

wiec otrzymywany jest w temperaturach znacznie wyższych. ⊕ 2

### X. REAKCJE W ŻUŻLACH

Z reakcji, jakie zachodzą w żużlach, należy przede wszystkim uwzględniać reakcje topników, wśród których najczęściej spotykany bywa  $\text{CaCO}_3$  /węglan wapnia/.

Już w górnych warstwach pieca, a więc w temperaturze najwyższej  $+600^{\circ}$ – $800^{\circ}$  węglan wapnia rozkłada się w myśl reakcji:



Jest to reakcja odwracalna; ponieważ zaś dla swego przebiegu wspomniana, jako reakcja endotermiczna zużytkowuje znaczne ilości ciepła przy rozkładzie, więc też im wyższą jest temperatura pieca, tem żywiej postępuje rozkład. Przy zwiększeniu ciśnienia zgodnie z prawem Le Chatelier'a zachodzi reakcja syntezy, gdyż wówczas zachodzi zmniejszenia objętości, powodujące spadek ciśnienia.

TEMPERATURA	725°	840°	870°	910°	926°
CIŚNIENIE $\text{CO}_2$ w mm. Hg.	67	342	500	755	1026

Probowano zamiast  $\text{CaCO}_3$  używać jako top-

nika produktu już wyżarzonego, t. j. wapna. Miało to tę dobrą stronę, że  $\text{CaCO}_3$  można było wyzierać, używając w tym celu gorszy gatunek węgla, a nie koks, jak się to dzieje w wielkim piecu. Jednak w praktyce okazało się, że  $\text{CaO}$  /wapno niegaszone/ po pewnym czasie nabiera wilgoć z powietrza i gasi się; następnie zużycie ciepła w gornych warstwach pieca przez reakcję rozkładu  $\text{CaCO}_3$  jest pożyteczne, gdyż tak czy inaczej koniecznem jest chłodzenie gazów wielkopieczowych.

Tworzący się żużel pokrywa w dolnych warstwach pieca surowiec i chroni go od działania powietrza wdmuchiwanego.

Zużel bierze czynny udział w reakcji odsiarczania. Siarka znajduje się w surowcu pod postacią  $\text{FeS}$  i zostaje usunięta albo przy pomocy  $\text{CaO}$  albo  $\text{Mn}$ .

Przy użyciu  $\text{CaO}$  zachodzi:  $\text{FeS} + \text{CaO} = \text{CaS} + \text{FeO}$ , jednak dla tej reakcji bardzo szybko nastąpiłby stan równowagi, gdy, według praw Goldberga i Waagego:

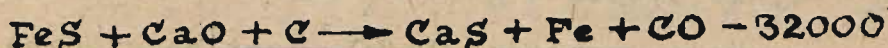
$$\frac{(\text{FeS}) \cdot (\text{CaO})}{(\text{FeO}) \cdot (\text{CaS})} = \text{CONSTANS.}$$

gdzie w nawiasach mają być podane koncen-

tracje odpowiednich czynników.

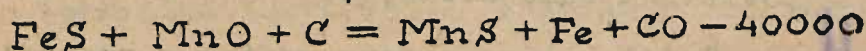
Aby ten ułamek był stały, przy powstawaniu  $\text{FeO}$  ograniczone być musi tworzenie się  $\text{CaS}$ ; ponieważ zaś w żużlu niezależnie od tej reakcji bywa zwykle  $\text{FeO}$ , więc wytworzyłoby się mniej  $\text{CaS}$ , niż by wynikało z wyżej wspomnianego prawa.

Jednak reakcja:

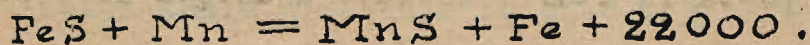


przebiega do końca, czem pozwala odsiarczać surowiec bardzo dokładnie.

Pozatem można odsiarczać surowiec manganem, albo już znajdującym się w rudzie, albo w tym celu dodanym według reakcji:



lub w części najgorętszej pieca, gdzie  $\text{MnO}$  zredukowany jest na  $\text{Mn}$ :



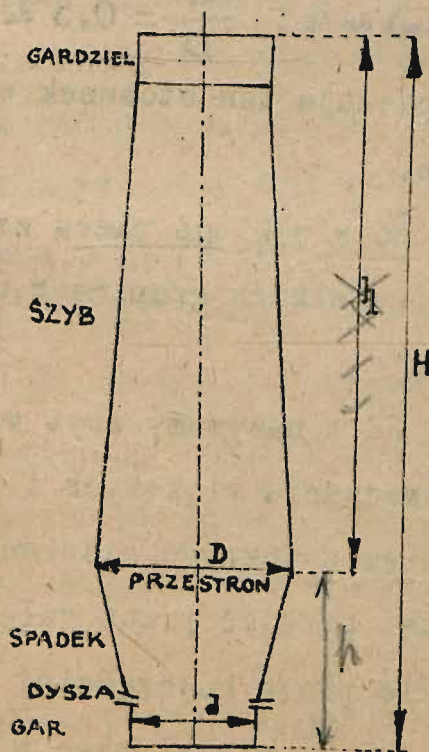
$\text{CaS}$  jest nierozpuszczalnym w surowcu i z tego względu pozostaje w żużlu,  $\text{MnS}$  natomiast, podobnie jak  $\text{FeS}$  jest rozpuszczalny w surowcu.

Przytem  $\text{FeS}$  rozpuszcza się w surowcu bardzo dobrze, a  $\text{MnS}$  znacznie lepiej w żużlu, niż w surowcu, a mianowicie: stosunek rozpuszczalności  $\text{MnS}$  w żużlu, do rozpuszczalności w surowcu równa się 30.

Ten sposób pozwala również na bardzo dokładne odsiarczanie surowca.

W wielkim piecu panuje atmosfera redukująca, która ułatwia odsiarczanie, ale uniemożliwia oczyszczanie surowca od fosforu. Zupełnie przeciwnie panująca w piecu Martenowskim atmosfera utleniająca pozwala oczyszczać należycie surowiec od fosforu, a nie od siarki.

#### XI. BUDOWA WIELKIEGO PIECA.



Rys. 15.

Cztery zasadnicze wymiary, a właściwie stosunki tych ostatnich charakteryzują rodzaj i typ wielkiego pieca. Wymiarami tymi są: wysokość całkowita  $H$ ; wzniesienie przestronu  $h$ . Średnica przestronu  $D$ ; średnica garu  $d$ .

Dawne piece umożliwiały produkcję około 100 tonn surowca na dobę; obecnie produkcja wielkich pieców dochodzi w Europie do 300, a w Ameryce do 600 tonn na dobę. W piecach dawniejszych i prostszych typów znajdował się przestron mniej więcej w połowie wysokości pieca, a nie poniżej trzeciej części tejże i był znacznie szerszy w stosunku do garu, co powodowało gorsze rezultaty procesu wielkopiecowego.

Stosunek wymiarów zasadniczych w wielkim piecu obecnego typu jest następujący:

$$\frac{H}{h} = 3 \text{ do } 4 ; \quad \frac{H}{D} = 3 \text{ do } 4 ; \quad \frac{d}{D} = 0,5 \text{ do } 0,8 ;$$

pierwsze liczby oznaczają ten stosunek w Europie, drugie w Ameryce.

Całkowita wysokość wielkiego pieca zmienia się, aczkolwiek w niewielkich granicach, a mianowicie od 27 do 32 m.

Piece o wysokości 32 m. nazywamy zbyt wielkimi, gdyż wymagają doprowadzania większych ilości powietrza, pod działaniem znacznego ciśnienia, przytem powietrze to musi przejść przez całą wysokość pieca. Obecnie wielkie pieca najczęściej posiadają wysokość 28 m. tak np. wielki piec w Midland

/Ameryka/ o wymiarach:  $H = 28 \text{ mtr.}$ ;  $h = 7 \text{ mtr.}$ ;

$D = 6,9 \text{ mtr.}$ ;  $d = 5,5 \text{ mtr.}$ ;

i produkcja jego w ciągu doby wynosi 600 tonn surowca.

Wartość wielkiego pieca charakteryzuje nie jego produkcja bezwzględna, ale tak zwana objętość właściwa, równa stosunkowi objętości wielkiego pieca w  $\text{m}^3$  do jego produkcji w tonnach na dobę.

Objętość właściwa wielkiego pieca wynosi w Ameryce od 1 do 1,5; są w nim przetapiane rudy o większej zawartości żelaza, niż 50% i ciśnienie w wielkim piecu jest większe niż 1 kg. na  $\text{cm}^2$ .

Objętość właściwa pieców, stosowanych w Zagłębiu Lotaryńskim wynosi 3 do 4; ruda w nich przetapiana posiada około 30% Fe i ciśnienie w piecu wynosi około 0,5 kg. na  $\text{cm}^2$ .

Przy ocenianiu i klasyfikowaniu wielkiego pieca uwzględniać należy również czas, jakiego potrzebuje jeden nabój/objętość pieca/ do przebycia całego pieca; czas ten wynosi średnio od 8 do 20 godzin.

Wielki piec składa się z trzech części, niezależnych statycznie od siebie.

Dolna część pieca, t.zw. spadek nie dźwiga na sobie części wyższych gdyż służy umocowaniu jest

na kolumnach i między tym ostatnim a spadkiem istnieje szpara kilkucentymetrowa, w tym celu, aby szyb zupełnie nie opierał się na spadku.

Górna część pieca ustawiona jest również na oddzielnych kolumnach.

Wielkie piece budowane są zazwyczaj z cegły szamotowej, rzadziej z piaskowcowej.

W najniższych, najgorętszych częściach pieca używa się cegły grafitowej lub koksowej. W cegle grafitowej przy użyciu pieca wierzchnia warstwa cegły spala się i tworzy warstwę ochronną; przy użyciu cegły koksowej niezbędne jest zastosowanie zasłony najczęściej z warstwy cegły dynasowej.

Początkowo starano się, aby piec tracił jak najmniej ciepła przez promieniowanie i stosowano w budowie tegoż jak najgrubsze ściany. Ponieważ jednak cegła w tego rodzaju piecu zbyt szybko ulegała zużyciu, obecnie wielki piec posiada możliwie najcieńsze ściany, które są chłodzone zazwyczaj wodą ściekającą po rynnach.

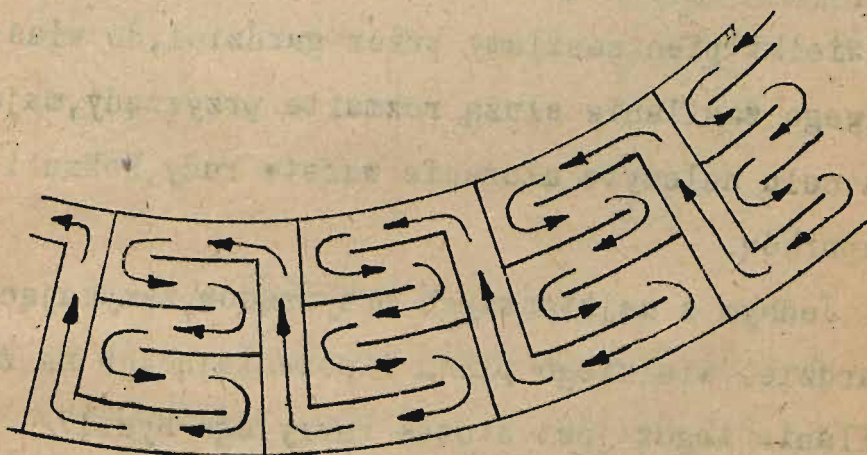
Wielki piec zużywa około  $10 \text{ m}^3$  wody na 1 tonnę surowca. (przy produkcji 300 ton na doby 3000  $\text{m}^3$  wody na doby)

Do wytapiania miedzi z rud miedzianych używany

bywa "waterjacket" czyli piec o podwójnych ścianach z blachy, pomiędzy którymi krąży nieustannie woda chłodząca. Istnieje tendencja stosowania tej konstrukcji w wielkim piecu, jednak ten ostatni zużywałby zbyt wiele wody.

Szyb chłodzony jest przez promieniowanie lub przy pomocy wody, która ścieka po rynnach, okrążających szyb.

Spadek i gar chłodzone są zawsze wodą, która krąży zazwyczaj w skrzyniach brzoźowych. (Rys. 16).



Rys. 16

Przy zasilaniu wielkiego pieca najpierw sypiemy rudę, uprzednio oczyszczoną mechanicznie. Ilość jej ładunku zależy od zawartości żelaza. Jeżeli ruda zawiera około 50% żelaza, co odpowiada mniej więcej ogólnej produkcji światowej,

to ładunek rudy wówczas wynosi dwie tonny. Przy zawartości  $\frac{1}{3}$  żelaza w rudzie ładunek tejże wynosi 3 tonny.

Koksu normalnie bierzemy jedną tonnę na tonnę surowca.

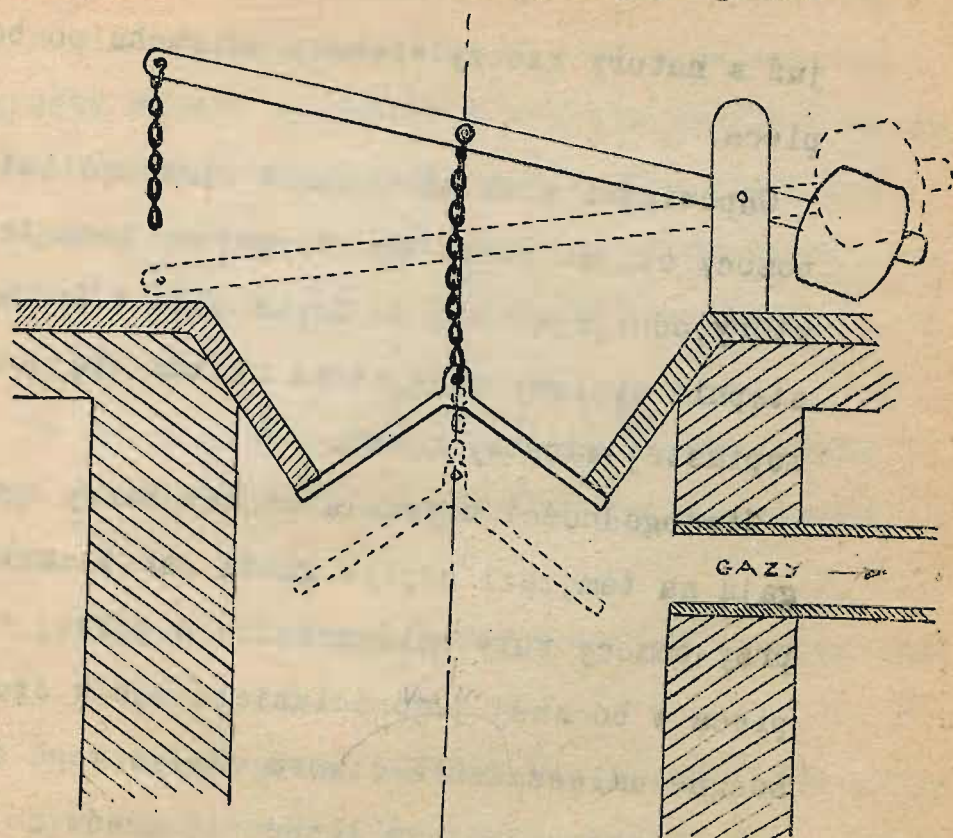
Ładunek topników bywa najrozmaitszy, zależnie od składu chemicznego rudy i ilości składników. Do niektórych rud topników wcale nie dodajemy. Jednak w większości wypadków bierzemy pół tonny topników na jedną tonnę surowca.

Wielki piec zasilamy przez gardziel; do właściwego zasilania służą rozmaite przyrządy, mające na celu należyte ułożenie warstw rudy, koksu i topników.

Jednym z najstarszych przyrządów, zamykających gardziel wielkiego pieca i pozwalających na zasilanie tegoż jest stożek Parry'ego/Rys.17/. Z zewnętrznej strony lejka sypiemy ładunek, następnie opuszczamy stożek, a przez utworzoną, w ten sposób, przestrzeń ładunek dostaje się do wnętrza pieca.

Rozkład poszczególnych warstw ładunku w piecu bynajmniej nie jest obojętny. Koks musi zajmować miejsce w środku pieca, gdyż inaczej skut-

by się o ściany i tamował przepływ gazów.



Rys. 17

Ruda natomiast musi znajdować się z boku, gdyż przy ścianach ma miejsce najintensywniejszy przepływ gazów odtleniających.

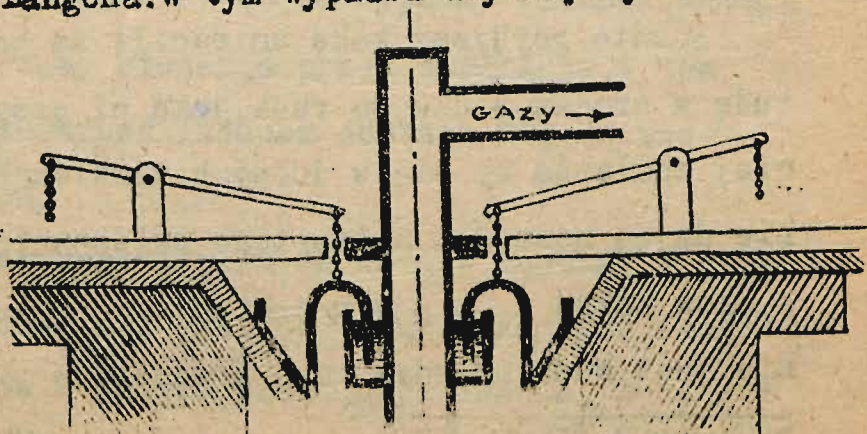
Ponadto gdybyśmy koks umieszcili na boku, a rudę w środku pieca, to ruda, jaka ci gęźsze szyb-  
ciej znalazła by się w dolnych warstwach pieca,  
nie dając możności należytego zmieszania się ta-  
dunków koksu i rudy: w przeciwnym wypadku zmieszanie  
nie jest zupełne, gdyż ruch środkowy w piecu jest

już z natury rzeczy szybszy od ruchu po bokach pieca.

Odpowiedni rozkład ładunku otrzymać łatwo przy pomocy stożka Parry'ego. Wsypujemy początkowo koks który, odbijając się od ścian, pada w środku; następnie sypiemy rudę, która układa się dookoła kopiastej warstwy koksu.

Niedogodności używania stożka Parry'ego polegają na tem, że: 1<sup>o</sup> odpływ gazów uskutecznia się przy pomocy rury umieszczonej w górnej części pieca w bocznej jego ścianie, a nie w środku; 2<sup>o</sup> boczne umieszczenie otworu odpływowego dla gazów zwiększa jeszcze tendencję gazów do przechodzenia wzdłuż ścian, miast równomiernego przepływu ich przez całą przestrzeń pieca.

zapobiec temu można przez użycie dzwonu (rys. 18) Langena. W tym wypadku używany bywa dzwon - walec



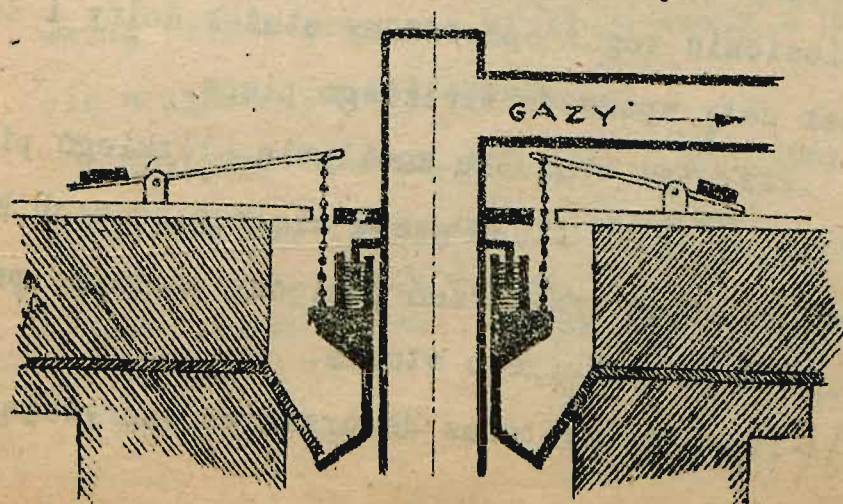
/cylinder/, który zamyka dojsście. W środku mamy komin dla odpływu gazów. Komin jest w nadzwyczaj prosty sposób połączony z wielkim piecem. Pomiędzy ruchomym dzwonem a kominem gazy nie przenikają nazewnątrz. Mamy bowiem dookoła komina napełnione wodą korytko, w którym zanurzona jest zagięta krawędź dzwonu.

To urządzenie pozwala na podniesienie dzwonu nie tworząc otworu dla przelotu gazów pomiędzy dzwonem, a kominem.

Rozkładanie ładunków przy pomocy dzwonu Langena jest jednak trudniejsze.

Najpierw sypiamy ładunek koksu, a następnie sypiamy ładunek rudy, który zsuwa się ku ścianom po utworzonym stoeie koksu.

Dla uzyskania możliwie dogodnego urządzenia łączymy stożek Parry'ego z dzwonem Langena w, tak zwanym, przyrządzie Van Hoffa (rys. 19)



RYS. 19.

Pomieszczenie ładunku tu jest takie same, jak przy użyciu stożka Parry'ego, a ponadto mamy jeszcze to udogodnienie, że gazy nie przechodzą przez otwór boczny, lecz przez komin, umieszczony pośrodku.

Słabą stroną wszystkich dotychczas rozważanych przyrządów jest to, że podczas ładowania wielkiego pieca gazy uciekają nazewnątrz przez utworzone otwory i giną bezużytecznie w dość znacznych ilościach.

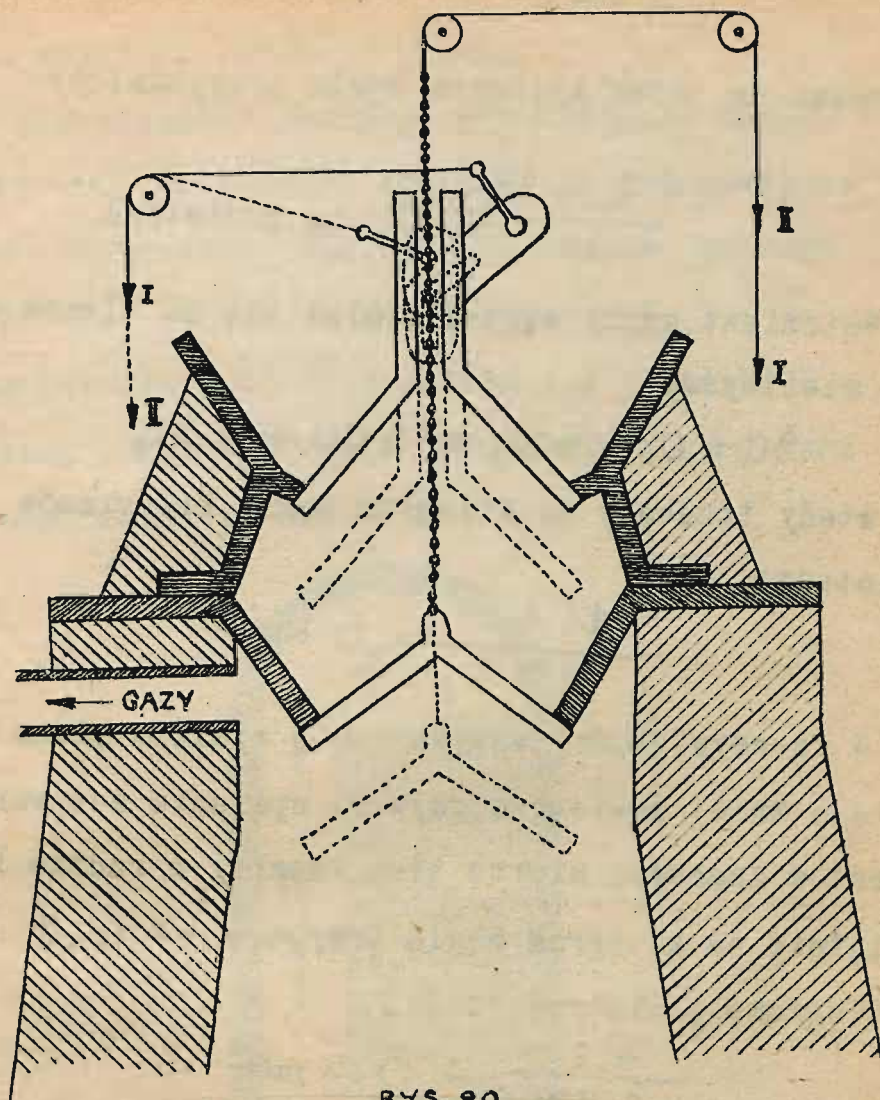
Zapobiegamy temu przez użycie podwójnego stożka Parry'ego/rys.20 .

Początkowo napełniamy górny stożek, następnie przez opuszczenie tegoż ładunek spada na dolny stożek.

Gdy cały materiał ładowany znajdzie się pomiędzy stożkami, podnosimy górny stożek, a po podniesieniu tegoż opuszczamy stożek dolny i ładunek cały spada do wielkiego pieca.

Przy tym sposobie zasilania wielkiego pieca tracimy tylko ilość gazów wielkopieczowych, które zajądają przestrzeń pomiędzy stożkami przy opuszczaniu dolnego stożka.

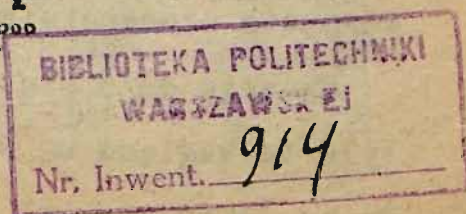
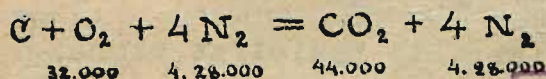
Przejdziemy teraz do urządzeń odgrywających



RYS. 20

ważną rolę w procesie wielkopiecowym, a mianowicie urządzeń powietrznych.

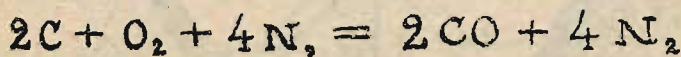
Gdybyśmy spalali sam koks, moglibyśmy posługiwać się następującymi obliczeniami:



wówczas na jeden kilogram węgla przypadałoby:

$$\frac{144}{12} = 12 \text{ kg. powietrza.}$$

Natomiast gdyby węgiel spalał się na tlenek węgla mielibyśmy:



A wtedy trzeba by na kilogram węgla, kilogramów powietrza:

$$\frac{144}{24} = 6 \text{ kg.}$$

W rzeczywistości zużywa się w wielkim piecu o wiele mniej powietrza, gdyż na spalanie zużywany jest w znacznej mierze tlen, zawarty w rudzie. Przeciętnie na kilogram węgla przypada  $\approx 4,5$  kilograma powietrza, czyli:

$$\frac{4,5}{1,29} = 3,5 \text{ mtr.}^3$$

Dla normalnego pieca/objętości 300 tonn/ zużycie powietrza na dobę wynosi około:

$$3,5 \cdot 300 \cdot 1000 = \approx 1.050.000 \text{ m.}^3$$

Na minutę przypada około 730 m<sup>3</sup>.

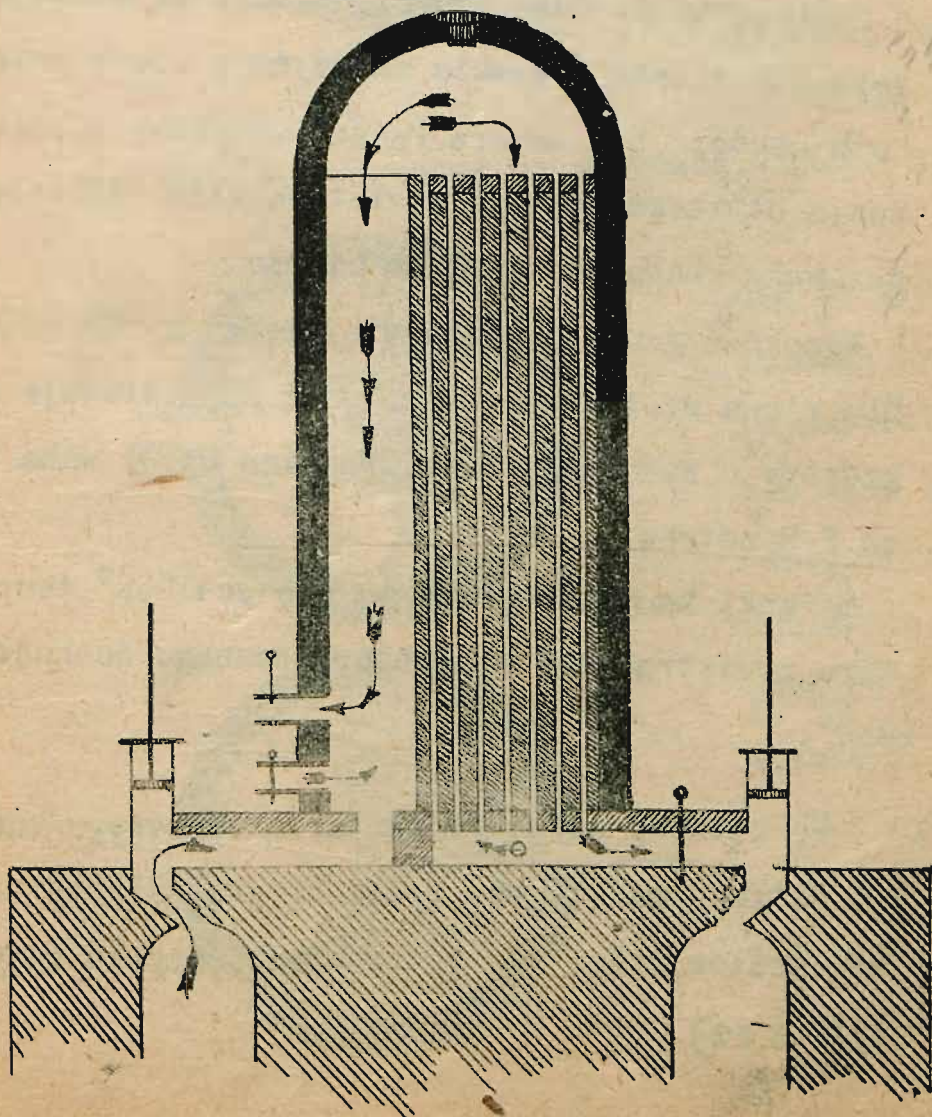
Dawniej powietrze było dostarczane do pieca wprost z otoczenia; było to powietrze zimne.

Obecnie daje się zawsze ogrzane powietrze, nie tyle ze względu na oszczędność opału, ile ze względu na jaknajwiększe podwyższenie temperatury spa-

łania/wpływ na redukcję krzemu/.

Doprowadzenie ogrzanego powietrza do temperatury  $+800^{\circ}$  przyczynić się może do podniesienia o  $500^{\circ}$  temperatury spalania, co stanowi poważny rezultat.

Ogrzewanie powietrza odbywa się w wielkich basztach pomysłu Cowper'a, przewanych kauperami /grzewnicami/ (rys. 21).



rys. 21

Przewód. A grzewnicy nazywa się szybem. Do szybu wprowadza się gazy wielkopieczowe oraz oddzielną rurę potrzebną do spalania tych gazów powietrze. Części B nazywają się nasadą, albo organami, kaupera.

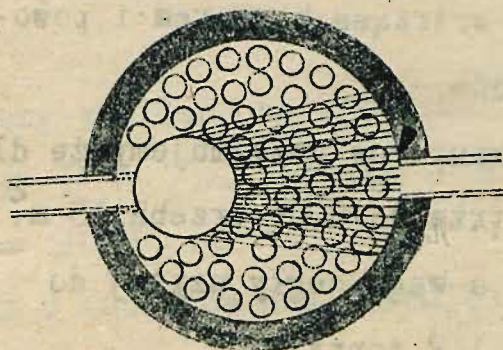
Ogrzanie kaupera odbywa się w ten sposób, że do szybu wprowadza się gazy wielkopieczowe, zawierające w sobie jeszcze duże ilości CO. Gazy te zostają tam zapalone, ciepło spalania magazynuje się w ściankach części B kaupera. Później zamykamy dopływ gazów, a otwieramy dopływ powietrza, które odbiera ze ścianek i magazynowane tam ciepło.

Wysokość kauperów waha się między 20-40 metrami. Dla pieca wielkiego o wysokości 28 m. stosuje się kaupery o wysokości 32 m. Średnica wtedy waha się od 5-8 metrów.

Ścianki kaupera ogrzewają się do  $+1000^{\circ}$ , temperatura powietrza zaś w nich ogrzewanego dochodzi do  $+950^{\circ}$ .

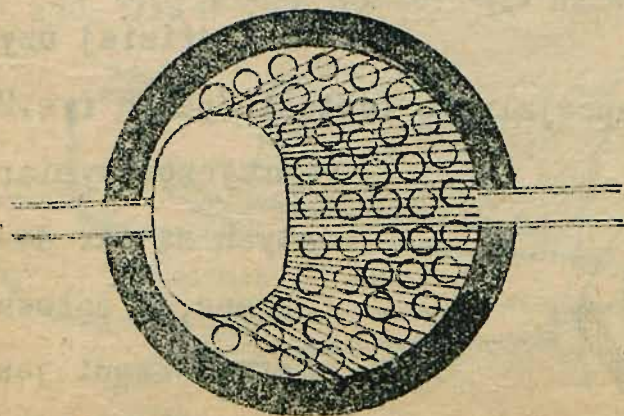
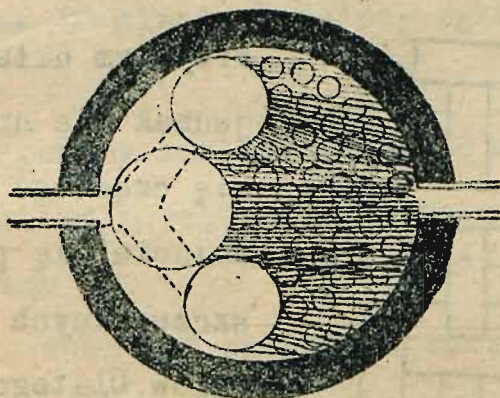
Początkowo szyb był kształtu okrągłego kolumny.

W tym wypadku gazy spalane ogrzewały tylko smug kanałów, które się w ten sposób szybko zużywały (rys. 22).



rys. 22

wielkopiecowe osiadał na ścianach organów tak, że



rys. 23

Dla zapobieżenia temu zaczęto budować kilka szybów dla spalanych gazów wielkopiecowych, albo też jeden kanał o kształcie owalnym. Pył węglowy, który za sobą pociągają gazy

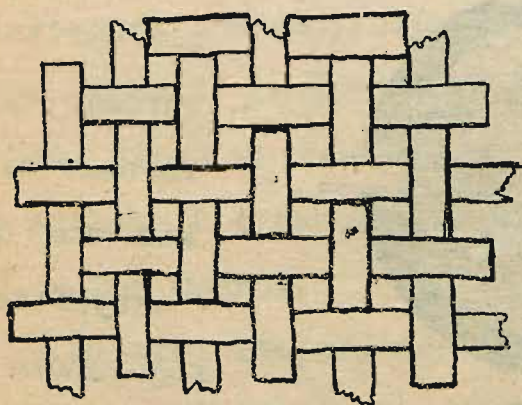
dla utrzymania regularnego biegu kupa ra należało co jakiś czas dokonać oczyszczenia ścian regularnie w odstępach od 3 do 12 miesięcy.

Dokonywa się tego w zwykły sposób przez spuszczenie kolejno w każdej kanał szczotki

kominarskiej, następnie przez przepuszczanie w odwrotnym kierunku silnego prądu powietrza albo też przez wywołanie u spodu aparatu wybuchu petardy, który wstrząsa kauperem i powoduje opadnięcie osadów.

Przy obliczaniu kauperów przyjmujemy, że dla ogrzania  $1 \text{ m}^3$  powietrza do  $+800^\circ$  trzeba  $15 \text{ m}^2$  powierzchni kanałów, a waga cegły użytej do tego waha się około 1,2 tonny.

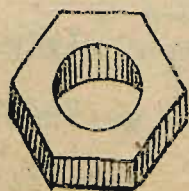
Przy użyciu do budowy kauperów zwykłej cegły ogniotrwałej, układa się ją według schematu po danego na rys. 24.



rys. 24

Przy tym układzie jednak nie unika się częstego zawalania się poszczególnych kanałów. Dlatego też dzisiaj uży-

wane są cegły specjalnego kształtu/patrz rys. 25/



rys. 25

przyczem wymiary tych są tak dobrane, że połowa przestrzeni jest wypełniona, połowa

próżna, tak że przy gęstości rzeczywistej cegły równej 2, gęstość pozorną wnętrza kaupera jest 1.

Baterja kauperów wyosi zwykle 9 sztuk na 2 piece.

Kaupery w Miland są wysokości  $H = 32$  m. średnicy  $D = 7$  m., powierzchnię ogrzewalną mają  $S = 9000$  m<sup>2</sup>.

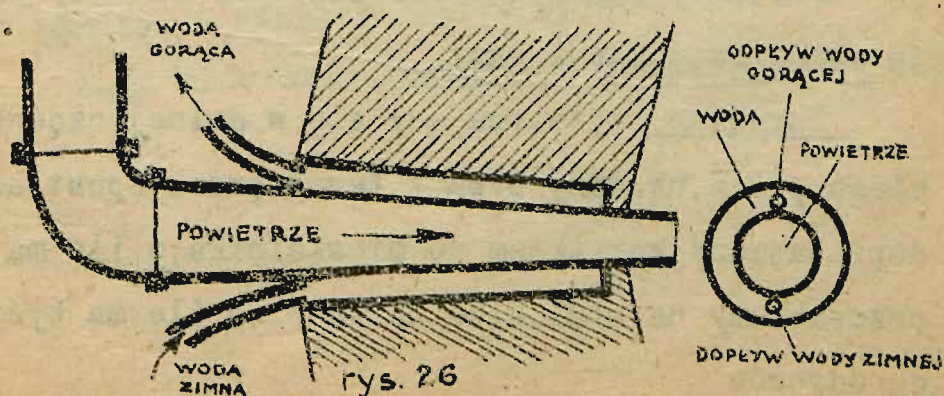
Z tych 9 kauperów dwa pracują jednocześnie, 6 jest ogrzewanych, a jeden zapasowy.

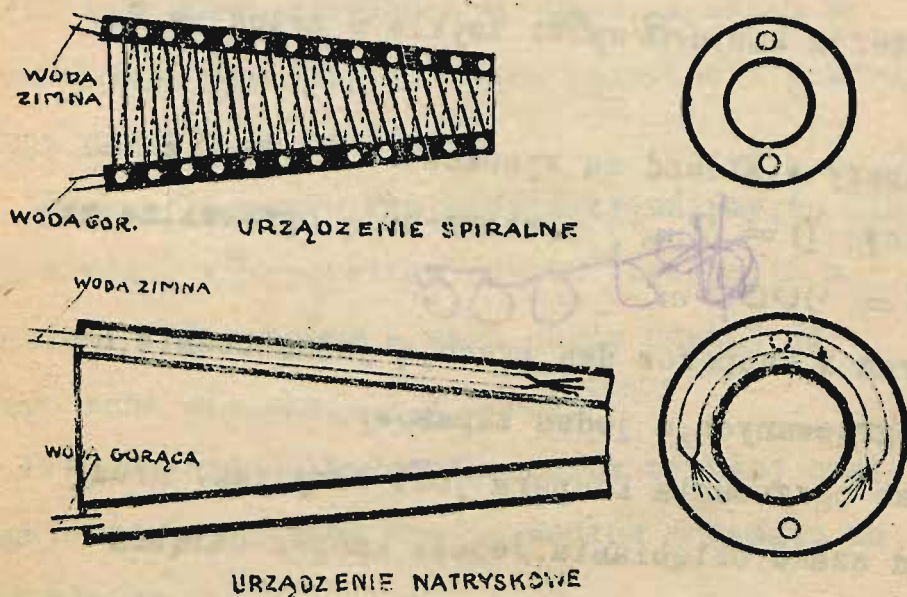
Czas ogrzewania kaupera jest trzy razy dłuższy od czasu oziębiania. Jeżeli kauper oziębia się przez 20 minut, to należy ogrzewać go przez godzinę.

Przy pomocy rur powietrze doprowadzane jest do wielkiego pieca, gdzie przez dyszę zostaje wpompowane.

Dysza musi być oziębiania, to też istnieją różne jej typy, które zestawione są na rysunku

26.





Rys. 26

Dla doglądania wnętrza wielkiego pieca w rurze doprowadzającej powietrze do dyszy mamy umieszczoną szybkę.

### XIII. PRODUKTY WIELKOPIECOWE.

Produkty wielkopieczowe dzielimy na trzy kategorie: surowiec, żużle i gazy.

Surowiec wytwarzający się w dolnej części wielkiego pieca, usuwany bywa z tegoż przez spust oraz doprowadzany korytkiem do mieszalnika, o ile ma być przerabiany na stal, albo do kadzi, o ile ma być użyty do odlewów.