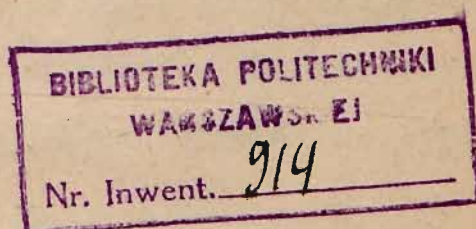




METALURGJA ŻELAZA

W. BRONIEWSKIEGO
PROFESORA POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ.

N^o WYD. 129.



WARSZAWA 1922 R.

NAKŁADEM KOMISJI WYD. TOW. BR. POM. STUD. POL. WARSZ.

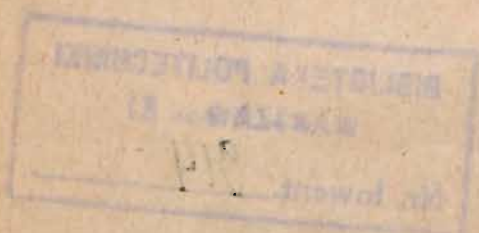
Zakłady Graficzne Towarzystwa B. A. Bukaty Wspólna 46.





C. 57365

~~S. 419.~~



W S T Ę P

Metalurgia żelaza /hutnictwo żelazne/ jest to określenie szeregu procesów, które muszą być przeprowadzone w celu wydobycia tego metalu z rud żelaznych w postaci surowca oraz jego dalszej przeróbki. Otrzymany surowiec bywa przerabiany kilkoma metodami na stal i żelazo. Pojęcie stali i żelaza zostało ostatecznie określone na Kongresie „Międzynarodowego Stowarzyszenia do badania materiałów budowlanych” w ten sposób, że otrzymywany z surowca materiał, który w czasie przeróbki w pewnych fazach nie przechodzi przez stan ciekły - nazwano żelazem /żelazo pudlarskie/, natomiast stalą nazwano materiał, który przy przeróbce przechodzi przez ten stan skupienia. Nie jest to, jak widzimy, określenie ścisłe i właściwe, gdyż materiał o jednolitym składzie chemicznym, dzięki swym własnościom fizycznym w procesie przeróbki surowca /stan skupienia/ nosi różne nazwy.

Metalurgia /hutnictwo/ przechodziła cztery okresy, które wyraźnie zaznaczyły się w jej rozwoju i wpłynęły na wysoki poziom techniczny dzisiejszego hutnictwa.

I okres - od czasów najdawniejszych do XII w.

Jest to okres bezpośredniej redukcji rudy w dymarkach w sposób następujący: rudę prażono łącznie z węglem i doprowadzano konieczną dla podsywania płomienia ilość powietrza, za pomocą miechów; po ostudzeniu otrzymywano materiał gąbczasty, który następnie przekuwano i w ten sposób otrzymywano nowy materiał t.zw. żelazo kute, z którego wykuwano najrozmaitsze przedmioty; jako przykład można przytoczyć wykutą z żelaza kolumnę Kusuta w Delfi, która wymownie świadczy o istnieniu pierwowzoru hutnictwa u ludów starożytnych. Wspomniana kolumna około 60000 kg. wagi ma 7 metrów wysokości, co również dowodzi wysokiej zdolności wytwórczej w starożytności, gdyż odkucie takiego kolosu byłoby nawet przy zastosowaniu dzisiejszej techniki trudnem do wykonania zadaniem. Z czasem powstała konieczność zwiększania wymiarów dymarek. Wskutek większej ilości materiału palnego wytwarzała się znaczna ilość ciepła, która wreszcie sięgała wysokości temperatury krytycznej /temperatura topienia/ żelaza i już na początku wieku XIV otrzymano surowie ciekły; zjawisko to uważano jednak początkowo za niepożądane, gdyż nasuwało ono nowe trudności obróbki ciekłego surowca; stąd pochodzi angielska nazwa surowca otrzymanego z rud żelaznych /pig iron - żelazo świń.

Okres II - do połowy XVIII wieku - są to próby otrzymywania surowca w t.zw. "fryszerkach". Były to piece podobne do ogniska kowalskiego i do dymarki. Ruda w wyższych warstwach stosu ulegała redukcji, następnie topiła się, a wreszcie w warstwach najniższych oddawała swój węgiel, który podsyczał płomienie i przyspieszał redukcję i topliwosć rudy. Hutnictwo znacznie udoskonaliło się w tym okresie, gdyż w początku XVIII wieku /1735/ angiłik Darby otrzymał z węgla kamiennego koks, którym zamienił używany do wytapiania surowca węgiel drzewny i w ten sposób przyczynił się do wytwarzania stali, a co za tem idzie do dobrobytu Anglii i sławy stali angielskiej.

Okres III trwa do połowy XIX wieku - jest to okres wydobywania żelaza metodą pudlarską. Zastosował tę metodę po raz pierwszy Henryk Cort. Polegała ona na odwęglaniu surowca nie za pomocą węgla, ale płyty krzemionkowej. Dawała ona lepsze rezultaty, gdyż krzemionka / SiO_2 / odciągała tlenki żelaza. Z czasem metodę pudlarską uproszczono, zamieniając krzemionkę przez surowiec, z którego wykonaną płytę oziębano od spodu wodą.

Okres IV - jest to okres rozkwitu hutnictwa. Rozwój kolei żelaznych, wymagania techniki wojennej,

niezbędność żelaza w życiu codziennym, jak również późniejsze zastosowanie żelaza w budownictwie, - przyczyniły się do szybkiego rozwoju i coraz to nowych wynalazków w tej dziedzinie. W okresie tym powstały i zostały zastosowane sposoby wydobywania stali metodą Bessemera /1856/, następnie przeróbka surowego żelaza sposobem Thomasa i wreszcie Martin'a /piece martenowskie/.

I. M A T E R J A Ł Y O P A Ł O W E .

W czasach starożytnych utrzymywano, że ilość wydzielonego ciepła przez materiał opakowy zależy od działania promieni słonecznych.

Rozpatrzmy obecnie materiały opakowe, używane w hutnictwie do otrzymywania żelaza surowego /surowca/.

Wśród wielu materiałów opakowych pierwsze miejsce zajmuje węgiel kamienny.

1/ Węgiel kamienny , powstaje z celulozy / $C_6H_{10}O_5$ /, która jest głównym składnikiem drzewa.

Poniższa tablica wykazuje skład chemiczny niektórych materiałów palnych /w procentach/:

CHEMICZNY SKŁAD MATERJAŁÓW OPAŁOWYCH (%)

MATERIAŁ OPAŁOWY	C	H	O	N	POPIÓŁ
CELULOZA	44,4%	6,2%	49,4%	0	0
BRZOZA	50,3%	6,2%	41,0%	1,4%	1,1%
DĄB	49,6%	5,8%	41,4%	1,2%	1,0%
TORF	58-63%	5,5-6,0%	31,5-36%	więcej niż 1%	więcej niż 6%

Cechą charakterystyczną węgla kamiennego jest zmienna ilość zawartych w nim produktów lotnych.

Z tych ostatnich prawie zawsze węgiel zawiera wodor w ilości około 5 % oraz tlen i azot. Charakterystycznym jest zmienny stosunek ilości tlenu i azotu, zawartych w węglu kamiennym do ilości zawartego w tymże węglu wodoru. Azot i tlen - są to główne produkty lotne, będące składnikami węgla kamiennego, przyczem ilości azotu ulegają w poszczególnych gatunkach węgla kamiennego nieznacznym wahaniom wówczas, gdy ilość tlenu zmienia się dość znacznie.

Ilości poszczególnych składników najrozmaitszych odmian węgla kamiennego i drzewa oraz ich wzajemny ilościowy stosunek ilustruje poniżej zamieszczona tabela:

RODZAJ WĘGLA		ZAWIERA PRODUKTY LOTNE	PRZECIĘTNY SKŁAD			STOSUNEK		PŁOMIEŃ	GŁÓWNY UŻYTEK
			C	H	O+N	$\frac{O+N}{H}$	GEtość		
ANTRACYT		3-10	94	3	3	1	6	KRÓTKI NIEBIESKI	GENERATORY
CHUDY		10-18	91	4	5	>1	4	KRÓTKI JASNY	OPAL DOMOWY
TEUSTY	KOKSUJĄCY	18-26	88	5	7	1,2	35	KRÓTKI JASNY	KOKSOWNIE
	KOWALSKI	26-32	85	5	10	2	1,3	DŁUGI JASNY	KUŹNIE
	GAZOWNICZY	32-40	82	5	13	2-3	1,28	DŁUGI JASNY DYMNY	GAZOWNIE
PŁOMIENNY		40-50	78	5	17	3-4	1,25	DYMNY	KOTŁOWNIE
BRUNATNY		50-60	70	5	25	5	1,2	DŁUGI DYMNY	CZEGIELNIE
DRZEWNY		6-12	91	2	7	-	dist. 1,8 poz. 0,5-0,8	KRÓTKI NIEBIESKI	PIECE METALURGICZ.
KOKS		2-3	97	0,5	2,5	-	dist. 1,8 poz. 0,9-1,5	KRÓTKI NIEBIESKI	PIECE META- LURGICZNE.

dist. - istotna poz. - pozorna.

Są to oczywiście ilości procentowe przeciętne, które zmieniają się w poszczególnych gatunkach nie skokami, a w sposób ciągły.

Płomień krótki daje węgiel nie spiekający się, wówczas gdy wszystkie młode gatunki węgla dają płomień długi.

Oprócz wymienionych w powyższej tabeli składników chemicznych w skład węgla kamiennego wchodzi:

a/ Nierozpuszczalne w niczem produkty przemiany celulozy.

b/ substancje żywiczne w ilości około 10 %
oraz olejowe w ilości około 1 %, rozpuszczalne w SO₂,
fenolu i t.d.;

c/ popiół w ilościach od 2,5 % i wyżej /zazwyczaj poniżej 20 % / .

Substancje żywicowe i olejowe spajają węgiel i powodują spiekanie; dlatego też antracyt nie daje się przerabiać na koks, a w wyniku przeróbki otrzymujemy proszek.

Ponieważ w czasie prażenia węgiel, dzięki zawartości produktów lotnych, mógłby stać się miękkim i plastycznym, dlatego też w piecach hutniczych używany bywa koks.

Zawartość produktów lotnych w dobrym węglu winna wynosić 6 %, dlatego też węgiel o większej zawartości tychże /około 20 % / nie powinien być w hutnictwie używany.

Wartość opałowa węgla wynosi 7500 kalorji dla niższych gatunków węgla, zaś dla antracytu wynosi 8200 kalorji. Przy obliczaniu wartości opałowej nie uwzględniono zawartości popiołu.

Popiół pozostaje w koksie, wchodzi w skład żużli, przyczem wielkie znaczenie ma jego topliwość. Temperatura krytyczna /punkt topliwości/ wynosi od 1000° do 1500° wyżej zera.

Przeciętny skład popiołu /według Le Chatelier/:
 SiO_2 - 56 % , Al_2O_3 - 36 % , Fe_2O_3 - 8 % , CaO - 2 % ,

MgO - 1 % , K₂O - 2 % , SO₃ - 1 % /w połączeniu z żelazem/.

Światowa produkcja węgla w r.1909 została podzielona według gatunków węgla w sposób następujący:

węgiel płomienny	32 %	ogólnej	produkcji
" gazowniczy	20 %	"	"
" koksujący	25 %	"	"
" chudy	8 %	"	"
antracyt	15 %	"	"

Zużycie węgla w Niemczech w r.1912:

przemysł 70 % ogólnego zużycia

opał domowy 12 % " "

środki komuni-

kacyjne /mary-

narka i koleje/ 15 % " "

gazownictwo 3 % " "

2/ K o k s prawie że wyłącznie używany w obecnem hutnictwie, otrzymywany bywa z węgla kamiennego t.zw. koksującego.

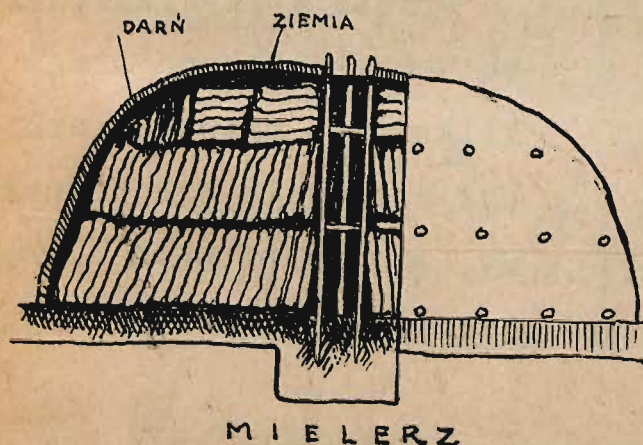
Na ziemiach polskich węgiel koksujący znajduje się w znacznych ilościach w Zagłębiu Karwińskim /Karwina Czeska/ oraz na Górnym Śląsku w powiatach Pszczyńskim i Rybnickim.

Do najlepszych gatunków węgla koksującego zalicza-

ny bywa taki, który zawiera około 18 - 22 % produktów lotnych.

Węgiel używany do otrzymywania koksu nie może zawierać zbyt małej ilości produktów lotnych, gdyż wówczas rozpadałby się w czasie destylacji /np. antracyt/.

Ostatnie próby doprowadziły do sztucznych sposobów otrzymywania węgla kamiennego koksującego, o pożądanej większej zawartości produktów lotnych. W celu otrzymania węgla koksującego sztucznego, ubijano sproszkowane i zmieszane różne gatunki węgla kamiennego tak dobrane, ażeby łącznie dawały przeciętną zawartość produktów lotnych około 20 % .



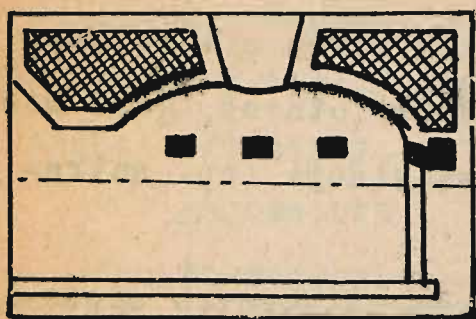
RYS.1.

Piece wspomniane były ładowane przez otwór z góry, opróżniane zaś z boku /rys. 2/.

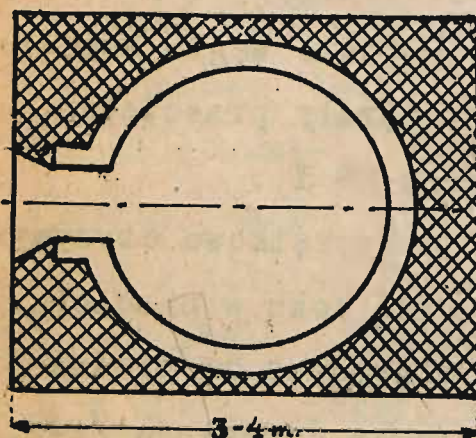
Początkowo otrzymywano koks w piecach, używanych do produkcji węgla drzewnego /rys.1/.

Następnie do wydobywania koksu budowano t.zw. piece ulowe /zwane we Francji dla swego kształtu piekar-

PRZEKRÓJ C-D



PRZEKRÓJ A-B



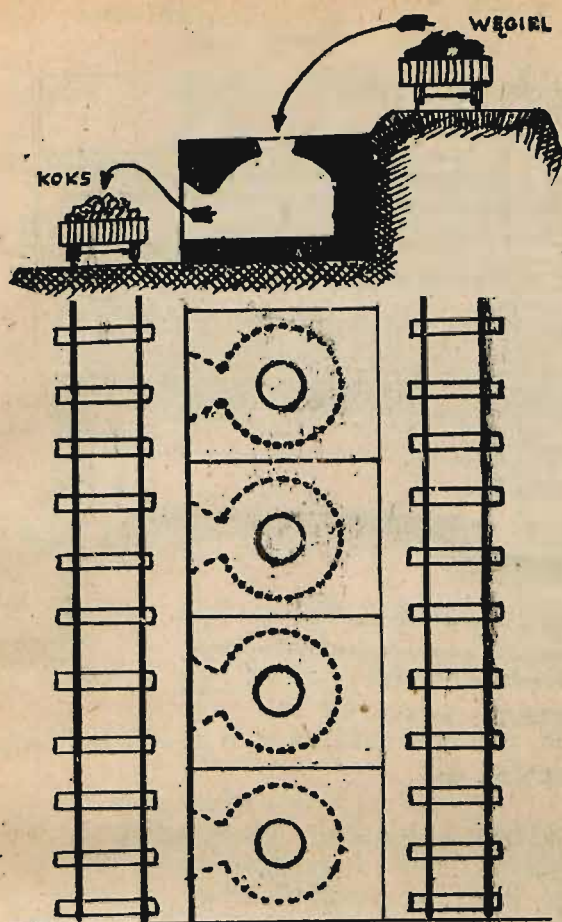
RYS. 2.

produktów ubocznych.

Z tego powodu w dzisiejszym przemyśle koks bywa otrzymywany w piecach retortowych, w których węgiel koksujący praży się nie wchodząc w bezpośrednią styczność z płomieniem. Sposób ten wynaleziono we Francji,

Dla szybszej produkcji budowano cały szereg takich pieców jeden obok drugiego w większej ilości; zwykle na zboczu góry, tak iż ponad niemi była ułożona kolejka wąskotorowa, którą był dostarczany węgiel koksujący, zaś przy otworach bocznych druga kolejka, w celu wywożenia otrzymywanego koksu /rys.3/.

Proces otrzymywania koksu w tych piecach trwał kilka dni, przyczem nie był należycie wykorzystany, gdyż w piecach ulowych traciło się wiele cennych



RYS. 3.

używany zaś był początkowo głównie w Niemczech.

Piece retortowe ogrzewane są płomieniem gazowym.

W piecach retortowych systemu Otto kanały ogrzewające przebiegają pionowo, w innych zaś, jak np. systemu Semet-Solvay'a - poziomo.

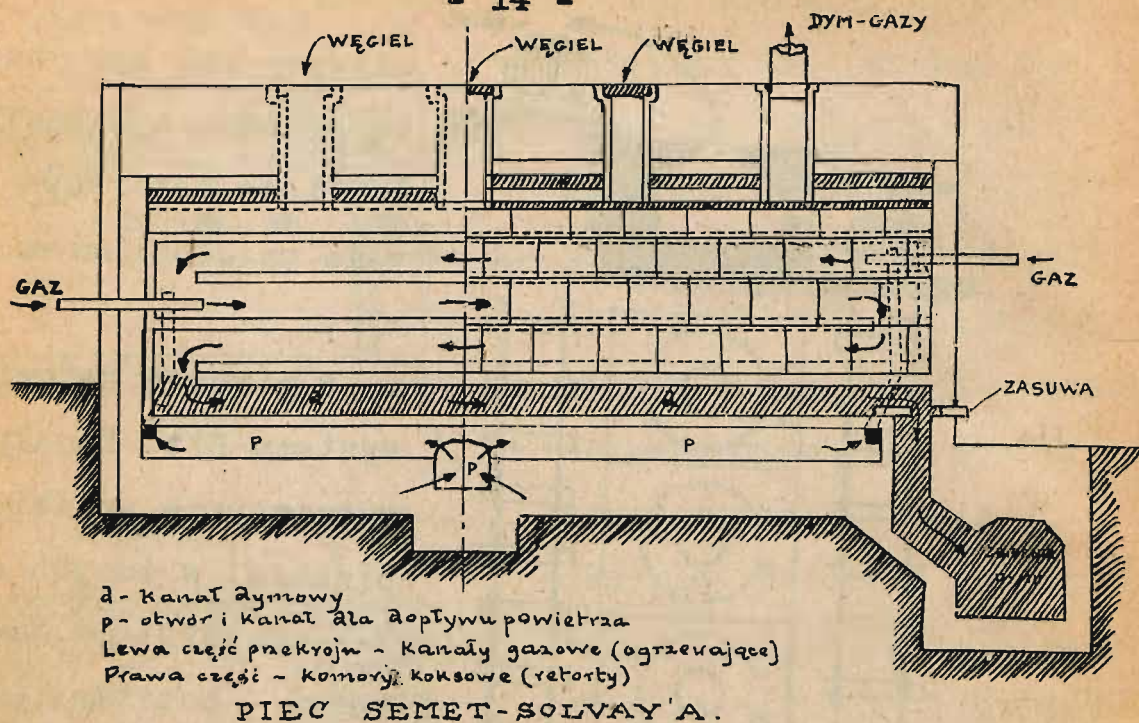
Piece systemu Otto mają tę wyższość nad innymi, iż posiadają nadzwyczaj prostą konstrukcję

W piecach o bardziej skombinowanej konstrukcji jak Semet-Solvay'a destylacja odbywa się w szybszym tempie i łatwo można obserwować jej przebieg /rys. 4/.

Proces destylacji w piecu retortowym trwa około 30 - 36 godzin.

Ogromną jest również wydajność tych pieców, gdyż jako produkt destylacji 1 tonny węgla koksującego, otrzymujemy około 75 % koksu oraz do 300 m³ gazu.

Na ogrzanie tego pieca należałoby zużyć blisk



RYS. 4.

pożowę wytwarzanej ilości gazu, jednakowoż ze względu na wartość zawartych w nim produktów /t.zw. pogazowych/, do ogrzewania bywa stosowany gaz o mniejszej wartości cieplnej i tańszej produkcji, otrzymywany z miaku węglowego.

Ponadto z 1 tonny węgla koksującego otrzymujemy około 30 - 35 kg. produktów pogazowych, w tem około 20 kg. smoły pogazowej, 3 - 5 kg. benzolu oraz 8 - 10 kg. siarczanu amonowego.

Gaz otrzymywany przy destylacji węgla koksującego nie jest zupełnie czystym i zawiera różne domieszki: pary amoniaku, mgły smoły pogazowej i innych.

Amoniak neutralizuje się na siarczan amonowy mając

cy szerokie zastosowanie w rolnictwie, zaś mgłą smoły pogazowej usuwa się przez wytryskiwanie ze smoły olei ciężkich /antracenowych/, które porywają ze sobą mgłą smolistą.

Benzol zazwyczaj otrzymywany bywa częściowo w postaci olei ciężkich, głównie zaś z procesu przepłukiwania gazu.

Prócz wyżej wspomnianych jako produkty pogazowe otrzymywane są ciała aromatyczne, jak anilina, naftalina, fenol /używany do wyrobu kwasu pikrynowego, mającego szerokie zastosowanie w fabrykacji silnych materiałów wybuchowych/.

Dla otrzymywania i wyzyskania tych wszystkich produktów ubocznych przy destylacji węgla koksującego stosowane są głównie piece retortowe na całym świecie, zwłaszcza zaś w Niemczech i Ameryce /Stanach Zjednoczonych/.

Istotny ciężar właściwy koksu jest 1,7 do 1,8 ; pozorny do 1.

Wytrzymałość koksu na zgniecenie /ściskanie/ wynosi od 90 do 180 kg/cm^2 i ma dość poważne znaczenie, gdyż przy mniejszej wytrzymałości koks w wielkim piecu ulegałby zgnieceniu /zmiędźnieniu/. Chociaż w praktyce hutniczej ciśnienie skupia materiałów wielkopieco-

wych nie przekracza zwykłej wytrzymałości koksu na zgniecenie, mimo to jednak koks może się nie nadawać do procesu wielkopiecowego, gdyż wchodzi tu w grę czynnik innego rodzaju: wytrzymałość i odporność na ścieranie, koks, nie posiadający takiej odporności nie może być użyty w wielkim piecu, gdyż starłby się na proszek.

3/ Węgiel brunatny /lignit/ zawiera po wysuszeniu znaczny procent wody /około 15 % w zwykłych warunkach/.

Przy destylacji węgla brunatnego otrzymujemy kwas octowy, którego nie jesteśmy w stanie otrzymać z innych gatunków węgla kamiennego.

Węgiel brunatny pali się długim dymiącym płomieniem.

4/ Drzewo . Ciężar właściwy drzewa jest 1,5 /jest to istotny ciężar właściwy wówczas, gdy pozorny określić by można na 0,5 do 0,9 dzięki porowatości drewna/.

Drzewo świeżo rąbane zawiera do 50 % wilgoci, po roku suszenia około 25 %, przy specjalnem suszeniu nigdy nie zawiera mniejszych ilości tejże niż 15 %, gdyż nawet po obniżeniu tej ilości drogą sztucznego osuszania, po przejściu do normalnych warunków, drze-

wo dzięki swym własnościom hygroskopijnym znowu wciągnie w siebie do 15 % wody.

Wartość opałowa drzewa wynosi 4700 kalorii.

5/ T o r f - zawiera dużo popiołu /6 - 20 %/ i wilgoci /około 50 % wody/, którą nadzwyczaj trudno usunąć, gdyż zatrzymywana jest przez ciała koloidalne, wchodzące w skład torfu, odparowywanie zaś wody niszczy wartość cieplną torfu.

Najlepszym i najtańszym sposobem osuszenia torfu jest ogrzewanie tegoż w atmosferze pary wodnej o temperaturze do 180° około pół godziny, a następnie prasowanie /brykietowanie/. Otrzymywany w ten sposób torf ma gęstość 1,3.

Wartość cieplna torfu wynosi 6500 - 7000 kalorii.

6/ R o p a n a f t o w a - o wartości cieplnej 10000 - 11000 kalorii i składzie następującym: C - 83 %, H_2 - 11 %, O_2 - 3 %, inne domieszki 3 %.

7/ G a z z i e m n y - o wartości opałowej 10000 kalorii/mtr³ oraz składzie następującym: CH_4 /metan/ - 90 %, C_2H_6 /etan/ 10 %.

8/ G a z ś w i e t l n y - wartość opałowa



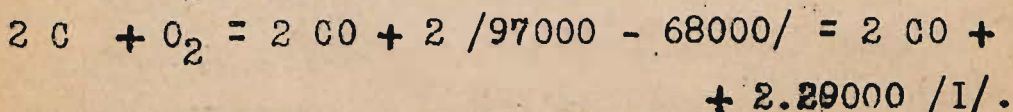
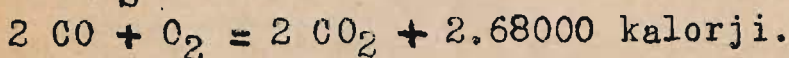
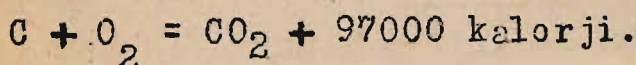
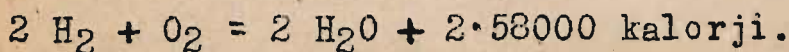
gazu przedwojennem produkcji około 5000 kalorii,
obecnej produkcji około 2500 - 3000 kalorii.

9/ W ę g i e l d r ' z e w n y - używany
dawniej w piecach hutniczych, wytwarzany jest w sto-
sach układanych ze szczap drzewa t.zw. mielerzach,
pokrytych ziemią i darnią.

Pośrodku stosu pozostawia się kanał dla odpływu
gazów oraz u dołu i boku kanał dla zbierania prod.po-
gazowych /rys.1/. Gatunek węgla zależy od osobistych
zdolności węglarza.

II. W Y T W A R Z A N I E C I E P Ł A .

Głównym źródłem ciepła w wielkich piecach jest
spalanie wodoru i węgla.

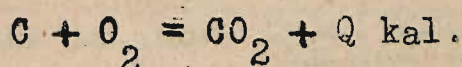


Równanie /I/ zostało wyprowadzone na podstawie

P r a w a H e s s e g o : C i e p ł o w y -
w a r z a n e w c i a g u s z e r e g u
e a k c j i n a s t ę p u j ą c y c h p o .
b i e b ę d z i e j e d n a k o w e , j e -

że li o t r z y m a m y t e n s a m
p r o d u k t k o ń c o w y n i e z a l e ż
n i e o d r e a k c j i j a k i e
o n p r z e c h o d z i ł .

Liczby powyższe podają ilość kalorii zaokrągloną do tysiąca, bywa natomiast, że różnice ciepła wytwarzanego w poszczególnych reakcjach dochodzą do jednostek tysięcy. Ilości te zależą są również od jakości produktu początkowego branego do reakcji np. w wypadku:



$Q = 97650$ kal. dla węgla bezpostaciowego.

$Q = 94800$ " " grafitu.

$Q = 94300$ " " dyamentu.

Należy podkreślić również zależność cyfr od produktu końcowego /otrzymywanego/ np. woda:

+58000 kal. dla pary wodnej.

+69000 kal. dla cieczy /ilość kalorii się zwiększa z powodu skraplania pary/.

Poniższa tabelka podaje nam ilość ciepła tworzenia różnych związków chemicznych:

CIEPŁO TWORZENIA

Starczki:

$FeS + 24000$

$CaS + 92000$

$MnS + 46000$

$MgS + 80000$

Tlenki:

$\text{FeO} + 65000$	$\text{CaO} + 131000$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 195000$	$\text{MgO} + 143000$
$\text{Fe}_3\text{O}_4 + 269000$	$\text{SiO}_2 + 196000$
$\text{MnO} + 91000$	$\text{P}_2\text{O}_5 + 365000$
$\text{SO}_2 + 71000$	

Sole:

$\text{FeCO}_3 + 184000$	$\text{CaSiO}_3 + 344000$
$\text{FeSiO}_3 + 255000$	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 919000$
$\text{CaCC}_3 + 271000$	$\text{CaC}_2 - 7200$

Gazy:

$\text{CO}_2 + 97000$	$\text{CH}_4 + 19000$
$\text{CO} + 29000$	$\text{C}_2\text{H}_2 - 58000$
$\text{H}_2\text{O} + 58000$ para	$\text{H}_2\text{O} + 69000$ ciecz

Liczby powyższe oznaczają kaloryje wielkie dla kilogramo-drobiny oraz małe kaloryje dla gramo-drobiny.

Dane powyższe są obliczane empirycznie: spala się ciało poddawane badaniu w kalorymetrze, doprowadzając konieczną ilość tlenu z dwutlenku sodu, który zamienia się na tlenek sodowy. Zapala się ciało badane, wrzucając do kalorymetru kawałek rozżarzonego drutu.

We Francji używane są w tym celu kalorymetry, do których doprowadzany bywa tlen ściśniony, zaś zapalanie ciał badanych dokonywane bywa przy pomocy iskielek elektrycznych.

Ilość ciepła otrzymywanego z takich reakcji jak np.:



oblicza się na podstawie prawa Hessa, ponieważ CO jest zawsze pomieszane z CO₂, co spowodowałoby niedokładność obliczeń przy pomocy kalorymetrów.

Przy obliczaniu ciepła, otrzymanego ze spalania ciał złożonych, stosowana bywa reguła Weltera, polegająca na tem, że: gdy ciało badane zawiera C, H i O to zakładamy, że wszystkie wchodzące w skład badanego ciała substancje spalają się oddzielnie z wyjątkiem H i O, które można uważać już za spalone /np. w C₆H₁₀O₅/ ciepło wydzielone jest takie, jak gdyby H₁₀O₅ było już spalone na 5 H₂O/.

Ogólna ilość ciepła wytworzonego przy spaleniu oblicza się ze wzoru

$$Q = 81 C + 290 \frac{H}{8.0} + 25 S - 6 W.$$

gdzie C oznacza ilości procentowe węgla, H - wodoru, O - tlenu, S - siarki i W - wody; współczynniki przy nich natomiast są obliczane w sposób następujący:

spalanie drobiny kilogramowej /t.j. 12 klg./ C na CO_2 daje 97000kalorji - więc 1 kg. da

$$\frac{97000}{12} = 8100 \text{ kal. skąd } 1 \% \text{ C w kilo-}$$

gramie ciała spalanego daje 81 kalorji.

Podobnież 2 kg. H_2 daje przy spalaniu na H_2O - 58000 kalorji - więc 1 kg. daje $\frac{58000}{2} = 29000$ kalorji, a 1 % H_2 w 1 kg. ciała spalanego da 290 kal.

Od ilości wodoru, zgodnie z regułą Weltera należy odliczyć na 1 drobinę O_2 dwie drobiny H_2 , które utleniło O_2 w substancji badanej, więc na 32 kg. O_2 będziemy mieli 4 kg. H_2 , na 1 kg. O_2 będziemy mieli:

$$\frac{4}{32} \text{H}_2 = \frac{1}{8} \text{H}_2$$

z tego należy liczyć, że badane ciało posiada wodoru $/\text{H} - \frac{1}{8}\text{O}/ \%$. Podobne obliczenia przeprowadza się dla siarki i dla wody - ilość ciepła konieczna do zamiany w parę 18 kg. wody jest 11000 kalorji, zatem na 1kg. H_2O potrzeba 600 kal., a na 1 % H_2O potrzeba 600 kal., a na 1 % H_2O w 1 kg. badanej substancji 6 kal.

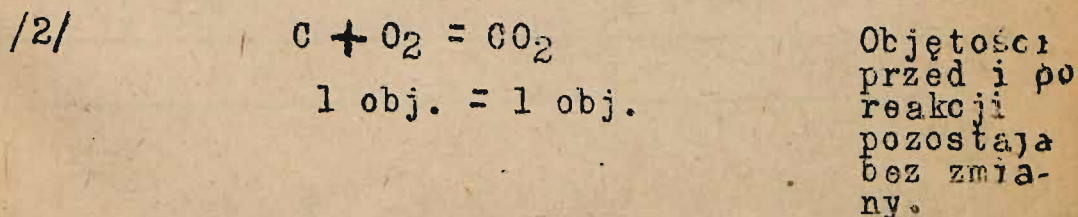
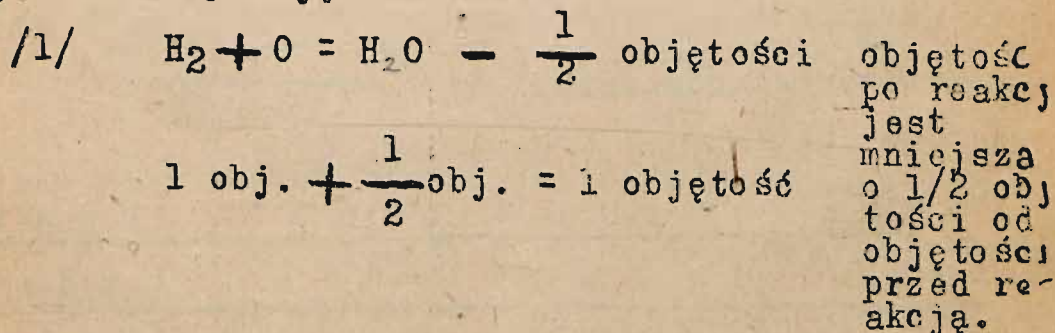
Wzór /II/ jest tylko przybliżonym; zwykle brane są cyfry o 200 - 300 kalorji mniejsze, co zresztą jest zrozumiałe, gdyż w praktyce laboratoryjnej

otrzymujemy znacznie większe ilości ciepła aniżeli w praktyce fabrycznej, gdyż badania laboratoryjne dokonywane są zazwyczaj z lepszym i suchszym węglem

Przy spalaniu zachodzą również zmiany objętości, które łatwo obliczyć, biorąc pod uwagę, że 1 drobi-
na gramowa posiada objętość 22,32 l. /w normalnej
temp. 22,4 l./, przy ciśnieniu słupa rtęci wysoko-
ści 760 mm. i temperaturze 0° wg. Celsjusza /prawo
Avogadry/.

Ze wzrostem temperatury, wzrasta ciśnienie obję-
tości /zgodnie z prawem Gay-Lussac'a/; w danym wy-
padku przy wzroście temperatury o +273° Celsjusza
objętość będzie dwa razy większa.

Przy najpospolitszych reakcjach zachodzą nastę-
pujące zmiany objętościowe:



/3/ $CO + O = CO_2 - 1/2 \text{ objętości}$ jak
w przypad-
ku /2/

1 obj. + 1/2 obj. = 1 obj. - 1/2 obj.

/4/ $CO_2 + O = 2CO + 1/2 \text{ obj.}$ objętość po re-
akcji jest o pół
1/2 obj. = 2 obj. objętości większa
od objętości przed
reakcją.

III. DOPŁYW POWIETRZA.

Przy obliczaniu pieca potrzeba również wiedzieć, jaki jest konieczny dopływ powietrza dla prawidłowego przebiegania procesu wielkopiecowego.

Wiemy, że suche powietrze składa się z następujących stosunków objętościowych: $O_2 - 20,8 \%$ oraz N, Ar, Kr, Xe, He łącznie - $79,2 \%$. Oddzielnie biorąc przyjmujemy stosunek objętościowy $O_2 - 20 \%$ oraz N i gazów nieczynnnych łącznie - 80% , co da się wyrazić przez równanie:

$$V / \text{powietrze} / = O_2 + 4 N_2 .$$

K o n i e c z n a i l o ś ć p o w i e -
t r z a d o s p a l a n i a b a d a n e -
g o c i a ł a b y w a o k r e ś l a n ą
w e d ł u g n a s t ę p u j ą c e g o w z o -
r u / w k i l o g r a m a c h / :

$$V / \text{obj. pow.} / = \frac{8/3 C + 8 H + S - O}{100}$$

5.22.4

32