

a zatem strata ciepła przez promieniowanie wynosi 824 kalorie.

Bilans ten różni się bardzo od bilansu dla procesu naprzykład skrapowego. (45)

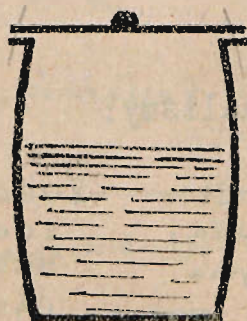
XIX. INNE SPOSOBY OTBZYMYWANIA STALI.

Tyglowy wynaleziony przez Huntsman'a z Sheffield w.r. 1780 początkowo nie miał szerszego zastosowania; dopiero w r. 1870 Alfred Krupp zastosował go do dużych odlewów żelaza.

Do tego czasu robiono odlewy ze stali z jednego tygla — Krupp zlewał od razu z kilku.

Zawartość tygla

/rys. 63/ wynosi 10 do 40 kg. aby 2 robotników mogło nim operować.



rys. 63.

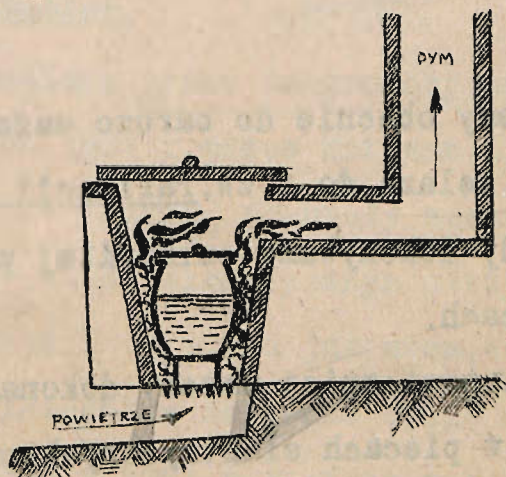
Tygle są wyrabiane z gliny o składzie: 50% C /grafit/ 45% gliny ogniotrwa-
6-8

łej i 5% SiO₂ /piasek/ wytrzymują one 8 do 10 odlewów; tygle wyrabiane ze sproszkowanym koksem zamiast grafitu wytrzymują 2-3 odlewy. Suszenie tygli przed wypalaniem trwa kilka miesięcy; wypala-

nie wymaga temperatury 1200° .

Na 1 kg. topionej stali przy zwykłym ogrzewaniu za pomocą spalania koksu zużywamy 3 do 5 kg. tegoż /u Martin'a 0,2 kg./

Można również ogrzewać tygle w piecu w rodzaju martenowskiego, którego kształt jest



rys. 64.

trochę odmienny.

W takich piecach /rys. 64/ zużywamy 1,2 do 1,6 kg. węgla na 1 kg. stali.

Na stal, wyra-

bianą sposobem

tyglowym, nie działają gazy, ale materiał tygla; zawartość węgla w stali warasta o jakieś 0,1% i oprócz tego wchodzi w skład stali nieco krzemu.

Największą zaletą tego sposobu jest to, że nadaje się on do wyrobu stali specjalnych; można w nim dodawać do stali chromu, manganu albo niklu i dlatego dzisiaj sposób tyglowy najczęściej jest stosowany do wyrobu stali specjalnych tam, gdzie nie jest konieczną jej

masowa produkcja, a zaledwie kilkadziesiat kilogramów, gdzie nie opłaca się stopowanie pieca elektrycznego, produkującego stal tonnami.

Produkcja stali sposobem tyglowym wynosiła:

	1913 r.	1918 r.
NIEMCY	85000 (na 19 m.)	27000 (na 15 m.)
FRANCJA	24000 (na 5 m.)	40000 (na 2 m.)
ST. ZJEDNOCZONE	52000 15000	64000 (na 35 m.) 104000

Przystępujemy obecnie do bardzo ważnego działu metalurgji żelaza, do t.zw. rafinacji stali.

Rzadko kiedy dokonywamy całkowitej przeróbki stali w piecach.

Znacznie ekonomiczniej możemy dokonać rafinacji ostatecznej w piecach elektrycznych, przytem otrzymujemy stal o wiele wyższej jakości.

Do czasu wojny ogólna ilość przerobionej stali w piecach elektrycznych nie przenosiła 2%.

Dopiero w czasach wojny sposób ten bardziej się rozpowszechnił.

PAŃSTWO METALURG.	1913 r.		1918 r.	
	PR. TYGLOWA	PR. OGÓLNA	PR. TYGLOWA	PR. OGÓLNA
NIEMCY	89000 t.	190000000 t.	240000 t.	150000000 t.
STANY ZJEDNOCZONE	50000 t.		519000 t.	
SZWECJA	20000 t.		13000 t.	

Wynalazku tego sposobu dokonał francuz Pichon i wziął nań w 1853 roku patent. Patent jego jednak zastosowania w przemyśle nie znalazł.

W roku 1879 wziął nowy patent William Siemens, ale ten również zastosowania w przemyśle nie znalazł.

Dopiero prace laboratoryjne prowadzone od 1892 do 1897 r. przez Morssan'a, prof. Chemji w Sorbonie /Paryż/ posunęły sprawę naprzód.

Sposobem elektrycznym otrzymał on cały szereg metali czystych jak uran, chrom, mangan i. t. p.

Szczególną zwrócono uwagę na tego rodzaju operacje z chwilą wyjęcia w roku 1898 zbiorowej pracy Morgana "Le Four électrique".

Powstają kolejno trzy typy przemysłowych pieców elektrycznych:

w roku 1888 piec Stassano /Włochy/

w roku 1899 piec Kjellina /Szwecja/

w roku 1900 piec Héroult'a /Francja/.

Piec Stassano był zwykłą komorą z materiału ogniotrwałego, do której wkładano skrap który należało przerobić. Wpuszczone były do wnętrza dwa węgle, między którymi powstawał łuk

elektryczny. Łuk ten nagrzewał ścianki pieca. Dopiero przez promieniowanie ścianek ogrzewał się skrap.

Podobnie zbudowany był piec Kjellina.

Piece te były niewielkich rozmiarów, wydajność ich była niezmiernie mała, podobnie jak i początkowo stosowanych pieców indukcyjnych.

Dopiero prace Hérault'a dały możność przemysłowemu rozwojowi i zastosowaniu pieca elektrycznego.

W piecu elektrycznym następuje zamiana energii elektrycznej na ciepłą według zależności:

$$Q = k \cdot i \cdot e \cdot t$$

gdzie $k=0,24$ jest oderwanym współczynnikiem jeżeli i jest natężeniem prądu mierzonym w amperach, e napięciem mierzonym w woltach, t czasem mierzonym w sekundach. Q wtedy wyrażone jest w małych kalorjach.

Jeżeli zaś t mierzyć będziemy w godzinach, a i i e nie w watach, a kilowatach /jednostkach 1000 razy większych/ wtedy otrzymamy Q w dużych kalorjach.

Istnieje więc zależność:

$$Q = 0,24 \cdot 3600 = 864 \text{ K.W.G.}$$

W ciągu godziny jeden kilowat da nam 864 dużych kalorii energii cieplnej /termicznej/.

Temperaturę w piecu elektrycznym otrzymywać możemy tak wysoką, jak tylko na to wytrzymałość jego pozwala.

Atmosfera w piecu elektrycznym może być redukująca lub utleniająca tak, że odsiarczanie może się doskonale odbywać, podobnie jak z reakcją mającą na celu usunięcie fosforu, które wymaga atmosfery utleniającej. W atmosferze redukującej wielkiego pieca odbywać się mogło tylko odsiarczanie, w utleniającej zaś atmosferze pieca mantenowskiego usuwanie fosforu.

Tak więc rafinacja w piecu elektrycznym rozpada się na dwa procesy, które następują kolejno po sobie.

Najpierw wytwarzamy atmosferę utleniającą i dodajemy odpowiednik żużli, w ten sposób dokonywany ostatecznej reakcji w celu usunięcia fosforu.

Następnie odlawszy żużel z fosforem, wytwa-

rzamy atmosferę redukującą i prowadzimy do końca odsiarczanie.

Jeżeli stal z konwertora idzie do pieca elektrycznego, wówczas zależnie od poprzedniej przeróbki wystarczy w piecu elektrycznym dokonać jednej tylko operacji. Po przeróbce Bessemera dokonać usunięcia fosforu, po przeróbce zaś Thomasa, odsiarczania.

Przeciętnie na dokonanie podwójnej rafinacji jednego ładunku potrzeba około 2 godzin czasu i zużyć od 200 do 300 K.W.G. na tonnę, o ile materiały doprowadzony był do pieca w stanie ciekłym.

Jeżeli zaś włożymy do pieca skrap. w stanie stałym zużyć należy pewną ilość energii na jego stopienie tak, że wydatek elektryczności podnosi się do 600 - 700 K.W.G. na tonnę.

Piece elektryczne podzielić można na
• dwie kategorie: łukowe i indukcyjne

Dla pierwszego typu /łukowych /charakterystyczną cechą są elektrody węglowe, które muszą mieć przekrój dość znaczny, ze względu na to, że przepuszcza się przez nie od 6 do 10 amper. na cm².

Jako materiału do wyrobu elektrod, używa się koksu naftowego, substancji bardzo twardej, czystego antracytu, względnie koksu metalurgicznego.

Dany materiał proszkuje się bardzo drobno, następnie dodaje się doń od 10 do 15% smoły po-gazowej.

Dawniej gdy zmieszanie odbywać się musiało przy pomocy maszyn ręcznych ilość smoły stanowi-ła do 30%.

Zmieszanie następuje w temperaturze około $+90^{\circ}$ C, poczem otrzymana masa formujemy w bloki, które prasujemy pod prasą o ciśnieniu 300 kg. cm^2

Z pod prasy elektroda wychodzi w postaci walca, który poddany zostaje następnie wyżarzeniu przy temperaturze $+1300^{\circ}$ i żarzenie to trwa od 8 do 10 dni.

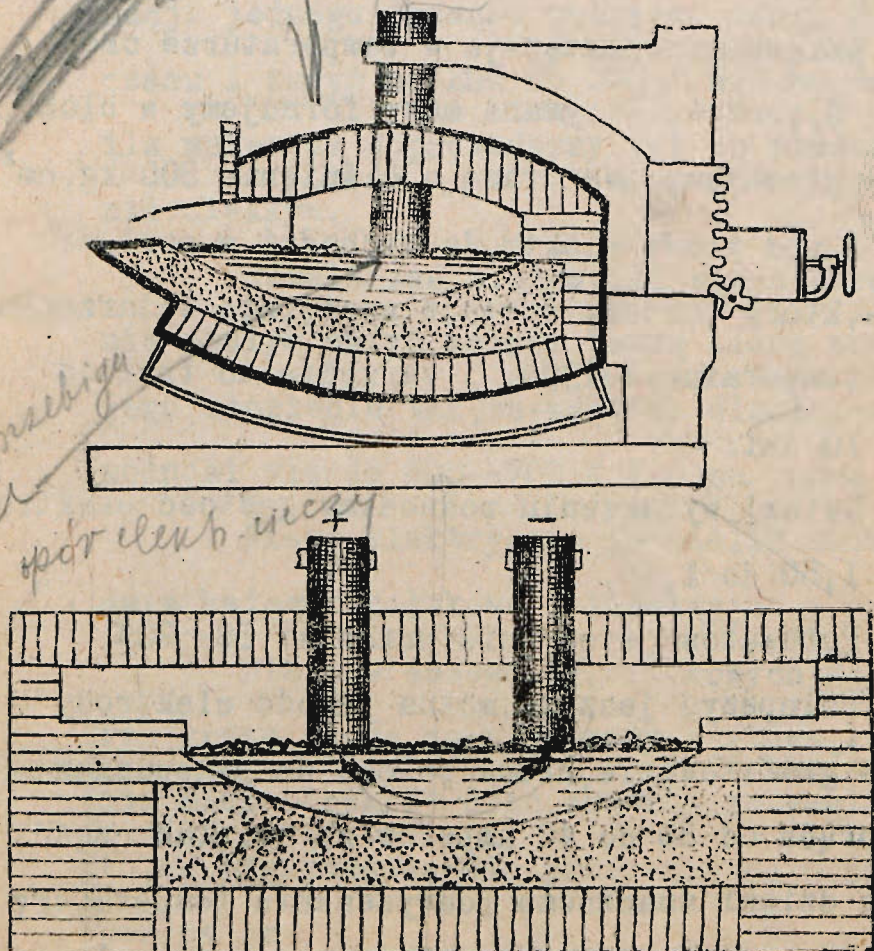
Dzięki wyżarzeniu podnosimy gęstość elektrody z 1,50 do 1,65.

Porowatość wtedy nie przenosi 18-20%.

Polepszyć jeszcze, można jakość elektrody przez grafitowanie, które polega na przepuszczaniu prądu od 30 do 40 amperów na cm^2 ; tak część węgla dzięki znacznemu podwyższeniu temperatury zamienia się na grafit.

Przewodnictwo takiej elektrody jest lepsze, ale koszt produkcji znacznie większy.

Najczęściej obecnie stosowany /rys. 65/ elektryczny piec Héroult'a ma tą cechę charakterystyczną, że łuk elektryczny kilkakrotnie przebija powierzchnię metalu topionego, idąc z jednej elektrody do drugiej i przechodząc przez warstwę żużla.



Po ukończeniu procesu elektrody możemy podnieść przy pomocy odpowiednich dźwigni, poczem zlewamy żużel, oraz całą jego zawartość, jeżeli proces był pojedynczy, przez nachylenie pieca.

W razie procesu wymagającego atmosfery redukującej, nie potrzebujemy dodawać wielkiej ilości substancji redukujących, np. żelazo-krzemu, gdyż spalające się elektrody same wytwarzają atmosferę redukującą.

Piec Heroult'a został zmodyfikowany przez Girod'a.

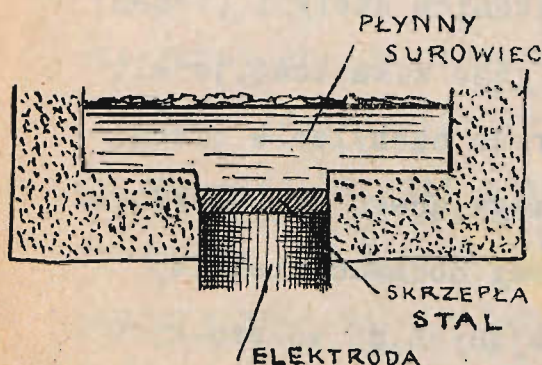
Łuk przechodzi już tylko raz przez powierzchnię metali i dąży do elektrody umieszczonej na dnie pieca. Niekiedy ta elektroda dolna bywa zastąpiona kilku mniejszemi.

Dla zmniejszenia wydajności elektrody dolnej umieszcza się ją nieco niżej poziomu dna.

W utworzonym w ten sposób wgłębieniu zastęga nieco stopu, a temperatura, wytwarzana przez łuk, zaczyna się nieco wyżej, nie powodując spalania się elektrody /rys. 66/

Dalszej modyfikacji pieca Heroult'a do-

konął Keller.



rys.66

W piecach Kellera mamy też jedną elektrodę górną i jedną dolną. Dolna jednak nie jest zrobiona z węgla, lecz z całej warstwy blach żelaznych spojonych ze sobą masą dolomi-

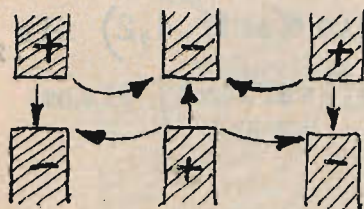
lową lub magnezjową, która ma tę własność, że przy wysokich temperaturach przewodzi dobrze prąd. Masa ta jest mieszaniną tlenku magnezowego lub dolomitu i smoły pogazowej. Przy puszczeniu więc pieca w ruch prąd w dolnej elektrodzie przewodzi metal kryty do blach, po wytworzeniu zaś odpowiedniej temperatury prąd zaczyna przewodzić masę.

Przy użyciu prądu trójfazowego korzystamy z układu sześciu elektrod rozmieszczonych jak na rysunku 67.

Drugą kategorią pieców elektrycznych są piece indukcyjne.

Zasada ich jest następująca: przez obwód

200 KW
na 1 upr...



rys.67.

zwojów, panować w nim będzie znak napięcia, a duże natężenie prądu wielkość.

Możemy obwód ten zrobić z materiału, który chcemy stopić.

W tym celu około obwodu pierwotnego, robimy rynnę z materiału ogniotrwałego i umieszczamy w niej sznurek, który mamy przetopić.

Przy takim urządzeniu pierwotnem podanym przez Kjellina zużywano na I tonnę stali około 7000 K.W.G.

Obecnie przy nowych piecach indukcyjnych zużywamy około 800 K.W.G. na tonnę stali.

W ten sposób wydajność pieców indukcyjnych prawie równa się wydajności pieców łukowych.

o wysokim napięciu przechodzi prąd; obwód ten nazywamy obwodem pierwotnym.

Jak wiadomo, o ile obok tego obwodu umieścimy obwód inny, o nie wielkiej liczbie



Piece indukcyjne mają tę wyższość nad łukowymi, że: 1) nie zachodzi zużycie elektrod, 2) nie mamy atmosfery redukującej, wytwarzanej przez spalanie się elektrod.

W piecu indukcyjnym atmosfera zależy wyłącznie od nas.

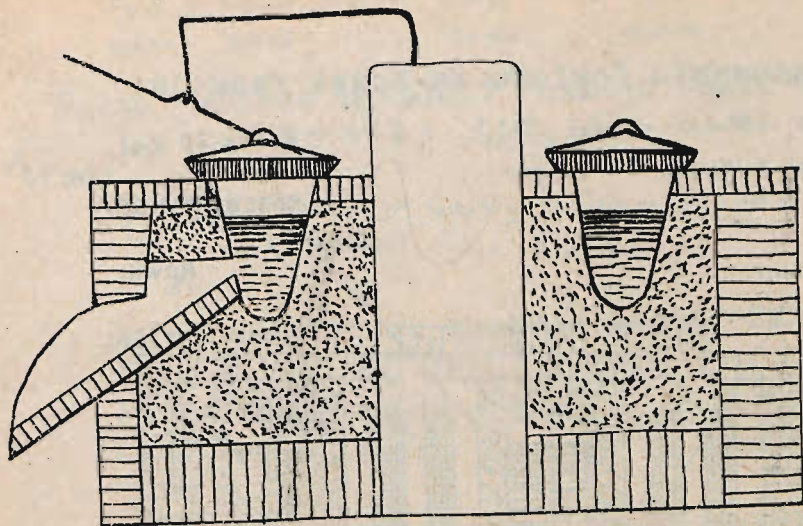
Wadą pieca indukcyjnego jest to, że do puszczania go w ruch należy używać, stopionego metalu, inaczej bowiem obwód wtórny nie istnieje.

Jeżeli piec działa ciągle, trudność tę możemy pominąć w ten sposób, że nie wylewamy całej zawartości pieca, lecz tylko znaczną jego część, część zaś pozostająca w piecu stanowi początek obwodu wtórnego przy następnym procesie.

Należy zauważyć, że instalacja pieca indukcyjnego jest o wiele droższą od pieców zwykłych /łukowych/.

Modyfikacji pieca Kjellina dokonał Hiort.

Połączył on dwa piece Kjellina razem, tak, że otrzymał wewnątrz szersze korytko, co pozwalało na łatwiejsze wlewanie i wylewanie stopu oraz na łatwiejsze operowanie w topnisku ze względu na większą tegoż objętość /rys. 68/.



RYS. 68

Dalszej modyfikacji dokonał Röchling-Rodenhauser.

Dodał on nowy obwód, który pozwalał na dodatkowe ogrzewanie części środkowej pieca /rys. 69/

Bieg procesu w piecu Röchling-Rodenhausera jest taki sam jak w piecu Kjellina.

Zużywał on 700 kwg. na stopienie jednej tonny oraz 200 kwg. na rafinację tejże.

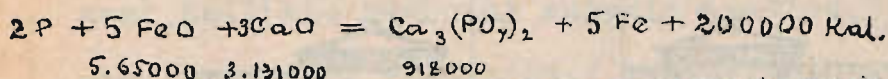
Proces w tym piecu trwał zazwyczaj 2,5 do 3 godzin.

XX. REAKCJE W PIECACH ELEKTRYCZNYCH.

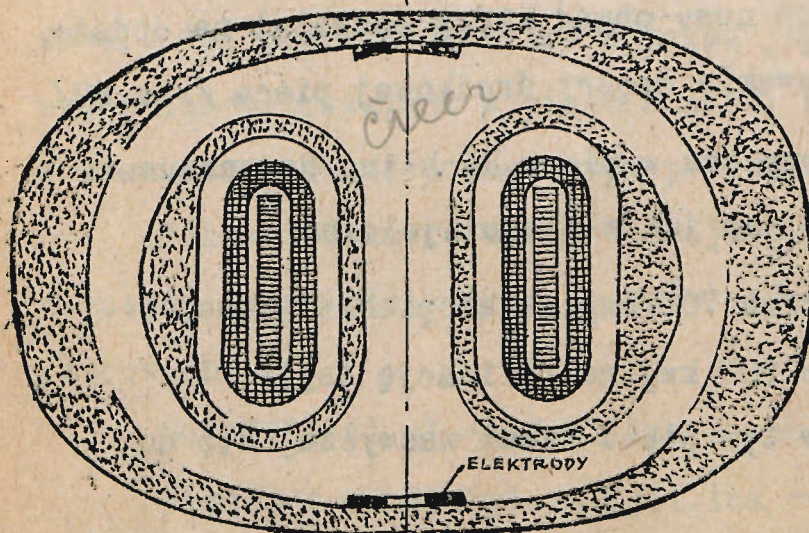
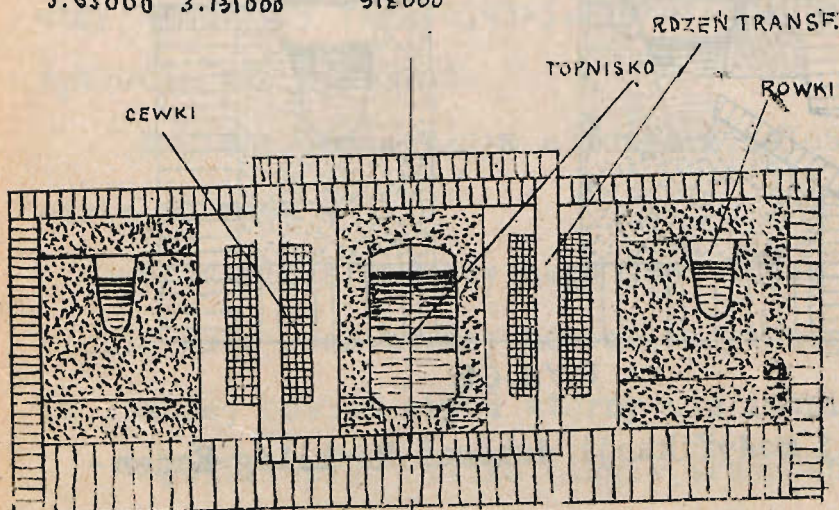
Co się tyczy reakcji chemicznych, jakie zachodzą w piecach elektrycznych, są one bardzo

proste.

Przy usuwaniu fosforu zachodzi reakcja:



5.65000 3.131000 912000

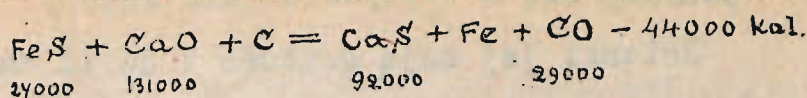


RYS. 69

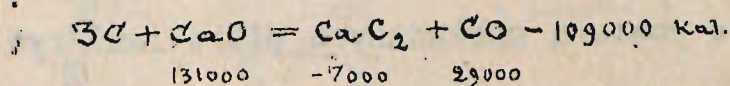
Dzięki znacznej ilości wydzielającego się ciepła /200000 kal/ redukcja pięciotlenku fosforu nie zachodzi.

Następna reakcja/r.odsierczania/ jest ana-

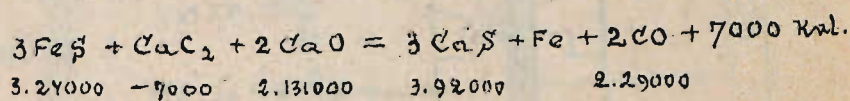
logiczna z reakcją w wielkim piecu:



Nadto jeszcze zachodzi reakcja węgla z elektrodą:



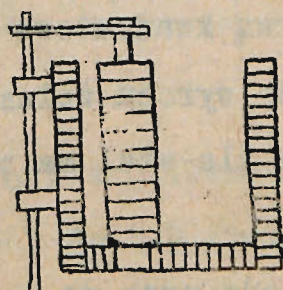
Dalej mamy znowu reakcję odsiarczania:



jest to reakcja egzotermiczna. Zachodzi ona przy niskich temperaturach. Reakcja ta może być doprowadzona bardzo daleko, tak, że otrzymać możemy bardzo czyste gatunki stali.

XXI. ODLEWANIE STALI.

Po rafinowaniu stal musi być odlana; do tego potrzebne są naczynia pośrednie między piecem i kokilą - kadź odlewnicza/rys.70/.



Rys. 70

Jest to naczynie z surowca, wyłożone gliną ogniotrwałą o składzie: SiO_2 - 65%; Al_2O_3 - 30%; CaO , Fe_2O_3 i MgO - 5%.

Zazwyczaj kadź taka wyłożona jest cegłami z tej gliny, gdyż zaprawa