawniej (jak na ryc. 258 K) podobne jak walców, a więc w panewkach krótkich, podlegających szybkiemu zużyciu, wskutek czego i zu-



Ryc. 275.

W obu koźłach omówionych nacisk śruby na panewkę nie przenosi się na nią bezpośrednio lecz za pośrednictwem wkładek bezpieczeństwa. Wkładki te mają postać miseczek z wystającymi brzegami i są odlane o takiej grubości dna, by w razie zbytnej reakcji materiału i nacisku na czopy, grożącego złamaniem ich lub niebezpiecznego dla łoża, — same kruszyły się i umożliwiały tym sposobem oddalenie się walców od siebie i przepuszczenie przedmiotu.

życie zębów odbywało się bardzo szybko. Dziś czopom daje się obszerne wymiary, całe łoże zakrywa się szczelnie, chroniąc je od pyłu walcownianego, który przyspieszał wycieranie się zębów. Powszechną jest też obecnie rzeczą stosowanie około dolnego koła zbiornika smaru, w którym koło to nieustannie się zanurza i przenosi smar na koła górne. Takie nowoczesne urządzenie widzimy na ryc. 281.

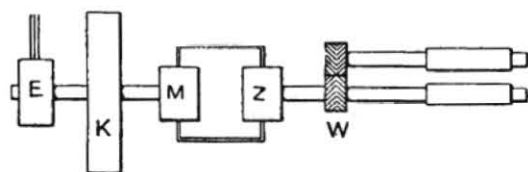
Popęd walcowni. Z rozmaitych rodzajów popędu do poruszania walcowni o niezmiennym kierunku obrotu przy zastosowaniu koła zamachowego, używane są motory parowe, gazowe i elektryczne, bezpośrednio złączone z wałem popędowym walcowni lub przy zastosowaniu przeniesienia linowego i pasowego, a także kół zębatach. Przy przeróbce większych bloków a zwłaszcza przy popędzie bez koła zamachowego, gdy zapotrzebowanie energii zmienia się w obszernych granicach, stosowany bywa tylko popęd parowy albo elektryczny. Do popędu walcowni zwrotnych (blokowych) nadaje się również tylko maszyna parowa lub motor elektryczny, ten ostatni po raz pierwszy zastosowany w r. 1906 ¹⁾. Ponieważ w ustępie o ustroju walcowni rozważaliśmy korzyści i wady różnych systemów walcowni i wymagania, jakie z ich ustroju wynikają co do rodzaju i urządzenia popędu, przeto teraz omówimy tylko popęd elektryczny walcowni i porównamy go z popędem parowym, te bowiem oba systemy ze sobą współzawodniczą.

Maszyna parowa oddawna stosowana w walcowniach, doznawała w ostatnich kilkunastu latach ciągłych ulepszeń i pod względem pewności ruchu, przystosowania do zmian w zapotrzebowaniu energii a nawet ekonomii ruchu, posiada pierwszorzędne zalety; jej panujące stanowisko w hutach zachwiane zostało, odkąd olbrzymie ilości gazu palnego, wytwarzane w wielkich piecach, zaczęto przetwarzać przy pomocy wielkich motorów gazowych a niekiedy turbin parowych na energię elektryczną, która znajduje zastosowania do popędu wszelkiego rodzaju maszyn hutniczych. Wynikły stąd usiłowania użycia tej energii także do popędu walcowni, bo do urządzeń

¹⁾ Huta Hildegardy w Czyńcu na Śląsku.

pomocniczych w walcowniach już je dawno zastosowano, tak samo jak w innych działach hutnictwa. Trudności, które pokonano najpierw przy walcowniach o niezmiennym kierunku obrotu walców, a później przy walcowniach zwrotnych, wynikały nie tyle z bardzo wielkiego ile z bardzo zmiennego zapotrzebowania energii przy walcowaniu, czemu nawet największe centrale w hutach nie mogły podołać. Bardzo niejednostajna wskutek tego produkcja centrali dawała się odczuć innym przez tę samą centralę pędzonym maszynom, przede wszystkim służącym do oświetlenia a także urządzeniom transportowym.

O ile przy walcowniach o jednostajnym kierunku ruchu można było tę wadę usunąć stosując koło zamachowe, które wyrównując różnice w zapotrzebowaniu energii podczas pracy pozwala pobierać z centrali mało zmieniającą się ilość prądu, o tyle było to trudne przy walcowniach zwrotnych, gdzie motor zmienia wciąż kierunek obrotu, rozpędza się i zatrzymuje, przyczem zapotrzebowanie prądu i zmiany w nim idą w tysiące kilowatów przy walcowniach blokowych, najczęściej w ten sposób uruchomianych. By umożliwić popęd zapomocą mało zmiennych ilości energii elektrycznej w takich walcowniach, było rzeczą konieczną zastosowanie koła zamachowego, przy zupełnej zresztą swobodzie zmiany kierunku obrotu motoru. Zadanie to rozwiązał *Ilgner* najpierw przy maszynach wyciągowych w kopalniach, następnie system jego zastosowano z pewnemi zmianami do popędu walcowni zwrotnych. Zasada tego urządzenia (ryc. 276) polega na tem,



Ryc. 276 (St. u. E.).

że zwrotny motor elektryczny (*Z*) poruszający walcownię (*W*), nie otrzymuje popędu wprost z centrali lecz za pośrednictwem transformatora wyposażo-

nego kołem zamachowym. Urządzenie transformatora składa się z elektromotoru (*E*) zasilanego prądem z centrali, i z maszyny elektrycznej (*M*) pędzonej tym elektromotorem a wytwarzającej prąd dla motoru popędowego walcowni. Na wale

przenoszącym popęd z motoru E na dynamomaszynę M , umieszczone jest bardzo ciężkie koło zamachowe (K), którego zadaniem jest wyrównywanie różnic w zużyciu energii przez walcownię. Gdy bowiem koło rozpędowe jest w pełnym biegu, nagromadza się w niem ogromny zapas energii, niezmienny przy stałej liczbie obrotów maszyny elektrycznej. Skoro jednak wskutek nagłego oporu walców zapotrzebowanie energii raptownie wzrośnie, zaczyna maszyna elektryczna zwalniać, zmniejszając liczbę swych obrotów, wtedy koło zamachowe oddając część nagromadzonej energii odpowiednio do zmniejszającej się szybkości obrotów, uzupełnia nadwyżkę zapotrzebowania walcowni. Motor pędzący maszynę elektryczną nie przestaje wskutek tego pracować normalnie, zużywając tę samą ilość prądu z centrali nawet przy największym obciążeniu motoru walcowni.

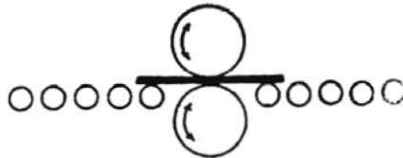
Gdy chwila nadmiernego obciążenia walcowni przeminie lub nastąpi luźny jej bieg, maszyna elektryczna przyspiesza i uzupełnia energię zaczerpniętą z koła, pokąd nie powróci normalna liczba obrotów. Koło zamachowe może działać jako czynnik oddający nagromadzoną energię dopiero wtedy, gdy ruch wału jest powolniejszy, dlatego maszyna elektryczna sprzęgnięta z kołem musi być tak zbudowana, żeby w chwili zwiększonej potrzeby energii zmniejszała liczbę obrotów a po ustaniu tego zapotrzebowania zwiększała ją do normalnej wielkości. To zmniejszanie się obrotów spada nawet do 80% normalnej liczby.

Sterowanie całego urządzenia odbywa się za pomocą jednej dźwigni, która w środkowym położeniu zatrzymuje motor (Z) pędzący walcownię, wychylona w jedną stronę powoduje obrót w jednym kierunku, — w drugim, — w kierunku odwrotnym, wielkość zaś jej wychylenia zwiększa proporcjonalnie liczbę obrotów.

Nadzwyczajnie dogodny w działaniu i obsłudze popęd elektryczny walcowni zwrotnych, ma jednak bardzo ujemną stronę, a mianowicie wysokie koszty założenia, spowodowane urządzeniem transformatorowem z niezmiernie ciężkim kołem zamachowem, wykonywanem ze stalowego odlewu. Wskutek tego nawet przy taniem źródle energii elektrycznej, jakim jest centrala pędzona gazem wielkopieczowym, koszty popędu

walcowni są zazwyczaj wyższe niż przy zastosowaniu dobrze skonstruowanej maszyny parowej zwrotnej, i rozpowszechnienie, jakim mimo to cieszy się popęd elektryczny przy walcowniach zwrotnych, zawdzięcza on wielkim przymiotom swoim a nie tanioci. Niebrak usiłowań by przy popędzie walcowni zwrotnych zastąpić transformator Ilgnera innym urządzeniem, dotąd jednak nie udało się tego dokonać.

Urządzenia pomocnicze. Nastawianie walców na wymaganą odległość odbywa się przez obrót śrub naciskających, które walec ruchomy zbliżają do nieruchomego. Obrótu śrub dokonuje się ręczną dźwignią, jak na ryc. 272, poruszając każdą dźwignię z osobna lub za pośrednictwem kół zębatach stożkowych, pędzonych wspólnym wałem, aby oba czopy równocześnie przybliżyć i przez to uzyskać równomierność oddalenia obu stron walca. Przy ciężkich walcach używa się do obracania śrub drążka zazębionego, poruszającego równocześnie obie śruby i wprawianego w ruch tłokiem hydraulicznym (ryc. 281), albo stosuje popęd elektryczny w ten sposób, że dwa elektromotory obracają równocześnie obie śruby za pośrednictwem przeniesienia kołami ślimakowymi.



Ryc. 277.

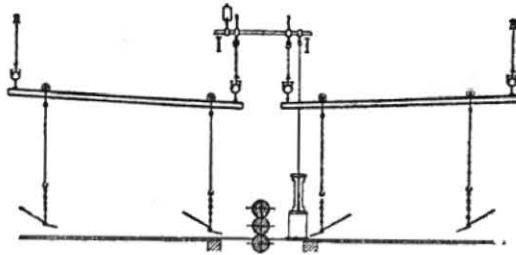
Poruszanie walcowanego przedmiotu, tj. wprowadzanie go między walce i odsuwanie od nich, odbywa się przy przeróbce ciężkiego materiału przy pomocy obracających się wałków, (ryc. 277), na których

przedmiot spoczywa i porusza się. Gdy walcownia jest zwrotna, muszą wałki mieć również ruch zwrotny. Popęd wałków odbywa się dziś prawie wyłącznie za pomocą motorów elektrycznych, znacznie rzadziej maszyną parową przy pośrednictwie transmisji.

Przy wyrobie cieńszego żelaza walcowany materiał wkłada się ręcznie między walce a jeżeli przerabia się go równocześnie między kilkoma parami walców (np. drut), stosuje się kierownice (jak na ryc. 284), które żelazo wychodzące z jednej pary przeprowadzają samoczynnie do drugiej.

Walcownie o trzech walcach wymagają, jak wiemy, pod-

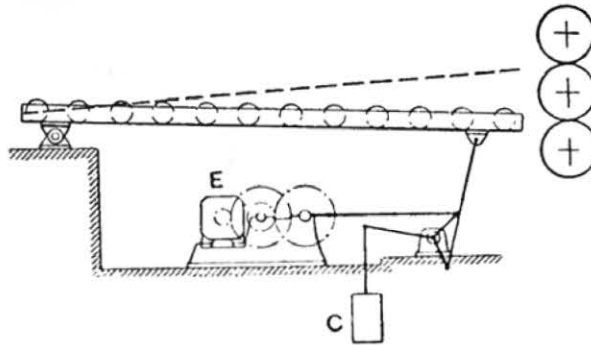
noszenia i opuszczania przerabianego przedmiotu w miarę tego czy wałek środkowy pracuje z wałcem górnym czy z dolnym. O ile wyrabia się żelazo cienkie, da się to uskutecznić ręcznie, przy materiale grubszym potrzeba do tego urządzeń podnoszących. Są to albo ręcznie poruszane dźwignie wiszące



Ryc. 278.

na łańcuchu, który na kółku przesuwają się po kierownicy utwierdzonej u wiązania dachowego (rycina 278); kierownica, zapomocą odpowiedniego urządzenia, daje się podnosić i opuszczać sto-

sownie do kierunku ruchu jaki ma wykonać obrabiany przedmiot. Gdy przerabia się cięższe przedmioty, używa się do tego podnoszących się i opadających stołów wałkowych; wałki w stołach są albo nieruchome albo otrzymują obrót. Podnoszenie i opuszczanie stołów wykonywa się zapomocą siły hydraulicznej lub elektrycznej. Taki stół z popędem elektrycznym (*E*) i z przeciwwagą (*C*) widzimy na ryc. 279, która nie wymaga bliższego objaśnienia.



Ryc. 279 (St. u. E.).

Jeżeli w czasie walcowania trzeba przesunąć wyrób od jednej pary wałców do drugiej, używa się urządzeń transportowych poprzecznych, w których wystające chwytaki poruszają się między wałkami transportowymi równoległe do nich, chwyt-

tają równocześnie w kilku miejscach obrabiany przedmiot i przesuwać go w żądane miejsce. Ruch ten wykonywa się za pomocą łańcuchów lub lin napiętych na kołach, do których chwyt jest przytwierdzony; chwyt posuwa się po kierownicy.

Gdy walcowany przedmiot ma być obrócony o 90°, stosuje się przyrządy odwracające różnej budowy, zależnie od wielkości przedmiotu i odległości wzajemnej odnośnych kalibrów.

Do przesuwania przedmiotów w ciągu walcowania lub po ukończeniu przeróbki na dalszą odległość, stosuje się albo wałki tak jak przy walcach albo wstęgi plecione z drutu lub złożone z pasków blachy przytwierdzonych do łańcuchów wspartych na kółkach. Do transportu masowego wielkich ilości jeszcze gorącego materiału na znaczne odległości, służą urządzenia przenoszące wyroby w sposób dostatecznie ostrożny i powolny, by bez wygięcia się mogły ostygnąć w ciągu przewozu. Zasadniczą częścią takiego w różny sposób wykonywanego urządzenia jest ruchomy ruszt, po którym przesuwa się wyrób za pomocą klocek uruchomionych łańcuchem, zazębionych belek, wykonywujących ruch oscylacyjny, itp. Ryc. 280

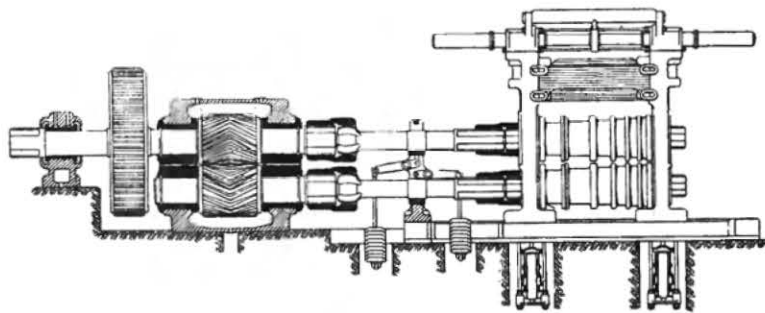


Ryc. 280 (St. u. E.).

przedstawia takie łoże transportowe ¹⁾. Cienkie żelazo walcowane leży na wązkich belkach z zagłębieniami i wypukłościami; belki te naprzemian podnoszą się i opuszczają, wykonując ruch oscylujący kołowy. Wskutek takiego ruchu belki podnoszą walcówki, przenoszą je nieco w jedną stronę i opuszczając się dla ruchu zwrotnego składają je na belki sąsiadujące z niemi, które z kolei wznoszą się i dalej posuwają wyrób, pokąd od strony walcowni nie przesunie się na stronę przeciwną (np. do składowni) i przez czas tej powolnej drogi nie ostygnie.

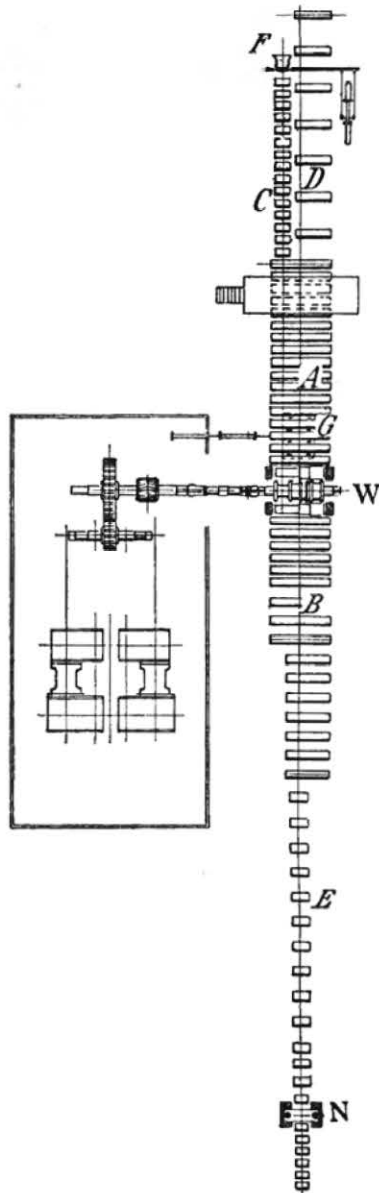
Walcowany wyrób bywa zwykle obcinany dla usunięcia nierównych i wadliwych końców a następnie przechodzi przez wykończalnię, gdzie go, o ile się wygiął przy walcowaniu, prostują i wyrównują.

Rodzaje walcowni. Zależnie od wyrobu, jaki ma wykonywać walcownia, urządzenia jej a więc ilość, grubość i szerokość walców, ich profil, popęd, zwrotność, przyrządy pomocnicze itd. mogą się znacznie od siebie różnić. Podług tego rozróżnia się walcownie dźwigarów, blachy, cienkiego żelaza itp. Ponieważ jednak każdy wyrób rozpoczyna się od bloka surowego, jak go dostarcza stalownia, który musi być odrazu przewalcowany na gotowy kształt, lub też na cieńsze bloki służące do dalszego wyrobu, przeto pierwszym urządzeniem, od którego rozpoczyna się robota, jest walcownia wstępna czyli blokowa. Taką walcownię przedstawia ryc. 281; jest to



Ryc. 281 (St. u. E.).

¹⁾ »Neue Feineisenwalzwerke mit mechanischen Kühlbetten«, St. u. E. 1911, str. 1462.



Ryc. 282 (Hütte).

walcownia dwuwalcowa, zwrotna. Walce jej są wykonane jako kalibrowe, o równoległych ścianach kalibrów i zwężają się stopniowo od jednej strony ku drugiej, a każdy stopień odgraniczony jest od drugiego pierścieniem, normującym szerokość kalibru. Walce dają się do siebie zbliżać (są nastawialne), przez co każdy kaliber może być kilkakrotnie użyty przy stosownem zwężeniu; w ciągu roboty odwraca się blok o 90°. Na rycinie uwidocznione są szczegóły walcowni, jak koła zębate kątowe w obszernych łożyskach, zakryte i zaopatrzone smarowaniem ciągłym przez stałe zanurzenie dolnego walca, — czopy krzyżowe kuliste, wały pomocnicze w środku podparte, obciążenie walców zapomocą cylindrów hydraulicznych itd.

Aby walce mogły chwytać i szybko wciągać bloki, nacina się zazwyczaj ich powierzchnię a przy walcowaniu posypuje często blok piaskiem dla zwiększenia tarcia.

Na ryc. 282 widzimy schemat walcowni blokowej ¹⁾ o średnicy walców 1150 mm a długości 2570 mm, do przeróbki bloków o ciężarze dochodzącym do 5000 kg; walcownia pędzona jest maszyną parową za pośre-

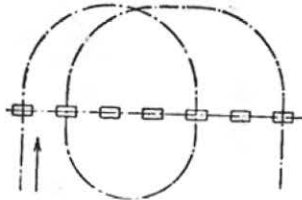
¹⁾ Według »Hütte«, Taschenbuch für Eisenhüttenleute z 1910.

dnictwem kół zębatych (podobnie jak na ryc. 281). Z obu stron walców *W* znajdują się przyrządy wałkowe *A* i *B* do poruszania bloka w czasie walcowania, po stronie *A* umieszczony jest między walcami przyrząd *G* do poprzecznego przesuwania i odwracania bloka. Blok przyniesiony zórawiem z pieca ustawia na wałkach donoszących *C* przyrząd *F*, obok wałków *C* znajdują się pomocnicze wałki *D*, na wypadek gdyby długość walcowanego bloka była większa niż przyrządu wałkowego *A*. Wywalcowany blok donoszą wałki *E* do nożyc *N*.

Materyał przerobiony w walcowni wstępnej przenoszony bywa do walcowni dalszej, która go ostatecznie przerabia. Przy wyrobie grubszej blachy, płyt pancernych itp. ma walcownia wstępna walce gładkie i przeprowadza robotę w całości, tj. przy ciąglem zbliżaniu walców odrazu wychodzi z nich gotowy wyrób. Do walcowania blachy używa się bloków o przekroju nie kwadratowym lecz prostokątnym, odrazu w tej postaci odlanych. Blachę cienką wyrabia się na walcach gładkich, składając ją w miarę wydłużania i walcując w ten sposób kilka blach równocześnie dla uniknięcia szybkiego stygnięcia i utleniania się materyału. Walcowanie dźwigarów, kształtówek rozmaitych itp., odbywa się na walcach kalibrowych, ustawionych rzędem obok siebie. Materyał donoszony z wstępnej walcowni przyrządami transportowymi dostaje się wprost do walcowni kalibrowej i bez przerwy i ponownego ogrzewania dalej przerabia.

Wyrób żelaza cienkiego, wstęgowego, drutu itp. następcza tę trudność, że cienkie żelazo szybko stygnie, a ponowne rozgrzewanie w piecu jest połączone ze stratą przez utlenienie, dlatego powinno być za jednym razem wywalcowane. Materyałem wstępnym są cienkie bloki wyrobione z grubych na walcowni blokowej i przecięte na krótsze kawałki. Kawałki te przerabia się na cieńsze drążki, a następnie na właściwy, bardzo cienki wyrób np. drut.

Żelazo wskutek energicznej przeróbki mechanicznej (np. przy wyrobie drutu na kalibrach przedstawionych na ryc. 269) rozgrzewa się i przez to stygnięcie jego odbywa się znacznie wolniej, mimo to jednak niepodobna byłoby przerobić go za jednym rozgrzaniem, gdyby się nie stosowało równoczesnego walcowania w kilku miejscach w ten sposób, że wychodzący



Ryc. 283.

z pomiędzy walców koniec pręta wkłada się między drugie, trzecie itd. (ryc. 283), wskutek czego przeróbka odbywa się bardzo szybko. Stosowany jest do tego najczęściej system walców potrójnych z opuszczeniem jednego skrajnego walca jak na ryc. 266. Szybkość walcowania

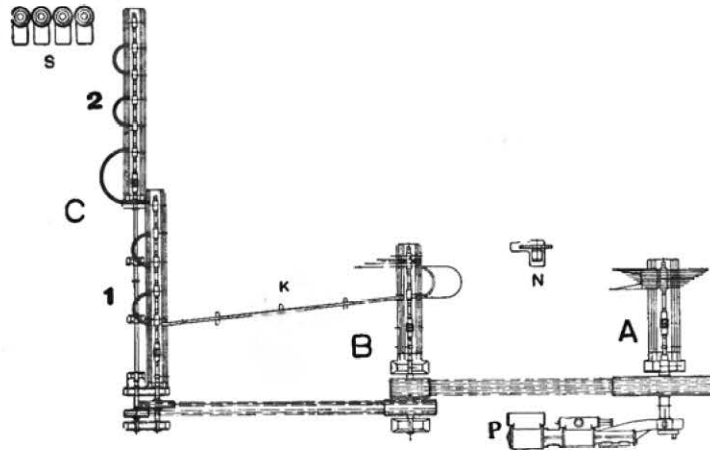
nie jest we wszystkich kalibrach jednakowa, dlatego między jednym a drugim przejściem tworzą się pętle (jak na ryc. 283), wymagające odpowiedniego pomieszczenia, ponieważ są niebezpieczne dla robotników i powodują stygnięcie. Pętle umieszcza się albo w korytkach, którymi się posuwają, albo w kanałach pod ziemią wybudowanych albo, jak w dawniejszych urządzeniach, pozostawia się je na posadzce walcowni, chroniąc od nich robotników słupkami żelaznymi, nie pozwalającymi żelazu przedostać się poza pewną granicę. Wychodzące z pomiędzy walców żelazo chwyta robotnik szczypcami i wkłada do następnego kalibru; w nowszych urządzeniach służą do tego kierownice, które samoczynnie przeprowadzają materiał z jednych walców do drugich, jak to widzimy na ryc. 284 przedstawiającej zupełną walcownię cienikiego żelaza¹⁾. Cienkie bloki, przygotowane na walcowni blokowej przerabia się na cieńsze pręty na walcowni wstępnej A i pośredniej B, a drut wyrabia z nich na walcowni wykończającej C. Całe urządzenie otrzymuje popęd od jednej maszyny parowej P, która walcownię wstępną pędzi wprost, a pośrednią i wykończającą za pośrednictwem przeniesienia linowego; wszystkie trzy koła linowe są zbudowane jako koła zamachowe. Walcownia wstępna A o trzech walcach, robiąca 100 obrotów na minutę przerabia w kilku przejściach (zaznaczonych na rycinie liniami prostopadłymi do walców) cienkie bloki kwadratowe o grubości 150 mm na żelazo również kwadratowe o grubości 55 mm, pręty te przecinają nożyce N na trzy części, poczem walcownia pośrednia trójwalcowa o 250 obrotach, przerabia je w kilku przejściach do 25 mm (kwadrat.) a obok leżące walce kalibrowe dają im przekrój owalny.

¹⁾ » Über neuere Walzenstrassen«. St. u. E. 1910, str. 313.

Pręt dostaje się teraz przez kierownicę *K* do pierwszego oddziału (1) walcowni wykończającej o 375 obrotach, a następnie do drugiego (2) o 500 obrotach, i otrzymując naprzemian przekrój kwadratowy i owalny (jak na ryc. 269), przechodzi przez ostateczny kaliber okrągły i nawija się na zwijarki bębnowe *S* jako drut o średnicy 5 mm.

Ta sama walcownia może wyrabiać także inne rodzaje żelaza cienkiego, np. wstęgowe, po odpowiedniej wymianie walców.

Odmienne od dotychczas opisanych urządzenie mają walcownie szeregowe, zastosowane najpierw w Ameryce. W Eu-



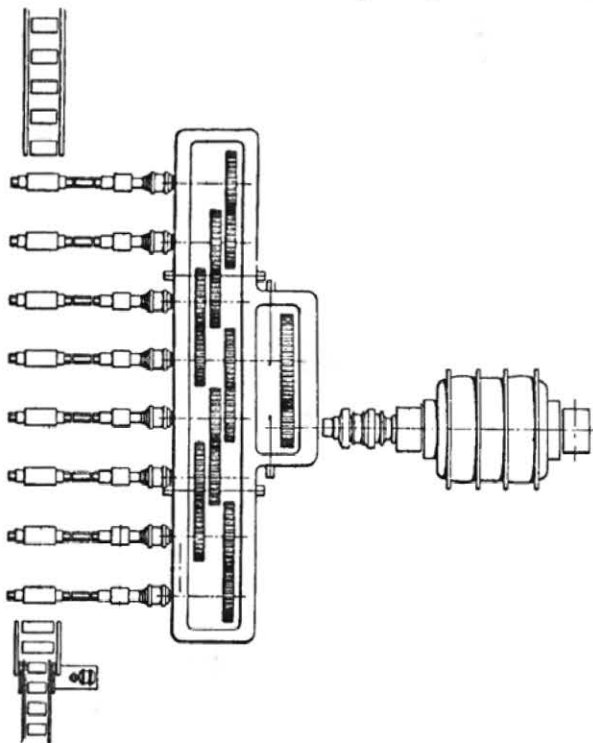
Ryc. 284 (St. u. E.).

ropie walcownie te z wolna tylko się ropowszechniają z powodu że bardzo wielka ich produkcja, odpowiadająca potrzebom przemysłu amerykańskiego, opłaca się tylko przy masowym, dłużej trwającym wyrobie jednego rodzaju, co w Europie wytwarzającej wiele gatunków w mniejszej ilości, z trudnością daje się osiągnąć. Przez połączenie walców szeregowych jako walcowni wstępnej z kilkoma walcowniami wykończającymi otrzymano i w Europie wyniki pozwalające stosować z korzyścią ten rodzaj walcowni, — rozwój ich jest jednak dotychczas dość ograniczony.

Urządzenie walcowni szeregowej polega na tem, że kilka garniturów walców ustawia się nie obok siebie w jednym rzędzie, ale za sobą w szeregu, tak że przerabiany przed-

miot po wyjściu z pomiędzy walców nie powraca do nich, względnie nie przesuwa się do sąsiednich, jak w zwyczajnych rzędowych walcowniach, ale bez zmiany kierunku ruchu i przerwy dostaje się do drugiej pary, stąd do trzeciej itd., wskutek czego przejście wszystkich walców odbywa się znacznie szybciej.

Zależnie od rodzaju wyrobu może każda para wal-



Ryc. 285 (St. u. E.).

ców pracować zosobna, np. przy wyrobie blachy wyrób dostaje się dopiero wtedy między następnymi walcami, gdy już wyszedł z poprzednich, i wtedy liczba obrotów wszystkich par może być jednakowa, lub też np. przy wyrobie walcówek, przedmiot może być obrabiany równocześnie między kilkoma parami walców, które stopniowo mają coraz większą liczbę obrotów.

Ryc. 285 przedstawia schemat

walcowni szeregowej do przeróbki małych bloków na materiał wstępny do wyrobu cienkiego żelaza. Walce porusza wspólny elektromotor o sile 4500 koni mech., a ruch na poszczególne pary przenosi się za pośrednictwem stalowych kół zębatach¹⁾.

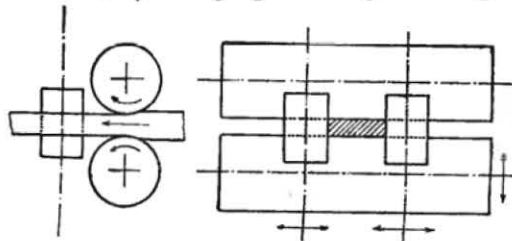
¹⁾ St. u. E. 1913, str. 733.

Walcownia uniwersalna. Przy wyrobie przedmiotów o przekroju prostokątnym każda zmiana grubości czy szerokości wymaga odmiennych kalibrów. By umożliwić wyrób takich przekrojów o dowolnych wymiarach bez zależności od walców kalibrowych, zbudował pierwszy D a e l e n walcownię, w której walce o cylindrycznym przekroju ograniczają z czterech stron przedmiot obrabiany (ryc. 286) dając mu przez to wymiary prostokątne (na rycinie pole kreskowane). Przez odpowiednie nastawianie walców (dolnego poziomego i obu pionowych) zmienia się dowolnie wymiary wyrabianego przekroju.

Urządzenie to nie-
raz stosowane w hutach nie znalazło jednak takiego zastosowania, jakby się

można było spodziewać po jego doniosłości dla wyrobu przekrojów tak bardzo rozpowszechnionych jak czworokątne. Ujemną stroną walcowni uniwersalnej są wielkie koszty założenia, trudności konstrukcyjne, a przede wszystkim to, że wykonane na niej przekroje nie są ograniczone płaszczyznami lecz albo pionowe albo poziome ściany mają wypukłe; z budowy walcowni wynika bowiem (ryc. 286 lewa strona), że materiał nie doznaje przeróbki z czterech stron równocześnie lecz najpierw z dwóch a następnie z drugich dwóch, i raz wskutek nacisku walców poziomych ściany pionowe stają się wypukłe, drugi raz od działania walców pionowych wypęczają się ściany poziome.

Walcownia uniwersalna ma zastosowanie przy wyrobie węższych blach, pasów na spójki kotłowe, konstrukcje mostowe, pasków do rur zgrzewanych itp. walcówki, w których wymiar większy (szerokość) posiada powierzchnie płaskie a u mniejszego wskutek małych wymiarów nie daje się odczuć wypukłość ścian. W przeciwieństwie do blach walcowanych tylko między poziomymi walcami, które do powyższych celów trzeba obcinać, mają wyroby walcowni uniwersalnej

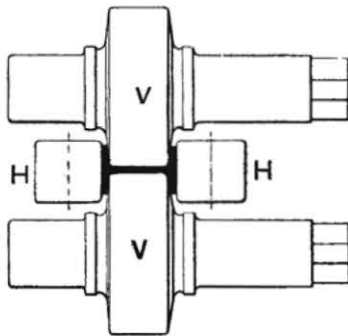


Ryc. 286.

boczne ściany wprawdzie nie płaskie ale na całej długości jednakowe i nie potrzebują obcinania.

Walcownie uniwersalne budują także o trzech poziomych walcach, przy pozostawieniu dwóch pionowych, wtedy walcownia działa jak trójwalcowa; budują je także jako walcownie zwrotne o dwóch walcach poziomych.

Walcownie dźwigarów szerokostopowych (Greya). Są to walcówki kształtu \perp (dwuteówki) o bardzo szerokich stopach (do 300 mm). Wykonanie ich zwykłymi walcami kalibrowymi (jak na ryc. 265) nie jest możliwe, gdyż wskutek bardzo głębokich wcięć w walcach na stopę walcówki, szybkość obwodowa w miejscach położonych bliżej średnicy walca jest o wiele mniejsza niż przy obwodzie, przez co przeróbka odbywa się bardzo nierównomiernie, materiał na brzegach stopy znacznie mniej posuwany niż w środku jest nierównomiernie natężony, powstają rysy, pęknięcia, wygięcia i naprężenia, walce zużywają się szybko, jednym słowem wyrobu nie można wykonać tym sposobem. Aby do wytworzenia stopy można było materiał na całej jej długości przerabiać z jednakową szybkością, zastosowano boczne walce (jak w walcowni uniwersalnej) i tym sposobem umożliwiono wyrób dźwigarów o długiej stopie. Robota odbywa się w następujący sposób: Materiał z bloku wywalcowany na wstępnej walcowni z grubsza na dwuteowy profil, dostaje się na walcownię o czterech walcach, kształtu przedstawionego na rycinie 287; dwa poziome walce cylindryczne *V* wytwarzają

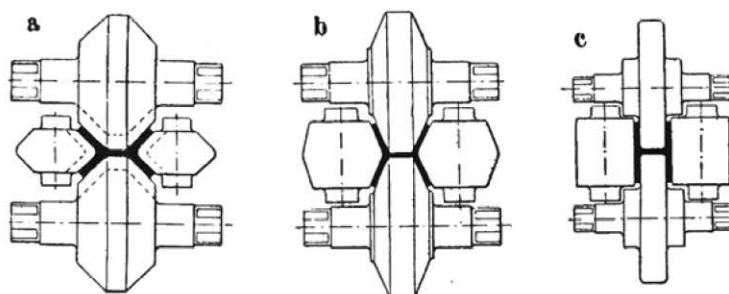


Ryc. 287 (St. u. E.).

część środkową i wewnętrzną powierzchnię stopy, dwa cylindryczne walce pionowe *H*, zewnętrzną powierzchnię stopy. Tak poziome jak pionowe walce są nastawialne i robota odbywa się stopniowo w kilkunastu przejściach aż do ostatecznego kształtu; do uformowania brzegu stóp stosuje się osobną parę walców poziomych z odpowiednim kształtem kalibru.

Jakkolwiek powyższe urządzenie znacznie lepiej przerabia materiał niż zwykłe walce kalibrowe, nie można jednak na niem wyrabiać profilów o bardzo szerokiej stopie, gdyż głęboko sięgające w przekrój walce poziome posiadają ten sam co zwykłe walce kalibrowe błąd przerabiania z nierówną szybkością, nadwerężają więc materiał i zużywają się szybko. Nie można też wyrobić stopy o równoległych wewnętrznych i zewnętrznych ścianach, ale ze względu na nadmierne tarcie jakie powstaje przy pionowych ścianach cylindrów, muszą ich powierzchnie być nieco zbieżne, wskutek czego wewnętrzne powierzchnie stopy są około 9° nachylone do wewnętrznej.

By te niedogodności usunąć i umożliwić wyrób dźwigarów o dłuższej jeszcze stopie, wynaleziono inne konstrukcje; jedną z nich przedstawia ryc. 288 ¹⁾. Blok przechodzi



Ryc. 288 (St. u. E.).

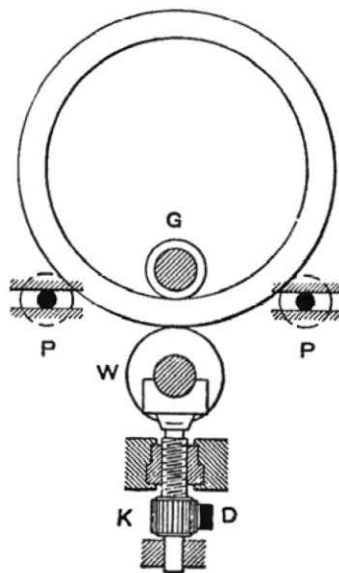
najpierw przez cztery walce wstępne (a), z których tak poziome jak pionowe, dzięki obranemu kształtowi i położeniu, przerabiają materiał z małymi różnicami w prędkości. Następnie, wykończające walce (b), o podobnym kształcie i nachyleniu ostrzejszem, doprowadzają materiał do ostatecznych rozmiarów pod względem grubości ścian i innych wymiarów dźwigara, zachowując tylko jeszcze wygięcie stopy, dogodne dla przeróbki materiału i trwałości walców. Jako czynność pomocnicza odbywa się osobno wyrównywanie brzegów stopy zapomocą dwóch poziomych walców kalibrowych. W ostatecznym zestawieniu walców (c), zbudowanych podobnie jak

¹⁾ St. u. E. 1910, str. 1952.

na ryc. 287, materiał nie doznaje już wydłużenia lecz między zupełnie cylindrycznymi walcami odbywa się tylko prostowanie stopy, wskutek czego dźwigar osiąga ostateczną postać.

Korzystny sposób przerabiania materiału opisanym sposobem pozwala na wykonanie znacznie dłuższej, 500 mm wynoszącej stopy, a nawet ma umożliwić walcowanie dźwigarów o długości stopy 700 mm.

Walcowanie cylindrów. Do wyrobu z żelaza kującego cylindrów bez szwu znacznej średnicy i o cienkich ścianach,



Ryc. 289 (St. u. E.).

wchodzi w ostatnich latach w użycie walcowanie. Surowy, przekuty pod młotem lub prasą blok przerabia się sposobem *Erhardta* (p. prasowanie str. 265) na rurę o grubych ścianach lub wywierca w nim otwór odpowiedniej średnicy, i rozżarzony ponownie walcuje w sposób przedstawiony na ryc. 289. Urządzenie do tej roboty składa się z dwóch walców, z których dolny *W* otrzymuje popęd od motoru za pośrednictwem ugiętego sprzęgła i jest nastawialny za pomocą śruby uruchomionej kołem zębatym *K* i drążkiem ząbkowanym *D*; górny wałek *G* jest osadzony w nieruchomych łożyskach, lecz daje się wyjmować dla wsunięcia między walce surowego walca dla przeróbki i wyjęcia gotowego. Robota odbywa się w ten sam sposób jak walcowanie blachy, z tą różnicą że wyrób jest zamkniętym cylindrem. Pomocnicze walce *P* podtrzymują wyrób, zapobiegając odkształceniu i w miarę jak rośnie średnica, przy zmniejszającej się równocześnie grubości, rozsuwają się odpowiednio w łożyskach.

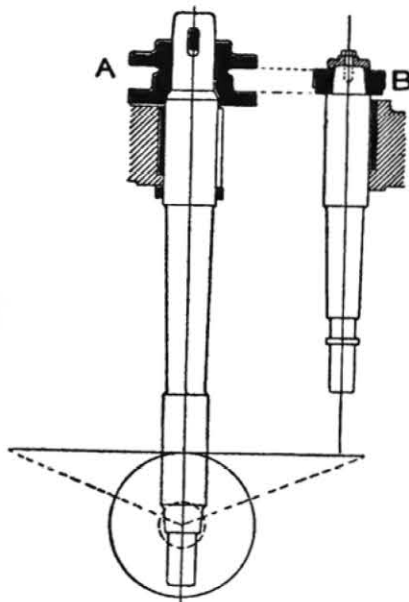
Tym sposobem wyrabia się cylindry na kotły parowe i rury ogniowe, bębny dla turbin parowych, walce do suszenia i t. p. Zaletą wyrobu takiego jest nie tylko brak spoiny (szwu), które jak w połączeniach nitowych zgrubia

w jednym miejscu cylinder a zarazem zwiększa jego ciężar, a we wszystkich połączeniach (nitowych, zgrzewanych i stapianych) stanowi najsłabszą część cylindra, — lecz mamy tu nadto do czynienia z bardzo korzystnym, wszechstronnym przerobieniem materiału, który przy wstępnej robocie pod prasą i w walcach doznał przeróbki głównie w kierunku równoległym do osi a przy ostatecznym walcowaniu był przerabiany wzdłuż obwodu cylindra a więc w kierunku do poprzedniego prostopadłym.

Walcowanie obręczy do kół wagonowych odbywa się na tej samej zasadzie co opisany wyrób cylindrów, są więc dwa walce pracujące i dwa walce kierujące, rozsuwane; różnica polega na tem, że walce są wąskie i profilowane, — zamiast więc długich walców cylindrycznych posiada walcownia kół wąskie krążki kalibrowe. Położenie osi wyrobu w ciągu roboty zazwyczaj nie jest poziome, jak przy walcowaniu cylindrów, lecz pionowe.

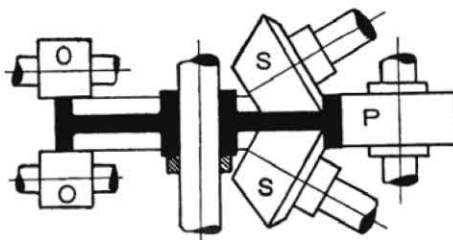
Walce służące do wyrobu obręczy przedstawia ryc. 290; na pionowej, otrzymującej popęd od motoru, nieprzesuwalnej osi, znajduje się krążek kalibrowy *A*, posiadający kształt profilu koła wagonowego, — po drugiej stronie obręczy (wewnątrz) znajduje się drugi krążek (*B*) pozwalający się wraz z wałem przysuwać do krążka kalibrowego. Krążek *B* wyrabia wewnętrzną powierzchnię obręczy. Robota odbywa się w ten sposób, że odkutą z grubszą obręcz wkłada się między krążki i walcuje, stopniowo zbliżając krążek *B* i naciskając (zapomocą siły hydraulicznej) nim obręcz tak długo, pokąd nie przybierze wymaganej grubości i kształtu, oraz średnicy.

Tak wyrobioną obręcz po



Ryc. 290 (Hütte).

obróceniu nakłada się na gorąco na koło wewnętrzne, które bywa lane albo (częściej) kute. W ostatnim wypadku przygotowuje się surowy krąg przez kucie, dając (w odpowiedniej formie) piaście i przylegającej do niej części tarczy kształt gotowy, resztę tarczy i wieniec wyrabia się przez walcowanie na przyrządzie przedstawionym na ryc. 291. Dwa



Ryc. 291.

kręgi stożkowe *S* walcują część tarczy przylegającą do wienca oraz jego wewnętrzną powierzchnię, walec pionowy *P* obrabia zewnętrzną powierzchnię wienca a dwa walce poziome *O* wyrównują jego boki. Tak wyrobiony wieniec obtacza się i nakłada

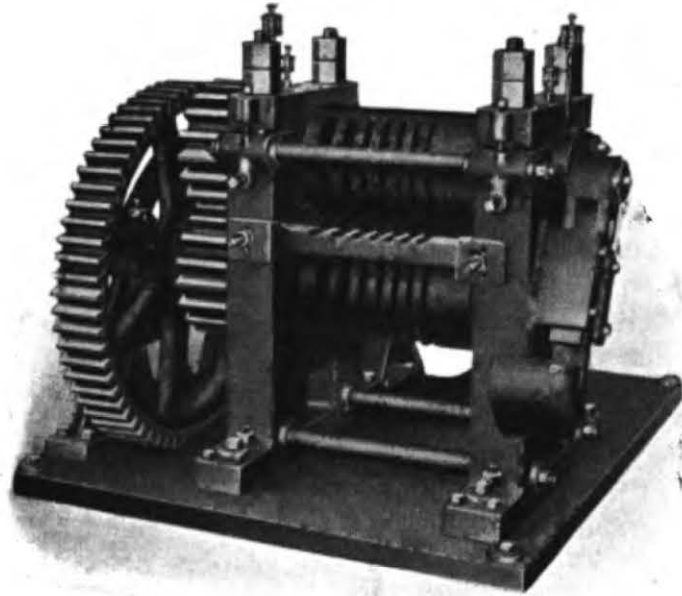
się nań rozżarzoną obręcz, która stygnąc kurczy się i przez to dostatecznie utwierdza na kole; dla ubezpieczenia wkuwa się pomiędzy obie części w wytoczony żłobek klinowatą obręcz żelazną.

Robią też koła wagonowe w jednym kawałku, wtedy surowy krąg podobnie odkuty jak poprzednio opisany ale z grubszym wieńcem, walcuje się na takim samym przyrządzie jak przedstawiony na ryc. 291, z tą różnicą że krążek pionowy *P* jest profilowany i ma kształt zewnętrznej powierzchni wienca. Gotowy wyrób podlega naturalnie dalszemu wykończeniu przez toczenie.

Wyrób krótkich przedmiotów jak dźwigni, osi, klinów, haków, kluczy do śrub i t. p. odbywać się może zapomocą walców według tej samej zasady jak przy kuciu w formach, przyczem obie części formy są wyżłobione w walcach lub, co jest korzystniejsze, przykręcone do nich i odpowiednio do ich powierzchni wygięte. Robota odbywa się w ten sposób, że wciśnięty między walce kawałek odpowiedniej długości zostaje wskutek ich obrotu wtłoczony w formę i po przejściu na drugą stronę wyrzucony, otrzymawszy wymaganą postać; nacisk roboczy odbywa się przez zbliżenie do siebie obu części formy wskutek obrotu walców.

W ten sam sposób można także wyrabiać krótkie przedmioty z długich kawałków walcowanych, jeżeli formy są wyżłobione w jednym ciągu dokoła walca i wypełniają cały jego obwód; w miejscu gdzie jeden kawałek ma być odłączony od drugiego, oba walce stykają się ze sobą ostrzymi występami, które powodują odcięcie.

Przyrząd do kucia zapomocą walców widzimy na rycinie 292; dwa walce pędzone zapomocą kół zębatych mają



Ryc. 292 (De Fries).

szeregiem obok siebie wyżłobione formy różnego kształtu, aby na tych samych walcach można było wyrabiać rozmaite przedmioty. Do większych i rzadziej wykonywanych wyrobów przykręca się do walców, jak to już wspomniano, osobno wykonane wygięte formy i po ukończeniu roboty wymienia je na inne, nie zmieniając walców; koszta roboty są przez to znacznie mniejsze, gdyż zamiast całej pary walców sprawia się tylko formę na dany wyrób.

W ten sposób pracujące walce okazały się nieraz przy

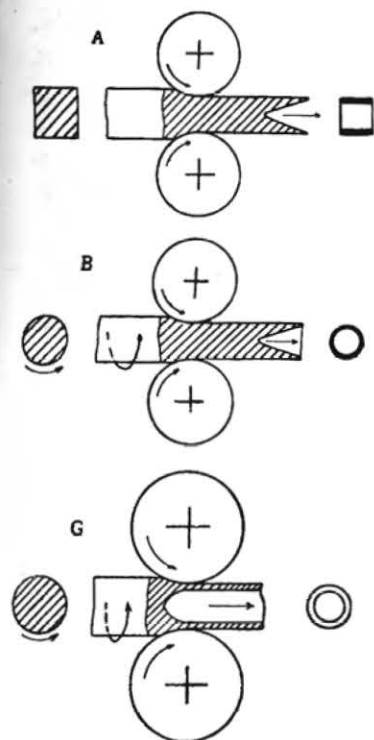
wyrobach masowych korzystniejsze niż prasa lub młot, pracując szybko i cicho a przytem dokładnie.

Walcowanie rur. Wyrób rur bez szwu z pełnego cylindra przez walcowanie datuje się od r. 1885, kiedy bracia **Mannesmannowie** po raz pierwszy tą drogą zaczęli istotnie wyrabiać rury. Wiele lat ubiegło zanim ich wynalazek obejmujący cały szereg pustych w środku wyrobów, ograniczając się tylko do wyrobu rur, po pokonaniu mnóstwa trudności, tak został technicznie udoskonalony, że produkcya zaczęła się opłacać i weszła na normalne tory.

Na pomysły Mannesmannów oparło się następnie wiele innych, wprowadzających różne zmiany w sposobie działania narzędzi i ich budowie, powstało kilka w praktyce stosowanych sposobów walcowania rur, największe znaczenie i rozpowszechnienie mają jednak w przemyśle rury mannesmannowskie i tutaj ograniczamy się tylko na opisie zasady ich wyrobu ¹⁾.

Wyrób rur walcowanych polega na następującem rozumowaniu: Przy przeróbce materiału plastycznego między walcami (np. bloków), wiemy (ryc. 253) że wskutek tarcia powierzchni walców posuwają się najszybciej cząstki położone na powierzchni, a wskutek przyczepności także cząstki położone w warstwach głębszych, ale z opóźnieniem względem zewnętrznych tem większem, im głębiej leżą od powierzchni, wszystkie jednak biorą udział w przeróbce. Jeżeli więc walce działać będą dość szybko, to na końcu bloka wytworzy się wklęsłość tem większa, im większa będzie szybkość obwodowa walców i koniec rozdzieli się na dwie części (ryc. 293 A). Wziąwszy zamiast płaskiego bloka — okrągły, i nadawszy mu w czasie walcowania ruch obrotowy około osi, wytworzymy tym sposobem zagłębienie w kształcie kubka (ryc. 293 B), a przy bardzo wielkiej szybkości posuwania cząstek na powierzchni nastąpi zupełne ich rozdzielenie wewnątrz walca, bo będą porwane wskutek spójności przez cząstki bliżej powierzchni położone; w ten sposób wytworzy się rura (ryc. 293 C).

¹⁾ O wyrobie rur przez walcowanie pisał obszerniej A. Bousse w dziełku »Die Fabrikation nahtloser Stahlrohre« z r. 1908.

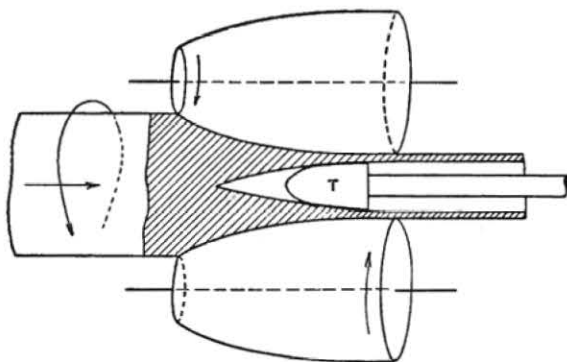


Ryc. 293.

W praktycznym przeprowadzeniu tej zasady trzeba było zastosować przyrząd któryby powodował posuwanie cząstek naprzód tj. walcowanie, i równocześnie wprawiał rozżarzony cylinder w ruch obrotowy. Takim przyrządem są okrągłe, obracające się, lecz ukośnię do osi obrabianego cylindra ustawione wałki, wskutek czego składowa ruchu równoległa do osi wywołuje posuwanie się naprzód cząstek materiału (walcowanie), składowa zaś prostopadła, — obrót cylindra.

Drugim zadaniem przy konstrukcyi przyrządu było dobranie takiej szybkości przeróbki, aby materiał posuwał się z prędkością dostateczną, by mogła powstać rura, równocześnie jednak tak, by proces nie odbywał się zbyt gwałtownie, inaczej bowiem cząstki odrywałyby się od siebie i powstający wyrób byłby odrazu zepsuty. Aby

te dwa sprzeczne wymagania pogodzić, należało zastosować stopniowe zwiększanie szybkości posuwania materiału tj. przyrząd pracujący (wałce) musiał posuwać cząstki ze stale zwiększającą się szybkością, bez nagłych w niej zmian. Zamiast więc wałków cylindrycznych zastosowano stożkowe, a raczej konoidalne (ryc. 294). Przy małej szybkości obwodowej cieńszej strony wał-



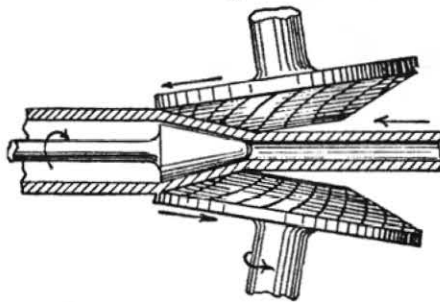
Ryc. 294.

ków, cząstki materiału z początku posuwają się powoli naprzód, szybkość ich zwiększa się ze wzrostem promienia wałków, aż w pewnej chwili nastąpi oderwanie się wewnętrznych części od siebie i zacznie się formować rura; walcowanie kończy się z chwilą kiedy ustanie zetknięcie się materiału obrabianego z powierzchnią wałków, od tego miejsca już wyrób nie doznaje zmiany.

Aby się rura wytworzyła nie potrzeba żadnego przyrządu działającego wewnątrz otworu, gdyż jak widzieliśmy powstaje ona wskutek wielkiej szybkości walcowania, powodującego odrywanie się od siebie części położonych wewnątrz. Tak wytworzona rura jest jednak wewnątrz nierówna, pełna zadziorów, które czynią ją niezdatną do użytku. By temu zapobiedz wkłada się wewnątrz rury trzpień (*T*), wsparty na długim drążku i wypełniający dokładnie wnętrze rury. Formująca się a będąca w stanie plastycznym rura, nasuwając się na trzpień wygładza się na jego powierzchni, a ponieważ jest w stanie bardzo wielkiego rozżarzenia, więc wszelkie nierówności, zadziory i pęknięcia zgrzewają się ze sobą i powierzchnia wewnętrzna staje się gładką. Przyczynia się do tego brak dostępu powietrza do części rury zamkniętej trzpieniem, tak że nie może powstać utlenienie, niedopuszczające zgrzewania.

Otrzymane przez walcowanie rury krótkie o grubych ściankach stanowią dopiero surowy materiał do dalszej przeróbki na rury o większej średnicy i cieńszych ścianach. Można to wykonywać przez wyciąganie, o czym będzie mowa w rozdziale następnym, albo przez dalsze walcowanie.

Do znacznego rozszerzania surowej rury przy równo-

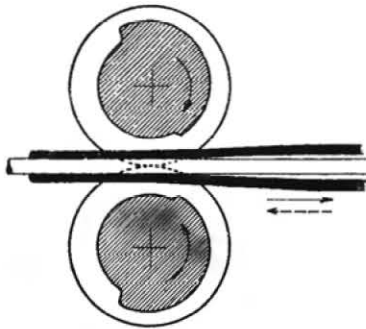


Ryc. 295 (Kick).

czesnym zciężeniu jej ścianek służą zbudowane również przez Mannesmann'skie stożkowe wałki (ryc. 295), które z rosnącą szybkością obwodową wciśkają rozżarzony materiał surowej rury na stożkową trzpień, wskutek czego formuje się rura o zwię-

kszonej średnicy i cienkich ściankach. Sposób ten służy tylko do wyrobu grubych rur, cienkie wyrabia się na walcach mimośrodowych także przez Mannesmanna zbudowanych (ryc. 296).

Są to wąskie kręgi o pojedynczym kalibrze, których przekrój nie jest okrągły, lecz, stosownie do wymagania roboty, w jednej części ekscentrycznie wykonany w ten sposób, że mimośrodowy zwrócony do siebie krótszymi stronami, oddalone są od siebie o grubość surowej rury, zwrócone zaś częściami o większym promieniu, zawierają między sobą odstęp odpowiadający grubości rury gotowej. Przez równoczesny obrót obu mimośrodów uchwycona rura surowa zostaje wskutek



Ryc. 296.

ekscentryczności walców przewalcowana na gotową o mniejszej średnicy i grubości ścianki a większej długości. Czynność ta nie da się wykonać odrazu, bo walce działają tylko na pewnej długości i tylko w płaszczyźnie pionowej, po jednorazowym więc przejściu przez walce części rury, trzeba ją cofnąć w pierwotne położenie, obrócić o 90° albo jeszcze mniej, ponownie przepuścić przez walce i czynność tę powtarzać, póki obrabiana część nie jest przerobiona na całym obwodzie.

Aby przy opisanej czynności można było rurę cofać, zajmuje część pracująca (ekscentryczna) walców tylko $\frac{1}{3}$ obwodu, na $\frac{1}{6}$ średnica jest niezmienna i równa największemu występowi mimośrodu, na połowie obwodu zaś średnica kręgu jest znacznie mniejsza, tak że gdy ta część znajduje się ponad walcowaną rurą, jest ona zupełnie wolna od nacisku; wtedy odbywa się jej cofnięcie w pierwotne położenie i obrót a więc przygotowanie do następnego działania mimośrodu.

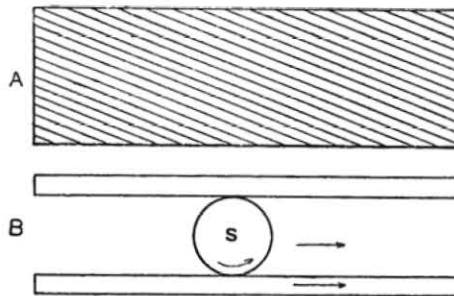
Skoro pewna część rury została w ten sposób obrobiona na całym obwodzie, podsuwa się pod walce dalszy kawałek surowej rury i tak samo przerabia, — w ten sposób wywalcowuje się całą surową rurę. Rura podczas roboty umieszczona

jest na trzpieniu, który ją utrzymuje w wymaganem położeniu. Na rycinie przedstawiona jest chwila, gdy kończy się cofanie rury i zbliżające się mimośrodowo mają ją uchwycić dla dalszej przeróbki.

Obok walcowania zapomocą wałków mimośrodowych, których istnieje kilka konstrukcyi, stosuje się także dawniejszy sposób ciągłego walcowania rur między walcami kalibrowymi, przez które przechodzi rura umieszczona na drążku; dla znacznego zmniejszenia średnicy powtarza się tę czynność w coraz węższych kalibrach, wymieniając w razie potrzeby trzpienie na cieńsze.

Tak samo jak przy wyrobie żelaza sztabowego, stosuje się zamiast dwóch walców — trzy, aby walcować w obu kierunkach, albo też stosuje się walcownię szeregową.

Walcowanie śrub. Tak jak w walcach kalibrowych z kwadratowego bloka otrzymać można walcówki rozmaitych kształtów przez wtlaczanie plastycznego materiału w formę wyciętą w walcach, tak samo przez nacisk i stosowny ruch narzędzi o odpowiednio uformowanej powierzchni można wycisnąć gwint śrubowy na sworzniu z plastycznego metalu. Wykonać to można dwoma sposobami. Do masowego wyrobu na zimno cieńszych śrub używa się urządzenia przedstawionego na ryc. 297. Na dwóch płytach nacięte są żłobki



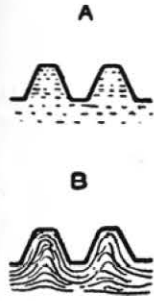
Ryc. 297.

o kształcie gwintów, w kierunku kąta pod jakim gwint się wznosi, każda więc płyta (A) przedstawia rozwiniętą na płaszczyźnie powierzchnię śruby. Jeżeli między płyty, z których jedna wykonuje ruch prostoliniowy (szkic B) zwrotny, włożymy sworznię gładki S,

i naciskając go przesuniemy płytę równoległe do drugiej, która jest nieruchoma, to na sworzniu zostanie wygnieciony taki sam gwint, jaki jest wyżłobiony na płycie, — tak jak po-

wstaje śruba, gdy rozwiniętą na płaszczyźnie linię śrubową nawijamy na walec.

Przy należytem i bardzo starannem zestawieniu obu płyt i dostatecznym nacisku, wytworzy się gwint bardzo dokładny, robota odbywa się bez porównania szybciej niż przy nacinaniu, a przytem oszczędza się materiału, którego się nie wycina lecz plastycznie przekształca; z tego też powodu średnica surowego sworznia jest mniejsza niż gotowej śruby.

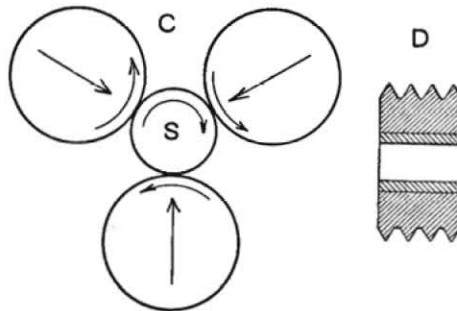


Ryc. 298.

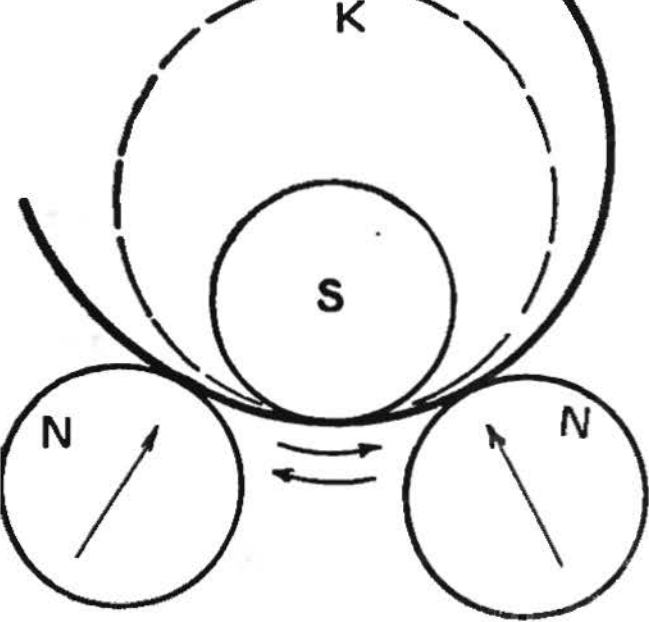
Ponieważ przy przeróbce walcami nie używa się narzędzi tnących, nie są włókna w śrubie poprzecinane jak u gwintów nacinanych (rycina 298 A), ale tylko według kształtu gwintów wygięte (ryc. 298 B) i przez to wyrób jest silniejszy.

Do wyrobu grubych śrub (do przytwierdzenia szyn, do izolatorów i t. p.) walcuje się śruby na gorąco między walcami, jak to przedstawia ryc. 299. Trzy wałki kalibrowe C z naciętym gwintem, jaki mają wytwarzać, umieszczone na końcach trzech wałów popędowych, obracają się około włożonego między nie rozżarzonego sworznia S, na którym ma być wyciśnięty gwint. Przez nacisk na sworznie i równoczesny obrót, wałki wygniatają na nim gwint, posuwając go razem naprzód, jak obracająca się mutra posuwa swobodnie umieszczoną w niej śrubę. Kształt wałków narzędziowych jest przedstawiony na szkicu D.

Tak samo jak przy walcowaniu między płytami, zaletą wyrobu w porównaniu z nacinaniem śrubami jest mniejsze zużycie materiału, korzystniejsza dla wytrzymałości śruby przeróbka, a także znacznie większa odporność śrub na rdzewienie, wskutek czego, o ile są narażone na działanie wilgoci, nie wymagają powlekania cynkiem, jak śruby nacinane.



Ryc. 299.



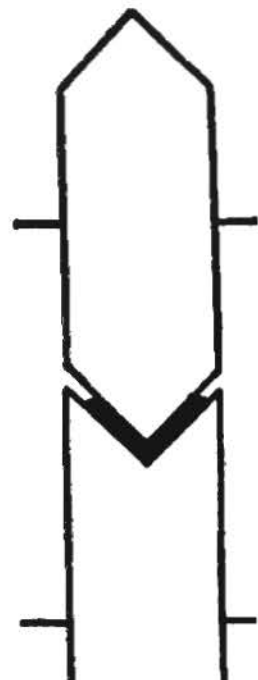
Ryc. 300.

goinie blachę niezbyt grubą wygię-
w kształt cylindryczny, można do
tego użyć walców. Proces ten sta-
suje się przy wyrobie kotłów i t.
wytrobów o znacznej średnicy, gdzie
zastosowanie tłoczni i młotów jest
niemożliwe lub bardzo trudne. Za-
sadę wyginania blach za pomocą
walców przedstawia ryc. 300; służą
do tego trzy walce, z których śro-
kowy *S* daje się wyjmować dla zdją-
cia wyrobionego z blachy walca.

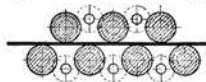
Walec *S* obraca się tylko wskutek tarcia o poruszającą się blachę, a dwa
skrajne *N* są nastawialne za pomocą śrub i pędzone kołami
zębatymi. Przy wkładaniu płaskiej blachy muszą walce być
rozsunięte, aby blacha dała się między nie wprowadzić, poczem
naciskając ją dolnymi walcami i wprawiając je w obrót, wy-
wołuje się nacisk i wprowadza blachę w ruch. W każdym poło-
żeniu walców znajdują się na ich powierzchni trzy linie zet-
knięcia z blachą, leżące na powierzchni pewnej, przez którą
określonej powierzchni walcowej; blacha (*B*) przesuwając
się między nimi raz w jednym, drugi raz w drugim kierunku
wygina się w walec o takiej średnicy. W ten sposób zbliżając
coraz więcej walce, wytwarzamy coraz silniejsze
wygięcie, aż wreszcie powstanie zupełny walec
(zestknięcie obu końców) gdy blacha przyjmie
średnicę, przy której utworzy się zupełne koło (*K*).

Ten sam sposób można zastosować do że-
leza sztabowego, — wtedy zamiast walców używa-
ją się krążki o przekroju odpowiednim do pro-
filu walcówki. Ryc. 301 przedstawia kształt krąż-
ków służących do wyginania kątówek.

Walców używa się także do wyrówny-



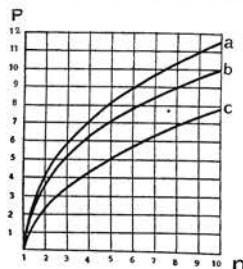
a lepiej siedm, zapomocą kół zębatych poruszanych walców, (ryc. 302) dających się nastawiać na potrzebną odległość. Wprowadzwszy blachę między walce, przepuszczamy ją naprzemian w obu kierunkach, zhlizając stopniowo oba szeregi walców do siebie, pokąd odległość ich nie będzie równa grubości blachy, przyczem następuje zupełne jej wyprostowanie.



Ryc. 302.

Takie samo urządzenie służy do prostowania drutu, tylko zamiast walców są zastosowane krążki żłobkowane, obejmujące drut z boku.

Piece w walcowniach. Jakkolwiek pewne metale i stopy np. miedź i mosiądz, bywają przerabiane na zimno dla otrzymania blachy twardej i odpornej na mechaniczne zużycie, to jednak najważniejszy materiał w budowie maszyn — żelazo, przerabia się w stanie wysoko rozżarzone, aby, jak to już była mowa, zmniejszyć jego opór podczas przeróbki. Na ryc. 194 widzieliśmy jak ze zmianą temperatury zmienia się równocześnie wytrzymałość pewnych gatunków żelaza. Ryc. 303 przedstawia graficznie stosunek pracy potrzebnej przy walcowaniu do otrzymanego wydłużenia przy różnych temperaturach¹⁾. Na rycinie tej na osi P oznaczona jest praca w tysiącach metrów/ton spotrzebowana, by blok o ciężarze 2200 kg. wydłużyć wielokrotnie;



Ryc. 303 (St. u. E.).

¹⁾ St. u. E. 1908, str. 620.

wartości 0,25% węgla, 0,731% manganu i 0,159% krzemu. Wykres *a* oznacza wykres dla bloka mającego temp. 1140° w chwili rozpoczęcia walcowania a 1070° przy ukończeniu roboty *b* do bloka walcowanego przy temp. 1170—1120°. U tego samego więc materiału, przerabianego na tej samej walcowni przy różnicy temperatur wynoszącej zaledwie 30—50° różnica zużycia energii dochodzi do 1,5 tysiąca m/t.

Doświadczenia wykazały, że ilość przerobionego materiału na 1 mkg pracy walców przy różnych temperaturach wynosi ¹⁾:

Przy temp.	1300°	90 cm ³
» »	1200°	45 »
» »	1100°	30 »
» »	950°	20 »

Ponieważ zaś ciepło właściwe żelaza maleje ze spadkiem temperatury w ten sposób, że przy temp. 1400° wynosi 0,400 przy 1000° już tylko 0,200, odbywa się stygnięcie żelaza coraz szybciej w miarę spadania temperatury, i dlatego jest zrozumiałe, że przy ogrzewaniu bloków do walcowania zwraca się tak baczną uwagę na osiągnięte podwyższenie temperatury i nie lekceważy nawet nieznacznego jej podniesienia.

Wykres *c* na ryc. 303 odnoszący się do żelaza o zawartości 0,13% węgla, 0,454% manganu i 0,0056 krzemu, zdjęty był przy walcowaniu bloka od temperatury 1183°, a więc bardzo mało różniącej się od temperatury, przy której przerabiano blok *b*; poucza on jak znaczny wpływ ma większa zawartość przymieszek a przede wszystkim węgla, i o ile że żelazo twardsze jest trudniejsze do przeróbki.

W walcowniach mamy do czynienia albo z blokami również odlanymi, które zawierają jeszcze zapas ciepła otrzymany w piecu hutniczym i które przerabia się dalej bez ostudzenia, albo z blokami zimnymi, ostudzonymi po odlaniu lu

nia do ogrzewania bloków są odmienne, zależą one także od wielkości bloków.

Pieco węglna. Przy przeróbce świeżo odlanych bloków wykorzystuje się zawarte w nich ciepło, którego zapas po stężeniu zewnętrznej warstwy, gdy wewnątrz jest jeszcze płynne, znacznie jest większy niż ilość ciepła potrzebna do ogrzania zimnego bloka do temperatury, przy której odbywa się walcowanie. Jednakże przeróbka nie jest możliwa wcześniej, nim cały metal wewnątrz stężeje, inaczej bowiem pod naciskiem walców płynne wewnątrz rozsadza stężalą ścianę bloka, materiał wytryska z niebezpieczeństwem dla otoczenia a blok staje się niezdolnym do dalszej przeróbki. Gdy jednakże blok bez ochrony od promieniowania pozostawi się aż do całkowitego skrzepnięcia, wtedy ściany zewnętrzne ostygną do tego stopnia, że będą za zimne do przeróbki. Aby więc zapas ciepła zawarty w odlanym bloku zachować do procesu walcowania, należy zewnętrzne ściany bloka ochraniać od stygnięcia aż do stężenia płynnego wnętrza. Temu celowi służyć miały najpierw przez Gjersa budowane *doły blokowe*, tj. w pobliżu odlewni bloków wymiurwane w ziemi szeregami obok siebie komory ogniotrwałe tak wielkie, aby w nich mieścił się blok; każda komora jest nakryta ogniotrwałą przykrywą. Skoro blok o tyle stęzał na zewnątrz, że można go uchwycić i przenieść, wkłada go się do dołu, który wskutek promieniującego z niego ciepła rozgrzewa się. Po pewnym czasie, gdy blok zupełnie stężeje, wyrównywa się temperatura między nim a otoczeniem i blok posiada nawszkroś jednakową temperaturę. Skoro po wyjęciu rozżarzonego bloka wstawimy do gorącego dołu nowy blok, spadek temperatury jest już mniejszy, a po kilkakrotnej takiej wymianie temperatura dołu jest tak wysoka, że wkładane bloki nie tracą wiele ciepła i przez samo tylko wyrównanie temperatury stają się gotowe do przeróbki.

Pomysł Gjersa korzystny w zasadzie, nie znalazł szerokiego i powszechnego zastosowania z różnych powodów, przede wszystkim dlatego, że umieszczenie całej baterii dołów blokowych tuż koło odlewni lub walcowni, a więc w miejscu dla ruchu fabrycznego cennem, połączone jest z trudnościami

albo wprost niemożliwe, więcej oddalone zaś umieszczenie powoduje stygnięcie bloków podczas przewozu. Jeżeli produkcja żelaza nie jest dostatecznie stała i niezmienna, aby po wyjęciu bloka do przeróbki zaraz wstawiano następny, dół stygnie i prawidłowy ruch nie da się utrzymać. Wywiązujący się z utlenionego na powierzchni żelaza żużel nie odpływa z dołu lecz tężeje na dnie z powodu niedostatecznego gorąca i zanieczyszcza dół; — co jednak jest najważniejsze, temperatura bloka po wyjęciu z dołu dla przeróbki nie jest dostatecznie wysoka, by się dał całkowicie wywalcować w jednym procesie, a przynajmniej nie dość wysoka, by opór stawiany przy robocie nie był zbyt wielki, co powoduje większe spożycie siły popędowej i zużycie walców.

Zastosowanie dołów blokowych pociąga za sobą także tę niedogodność, że nie można w nich ogrzewać bloków zimnych, np. wyrobionych w czasie świątecznym, gdy walcownia jest nieczynna; w takim razie dla zimnych bloków budować trzeba osobne piece.

Ponieważ zasada urządzenia dołów blokowych jest bardzo dobra, należało je tylko dla usunięcia powyższych braków o tyle ulepszyć, aby przez dodatkowe doprowadzenie ciepła można było dół i zawarty w nim blok ogrzać do wyższej temperatury; zachowując więc niezmienną ogólną postać dołu, wprowadzono do niego ogrzewanie za pomocą gorących gazów wytworzonych w palenisku lub, — częściej, doprowadzanych z pieca wielkiego lub generatorów, przy zastosowaniu systemu regeneratorskiego¹⁾; tak powstały *piece wgłębne*. Piec tego rodzaju widzimy na ryc. 304. Umieszczony on jest równo z posadzką huty lub nieco tylko ponad nią wzniesiony i składa się z dwóch komór przedzielonych ścianą ogniotrwałą. Do jednej komory górą wchodzi gazy gorące, opływają blok i otworem w spodzie ściany przegrodowej dostają się do drugiej komory a stąd uchodzą do pary sąsiedniej. Dno wyłożone dla ochrony od żużla magnezytowymi ceglami ma spadek ku środkowi, gdzie znajduje się otwór dla żużla ściekającego do kubła lub kanału odpływowego. Piece mogą po-

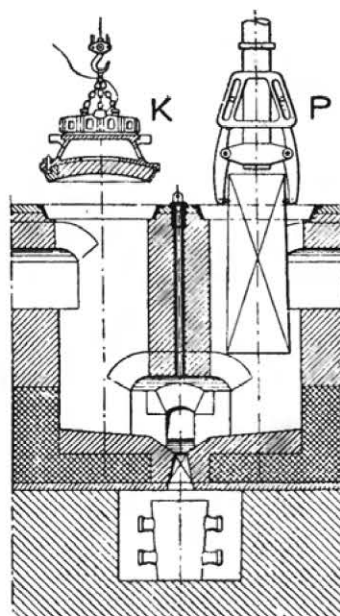
¹⁾ Część I, str. 193.

siadać otwory żuźlowe także z boku, zamiast w dnie. Komora każda jest nakryta przykrywą (*K*), dającą się podnosić zapomocą żórawia a blok wstawia się i wyjmuje kleszczami (*P*) poruszanymi również żórawiem.

Jeżeli bloki są małe, wstawia się ich kilka do jednej komory.

Inny rodzaj pieców wglębnych stanowią piece grupowe, gdzie niema osobnych komór na każdy blok ale jest jedna duża komora, jak w piecu kuźniczym¹⁾ lub tyglowym Siemens'a²⁾, mieszcząca większą naraz liczbę bloków ustawionych obok siebie w grupie. Nakrywa pieca składa się z kilku części aby bez odkrywania całego pieca i studzenia go można było wyjmować poszczególne bloki z dowolnego miejsca. Buduje się też piece wglębne również o wielkiej komorze lecz podzielonej ścianami w ten sposób, że tworzą się podłużne przedziały, w których bloki stoją rzędami, a gazy przepływają obok nich wzdłuż ścian dzielących.

Przez odpowiednią regulację przepływu gazów doprowadza się do pieców wglębnych tyle ciepła, by świeżo odlany blok miał po zupełnem stężeniu możliwie wysoką temperaturę (np. u żelaza miękkiego 1300°), a zimny mógł się do tego samego stopnia rozgrzać, naturalnie w czasie znacznie dłuższym. Piece wglębne okazały się bardzo dobrymi w użyciu i dziś są stosowane powszechnie, doły zaś nieogrzone tylko wtedy, gdy rodzaj produkcji (ciągłość jej i jednolitość) i miejscowe warunki huty na to pozwalają.



Ryc. 304 (St. u. E.).

¹⁾ Patrz str. 232.

²⁾ Część I, str. 210.

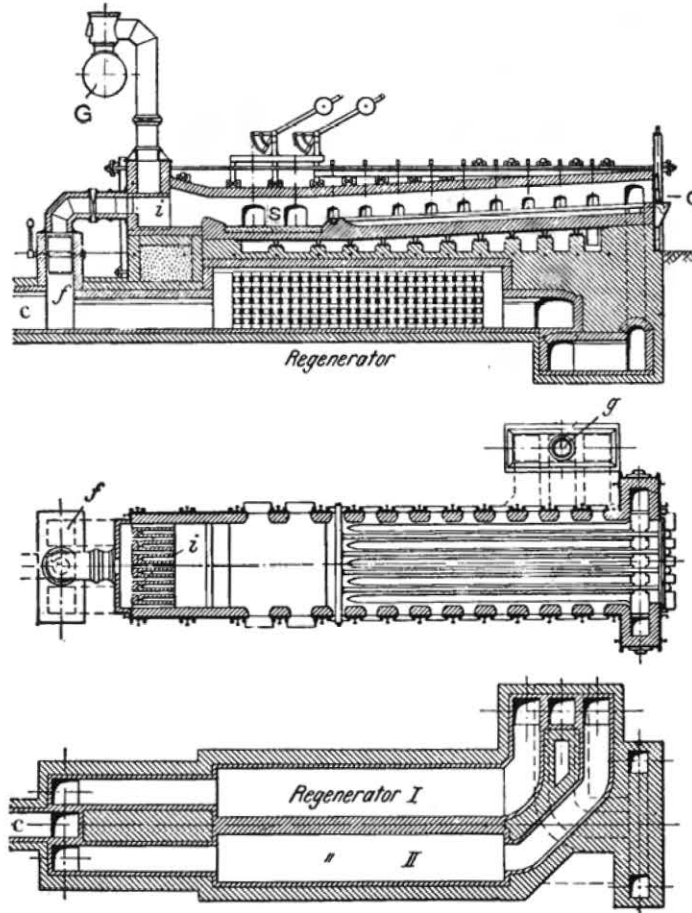
Piece płomienne bywają stosowane do rozgrzewania bloków mniejszych rozmiarów, zimnych lub znacznie wystudzonych; urządzenie ich jest bez wyjątku tego rodzaju, że zimne bloki dostają się na długi trzon pieca i zwolna posuwają się ku palenisku, z którego gorące gazy przepływają w kierunku przeciwnym, tak że najgorętsze gazy spotykają najgorętsze bloki, dając im potrzebną do przeróbki temperaturę, w miarę zaś stygnięcia gazy dostają się nad coraz chłodniejsze bloki i wskutek tego mogą im jeszcze oddawać ciepło; w ten sposób wyzyskanie ciepła jest bardzo korzystne.

Do ogrzewania pieców coraz rzadziej stosuje się zwykle paleniska rusztowe, częściej *tz.* paleniska półgazowe, wytwarzające w grubej warstwie paliwa gazy palne, a najczęściej ogrzewa się piec gazami generatorowymi lub z wielkiego pieca. Ponieważ mimo opisanego powyżej prowadzenia gorących gazów w kierunku odwrotnym niż odbywa się ruch ogrzewanych bloków, uchodzące z pieca gazy zawierają jeszcze wiele ciepła, zużywa się je na ogrzanie powietrza czyto sposobem regeneratowym ¹⁾, czy też *rekuperatorowym*, w którym przez leżące obok siebie kanały krążą w jednym kierunku gazy spalania oddając swe ciepło ścianom kanałów, w drugim zimne powietrze, ogrzewające się od ścian przedziałowych. W dawnych piecach a czasami i w nowszych wylotowe gazy, o ile są jeszcze dość gorące, używane bywają do opalania kotłów parowych.

Piece służące do ogrzewania bloków mają pochyły trzon, aby ułatwić ruch bloków, które w dawniejszych piecach poruszano ręcznie, posuwając je lub przetaczając drągami wsuwanymi do pieca przez małe drzwiczki umieszczone w bliskich odstępach wzdłuż pieca. Dziś prawie wyłącznie wciska się bloki zapomocą tłoka poruszanego hydraulicznie lub elektrycznie w ten sposób, że włożony blok przesuwa wszystkie poprzednie dalej, przyczem leżący najbliżej paleniska i najgorętszy dostaje się przed drzwiczki z boku umieszczone; wtedy kleszcze poruszane żórawiem wyjmują go i przenoszą do walcowni. Dla zaszanowania dna pieca posuwają się bloki

¹⁾ Część I, str. 193.

po wmurowanych, mało co nad powierzchnię wystających szynach żelaznych, lub na wyżej nad powierzchnię wzniesionych kierownicach w postaci rur chłodzonych wodą; w tym wypadku gazy mogą krążyć także pod spodem bloków.



Ryc. 305 (St. u. E.)

Jedną z licznych konstrukcyi pieców walcownianych widzimy na ryc. 305¹⁾ w przekroju pionowym i dwóch poziomych przez palenisko i komory regeneracyjne, w których

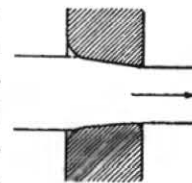
¹⁾ »Ueber den heutigen Stand der Wärme- und Glühöfen«, St. u. E. 1914, str. 873.

ogrzewa się powietrze; gaz nie bywa ogrzewany. Powietrze przez wentyl *g* umieszczony z boku pieca dostaje się naprzemian do obu komór regeneracyjnych, przepływa je ogrzewając się i z drugiej strony pieca wentylem *f* wpływa do paleniska *i*; gaz dostaje się do paleniska wprost z przewodu *G*. Palenisko jest dla dobrego wymieszania gazu z powietrzem podzielone ściankami na wąskie komory, któremi płyną cienkie strugi naprzemian gazu i powietrza. Wytwarzające się przy spaleniu gorące gazy przepływają ponad blokami wzdłuż pieca i przez wentyl *g* dostają się do komór regeneracyjnych a następnie przez wentyl *f* do kanału *C* prowadzącego do komina. Co jakiś czas przestawia się wentyle *g* i *f* dla skierowania powietrza i gazów spalania do innych komór regeneracyjnych.

Piec urządony jest do równoczesnego posuwania wszystkich bloków naraz a liczne drzwiczki z boku są przewidziane na wypadek zepsucia się przyrządu posuwającego bloki, aby można było poruszać je ręcznie. Blok wkłada się do pieca otworem *O* a wyjmuje jednym z bocznych otworów *S*, umieszczonych obok paleniska.

4. WYCIĄGANIE.

Jeżeli ciało ciągliwe np. pręt z plastycznego metalu przeciągać będziemy przez stożkowato zwężający się otwór w twardej płycie (ryc. 306), to wskutek oporu, jaki stawia materiał wciągany do otworu węższego od jego średnicy i tarcia jakie przytem powstaje, nie odbywa się ruch cząstek równomiernie w całym przekroju lecz cząstki leżące blisko powierzchni pozostają w tyle, a najbardziej naprzód wysuwają się cząstki środkowe¹⁾; w ten sposób wytwarza się pręt cieńszy o grubości takiej, jaką ma średnicę otwór w miejscu najwęższym, przyczem materiał doznaje plastycznej przeróbki wskutek ciśnienia wywartego na pręt. Czynność tę nazywamy *wyciąganiem*. Aby ono było możliwe, potrzeba aby wytrzymałość przerabianego metalu była większa niż opór powstający przy wyciąganiu, w innym bowiem razie nastąpi urwanie pręta. Opór, jaki stawia materiał przy przeróbce, zależy od różnicy grubości pręta przed i po robocie, odporności materiału, oraz tarcia; ponieważ opór ten jest znaczny, są wymagania co do wytrzymałości metalu przerabianego duże, i nie wszystkie metale można tym sposobem przerabiać, ołów np. mimo swej wielkiej plastyczności nie daje się wyciągać, gdyż pręt się urywa; przy przerabianiu żelaza nie można stosować rozgrzewania dla zwiększenia plastyczności, bo wtedy wytrzymałość nie jest wystarczająca.



Ryc. 306.

¹⁾ Część I, str. 30, ryc. 18.

Widzimy więc, że w przeciwieństwie do procesu przerabiania przez kucie i prasowanie, a także przez walcowanie, dających się stosować do każdego plastycznego metalu, wyciąganie jest ograniczone wytrzymałością przerabianego materiału. Ale nawet gdy mamy do czynienia z metalem dostatecznie wytrzymałym do tego procesu, należy oględnie stosować stopień zwięzania wywołanego przeciąganiem, aby opór nie przekroczył wytrzymałości materiału, i chcąc wywołać znaczniejsze zmniejszenie przekroju, nie można tego uzyskać jednorazowym przeciągnięciem, ale stopniowo, powtarzając je kilkakrotnie. Wpływa to opóźniająco na przebieg roboty, która wskutek tego odbywa się powolniej niż przy innych kuźniczych procesach a zwłaszcza przy walcowaniu.

Konieczność przerabiania materiału w stanie zimnym ma doniosłe znaczenie dla własności gotowego wyrobu a także przebiegu roboty. O ile metale, zwłaszcza żelazo, przerabia się na gorąco, własności mechaniczne nie doznają zmiany, a przeważnie polepszają się wskutek przeróbki kuźniczej; przy obróbce zimnej¹⁾, w tym wypadku przy wyciąganiu, metal staje się twardym na powierzchni, a więc trudniej obrabialnym, a równocześnie wzrasta jego kruchość, czynnik sprzyjający przerwaniu się wyrobu podczas przeciągania. Powodem tego objawu jest jak wiemy odkształcenie komórek (ziarn), wywołane zimną obróbką, a dające się usunąć tylko przez wyżarzanie.

Jest to czynnik niekorzystny dla ekonomii przeróbki. Kilkakrotne wyżarzanie wyrobu w piecach powoduje znaczne koszty, a nieuniknione przytem utlenienie na powierzchni — stratę materiału i dodatkową robotę około usunięcia warstwy wytworzonego tlenku.

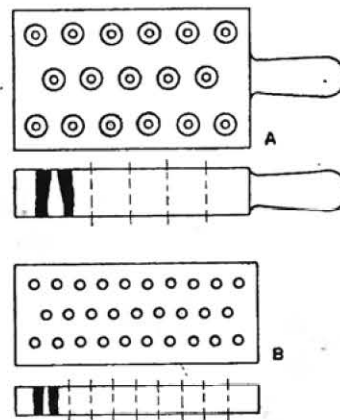
Mamy więc do czynienia z procesem powolniejszym i kosztowniejszym, niż inne rodzaje przeróbki kuźniczej, dlatego o ile można go zastąpić innymi sposobami jak walcowaniem, przetłaczaniem przez odpowiednie otwory plastycznego materiału itp., omija się go. Proces wyciągania ma jednak mimo to w przemyśle obszerne zastosowanie przy wyrobie drutu, rur, przeróbce blachy itp.

¹⁾ Część I, str. 28.

Wyrób drutu. Okrągłe żelazo o grubości około 5 mm, wyrobione przez walcowanie i zwinięte w kęgi, przerabia się przeciągając je stopniowo przez płyty o coraz cieńszych otworach. Z powodu niebezpieczeństwa urwania się pręta, zmniejszenie przekroju przy jednym przeciągnięciu nie może być znaczne i wynosi 5—10% pierwotnej grubości, zależnie od plastyczności materiału.

Płyta, w której znajdują się otwory robocze, *tz. drucidło*, może być zrobiona z hartowanej stali a otwory poprzednio wywiercone doszlifowuje się i wypolerowuje po zahartowaniu płyty; otwory takie mając bardzo twardą powierzchnię, powoli się zużywają i pozwalają wskutek tego wyrobić wiele drutu zanim się rozszerzą ponad dozwoloną miarę. Skoro to się stanie, można je albo wyszlifować na większą średnicę, dla grubszego drutu, albo też odhartowawszy płytę zakuć i na nowo rozwiąć, poczem drucidło znów się hartuje. Płytę taką widzimy na ryc. 307 A; posiada ona kilka rzędów otworów dla drutu cieńszego, albo tylko jeden rząd dla grubego, — umieszcza się ją w żłobkach ramkowanej osady.

Drugi rodzaj płyt (ryc. 307 B), używany częściej, wyrabia się z twardej ale do pewnego stopnia plastycznej stali bez hartowania, przez wbicie w wywiercony poprzednio otwór trzpienia stalowego o dokładnie takiej średnicy jaką ma otrzymać drut. Skoro otwór się zużyje można go bez hartowania zaklepać częściowo młotkiem, a następnie rozszerzyć trzpieniem do wymaganej wielkości. W takiej płycie otwór szybciej się wyciera, ale też bardzo małym zachodem i w ciągu paru minut można go odnowić.

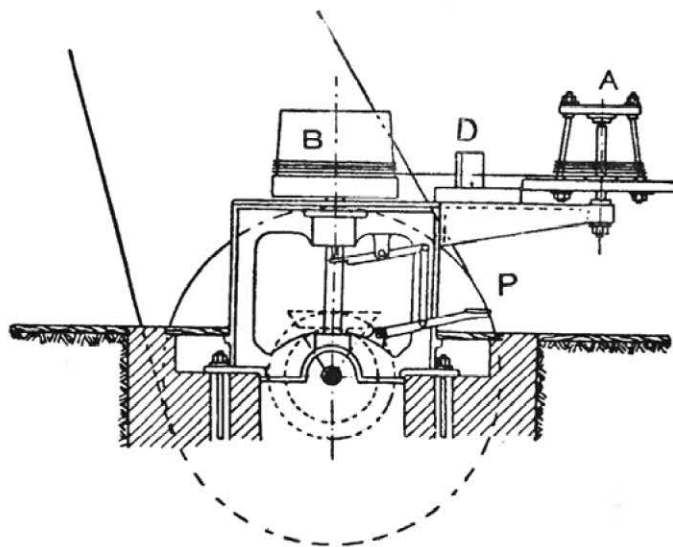


Ryc. 307.

Wyciąganie odbywa się w ten sposób, że zaostrozony koniec drutu wkłada się w otwór roboczy, przesuwając na drugą stronę, chwytając kleszczami połączonymi z przyrządem ciągnącym.

cym i przeciąga przez drucidło. Dla zmniejszenia tarcia przesuwa się drut przed wejściem do otworu przez gęste smarowidło: łój, maź, olej itp.

Do wyrobu drutu używa się *wyciągarki bębnowej*, której szkic widzimy na ryc. 308. Zwój drutu przeznaczonego



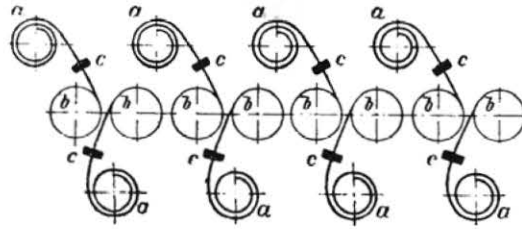
Ryc. 308.

do przeróbki umieszcza się na bębnie A, zrobionym z prętów i osadzonym luźno na wale, tak że się może obracać przy odwijaniu drutu. Drut przesuwa się przez drucidło D i nawija na żelazny bęben B, otrzymujący popęd od transmisji. Bęben ten za pomocą przytwierdzonych do niego na łańcuchu kleszczy chwyta koniec drutu za drucidłem i przeciąga; chcąc go zatrzymać, naciskamy podnózek P działający na sprzęgło zapadkowe, zębowe lub cierne, najlepsze ze względu na łagodne wprowadzanie bębna w ruch. Wyciągarki, dla zaoszczędzenia miejsca, ustawione są zazwyczaj w jednym rzędzie, (ryc. 309) w ten sposób, że bębny pociągowe *b* leżą obok siebie w środku, a pomocnicze *a* i drucidła *c* naprzemian z obu stron.

Aby skrócić czas roboty, składającej się przy wyrobie cienkiego drutu z wielu przeciągów, zastosowano analogicznie

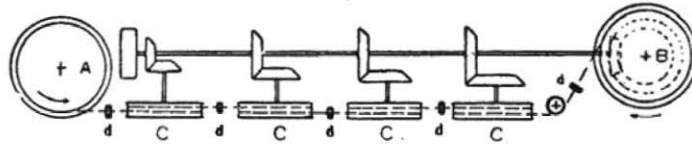
do walcowui szeregowej *wyciąganie wielokrotne*, równocześnie na jednej maszynie. Zasadę jednej z takich druciarek przedstawia ryc. 310. Między bębnum luźnym A i nawijającym B znajduje się kilka

drucideł *d* i kilka bębnow pośrednich C, około których owija się drut wychodzący z drucidła; każdy bęben otrzymuje popęd a wskutek powstałego tarcia drut doznaje ciągnięcia. Jest to konieczne, bo inaczej drut ciągnięty z jednego tylko końca bębnum B przez wszystkie drucidła równocześnie, musiałby się urwać wskutek zbyt wielkiego oporu. Jest to potrzebne także z innego powodu. Im drut jest cieńszy, tem szybciej można go przeciągać, dając bębnowi większą liczbę obrotów; przy wyciągarce wielokrotnej jest to możliwe tylko wtedy, gdy liczba obrotów każdego następnego bębna jest większa niż



Ryc. 309.

poprzedniego. By to osiągnąć, przenosi się popęd z głównego wału na boczne zapomocą kół zębatach stożkowych o coraz większej średnicy, by pędzone przez nie bębny miały coraz większą szybkość obwodową.



Ryc. 310.

Zamiast kilku bębnow popędowych stosuje się przy innych wielokrotnych druciarkach tylko dwa wały z osadzonym na nich szeregiem kółek żłobkowych o coraz większej średnicy, ciągnących owijający się około nich drut przez drucidła umieszczone ponad sobą między kółkami. Przy tej samej liczbie obrotów wału jest szybkość obwodowa coraz większa i drut po przejściu każdego drucidła coraz szybciej się porusza.

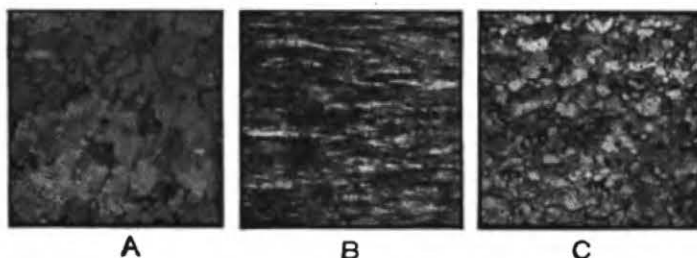
Druciarki wielokrotne znalazły zastosowanie tylko do przeróbki bardziej plastycznych metali, np. mosiądzu, miedzi, rzadziej miękkiego żelaza.

Do wyrobu bardzo cienkiego drutu nie nadają się drucidła stalowe, ale stosuje się do tego d y a m e n t y z przewierconymi otworami odpowiedniej średnicy. Z powodu twardości kamienia otwór taki wyciera się bardzo nieznacznie i długo służy, poczem wyszlifowuje go się na następną wielkość. Dyamenty wymagają starannego osadzenia, gdyż w razie nachylenia osi otworu do kierunku ruchu drutu, kamień wyciera się nierównomiernie a często pęka. Dyament oblewa się mosiądzem a czasami stalą i osadza w żelaznej płycie. Dla równomierności zużywania otworu otrzymuje dyament w pewnych systemach maszyn powolny obrót, przez co można przeciwdziałać nawet pewnemu odchyleniu jego osi od kierunku ruchu drutu.

Żarzenie. Z powodu wzrastającej twardości a zarazem kruchości materiału w miarę powtarzającego się przeciągania, oraz wskutek zwiększającego się oporu w drucidle, następuje łatwo przerwanie drutu; by tego uniknąć, należy drut po przeciąganiu poddać żarzeniu, — żelazny po dwóch lub trzech przeciągnięciach, druty z materiałów bardzo plastycznych rzadziej, a przy niewielkim stopniu wyciągania, nawet wcale nie. Do żarzenia umieszcza się zwoje drutu w żelaznych tyglach z przykrywą, którą dla szczelności oblepia się gliną; wyżarzanie odbywa się w umyślnie do tego zbudowanych piecach płomiennych. Mimo szczelnego zamknięcia tygla powstaje wskutek zawartego wewnątrz powietrza utlenienie na powierzchni, najsilniejsze na drucie żelaznym, który pokrywa się warstwą tlenku. Tę powłokę należy koniecznie usunąć przed dalszym wyciąganiem, inaczej powierzchnia drutu wskutek wciśnięcia w nią odłamków tlenku, stanie się niegładką. Dla oczyszczenia zanurza się drut po żarzeniu, a także drut walcowany przeznaczony do wyciągania, w roztworze kwasu siarkowego. Działanie kwasu rozluźnia przyczepność tlenku do drutu o tyle, że przez silne wstrząsanie można go oderwać; w tym celu zawieszają się kręgi drutu wyjętego z kwasu na podnoszącej się i opadającej belce, przyczem kręgi uderzając o kamienną

ławę odbijają tlenek, który splukuje woda spadająca z góry w postaci deszczu. Dla usunięcia resztek kwasu i ochrony drutu od rdzewienia zanurza go się następnie w mleku wapiennym.

Na ryc. 311 widzimy mikrofotografie (pow. 1 : 90) zmian, jakim podlega miękki drut w ciągu przeróbki. *A* jest obrazem struktury żelaza walcowanego przed wyciąganiem, *B* po kilkakrotnym wyciąganiu, *C* żelaza wyciąganego po krótkim wy-



Ryc. 311.

żarzeniu przy 600°. Na obrazie *A* komórki (ziarna) mają rozmiary stosunkowo dość znaczne i kształt równomierny; przez wyciąganie (zimną obróbkę) ziarna doznały odkształcenia (obraz *B*), wydłużając się w kierunku przeciągania, wyżarzenie przywróciło im kształt równomierny (obraz *C*) lecz rozmiary komórek są znacznie mniejsze niż pierwotnie (na szkicu *A*). Normalną strukturę można przywrócić przez wyżarzenie drutu powyżej 900° przez pół godziny, studząc go następnie szybko, nie tak szybko jednak, by się utrzymała struktura powstałego przy rozgrzaniu roztworu stałego (stan zahartowania) lecz aby był czas do przemiany roztworu stałego w żelazo normalne (stan α)¹⁾, bez objawów przegrzania²⁾.

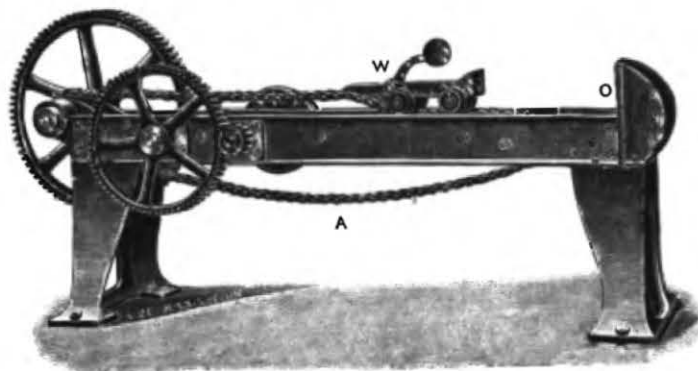
Druty z innych metali wyciąga się z walcowanych prętów odlanych lub otrzymanych z walcowanej płyty przez odpiłowanie.

Grubych prętów nie dających się zginać, nie można wyciągać na opisanej wyciągarce bębnowej. Do tego celu służy

¹⁾ Część I, str. 24.

²⁾ Część I, str. 26.

wyciągarka łańcuchowa (ryc. 312). Wzdłuż długiej ławy przeciągnięty jest łańcuch Galla A, napięty z obu stron ławy na kółkach; na jednym końcu ławy znajduje się osada O dla płyty z otworem do wyciągania, na drugim mechanizm popędowy, wprawiający w ruch łańcuch. Na ławie umieszczony jest wózek W z kleszczami, chwytającymi koniec przeciąganego pręta. Jeżeli zapomocą stosownego chwytu uczepimy wózek u łańcucha, to przy jego ruchu wózek posuwa się po ławie i przeciąga pręt przez otwór w płycie.



Ryc. 312.

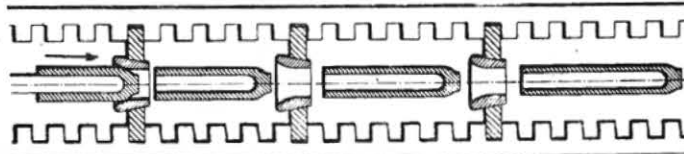
Tym sposobem odbywa się wyciąganie grubych prętów dla otrzymania przekrojów pewnego kształtu, wałów transmisyjnych i maszynowych o gładkiej i twardej powierzchni i dokładnej średnicy, jakiej nie można osiągnąć przez walcowanie.

Na takiej wyciągarce z odpowiednio wyciętym otworem wygina się blachy w dowolne profile, taka także służy do wyrobu rur z blachy przez zgrzewanie, o czem będzie mowa w dalszym rozdziale.

Wyciąganie rur. Z krótkich rur wykonanych sposobem Erhardta przez prasowanie (str. 265), otrzymuje się rury dłuższe o cienkich ściankach przez wyciąganie w stanie rozżarzonej. W tym celu wkłada się rurę na długi trzpień o tej samej średnicy co jej otwór i przeciska przez szereg płyt z lejkowatymi otworami (ryc. 313), ustawionych w coraz większej odległości z powodu postępującego wydłużania się

rury. Jeżeli grubość jej ścian zejdzie na 5 mm, nie można dalej przeciągać na gorąco, gdyż zdjęcie rury z trzpienia nie daje się bez odkształceń wykonać. O ile więc ściany rury mają być jeszcze cieńsze, przerabia się ją dalej wyciągając już na zimno.

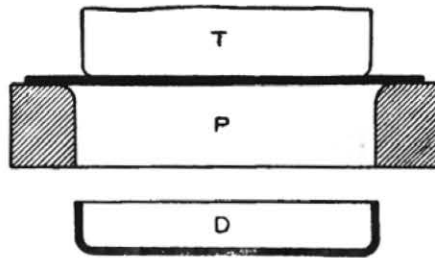
Wyciąganie blachy. Ma ono na celu wyrób z grubej blachy wypukłych den do kotłów, zbiorników i t. p., a z blachy cienkiej krótkich rur, osłon, naczyń, części maszyn i narzę-



Ryc. 313 (St. u. E.).

dzi wyrabianych masowo dla zastąpienia drogich i kruchych odlewów lub przedmiotów wykonywanych przez kucie uciążliwą i kosztowną drogą.

Przykład przeróbki grubej blachy widzimy na ryc. 314, przedstawiającej wyrób dna kotłowego; blachę rozżarzoną (bo tylko cienką przerabia się na zimno), umieszcza się na pierścieniu *P* o średnicy zewnętrznej dna i wciska w nią tłoczysko *T* mające kształt wewnętrznej powierzchni dna. Tłoczysko cisnąc blachę wciąga ją w pierścień i formuje w kształt jaki przedstawia szkic *D*.



Ryc. 314.

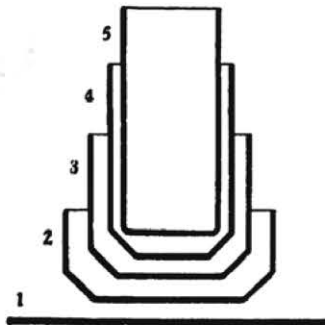
Do czynności tej używa się pras hydraulicznych wielkich rozmiarów, a opisany proces daje się stosować tylko w wielkich fabrykach, posiadających takie prasy i wyrabiających wiele den tej samej wielkości, gdyż inaczej nie opłaciłby się kosztowny wyrób formy (pierścienia i tłoczyska), służącej tylko dla jednej wielkości dna. Mniejsze fabryki wykuwają dna młotami na wypukłej formie, mającej kształt wewnętrznej powierzchni dna, lub na mniejszych pra-

sach za pomocą form cząstkowych, wyginając blachę stopniowo na obwodzie pokąd nie jest w ten sposób obrabiona dokoła.

Ponieważ blacha znajduje się w stanie rozżarzonem, nie zachodzą w niej zmiany struktury, unikać tylko trzeba zbyt długiego żarzenia, aby nie powstały objawy przegrzania¹⁾, a także zbyt długiego wystudzenia w razie dłuższego trwania roboty, aby się nie oziębiła do temperatury niebieskiego nalotu, przy której łatwo powstają rysy i pęknięcia²⁾.

Blachę ciekłą przerabia się na zimno w podobny sposób do opisanego poprzednio, jednak z tą różnicą, że chcąc wywołać znacznie większą zmianę kształtu, nie można tego zrobić jednorazowo, ale stopniowo, przechodząc przez kształty pośrednie i w ciągu tego wyżarzając wyrób dla usunięcia wpływu zimnej obróbki.

Ryc. 315 przedstawia stopnie przeróbki okrągłego krążka blachy (1) na wążkie a długie cylindryczne naczynie (5), przy użyciu pośrednich, stopniowo wyrabianych kształtów (2, 3 i 4).



Ryc. 315.

Wyrób dwóch pośrednich postaci (2 i 5) widzimy na szkicach A i B ryciny 316. Blachę płaską umieszcza się na pierścieniu P (szkic A) i tłoczyskiem T wciska do środka; ponieważ przy tem działaniu blacha na brzegach, o ile jest swobodna, marszczy się tworząc fałdy, i wyrób przez to może się nie udać, należy ją do pierścienia przyciskać aby nie mogła się marszczyć lecz gładko wchodziła do formy. Służy do tego przycisk R przytrzymujący ją na pierścieniu tak silnie, aby nie dopuścić tworzenia się fałdów, ale nie za silny, aby nie nastąpiło przerwanie.

Dla zmniejszenia tarcia zanurza się blachę w roztwór mydła, przy trudniejszych kształtach i słabszych materiałach używa się łożu. Z tego samego powodu tłoczysko i pierścień mają powierzchnię gładko wypolerowaną.

¹⁾ Część I, str. 26.

²⁾ Część I, str. 27.

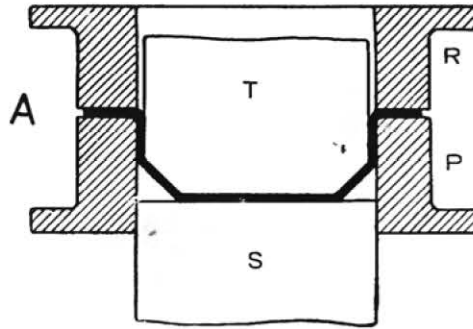
Cylindryczny stempel ma na końcu kształt ściętego stożka dający wyrobowi ten sam kształt dna, ułatwiający dalszą przeróbkę. Widzimy to na szkicu *B*, przedstawiającym przeróbkę końcową; pierścień *P* i tłoczyko *T* mają kształt wchodzących w siebie stożków

ściętych, — między obiema powierzchniami przesuwa się blacha o wiele łatwiej niż gdyby powierzchnia przejściowa była płaska.

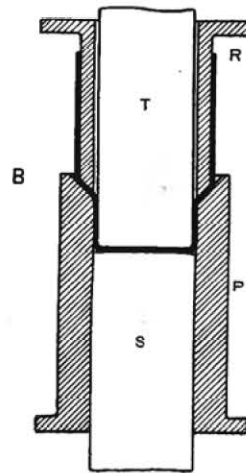
Po wykonaniu roboty podnosi się stempel i przycisk, a wyrobiony przedmiot wypycha dolne tłoczyko *S* z formy.

Jak widać z przebiegu roboty (ryc. 315), odkształcenie blachy odbywa się przez stopniowe wyciąganie w otworze pierścienia; nie jest to jednakże jedyna przemiana, bo wskutek zmniejszania się średnicy pośrednich wyrobów, następuje równoczesne zgrubianie blachy. W jednym więc kierunku materiał bywa wyciągany, w drugim spęczany, wynikiem czego są stosunkowo małe zmiany grubości przerabianej blachy, co łatwo można sprawdzić obliczając i porównywując ze sobą powierzchnie wszystkich otrzymanych kształtów (I do 5).

Rozważanie powyższe tego sposobu zimnej obróbki poucza równocześnie, jak różnorodnie blacha bywa natężana i jak daleko idące muszą być wymagania co do jej wytrzymałości i ciągliwości, jak ogólna przeróbka i jak konieczne umiejętne wyżarzanie w okresach przejściowych.



Ryc. 316. A.

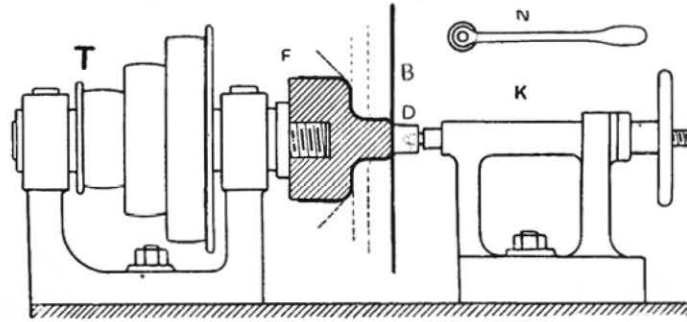


Ryc. 316. B.

Po wyżarzeniu oczyszcza się starannie blachę z tlenku, aby jej nadać gładkość konieczną przy dalszej przeróbce.

Maszyny służące do opisanego procesu mają albo korbowy albo hydrauliczny popęd i wykonywują kilka równoczesnych lub po sobie następujących ruchów (pierścienia, przycisku, tłoczyska górnego i dolnego).

Wyginiatanie. Inny rodzaj przeróbki blachy, polegający na takiej samej zasadzie, stanowi wyginiatanie jej na tokarce według formy, jak to widzimy na ryc. 317. Na osi tokarki *T*,



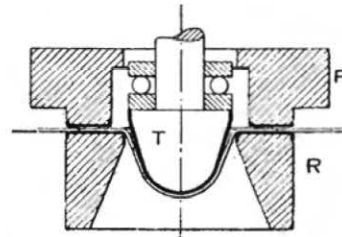
Ryc. 317.

o dającej się zmieniać liczbie obrotów przy pomocy koła stopniowego, osadzona jest na śrubie forma *F* na osłonę: na formie tej ma być wykonana osłona przez wgniecenie na nią, krążka blachy *B*. W tym celu przyciska się blachę do czoła formy zapomocą klocka *D*, naciskanego kłem przesuwalnego koziółka *K* w ten sposób, że przy obrocie osi tokarki obraca się forma a z nią blacha i klocek *D*, który swobodnie porusza się około stożkowatego kła. Jeżeli będącą w ruchu blachę naciskać będziemy stalowem narzędziem, zakończonem wypolerowaną główką lub kółkiem (*N*), blacha poddaje się i stopniowo wyciąga według kształtu formy, — jak to na rycinie przedstawia kreskowane linie, pokąd zupełnie nie przybierze żądanego kształtu.

Na tokarce można w ten sposób wykończyć wyroby poprzednio na prasie wytłoczone, np. naczynia cylindryczne przerabiać na wypukłe, zwężone u ujścia, czego na prasie zapomocą tłoczyska nie można wykonać. Takie kształty wyma-

gają formy dzielonej, którą się częściami wyjmuje po zdjęciu z tokarki wraz z obejmującym ją wyrobem.

Badanie blachy przeznaczonej do wyciągania na zimno odbywać się musi na tej samej podstawie co jej przeróbka. W tym celu stosuje się przyrząd, którego zasadę przedstawia ryc. 318¹⁾; składa się on z pierścienia *R*, wypukłego tłoczka *T* i przycisku *P*, co razem stanowi, jak widzimy, całość narzędzia do wyciągania blachy. Blachę ułożoną na pierścieniu i przytrzymaną przyciskiem ciśnie się tłoczkiem *T*, poruszonym śrubą, tak długo, pokąd wyginając się w kształt tłoczka i wyciągając coraz głębiej, nie pęknie. Z głębokości, do jakiej tłoczek wciśnął się w blachę, wnioskuje się



Ryc. 318 (St. u. E.).

o dobroci materiału i jego zdatności do przeróbki przez wyciąganie, a z kształtu linii pęknięcia o ewentualnej niejednorodności materiału; jeżeli bowiem ta linia ma kształt koła lub do niego zbliżony, znaczy to, że materiał ma jednakową wytrzymałość w każdym kierunku. Jeżeli pęknięcie ma kształt zbliżony do linii prostej, oznacza to, że blacha ma budowę włóknistą i w jednym kierunku jest słabsza niż w drugim, do tamtego prostopadłym.

Blachy grubsze, przerabiane na gorąco, bada się wkuwając młotkiem rozżarzoną próbę w formę o pewnym zagłębieniu; z zachowania się blachy przytem, ewentualnie z jej pęknięcia, można nabrać wyobrażenia o dobroci materiału.

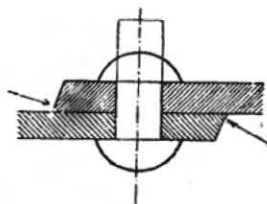
¹⁾ St. u. E. 1914, str. 879: Erichsen »Ein neues Prüfverfahren für Feinbleche«.

5. ŁĄCZENIE METALI SPOSOBAMI KUŹNICZYMI.

Przy zastosowaniu operacji kuźniczych (kucie, prasowanie, walcowanie i wyciąganie) można, korzystając z plastyczności metali, zwłaszcza w stanie rozgrzanym, i innych ich własności, związanych z rozgrzaniem, wytwarzać połączenia trwałe, tj. takie, których nie można rozebrać bez uszkodzenia części łączących lub samego przedmiotu powstałego przez złączenie. Jest kilka sposobów wykonywania takich połączeń, które stosuje się odpowiednio do kształtu, rodzaju i przeznaczenia wyrobu. Połączenie jest wykonane albo przy użyciu jakiejś części pośredniczącej, i do tego rodzaju połączeń zaliczamy *nitowanie* i *ściąganie na gorąco obręczami skurczowemi*, lub też łączone części wchodzi ze sobą w bezpośrednie połączenie, tworząc jedną całość, — do tego rodzaju połączeń należy *zgrzewanie*.

Powyższe trzy sposoby omówimy po kolei.

Nitowanie. Dla połączenia trzeba wykonać otwory w przedmiotach, które mają być złączone (najczęściej łączy się w ten sposób blachy). Umieściwszy otwory nad sobą



Ryc. 319.

przekłada się przez nie rozżarzony sworznie o średnicy bardzo mało mniejszej, zakończony z jednej strony półkulistą główką (ryc. 319), a następnie przez zakucie lub zgniecenie przekształca się w taką samą główkę koniec sworznia (na rycinie zaznaczony cieńszymi liniami). W ten sposób powstaje trwałe

połączenie obu części, którego nie można rozdzielić bez zniszczenia nita.

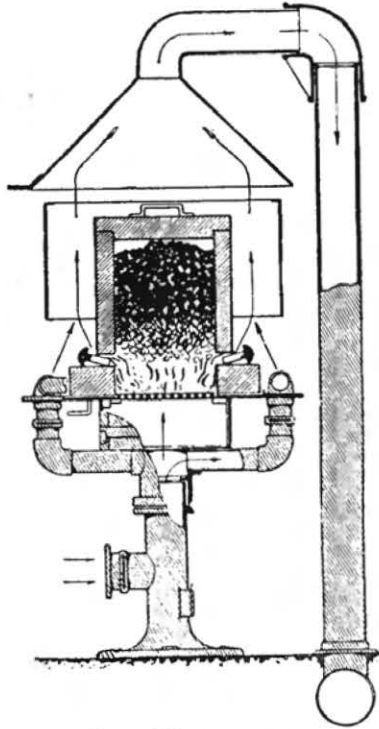
Aby połączenie nitowe było udane, musi materiał sworzni nitowego wypełniać dokładnie otwory, a główka być tak zaciśnięta, aby blachy po wystygnięciu nita były przez obie jego główki ściskane, przez co między nimi wytwarza się tarcie, wzmacniające połączenie. Nadto, o ile połączenie ma być szczelne, np. w kotłach parowych, zakuwa się brzegi złączonych blach (jak na rycinie wskazują strzałki). Czynność tę wykonywa się zapomocą *doszczelniaka*, narzędzia w kształcie tępego dłuta, którego jeden koniec przykłada się do blachy a w drugi uderza młotkiem. Dla ułatwienia uszczelnienia są krawędzie łączonych blach ścięte ukośnie. Do doszczelniania używa się także młotków pneumatycznych.

Sworzeń nitowy nie może być zbyt silnie rozgrzany, bo inaczej kurcząc się przy stygnięciu nie wypełni szczelnie otworów w blasze a powstające w niem naprężenia mogą spowodować oderwanie się główki; rozgrzewa się go więc tylko do czerwoności.

Do *rozgrzewania nitów* używa się różnego rodzaju ognisk, zależnie od tego, gdzie odbywa się nitowanie i jakie są do rozporządzenia środki pomocnicze. Więc w małych warsztatach rozgrzewa się nity w zwykłym ognisku kowalskim, do robót większych na miejscu budowy stosuje się różnego rodzaju piecyki ogrzewane koksem i zasilane zgęszczonym powietrzem, czy to ze zbiornika, czy z wentylatora, — wielkie zakłady mają w różnych miejscach ustawione stałe piece.

Tego rodzaju piec widzimy na ryc. 320 ¹⁾. Jest to czworokątne, ogniotrwale wymurowane palenisko rusztowe, wypełnione koksem i zasilane z dołu zgęszczonym powietrzem. Przez wąskie szczeliny umieszczone w spodzie ze wszystkich czterech stron, wkłada się sworznie nitowe główkami na zewnątrz i w miarę jak się rozgrzewają wyjmuje kolejno do użycia; dla ułatwienia tej czynności piec jest urządzony obrotowo. Przedstawiony na rycinie piec posiada dookoła ogniska rurę z licznymi szczelinami, które wypływa zgęszczone zimne powietrze, porywając gazy spalania i rozgrzane przez

¹⁾ Ztft. f. Werkzeugmaschinen u. Werkzeuge 1912, str. 479.



Ryc. 320 (Z. f. W.).

promieniowanie powietrze, co zabezpiecza robotnika od przykrego gorąca i pozwala piec ustawić w dowolnym miejscu. Gazy spalania odciąga ekshaustor za pośrednictwem okapu i rury prowadzącej do przewodu podziemnego. Okap daje się na bok odwracać.

Otwory na nity wyrabia się przez *wytłaczanie* stemplem na zimno lub przez *wiercenie*. Pierwszy sposób szybszy i znacznie tańszy, wywołuje stwardnienie i kruchość materiału a nawet pęknięcia spowodowane zimną obróbką¹⁾, wskutek czego materiał doznaje osłabienia i jest skłonny do pęknięcia; drugi sposób jest droższy ale nie nadwęża materiału w tak niebezpieczny sposób, dlatego przy wszelkich połączeniach narażonych na zmianę obciążeń i tem-

peratury a wytrzymujących znaczne siły, nie powinno się stosować otworów wytłaczanych lecz wiercone. Otwory wytłaczane można poprawić rozwiercając je dodatkowo na większą średnicę i zdejmując w ten sposób warstwę, która najwięcej ucierpiała wskutek zimnej obróbki; ponieważ jednak dla usunięcia jej trzeba średnicę otworu powiększyć przynajmniej o 10 mm, robota taka wraz z poprzednim wytłaczaniem wypada często drożej niż wiercenie otworu od razu w pełnym materiale. Mniej sumienne fabryki wywiercają w otworach wytłaczanych bardzo cienką warstwę, aby otwór wyglądał tak jak wiercony; wady spowodowane wytłaczaniem nie są tym sposobem usunięte. Wprawne oko rozpozna tak przeobrażony otwór, a jeszcze pewniej badanie metalograficzne²⁾.

¹⁾ Część I, str. 28.

²⁾ Część I, str. 106—107 i ryc. 44.

Zdarza się też, że blacha wskutek wytłaczania otworów doznaje odkształcenia, wtedy otwory po złożeniu obu łączonych części nie znajdują się dokładnie w tej samej osi. Jeżeli przed nitowaniem nie zostaną one rozwiercone (co zwiększa średnicę otworu), nit ma położenie skrzywione, jak to widzimy na ryc. 321, nie przylega należycie do otworu, a główki leżą względem siebie ekscentrycznie; nacisk główek na blachy jest wtedy niejednostajny a połączenie słabsze i niepewne.



Ryc. 321.

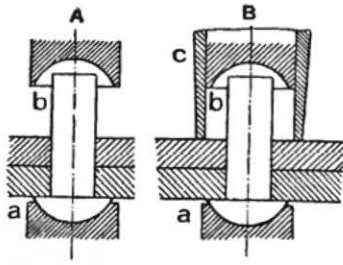
Nitowanie wykonywać można ręcznie lub mechanicznie.

W pierwszym wypadku po założeniu rozgrzanego nita w otwór zakuwa go się młotami ręcznymi, formując na końcu główkę zapomocą przykładnika z wyżłobieniem o kształcie główki. Przy nitowaniu ręcznym nit musi być podtrzymywany od spodu, aby się nie wysunął, co się wykonywa przez podparcie ciężkim młotem albo ciężarem utwierdzonym na dwuramiennej dźwigni z rękojeścią z drugiej strony. Do tego samego celu bywają też używane podpory utwierdzone na śrubie stałe opartej, którą można do dowolnej długości wysuwać.

Nitowanie ręczne jest powolne i kosztowne a nit, zwłaszcza gruby, przy krótkotrwałym uderzeniu nie doznaje przeróbki w całej swej długości lecz tylko w samej główce. Nitowanie mechaniczne wymaga drogich urządzeń ale robota jest szybka a przy wykonywaniu wielkiej ilości połączeń — tańsza, materiał zaś doznaje przeróbki w całej długości sworznia. Zaletą także nitowania mechanicznego jest cichość roboty w przeciwstawieniu do ręcznego, które sprawia wiele hałasu. Dziś nitowanie ręczne stosowane bywa tylko w mniejszych warsztatach, a w wielkich jedynie wtedy, gdy nie można użyć maszyny z powodu kształtu przedmiotu, lub przy ustawianiu odnośnych przedmiotów na miejscu ich przeznaczenia, gdzie niema mechanicznych nitarek. Nitowanie ręczne zastępuje się obecnie bardzo często zastosowaniem młotków pneumatycz-

nych (p. str. 254), w których narzędzie jest wyżłobione według kształtu główki nitowej.

Przy nitowaniu mechanicznem zaciska się nit za pomocą tłoczni. Po włożeniu nita w otwór (ryc. 322 A) opiera się go



Ryc. 322.

na wyżłobionym podkładzie (a) i tłoczkiem b naciskającym z góry, wyżłobionym półkolisto, wygnięta się główkę. Aby nitowanie było udatne, muszą obie blachy dokładnie do siebie przylegać, jeżeli bowiem odstają, dostaje się między nie materiał tłoczony i tworzy rąbek rozdzielający blachy. Chcąc tego uniknąć należy blachy przed

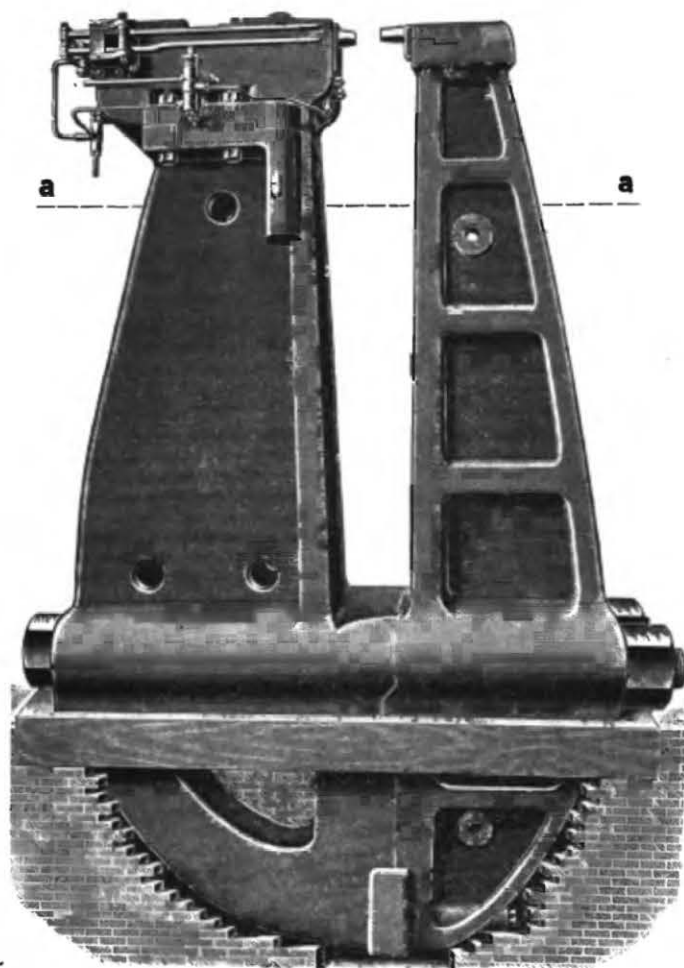
nitowaniem w pewnych odstępach ścisnąć śrubami włożonymi w otwory, co znów stanowi stratę czasu przy robocie. Usuwa tę niedogodność urządzenie przedstawione na szkicu B, gdzie oprócz podkładki a i tłoczka b znajduje się osobno poruszany docisk c, w kształcie rurki obejmującej tłoczek. Po założeniu nita i ułożeniu go na podkładzie, opuszcza się docisk, który ścisną blachy, poczem wytłacza się główkę nitową.

Budują także nitarki wyciskające odrazu obie główki, wskutek czego do nitowania używa się gładkich, na potrzebną długość uciętych sworzni, które są tańsze niż sworznie z osobno wyrobionymi dolnemi główkami. Trudność w dokładnem założeniu sworznia, aby na obie strony jednakowo wystawał z otworu, daje powód do błędów przy nitowaniu i dlatego maszyny tego typu nie są rozpowszechnione.

Ze względu na sposób działania i umieszczenia rozróżniamy nitarki stałe i przenośne. Pierwsze z nich, zazwyczaj wielkich rozmiarów, ustawione są stałe a przedmiot nitowany donosi się do nich żórawiem i nastawia, przy nitowaniu ruchomą nitarką przedmiot jest nieruchomy a maszyna porusza się około niego.

Nitarki stałe są wykonywane prawie wyłącznie jako hydrauliczne, zasilane wodą ciśnącą z akumulatora (p. str. 262). Nitarkę taką przedstawia ryc. 323. Ma ona ogólny kształt stojącej podkowy, aby między oba długie ramiona można

było wsunąć do znacznej głębokości przedmiot nitowany, — odpowiednio do długości nitowanego szwu. Ramiona są wykonane osobno i złączone śrubami bardzo silnymi dla po-



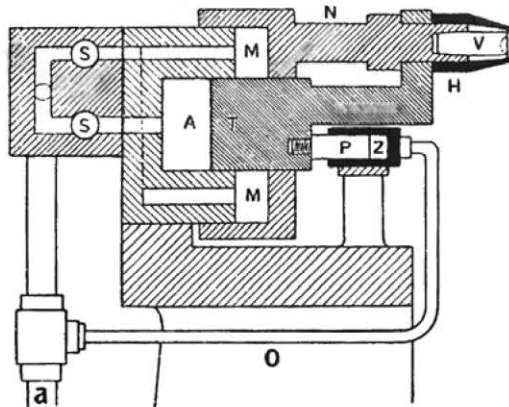
Ryc. 323.

konaniu wielkich nateżeń, jakie występują w tem miejscu przy wyłaczaniu główki nitowej. Jedno, węższe ramie, nosi na sobie wystający trzpień z wyłobieniem, służący jako podkład przy nitowaniu, na drugim umieszczony jest przyrząd

hydrauliczny wprawiający w ruch wystający tłoczek do zaciskania nita. Nitarka wsparta jest na silnym fundamencie umieszczonym głęboko pod poziomem posadzki ($a-a$), która w wysokości potrzebnej do obsługi okala nitarkę. W razie nitowania przedmiotów cylindrycznych, np. kotłów, jest przedmiot zawieszony na łańcuchach u żórawia i nasunięty na cieńsze ramię; przy nitowaniu podnosi się go lub opuszcza, oraz obraca stosownie do potrzeby.

Ponieważ nitarka służy do zaciskania nitów różnej grubości, stawiających wskutek tego niejednakowy opór przy robocie, przeto tłocznia hydrauliczna bywa często tak urządzona, aby można było cisnąć z różną siłą (kilka stopni nacisku) i tylko tyle wody zużywać z akumulatora, ile wymaga pokonanie oporu nita przy wytłaczaniu główki. Nadto przy nitarkach z dociskaniem blachy musi być jeszcze jeden przyrząd poruszający docisk niezależnie od ruchu stempla.

Schemat tłoczni o jednym stopniu nacisku widzimy na ryc. 324. Z rozgałęzionego przewodu a dopływa woda (z akumulatora) dwoma kanałami do suwaków cylindrycznych S a stąd jednym przewodem do cylindra A , w którym przesuwają tłok T wprawiający w ruch docisk H ; drugi przewód prowadzi do pierścieniowego cylindra M , w którym woda porusza tłok



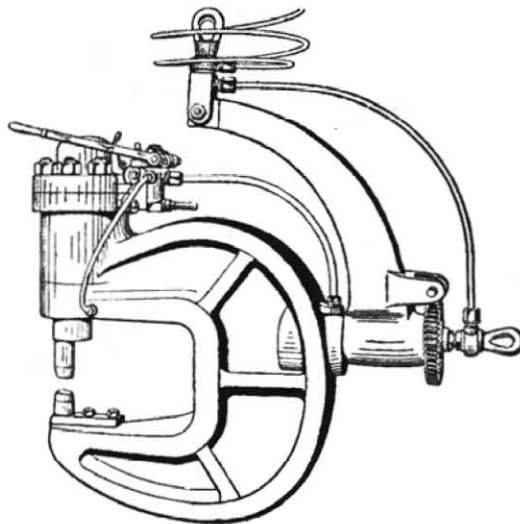
Ryc. 324.

N , zakończony stemplem V wyciskającym główkę nita. Najpierw wprawia się w ruch docisk H , a gdy blachy dobrze do siebie przylegają, przesuwają się stemplem V i wyciskają główkę. Do ruchu zwrotnego służy mały cylinder Z zasilany wodą stale dopływającą z przewodu a , odgałęzieniem o ; woda cisnąc na tłoczek P połączony z tłokiem T cofa go, tłok T zaś zaczepiając o występ na tłoku N , przesuwają go również w pierwotne położenie.

Do nitowania przedmiotów o kształtach nieregularnych, bardzo wielkich, ciężkich i trudnych do poruszania, dogodniejsze jest użycie nitarki przenośnej; wyzyskanie miejsca w pracowni jest wtedy lepsze, bo przedmioty ustawiać można w dowolnym miejscu, byle w zakresie działania żórawia, nie będąc krępowanym niezmiennym położeniem nitarki.

Nitarkę przenośną, także hydrauliczną, widzimy na ryc. 325. Ma ona również kształt podkowiasty a umieszczona na jednym ramieniu tłoczni zasilana jest wodą ciśnącą z przewodu częściowo uginalnego, częściowo pomieszczonego w czopie, około którego nitarka może się obracać. Nitarka zawieszona jest na haku żórawia, który ją przenosi w kierunku poziomym i pionowym; drugie ucho dźwigające służy do zawieszenia maszyny w położeniu do poprzedniego prostopadłym. Obrót dokola czopa jest potrzebny do ustawiania nitarki w dowolnym nachyleniu np. przy nitowaniu szwu leżącego na powierzchni cylindrycznej.

Użycie wody jako środka ciśnącego, obok zalet, jakie przedstawia łatwość wytłaczania główki wskutek wysokiego ciśnienia i stosun-



Ryc. 325 (St. u. E.).

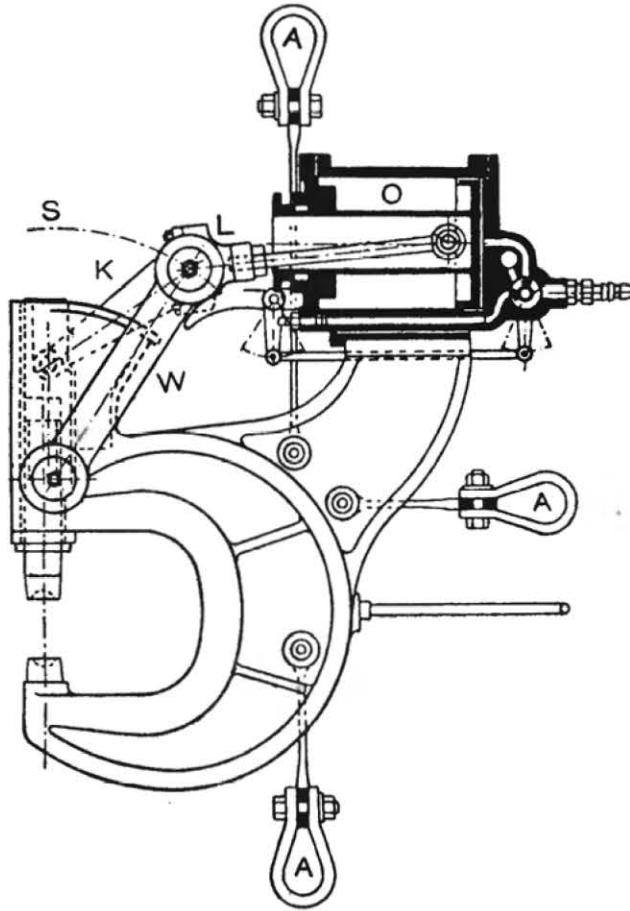
kowa taniość roboty w porównaniu z innymi popędami, — jest jednak połączone z niedogodnościami, które dają się dotkliwie odczuwać, zwłaszcza przy użyciu nitarek przenośnych. Łatwość zamarzania wody w porze zimowej w trudnych do ogrzania pracowniach, czyni koniecznymi dodatki do niej gliceryny lub alkoholu, obniżające punkt zamarzania wody ale znacznie podrażające ruch. Wysokie ciśnienie wody

(50—200 at.) wymaga bardzo silnych przewodów i wyklucza użycie rur niemetalowych np. gumowych, wskutek czego doprowadzenie wody do nitarki odbywać się musi przewodami mało uginalnymi lub przegubowymi, trudnymi do utrzymania w szczelnym stanie. Odpływająca z maszyny zużyta woda wymaga osobnego przewodu doprowadzającego, co przy nitarkach przenośnych jest wielką niedogodnością.

Nitarki pneumatyczne, w których nit zaciska się zgęszczonym powietrzem, nie posiadają powyższych wad, dlatego znalazły obszerne zastosowanie w urządzeniach przenośnych, mimo że popęd ten jest zwykle droższy od hydraulicznego. Nizkie ciśnienie powietrza jakim się operuje (5—8 at.) pozwala je doprowadzić do maszyny przewodem giętkim z gumowej rury wzmocnionej drutem, w rzadkich skrętach nawiniętym, utrzymanie przewodów w szczelności jest łatwe, niebezpieczeństwa zamarzania niema, a zużyte powietrze wypuszcza się wprost z cylindra w otoczenie.

Nitarki pneumatyczne używane bywają tylko jako przenośne. Na ryc. 326 widzimy taką nitarkę, cylinder jest przedstawiony w przekroju. Maszyna ta przedstawia drugi, prostszy typ przenośnej nitarki, — niema tu bowiem urządzenia do obracania maszyny około osi, jest tylko możliwość zawieszenia jej w trzech różnych pozycjach jak to wskazują trzy wieszadła A. Zarówno hydrauliczne jak i przenośne nitarki bywają wyrabiane według obu typów. Zasadnicza różnica w budowie nitarki pneumatycznej polega jednak na umieszczeniu cylindra motoru, który nie jest ustawiony na końcu cylindra podkowy, ale na osobnym, dodatkowym ramieniu i wprawia w ruch stempel wytłaczający główkę nita nie bezpośrednio jak nitarka hydrauliczna, ale za pośrednictwem dźwigni kolankowej. Powodem tego jest zbyt małe ciśnienie powietrza aby mogło wywrzeć nacisk dostateczny do zgniecenia sworznia nitowego bez nadawania cylindrowi rozmiarów zbyt wielkich i nie dających się zastosować. W cylindrze znajduje się tłok o powierzchni z jednej strony większej (pełna powierzchnia koła), służącej do wywarcia nacisku roboczego, z drugiej, służącej do cofania tłoka, znajduje się zmniejszająca czynną powierzchnię tłoka osłona O, otaczająca łącznik L, który prze-

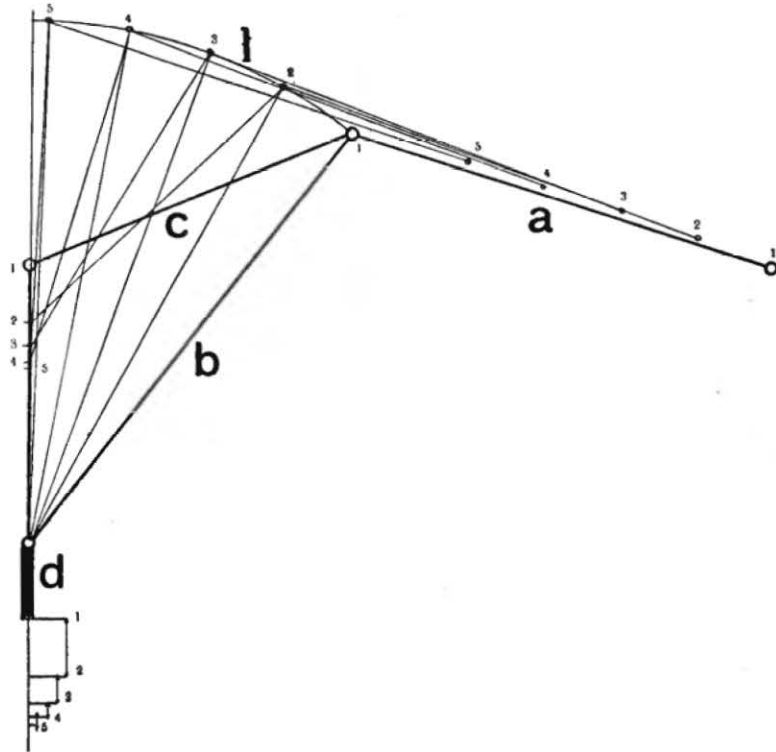
nosi nacisk na dźwignię kolankową *K*, opierająca się swobodnym końcem na trzonie stempla, poruszonym w pionowej kierownicy. Głowica łącznika złączona czopem z głowicą dźwigni, posiada ruch przymusowy po łuku *S* wskutek tego, że



Ryc. 326.

prowadzona jest na wodzidle *W*; stały punkt obrotu tego wodzidla umieszczony jest na zewnętrznej stronie kierownicy, w której porusza się stempel. Jak widać z szematycznego szkicu 327, w którym *a* oznacza łącznik poruszany tłokiem, *b* wodzidło, *c* dźwignię kolankową a *d* stempel nitowy, odpowiadają tym samym drogom łuku *l* coraz mniejsze prze-

sunięcia (1, 2, 3, 4, 5) stempla, — z początku więc ruchu, kiedy sworzeń nita stawia najmniejszy opór, stempel robi większą drogę a wywiera mniejszy nacisk, w miarę zaś jak kąt zawarty między dźwignią (c) a kierownicą stempla (d) staje się coraz większy, maleją drogi robione przez stempel a zwiększa się jego nacisk. Najsilniejszy nacisk jest więc w chwili



Ryc. 327.

kiedy kąt zbliża się do 180° , tj. przy końcu drogi stempla; materiał wyciskany w główkę doznaje wtedy ostatecznego odkształcenia i stawia największy opór.

Taki sposób działania nitarki jest bardzo korzystny i jest jednym z powodów rozpowszechnienia nitarek pneumatycznych.

Do mechanicznych nitarek zasilanych zgęszczonym powietrzem, zaliczyć trzeba *młotki pneumatyczne*, o których

użyciu już była mowa przy nitowaniu ręcznym, a które przekształca się w nitarkę mechaniczną utwierdzając młotek na podkowiastym kabłąku; drugie ramię kabłąka nosi podkładkę jak wszystkie nitarki. Maszyny takie jako znacznie lżejsze i tańsze od innych, stosowane są często jako dogodniejsze w użyciu od ręcznych młotków pneumatycznych; wadą ich jest to samo co przy nitowaniu ręcznym, że materiał nita nie jest przerobiony nawszkroś lecz tylko w miejscu, gdzie jest wykonana główka.

Nitarki elektryczne. Nie każda fabryka posiada urządzenie akumulatorowe do gromadzenia wody o wysokim ciśnieniu lub zakład do zgęszczania powietrza; zwłaszcza w mniejszych zakładach lub w miejscach budowy gdzie się wykonywa roboty wymagające stosowania nitarek, jest zazwyczaj trudno o oba te rodzaje popędu, natomiast o wiele łatwiej uzyskać do popędu prąd elektryczny. To było powodem powstania różnych rodzajów nitarek wprawianych w ruch elektromotarami umieszczonymi na nitarce; motor albo porusza pompę zasilaną z wodociągu giętkim przewodem i wytwarzającą ciśnienie potrzebne do nitowania, mamy więc do czynienia z łatwo przenośną nitarką *hydrauliczno-elektryczną*, — lub też wywołuje ruch stempla przeniesieniem *mechanicznym* np. dźwignią naciskaną zapomocą śruby wprawianej w obrót elektromotorem, kołem ślimakowym z łącznikiem i dźwignią kolankową itp. W nowszych czasach nitarki te bardzo się rozpowszechniają.

Łączenie zapomocą obręczy skurczowych służy do wytwarzania połączeń o tyle nierozbieralnych, że można je rozdzielić, — bez zniszczenia obręczy, tylko przez silne jej rozgrzanie. Części łączone muszą być obrobione według kształtu jakiejś zamkniętej, jednolicie wygiętej linii krzywej np. koła, owalu itp. a obręcz, która je spaja, posiadać musi ten sam kształt i musi być tak samo obrobiona, jednakże długość jej wewnętrznego obwodu jest mniejsza niż zewnętrznego części łączonych; przyjmuje się na 1 m długości różnicę 0.75—1.5 mm. By połączenie wykonać, rozgrzewa się obręcz, której długość przez to się zwiększa, wciska się ją na łączone części i po-

zwala zastygnąć; obręcz kurcząc się, tak silnie ściska obie części, że bez zniszczenia lub ponownego rozgrzania nie daje się zdjąć. Ogrzewanie nie może być silne, najwyżej do 300°, wiemy bowiem ¹⁾, że do tej temperatury żelazo zachowuje a nawet zwiększa swą wytrzymałość, powyżej zaś wytrzymałość szybko maleje, rozciągliwość zaś materiału jest przy tej temperaturze najmniejsza. Gdyby nałożono szczelnie przylegającą obręcz ogrzaną za wysoko, to podając się w stanie plastycznym przy kurczeniu się oporowi łączonych przedmiotów, obręcz wędłużyłaby się plastycznie i połączenie byłoby luźne; ogrzanie do temperatury niższej niż 300° zwiększa wytrzymałość obręczy a nie dodaje jej plastyczności, wskutek czego połączenie daje się zadowalająco wykonać. Zastosowanie obręczy skurczowych poznaliśmy przy odlewaniu koła zamachowego ²⁾ w dwóch częściach i przy wyrobie kół wagonowych ³⁾. Są jeszcze inne zastosowania, zwłaszcza przy naprawie części pękniętych, zgrubianiu zużytych czopów przez obtoczenie i nasadzenie na gorąco tulejki o stosownej średnicy itp.

Zgrzewanie. Łączenie tym sposobem polega na własności żelaza kujnego ⁴⁾, o małej zawartości węgla, że będąc w stanie blizkim punktu topliwości staje się plastycznym; jeżeli dwa kawałki do tego stopnia rozgrzane złożymy i wywrzemy na nie nacisk, rozgrzane cząstki łączą się ze sobą, niejako spływają jak dwa kawałki rozgrzanego wosku, przy czym jednak materiał pozostaje w stanie stałym; tem różni się proces zgrzewania od stapiania ⁵⁾, gdzie materiał przechodzi w stan płynny. Połączenie wytworzone drogą zgrzewania nie ma zmienionej (lanej) struktury jak przy stapianiu, lecz składa się z takiego samego materiału jaki jest w częściach łączonych. Na ryc. 328 widzimy mikrofotografię przekroju połączenia dwóch kawałków żelaza pudlarskiego przez zgrzewanie. Obie części poprzednio ukośnie wykute tworzą po złączeniu skośny szew nitowy, który łatwo można rozpoznać z kierunku, w jakim ułożone są włókna; niema jednak między nimi wyraźnej granicy, któraby wskazywała na to, że połączenie cząstek jest tylko powierzchowne.

¹⁾ Część I, str. 27.

²⁾ p. str. 113.

³⁾ p. str. 310.

⁴⁾ Część I, str. 19.

⁵⁾ p. str. 187.

Połączenie zgrzewane bardzo dobrze wykonane ma niekiedy wytrzymałość zbliżoną do wytrzymałości materiału przed procesem, zwykle jednak jest ona mniejsza; w praktyce przyjmuje się, że wytrzymałość ta wynosić powinna przynajmniej 80% wytrzymałości materiału łączonego. Bywa ona jednak czasem znacznie mniejsza, jeżeli popełniono błędy przy robocie. Obniżenie wytrzymałości szwu tłómaczy się przebyłym procesem rozżarzenia do wysokiej temperatury, przy której łatwo mogą wystąpić objawy przegrzania¹⁾, oraz pewnymi błędami nie dającymi się całkowicie uniknąć. Aby wpływ przegrzania zmniejszyć przekuwa się wykonane połączenie tak długo pokąd żelazo się żarzy.



Ryc. 328.

Powodem, dlaczego połączenia zgrzewane mają czasami znacznie mniejszą wytrzymałość, są błędy roboty, o które przy tym procesie nie trudno. Najważniejszym z nich jest *zanieczyszczenie powierzchni łączonych tlenkiem*, który jak wiemy²⁾ wytwarza się przy rozgrzewaniu materiału. Jeżeli powierzchni łączonych nie można ochronić od utlenienia lub przed ułożeniem ich na sobie nie oczyści się ich należycie, wtedy w miejscach, które były pokryte warstwą tlenku nie nastąpi zetknięcie cząstek metalicznych i połączenie jest albo zupełnie nieudane albo osłabione w stosunku do zanieczyszczenia powierzchni. By uniknąć utlenienia należy chronić rozgrzane żelazo od zetknięcia z powietrzem, co w ogniskach kowalskich jest trudne do przeprowadzenia, a w piecach płomiennych, zwłaszcza ogrzewanych gazem, łatwiejsze ze względu na możliwość regulowania dopływu powietrza.

Drugim sposobem zapobieżenia zanieczyszczeniu powierzchni jest wytworzenie na niej płynnego *żuźła*, który ją chroni

¹⁾ Część I, str. 26—27.

²⁾ Część I, str. 37.

od zetknięcia z powietrzem a wytworzony tlenek rozpuszcza i usuwa. Przy zgrzewaniu żelaza miękkiego używa się do tego piasku zawierającego domieszkę gliny, do stali stosuje się boraks, sam lub w różnych mieszaninach, do których wchodzi szkło, sól kuchenna, potaż, skaleń itp. dodatki. W handlu znajdują się takie mieszaniny pod różnymi nazwami, często dobre ale często małowartościowe, których cena przewyższa zwykle bardzo znacznie istotną wartość składników.

Przy niedostatecznym rozgrzaniu części łączonych nastąpić może pozorne połączenie wskutek adhezji cząstek naciskanych na siebie przy skuwaniu; takie połączenia, jakkolwiek wykazują często znaczną wytrzymałość przy spokojnym rozciąganiu, są jednak niepewne, bo przy wstrząśnieniach i uderzeniach a zwłaszcza przy skręcaniu rozluźniają się i pękają na powierzchniach złączenia.

Z metali w przemyśle używanych największe znaczenie przy połączeniach zgrzewanych, tak jak i w innych działach przeróbki, ma żelazo kujne. Miękkie rodzaje żelaza kujnego są łatwiej zgrzewalne niż twarde, których niższy punkt topliwości wymaga bardzo oględnego postępowania przy rozgrzewaniu, i doświadczenia aby uchwycić krótką chwilę, kiedy materiał jest już plastyczny a nie przegrzany lub spalony.

Żelazo pudlarskie ¹⁾ z powodu zawartości żużla jest łatwiejsze do zgrzewania niż zlewne, które jednak przy umiejętnym postępowaniu daje się doskonale spajać.

Ze stopów żelaza jest dobrze zgrzewalna stal niklowa, z powodu że nikiel odporny na działanie tlenu daje się równie łatwo zgrzewać jak żelazo; inne stale, jak manganowa, chromowa, wolframowa są trudne do zgrzewania z powodu łatwego utleniania się składników.

Z innych metali używanych w budowie maszyn miedź nie jest zgrzewalna, gdyż przy ogrzaniu do wyższej temperatury łatwo utlenia się a przy tem staje się krucha. Tak samo glin nie jest zgrzewalny z powodu łatwego utleniania się.

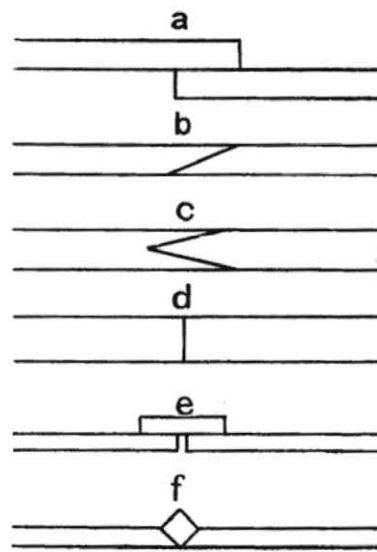
W połączeniach zgrzewanych, umieszczonych pod wodą, występuje często bardzo szybkie zniszczenie żelaza przez rdzewienie, zwykle w sąsiedztwie szwu. Powodem tego są zmiany

¹⁾ Część I, str. 181—185.

wywołane nawet słabym przegrzaniem w materiale, który w połączeniu zachowuje się odmiennie niż sąsiedni materiał nienaruszony i powoduje powstawanie prądów elektrolitycznych, wywołujących zniszczenie.

Sposoby wykonywania połączeń przez zgrzewanie widzimy na ryc. 329. Najprostszy sposób *a*, gdzie skruwa się obie części ułożone na sobie bez

poprzedniego ich przygotowania, daje w miejscu złączenia zgrubienie, przez co jest dla dalszej obróbki niedogodny i bywa rzadko stosowany. Najczęściej używa się sposobu *b* (jak na ryc. 328); obie części są ukośnie zakończone, tak, że po złożeniu i skuciu grubość połączenia jest taka sama jak wszędzie. Do przedmiotów grubszych można zastosować połączenie *c*, gdzie jedna część jest widlasto rozcięta, a druga ma kształt klinowaty. Przy tym połączeniu złożenie obu części do skuwania jest łatwe i daje się dokładnie i szybko wykonać, co



Ryc. 329.

przy tym procesie jest rzeczą ważną. Bardzo grube przedmioty można łączyć na zetknięcie (*d*) a nacisk przy łączeniu wywiera się w kierunku ich osi. Do blach stosuje się także części pośredniczące, albo nakładkę *e* przy cieńszych, albo wkładkę (*f*) przy grubszych.

Nacisk potrzebny aby rozżarzone części złączyły się ze sobą, wyrzucić można przez kucie, — ręczne lub mechaniczne, i to jest najczęstszy sposób postępowania; przy zgrzewaniu przedmiotów jednolitego kształtu dobra jest w użyciu prasa. Do przeróbki surowego żelaza pudlarskiego i przeróbki w stanie stałym starego żelaza ¹⁾, utworzone z prętów wiązki roz-

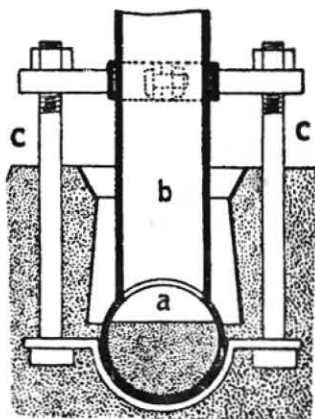
¹⁾ Część I, str. 217—218.

grzewa się w piecu płomiennym do temperatury zgrzewalności (białego żaru) a następnie łączy przez walcowanie; tu więc nacisk potrzebny przy zgrzewaniu wywołują walce. Przy wyrobie rur, jak o tem dalej będzie mowa, można do wywarcia nacisku stosować proces wyciągania, — widzimy więc, że wszystkie sposoby kuźnicze bywają w tym procesie stosowane odpowiednio do potrzeby.

Do ogrzewania części łączonych służą te same piece, które stosuje się w innych procesach kuźniczych; oprócz nich ma jeszcze zastosowanie ogrzewanie zapomocą termitu ¹⁾ i prądu elektrycznego a niekiedy gazu wodnego.

Przy użyciu *termitu* służy do rozgrzania ciepło wytworzone przy spaleniu termitu, a zawarte w otrzymanym przy reakcyi żużlu i żelazie. Termit spala się w osobnym tyglu i natychmiast wlewa do formy otaczającej końce łączonych przedmiotów, które muszą być metalicznie czyste i stykają się ze sobą. Gdy przedmiot ogrzeje się do temperatury zgrzewalności, przyciska się oba kawałki łączone do siebie, przez co następuje złączenie. Tym sposobem zgrzewa się szyny kolejowe, kształtówki żelazne, rury itp. Na ryc. 330 widzimy schemat urządzenia do łączenia dwóch rur pod kątem prostym.

W rurze poziomej *a* wycięty jest otwór wielkości średnicy rury pionowej *b*; śruby *c* przyciskają do siebie obie rury, zapomocą kabłąka, założonego pod rurę *a*, i pierścienia z ramionami, zaciśniętego na rurze *b*. Miejsce zetknięcia otoczone jest blaszaną formą i obłożone piaskiem, rura pozioma wypełniona jest także piaskiem, tak że tylko przestrzeń, sąsiadująca ze złączeniem, jest pusta. Termit (mieszanka sproszkowana tlenku żelazowego z drobnoziarnistym glinem w stosunku ciężarowym 3 : 1) w ilości przepisanej dla pewnej grubości rur, zapala się w tyglu, a skoro re-



Ryc. 330.

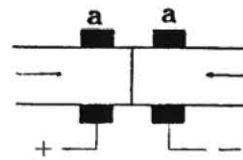
¹⁾ Część I, str. 45 i 207.

akcja się skończy (1 kg spala się w ciągu 1—2 sekund), wlewa się do formy najpierw zebrany na powierzchni żużel, który otacza blachę warstwą chroniącą od przystępu powietrza i od bezpośredniego zetknięcia z płynnym żelazem, a następnie żelazo; także do pionowej rury wlewa się żużel, aby miejsce łączone ogrzać od środka. Po upływie $\frac{1}{2}$ —2 minut, zależnie od grubości blachy, materiał osiąga temperaturę zgrzewalności, wtedy przykręcając matry śrub łączących, przyciska się obie rury do siebie, i złączenie jest gotowe. Po dalszych kilku minutach zdejmuje się formę i usuwa tężejący żużel i żelazo.

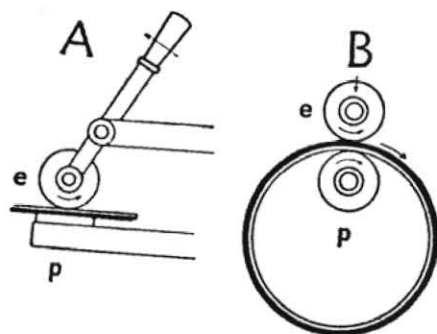
Zgrzewanie tą metodą wymaga sprawności robotnika, aby spalenie przepisanej ilości termitu, którego się w ciągu reakcji dosypuje do tygla, mogło się odbywać bez przerw i straty ciepła, aby przy wlewaniu płynnej masy do formy struga jej nie padała na ścianę rury, bo może ją stopić, aby wreszcie części zgrzewane w porę do siebie przycisnąć i w porę usunąć formę, nie dopuszczając do stężenia żelaza.

Zgrzewanie przy pomocy *prądu elektrycznego* wykonywane bywa według systemu Thomsona i polega na tem, że przedmioty łączone (ryc. 331) ujmuje się w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca zgrzewania w miedziane elektrody (*a*) i przepuszcza prąd zmienny o niskiem napięciu a znacznem natężeniu, zastosowanym do przekroju przedmiotu; z powodu oporu jakiego prąd doznaje przy przejściu przez miejsce zetknięcia się łączonych kawałków, końce ich bardzo szybko się rozgrzewają do białego żaru, poczem przez nacisk obu powierzchni na siebie następuje połączenie. W ten sposób łączy się pręty, rury, obręcze itp. wyroby niezbyt grube, gdyż ze wzrostem przekroju przedmiotów bardzo szybko wzrasta zużycie prądu.

Do łączenia na większej długości cienkich blach stosuje się przyrządy działające w sposób ciągły (ryc. 332). Łącząc blachy w linii prostej (*A*) układa się miejsce złączenia na podkładce *p* połączonej z jednym biegunem, druga elektroda *e*, mająca kształt krążka z rękojścią, daje się przysunąć do pierwszej dla przepuszczenia prądu i wywołania nacisku przy



Ryc. 331.



Ryc. 332.

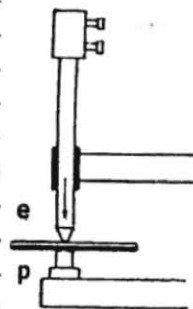
zgrzewaniu; między elektrodami przesuwają się ułożone na sobie brzożki blach. Jeżeli łączy się ze sobą przedmioty kształtu walcowego (B), wtedy obie elektrody mają kształt krążków a górną daje się naciskać.

Obok szwów ciągłych stosuje się także szwy przerywane czyli *punktowe*, w których blachy złączone są ze

sobą w pewnych odstępach na podobieństwo szwu nitowego. Elektrody takich przyrządów mają kształt prętów (ryc 333), — dolna jest nieruchoma, górną daje się przyciskać, przyczem przebieg roboty jest taki sam jak przy zgrzewaniu nieprzerwanem a miejsce złączenia ma kształt koła. Połączenia takie zastępują w wielu razach nitowanie, są od nich lżejsze i tańsze a dają gładki szew spoiny.

Zgrzewanie bywa także zastosowane do grubych blach przy wyrobie naczyń cylindrycznych np. zbiorników, grubych rur, a zwłaszcza kotłów parowych, w których uniknięcie szwu nitowego przedstawia pewne korzyści. Jest to jednak robota trudna, wymagająca wielkiej wprawy robotnika i sumiennego nadzoru, aby połączenie było pewne.

Zgrzewanie blach kotłowych odbywać się może *na ognisku*; urządzenie do tego z nowszymi ulepszeniami przedstawia ryc. 334. Aby blachy ochronić od bezpośredniego zetknięcia się z paliwem, które może zanieczyścić miejsce złączenia i udzielić mu szkodliwych składników (siarki), oparty jest cylinder na wałkach umieszczonych obok ogniska (O), wskutek czego uzyskuje się także łatwość obracania cylindra. Obracanie to jest potrzebne po rozgrzaniu materiału do wymaganej temperatury dla zakucia czyto ręcznego czy też mechanicznego. W tym drugim wypadku dla ułatwienia i przyspieszenia roboty jest młot (transmisyjny lub powietrzny) umieszczony na wózku,

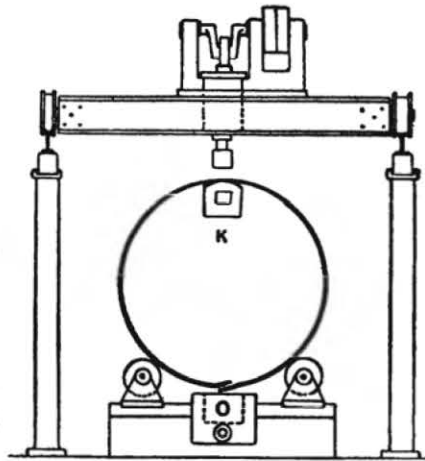


Ryc. 333.

poruszającym się po szynach położonych na słupach. Pod szwem znajduje się kowadło *K* osadzone na długiej dźwigni dwuramiennej z przeciwwagą.

Niemożność ogrzewania miejsca łączonego z obu stron i konieczne przez to przegrzanie materiału, a przytem silne utlenianie się żelaza były przyczyną, że zgrzewanie na ognisku nie stało się procesem często i chętnie używanym.

Zgrzewanie przy zastosowaniu gazu wodnego ¹⁾. Zalety tego systemu, jak: możliwość równomiernego ogrzewania blach z obu stron, łatwość doprowadzenia gazu do palników w miejscach trudno dostępnych, możliwość ogrzania miejsca łączonego tuż obok kowadła, dobór



Ryc. 334.

mieszanki gazu i powietrza, by płomień nie działał utleniająco itp., są powodem, że ten system ogrzewania jest dziś najlepszy do zgrzewania grubych blach; konieczność zbudowania zakładu do wytwarzania gazu na miejscu i kosztowność całego urządzenia utrudnia jednak zastosowanie tego systemu obok nitowania w mniejszych fabrykach.

Wyrób gazu wodnego odbywa się przez wpuszczanie pary na rozżarzony koks, wskutek czego tworzy się mieszanina palnych gazów, tlenku węglowego i wodoru (teoretycznie: $C + H_2O = CO + H_2$, w rzeczywistości około 44% CO, 50% H, reszta składa się z CO₂, N i O) o wartości kalorycznej jednego metra sześciennego gazu 2600 do 2700 kal. Gaz należy zmieszać z powietrzem, spalając się w stosownym palniku, daje temperaturę 1800 do 2000°.

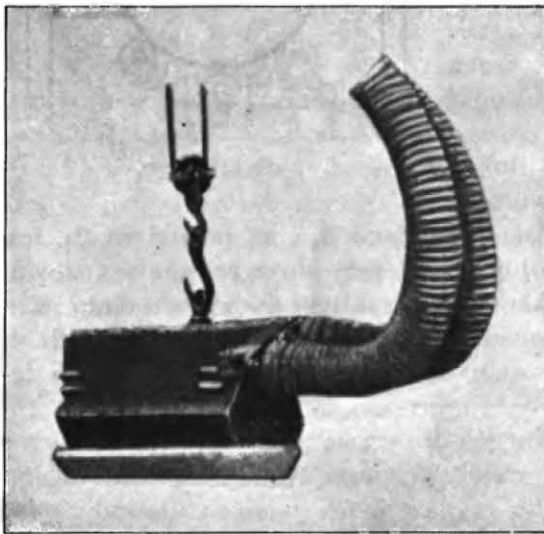
Zakład do wyrobu gazu wodnego składa się z generatora,

¹⁾ Anczyc »Nowsze sposoby łączenia blach«. Przegląd techniczny: Warszawa 1910.

wypełnionego rozżarzoną koksem, kotła parowego do wytwarzania pary, płuczki do czyszczenia i zbiornika do gromadzenia wytworzonego gazu. Ponieważ przez wpuszczanie pary do generatora koks się ochładza i przestaje rozkładać wodę, przerywa się w pewnych odstępach czasu dopływ pary a wciska wentylatorem powietrze, które koks napowrót rozżarza do białości. Okresy wytwarzania gazu, trwające 8 do 12 minut, przedzielają w ten sposób okresy rozżarzania, trwając 1 do 2 minut.

Do zakładu, zastosowanego do zgrzewania, potrzebny jest jeszcze kompresor dla gazu i powietrza, które pod ciśnieniem dostaje się do miejsca zużycia.

Chcąc użyć gazu do rozgrzania blachy, doprowadza się go do palnika (ryc. 335), do którego drugim przewodem do-



Ryc. 335.

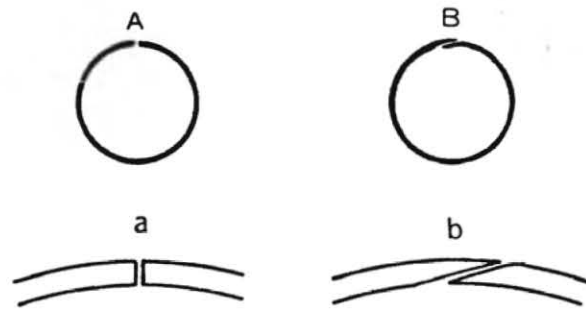
pływa również powietrze potrzebne do spalania w objętości około $2\frac{1}{2}$ razy większej niż gazu, tj. takiej, aby płomień nie miał własności utleniających. Przewody dla gazu i powietrza są zależnie od potrzeby sztywne lub giętkie i umożliwiają umieszczenie palników w dowolnym położeniu. Palnik składa się z żelaznego zbiornika, w którym gaz

dokładnie miesza się z powietrzem; wylot ma postać szczeliny, wykonanej w płycie ogniotrwalej.

Palniki umieszcza się z obu stron blachy, w położeniu nieco odchylnym od szczytu cylindra, tak że po rozgrzaniu przekręca go się o pewien kąt aby miejsce złączenia dostało się ponad kowadło.

Zamiast skuwania można stosować także spokojny nacisk wywarty zapomocą ciśnienia wody.

Wyrób rur z blachy przez zgrzewanie. Służą do tego długie paski blachy takiej szerokości, jakiej wymaga średnica rury. Najwięcej używane są rury o szwie podłużnym (ryc. 336),



Ryc. 336.

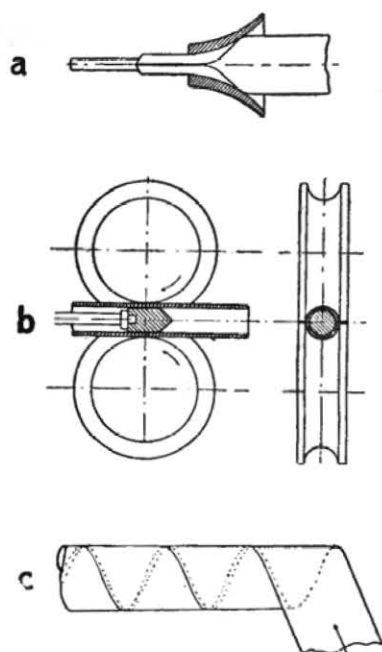
wykonane w ten sposób, że pasek jest wygięty w rurę i brzegi jego ze sobą złączone. Na złączeniu brzegi blachy są albo ze sobą zetknięte (*A* i *a*) i mają niezmienną grubość, albo oba brzegi są przed wygięciem ukośnie ścięte (tj. wywalcowane w odpowiednim kalibrze albo zestrugane) i zachodzą na siebie (*B* i *b*).

Przygotowane paski rozgrzewa się w piecu płomiennym, tak długim jak paski, i następnie wygina w rurę przeciągając ją przez stożkową tuleję jak na ryc. 337 *a*. Samo zgrzewanie odbywa się w obu wypadkach odmiennie. Rury o połączeniu stykowym po ponownym silnym rozżarzeniu do temperatury zgrzewalności przeciąga się jeszcze raz przez stożkową tuleję jak na szkicu, lecz o mniejszej średnicy. Wskutek nacisku, jaki ściany tulei wywierają na powierzchnię przeciąganej rury, brzegi blachy zbliżają się do siebie i naciskają tak silnie, że następuje spojenie.

Do roboty tej zakuwa się koniec rury na pręcie, za który się ciągnie. Do wyciągania służy wyciągarka łańcuchowa, jak na ryc. 312.

Przy wyrobie rur o brzegach zachodzących na siebie nie można wywrzeć nacisku przeciąganiem, bo musi on być

skierowany prostopadle do powierzchni blachy. Taki nacisk można wywołać przez *walcowanie* między kalibrowymi krążkami (337 b); średnica krążka odpowiada grubości rury. Żeby walcowaniem można było wyrzeć potrzebny nacisk, trzeba



Ryc. 337.

aby blacha miała oparcie od środka rury, w przeciwnym bowiem razie brzegi nie zostaną przyciśnięte do siebie. Służy do tego trzpień osadzony na długim drążku, mający średnicę otworu rury. Rura poruszana walcami wsuwa się na nieruchomo między walcami osadzony drążek a szew jej posuwając się po trzpieniu, naciskamy z zewnątrz krążkami, doznaje złączenia. Rura musi się tak przesuwac między krążkami aby szew leżał w płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez środek kalibru.

Rury wyrabiane przez walcowanie są droższe niż przeciągane, złączenie jest jednak pewniejsze i pozwala stosować je do wyższych ciśnień.

Jest jeszcze jeden sposób, wyrabiania rur zgrzewanych a mianowicie przez *śrubowe nawijanie* paska blachy, tak by brzegi jego zachodziły na siebie (337 c). Rurę taką wykonywa się nawijając rozżarzony pasek blachy na okrągły trzpień i zaklepując go szybko kującym młotem. Do rozgrzewania używa się gazu wodnego, którym rozżarza się blachę tuż przed miejscem nawinięcia. Takie rury mają jeszcze większą wytrzymałość i są wogóle silniejsze, gdyż mniej wytrzymały szew nie leży na jednej prostej linii biegnącej wzdłuż rury ale owija się około niej śrubowo. Wykonanie rur jest natomiast znacznie droższe.

SKOROWIDZ.

- Aceton 198
Acetylen do stapiania 194, 198
Akumulatory 262
Analiza zelaza 132
Automatyczne formowanie 45
Automatyczne sterowanie mlotow pa-
rowych 251
- Badanie blachy 339
Badanie metali i wyrobow z nich
182, 339
Beczka do czyszczenia odlewow 170
Bessemera (gruszkowe piece) 154,
158
Biale metale 165
Blachy badanie 339
Blachy wyciaganie 335
Blokow przerobka 321
Blady odlewnicze 93
Bonvillaina formierskie maszyny
44
Bronz 161, 267
Bronz glinowy 161
Brykietowanie wiorow 135, 162
Bussa piec 86
- Chemiczne badania 182
Chemiczny sklad zelaza 130, 133
Chlodzenie odlewu 114, 126
Chrom w zelazie 141, 145
Cieplo wlasciwe zelaza 320
- Cylinder motoru gazowego 108, 113
Cylinder parowy 107, 251
Cynk 210, 267
Cynkowanie 210
Cynowanie 211
Czernidlo formierskie 6
Czopy rdzeniowe 14, 17
Czyszczenie odlewow 170, 171, 181
- Desintegrator 11
Dlutownica 167
Dobor zelaza 119, 128
Doly blokowe Gjersa 321
Doszczelnik szwu nitowego 341
Druciarki 330, 331, 334
Drucidla 329
Drotu wyrob 329
Dyamenty do wyciagania drotu 332
Dynamiczne badanie 184
Dysze do plynnej paliwa 80, 154
Dysze piecow 64, 65, 66
Dzielenie odlewu 113
Dzielnosc piecow do topienia 67, 79, 84
- Eksplozye w piecach kupolowych 73
Elektryczne piece 87
Elektryczny poped walcowni 293
Elektryczne stapianie 189
Elektryczne zgrzewanie 357
Energia przy kuciu 226
Erhardta wyrob rur 265

- Figury na powierzchni stopionego żeliwa** 127
- Forma** dławika 17
- Forma** naczynia z nasadką 17
- Forma** na kulę 16
- Forma** na płytę 16
- Forma** odgałęzienia rurowego 18
- Forma** składana z części 20
- Formierskie** maszyny 31, 44
- Formierskie** narzędzia 25
- Formierskie** skrzynki 14
- Formowania** przykłady 16
- Formowanie** 3
- Formowanie** bez modelu 13, 23
- Formowanie** bez skrzynek 39
- Formowanie** cylindra maszyny parowej 20
- Formowanie** cylindra z kryszkami 26
- Formowanie** koła turbiny 28
- Formowanie** kół pasowych 33
- Formowanie** kół zębatach 32, 47
- Formowanie** maszynowe 29
- Formowanie** szablonem 21
- Formowanie** warstwowe 39
- Formowanie** w glinie 26
- Formowanie** wypukłych naczyń 35
- Formowanie** zapomocą modelu 13
- Form** rodzaje 3
- Form** wyrób 12
- Formy** do odlewania stali 147
- Formy** jednorazowe 3
- Formy** nieprzepuszczalność 97
- Formy** trwałe 3, 55
- Formy** umocnienie 54
- Formy** uszkodzenia 94
- Formy** z wstawionymi częściami z żelaza 28
- Fosfor** w żelazie 129, 143
- Fundament** młota 227, 254
- Gazowe** stapianie 192
- Gaz** świetlny do stapiania 199
- Gaz** wodny przy zgrzewaniu 359
- Gazy** w odlewach 96, 97, 127, 146
- Gęsi** (kawalki) żelaza lanego 128, 131, 132
- Gjersa** doły blokowe 321
- Glina** formierska 6, 26
- Glin** i jego stopy 163, 204, 267, 354
- Glin** w żelazie 141
- Grafit** w żelazie 6, 119, 124, 141, 184
- Gruboziarnista** struktura 269
- Hematyt** 129
- Ilgnera** system popędu walcowni 294
- Iskier** gaszenie w piecu kupolowym 75
- Iskrowe** komory 75
- Jamy** w odlewie 98, 127
- Kadzie** do odlewania 88
- Kaliber** mieszany 284
- Kaliber** rozwarty 284
- Kaliber** zamknięty (szczelny) 284
- Kalibrowanie** 285, 287, 289
- Kalibry** walcowniane 282, 283
- Karbu** działanie 98, 110, 153
- Kleszcze** do tygli 83
- Kłodzisko** (szabota) 227
- Kokile** 101, 114
- Koła** zębata popędowe walcowni 292
- Kompresor** młota 248
- Kompresor** odśrodkowy 72
- Kotłowe** piece do topienia 88
- Kotłowych** den wyrób 335
- Kowadło** 234
- Kowarka** 239, 240
- Kryształizacja** 98, 111, 148
- Krzem** w żelazie 121, 125, 126, 133, 136, 140, 142
- Kształt** ziarn piasku formierskiego 4
- Kucie** 222, 223, 226, 328, 340, 343, 355
- Kucie** w formach 225
- Kulki** w odlewie 126
- Kupolowy** piec (kuplak) 60, 62, 67, 70
- Kurczenie** się metali przy stygnięciu 101, 104, 108, 286
- Kuźnictwo** 213
- Lampki** do lutowania 208
- Lutowanie** 187, 206
- Lutowanie** żelaza lanego 209

- Lutowie miękkie 207
 Lutowie twarde 208
 Lutówka 208
- Ł**ączenie metali 186, 222, 340, 351, 352
 Łom żeliwny (stare żelazo) 228, **133**
 Łoże transportowe walcowni 299
- M**agnetyczne sortowanie żelaza 11, 134
 Mangan w żelazie 125, 126, 140, 142, 145
 Mannesmannna wyrób rur 312
 Masa formierska 6
 Maski ochronne 175
 Maszyna do formowania kół pasowych 33
 Maszyna formierska z odwracalną płytą modelową 35
 Maszyna formierska z odwracalną skrzynką 34
 Maszyna parowa walcowniana 293
 Maszyny formierskie 31, 44
 Maszyny ubijające piasek w formie 35
 Mechaniczne badania 182
 Metale białe 165
 Metale odlewnicze 118
 Metalograficzne badanie 182
 Metoda formowania Bonvillaina 44
 Miałkość piasku formierskiego 4
 Miechy 71
 Miechy przegrodowe 72
 Miedź i jej stopy 159, 203, 267, 354
 Mielenie piasku formierskiego 8
 Mieszalniki do żeliwa 131
 Mieszanie piasku formierskiego 10
 Młot dwusłupowy 253
 Młot jednosłupowy 251
 Młotki pneumatyczne 254, 341, 351
 Młotów mechanicznych popęd 235
 Młot ręczny 233
 Młoty **233**, 358
 Młoty deskowe 235, **237**
 Młoty kafarowe 234
 Młoty kompresorowe 248
 Młoty korbowe 235, **238**
 Młoty motorowe 235, **250**
- Młoty parowe 227, 235, 250
 Młoty pasowe 235
 Młoty powietrzne 244
 Młoty sprężynowe 241
 Młoty tarciove (cierne) **235**, 238
 Młoty trzonowe 234
 Miynek kulowy 9, 11
 Modele drewniane 14
 Modele metalowe 14
 Model formierski 12, 13
 Modelowa płyta 29
 Mosiądz 161, 267
- N**aczyni wyrób przez wyciąganie 335, 336
 Nadlewki 99, 147, 168
 Naprawianie odlewów 187
 Naprężenia w wyrobach **101**, 202, 268
 Narzędzia formierskie 25
 Naskórek odlewu **123**, 182, 184
 Nastawianie walców 296
 Nieprzepuszczalność formy 97
 Nikiel w żelazie 141, 145
 Niklowa stal 354
 Nitarki 344
 Nitarki elektryczne 351
 Nitarki hydrauliczne 344
 Nitarki pneumatyczne 348
 Nitarki przenośne 344
 Nitarki stałe 344, 347
 Nitowanie 341
 Nitowanie mechaniczne 344
 Nitowanie ręczne 343
 Nitów rozgrzewanie 341
 Nitowych otworów wyrób 342
- O**brabialności badanie 185
 Obręcze skurczowe 340, 351
 Obróbka zimna 328, 342
 Ochronna płyta formierska 32
 Oczyszczające dodatki 140
 Oczyszczanie odlewów 169
 Odkształcenia włókien przy kuciu 241
 Odlewanie 92
 Odlewnictwo 1
 Odlewnicze błędy 93
 Odlewów wykończanie 166

- Odlewu skrzywienie 105, 112
 Odlewy stalowe 143
 Odlewy twarde 25, 141
 Odpadki metali 162
 Odśrodkowe miechy 71
 Odtleniające dodatki 140, 160
 Odwęglenie żelaza 152, 221
 Ogniotrwałość piasku formierskiego 4
 Ogniska kowalskie 228, 341
 Ogrzewanie odlewu 115
 Opalenie pieców paliwem płynnym 80, 153
- Paliwo** płynne 80, 153
 Paliwo w piecu kupałowym 66
 Palniki do płynnego paliwa 80, 154
 Palnik do przecinania metali 204
 Palnik do stapiania 197
 Palnik do zgrzewania 360
 Palnik gazowy do lutowania 209
 Pasemkowa struktura żelaza 220
 Pękanie odlewów 102, 105, 106, 107
 Piasek chudy 5
 Piasek do czyszczenia odlewów 171, 180
 Piasek do rdzeni 7
 Piasek formierski 4
 Piasek tłusty 6
 Piasku mielenie 8
 Piasku mieszanie 10
 Piasku przesiewanie 9
 Piasku przyrządzanie 7
 Piasku suszenie 8
 Piaszczarki do czyszczenia odlewów 177
 Pieca wybór do odlewania stali 157
 Piec do rozgrzewania nitów 341
 Piec do suszenia form 53
 Piece do topienia 60
 Piece do zgrzewania 361
 Piece do żarzenia 151
 Piece elektryczne 87, 157, 159
 Piece grupowe 323
 Piec Hawleya 81
 Piece kotłowe 88
 Piece kuźnicze 228, 319, 324, 341, 361
 Piece naczyniowe (Bessemiera) 154, 158
- Piece płomienne 231, 324, 361
 Piece rekuperatorowe 324
 Piece Siemens-Martina 79, 153, 157, 232
 Piece węgłne 321
 Piece w walcowniach 319
 Piec kupałowy 60, 62, 67, 70
 Pieców kupałowych sprawność 66
 Piec płomienny 61, 78, 81, 231, 324 361
 Piec tyglowy 61, 82, 156
 Plastyczność piasku formierskiego 4
 Plastyczny stan metalu 103, 147, 216, 352
 Płyta formierska ochronna 32
 Płyta modelowa 29
 Pneumatyczne narzędzia 25, 168, 170, 254, 341, 358
 Podatność odlewu 112
 Pomocnicze urządzenia w walcowni 296
 Pompowanie przy odlewaniu 100
 Pompy hydrauliczno-parowe 264
 Popęd maszyn formierskich 38
 Popęd walcowni 293
 Porowatość odlewu 96
 Porowatość piasku formierskiego 4
 Poruszanie przedmiotu walcowanego 296
 Posypywanie formy 5
 Powietrze do zasilania pieca 64
 Powlekanie płynnymi metalami 210
 Prasa mimośrodowa 257
 Prasa śrubowa 258
 Prasy 257, 344
 Prasy hydrauliczne 260
 Prostowanie blachy i drutu 318
 Przebijanie 224
 Przeciąganie 361
 Przycinanie strumieniem tlenu 168, 204
 Przegroda wodna przy stapianiu gazowym 196
 Przegrzanie żelaza 221
 Przeguby w odlewach 110
 Przełom żelaza 128
 Przeróbka kuźnicza 213, 218, 273, 275, 327, 332, 335, 352

- Przeróbka przez wyciąganie 327, 329, 361
 Przesiewanie piasku formierskiego 9
 Przygotowanie mechaniczne piasku 7
 Punktowe zgrzewanie 358
- Rdzenie formierskie 18, 22
 Rdzeniowe czopy 14, 17
 Rdzeniowe podpórki 18
 Rdzeni wyrób 18, 22, 49
 Rockwella piec 86
 Ronaya brykiety 135
 Roota miech 73
 Rozbijanie odlewów 133
 Rozgrzewanie materiału do przeróbki kuźniczej 221
 Rozrost żelaza lanego 121
 Różnica działania przy kuciu a tłoczeniu 226
- Rur wyrób 265, 312, 334, 361
 Rur wyrób przez tłoczenie 265
 Rur wyrób przez walcowanie 312
 Rur wyrób przez wyciąganie 334, 361
 Rur wyrób przez zgrzewanie 361
- Schoopa powlekanie metalami 211
 Ściąganie obręczami 340, 351
 Szcianowanie przez kucie 223
 Segera stożki 271
 Siarki zawartość 67, 79, 133, 136, 143
 Siemens-Martina piec 79, 153, 157, 232
 Skrzynki formierskie 14
 Skrzywienie odlewu 105, 112,
 Spajanie metali 186, 222, 340, 352
 Spalanie węgla w piecu kupałowym 65
 Spalanie żelaza 221
 Spłaszczanie przez kucie 223
 Spoistość piasku formierskiego 4
 Sprzęgła walcowni 282
 Śrub wyrób przez walcowanie 316
 Stal lana 143
 Stاپanie 181
 Sterowanie automatyczne młotów 251
 Stopniowe ubijanie piasku 41
 Stopów wyrób 161
 Stopy glinu 163
- Stopy miedzi 159, 161, 204
 Stożki Segera 271
 Straty składników przy topieniu 126
 Straty żelaza przez spalanie 67, 79, 136
 Struktura żelaza 96, 148, 200, 219, 269, 275, 333, 352
 Stygnięcie odlewu 104, 108, 109
 Suszarni do form urządzenie 51
 Suszenie form 51, 53,
 Suszenie kadzi odlewnianych 90
 Suszenie piasku formierskiego 8
 Suszenie rdzeni 54
 Szablon formierski 12, 21
 Szabota (kłodzisko) 227
 Szczotki do czyszczenia odlewów 170
 Szerardyzowanie 210
 Szew lutowania 209
 Szlifierki do odlewów 168
- Temperatura niebieskiego nalotu 218
 Temperatura topliwości żelaza 146
 Temperatury oznaczanie 270
 Temperatury wpływ na wytrzymałość 124, 147, 217, 319
 Termiczne ulepszanie 150, 269
 Termitu zastosowanie 100, 188, 356
 Tlen zgęszczony 193
 Tłoczenie 222, 223, 228, 257, 328, 344
 Tłocznie 257, 344
 Tłocznie do nitowania 344
 Tłocznie hydrauliczne 260, 344
 Tłocznie mimośrodowe 257
 Tłocznie parowo-wodne 263
 Tłocznie śrubowe 258
 Tokarka do wygniatania blachy 338
 Topienie 59
 Twarde odlewy 25, 141
 Twardości badanie 185
 Tytan w żelazie 127, 140
- Ubijanie piasku 25, 31, 35, 41, 42
 Urządzenia do czyszczenia odlewów 174
 Uszkodzenia formy 94
- Wady i zalety urządzeń walcowniczych 281

- Wady połączeń stapianych 199, 203
 W a g n e r a zużytkowanie wiórów 137
 Walce kalibrowe 283
 Walcowania warunki 274
 Walcowania wpływ na materiał 273, 275
 Walcowanie 222, 273, 328, 362,
 Walcowanie blachy 301
 Walcowanie cienkiego żelaza 301
 Walcowanie cylindrów 308
 Walcowanie drutu 288, 301
 Walcowanie dźwigarów G r e y a 306
 Walcowanie kół wagonowych 310
 Walcowanie krótkich przedmiotów 310
 Walcowanie obręczy do kół 309
 Walcowanie rur 312
 Walcowanie śrub 316
 Walcownia blokowa (wstępna) 299
 Walcownia dwuwalcowa 278, 287
 Walcownia czterowalcowa 280
 Walcownia szeregowa 303
 Walcownia trójwalcowa 280, 287, 296
 Walcownia uniwersalna 305
 Walcownia zwrotna 278
 Walcowni rodzaje 299
 Walcowni urządzenie 277, 278
 Walec gładki 281
 Warstwowe formowanie 39
 Wanad w żelazie 128, 140, 145
 Wapienia dodatek przy topieniu 67
 Węgiel w piasku formierskim 5, 11
 Węgiel w żelazie 119, 125, 136, 139
 Wentylatory 71
 Wiadra do odlewania 88
 Wibrator 38
 W i d m a n n s t ä t t e n a figury 148
 Wiercenie otworów na nity 342
 Wióry żelaza 134, 137
 Wlew do formy 55
 Wlewów odłączanie 166
 Wodór do stapiania 193
 Wolfram w żelazie 145
 Współczynnik kurczenia się 13, 98, 125, 286
 Wstrząsarki 42
 Wstrząśnienia przy kuciu 227
 Wybór pieca dla odlewania stali 157
 Wyciąganie 222, 268, 327, 361,
 Wyciąganie blachy 335
 Wyciąganie wielokrotne 331
 Wyciągarka bębnowa 330
 Wyciągarka łańcuchowa 334
 Wydłużanie przez kucie 223
 Wydzielenia w odlewach 126
 Wyginanie blach 318
 Wyginanie walcówek 318
 Wyginanie zapomocą walców 318
 Wygladzanie przez kucie 224
 Wygniatanie 338
 Wygrzewanie odlewu 117, 151
 Wykończanie odlewów 166
 Wyrób form 12
 Wyrób formy koła linowego 19
 Wyrób rdzenia szablonem 22
 Wyrób rur 265, 312, 334, 361
 Wyrób stali na odlewy 153
 Wytłaczanie otworów na nity 342
 Wytrawianie odlewów 181
 Wytrzymałość stali lanej 144, 147
 Wytrzymałość żelaza lanego 119, 122, 139
 Wystanie się żelaza 156
 Y e a k l e y a młot 248
 Zamarzanie wody w nitarkach 347
 Zasilanie pieca kupolowego 76
 Zębatach kół formowanie 32, 47
 Zginanie przy kuciu 224
 Zgrubianie (spęczanie) 224, 240
 Zgrzewanie 187, 330, 340, 352
 Zgrzewanie elektryczne 357
 Zgrzewanie gazem wodnym 359
 Zgrzewanie na ognisku 358
 Zgrzewanie punktowe 358
 Zgrzewanie termitowe 356
 Ziarnistość żelaza lanego 129
 Zimna obróbka 328, 342
 Żarzenie wyrobów 117, 147, 203, 268, 332

Żebra w odlewie 110, 116

Żelaza lanego rozrost 124

Żelaza miękkiego dodatek w żeliwie
139

Żelaza zakupno 129

Żelazo angielskie 129

Żelazo lane 118

Żelazo pudlarskie 277, 354

Żelazo wytapiane na węglu drze-
wnym 129

Żelazo wytapiane na zimno 129

Żelazo z wielkiego pieca na odlewy
59

Żeliwo 118

