

puszczona woda. Czynności te powtarzane są tak długo, aż potrzebna ilość materiałów zostanie wciągnięta na górę. Aby skrzynki z wagonikami nie mogły się poruszać zbyt szybko, i aby całe urządzenie przez to nie ulegało uszkodzeniu, - szybkość tę reguluje się za pomocą wyżej wspomnianego hamulca

h .

Stosowane są również do podnoszenia materiałów do pieca wapiennego w cukrowniach - dźwigi, poruszane siłą prądu elektrycznego, - urządzone w sposób podobny, jak zwykle dźwigi /windy/ w domach mieszkalnych.

C. DZIAŁANIE I PROWADZENIE PIECÓW WAPIENNYCH.

Zastanówmy się teraz nad całokształtem procesów, jakie zachodzą w piecach wapiennych, oraz nad sprawą ich prowadzenia. Uwzględnimy przytem głównie piec bespaleniskowy, jako bardziej rozpowszechniony w cukrowniach.

a. P r o c e s y , z a c h o d z a c e w p i e c u w a p i e n n y m .

Piec wapienny w cukrowni jest czynny bez przerwy i działa w sposób tem więcej zbliżony do ciągłego,

in częściej odbywa się odciąganie w dołu wypalonego wapna, z równoczesnem ładowaniem u góry nowych ilości materiałów. Załadowany wapieniak przesuną się co pewien czas z góry nadół - nie tylko perjedycnie - skutkiem odciągania wapna u dołu szybu, lecz również - choć swolna, jednak stale - skutkiem samego procesu rozkładu wapieniaka na wapno i dwutlenek węgla, przyosem tworzące się wapno zajmuje mniejszą objętość, aniżeli pierwotny wapieniak, - ewent. też /w piecu belgijskim/ - skutkiem spalania się paliwa w szybie - i zostaje ^{wapieniak} najpierw w górnej części pieca stopniowo ogrzany przez podnoszące się od dołu gorące gazy, które te gazy przytem są ochłodzone; w środkowej części pieca - wapieniak, naskutek panującej tu wysokiej temperatury, ulega rozkładowi; w dolnej zaś - otrzymane gorące wapno zostaje ochłodzone przez dopływające do szybu powietrze, które w ten sposób jest podgrzewane.

Widzimy tedy, że piec wapienny jest aparatem, który działa na zasadach **p r z e o i w p r a d u**, i równocześnie - aparatem, w którym **o i e p ł o**, **w e k e d s a c e** **s** **p r o d u k t a m i**, jest w sposób racjonalny **w y z y s k a n e**.
W środkowej części pieca - w pasie najwyższej tempe-

ratury - t.j. "ogniowym" lub "rozkładającym"
- odbywają się procesy chemiczne - spalania paliwa /koks u lub gazu generatorowego/ i rozkładu /kosztem części wydzielonego ciepła/ węglanu wapnia. Pasy zaś górny i dolny są r e g e n e r a - t o r a m i ciepła, akumulowanego w pasie "ogniowym"; w górnym pasie - "podgrzewającym" - ciepło, zawarte w gazowych produktach spalania paliwa i dysocjacji węglanu wapnia, - zostaje zużyte na podgrzanie i podsuśnięcie ładowanego do pieca wapiaka /ewent. i koks u/, - w pasie zaś dolnym - "ochładzającym" /t.j. ochładzającym wapno/ - ciepło otrzymane go produktu stałego /wapna/, służy do podgrzania powietrza, wchodzącego do szybu - potrzebnego do spalania paliwa, a pozostań i do innych celów, o których była mowa wyżej - w "Uwagach wstępnych". Podgrzewanie doprowadzanych od góry i od dołu materiałów potęguje oczywista, przebieg procesów chemicznych, odbywających się w środkowym pasie pieca. Kównologie zaś idące w piecu ochłodzenie otrzymywanych produktów - również posiada duże znaczenie: ochłodzenie gazu jest konieczne ze względu na pompę - i część zadania tego zostaje w sposób właściwy wypełniona już w samym piecu; wypalone zaś wapno również powinno być ochłod-

dzono przed usuwaniem go z szybu - a to celem umożliwienia pracy zatrudnionych tam robotników.

Pas ochładzający w piecu "generatorowym" znajduje się w dolnej - cylindrycznej - części szybu - poniżej kanałów, doprowadzających doń gaz generatorowy, w piecach zaś bezpaleniskowych - również w dolnej części, zajmując niekiedy część górnego stożka; poziom górnej granicy tego pasa w piecach bezpaleniskowych ulega pewnym wahaniom - w zależności od położenia pasa ogniowego. Wysokość pasa ochładzającego powinna być taka, aby zsuwające się w dół wapno mogło przed opuszczeniem szybu dostatecznie ostygnąć, wchodzące zaś powietrze - w należytej mierze być podgrzane /temperatura wyladowywanego z pieca wapna wynosi - przypuszczalnie - 250° - 100° , zaś powietrza, dostającego się do pasa ogniowego, 600° - 700° lub nieco wyżej/.

Pas rozkładający, inaczej zwany ogniewym, leży w górnej - stożkowej - części pieca wapiennego. Jest to główny pas - rzecz można, piec właściwy.

Granice strefy "ognia" nie są czemiś ściśle określone i stałe. Obok egzotermicznego procesu spalania paliwa zachodzi tu endotermiczny proces rozkładu węglanu wapnia, - i temperatura, panująca w strefie "ognia", jak również granice ^{tej} strefy i miejsce, są jmo.

przez nią
wapno w szybie, - zależne są od całego szeregu czynników : od własności i składu paliwa i wapniaka, od stosunku pomiędzy ilością spalanego paliwa a ilością ładowanego w tym samym czasie wapniaka, od ilości doprowadzanego powietrza, od szybkości przesuwania się szczyry nadół przez piec jego zawartości, czyli od tego, w jakich odstępach czasu i w jakiej ilości jednorazowej - odciągane jest z szybu wapno, i in. Np. im bardziej intensywnie - przy innych jednakowych warunkach - odbywa się proces spalania /im większe jest zużycie paliwa na 1 kg. wapniaka przy minimalnym nadmiarze powietrza/, - tem wyższa temperatura jest osiągana w szybie i tem bardziej rośnie strefa "ognia"; ważnym czynnikiem jest ciąg, zależny od liczby obrotów pompy gazowej i od oporów, napotykaných przez przepływające gazy; - reguluje on wysokość i temperaturę strefy "ognia". Im częściej i im w większej ilości wyładowuje się wapno, a więc też im częściej i im w większej ilości wprowadza do szybu szyny surowy materiał /przy jednakowych innych warunkach/, - tem więcej się obniża temperaturę, wysokość i miejsce strefy "ognia".

Najwyższa temperatura, jaką się utrzymuje w środkowej części pasa ogniowo-rozkładowego, - dochodzi,

jakośny wskazali na str. 453, do 1100° - 1300°C . - stosuje się tak wysoką temperaturę w celu przyspieszenia procesu rozkładu węglanu wapnia.

Temperatura i wysokość strefy "ognia" powinny być takie, aby, z jednej strony, wapniak w kawałkach o pewnej wielkości mógł możliwie całkowicie się rozłożyć, - z drugiej zaś strony, wypalone wapno nie było zbyt silnie i długo prażone. Przy zbyt niskiej temperaturze i zbyt niskiej strefie ogniowej - otrzymuje się wapno niedopalone i gaz saturacyjny o zbyt małej zawartości CO_2 . Zbyt wysoka temperatura strefy "ognia" i nadmierna wysokość tej strefy, o ile się przytem odpowiednio nie przyspieszy wyładowywania pieca, - powoduje otrzymywanie t.zw. "przeżalonego" / "martwego" / wapna - z trudnością ulgającego lasowania / bez wydzielania ciepła / - lub nawet "stąpienie" pieca i zawisanie zawartości. W ostatnim przypadku twardsz się rodzaj szklawa z otrzymanego wapna oraz z krzemionki i innych składników kamienia i materiału obmurowania.

Powyżej pasa ogniowego pieca leży pas podgrzewający. Wysokość jego uzależniona jest, zresztą oczywiście, od rozmiaru w szybie poprzedniego pasa. Wysokość ta powinna być taka, aby górne warstwy za-

wartości szybu nie były rozżarzone, i uchodzące z pieca gazy posiadały możliwie niższą temperaturę, mianowicie - 450° - 300° . Ważna rola tego pasa - poza chłodzeniem gazów odlotowych - polega na tem, że ładowane do szybu materiały zostają tu podgrzewane oraz pozbawiane części wilgoci.

Szczyt pieca - przestrzeń, znajdująca się pod samym wylotem szybu, nie napełniana wapniakiem /i koksem/, - odgrywa rolę zbiornika, regulującego dopływ gazu do pompy gazowej.

Przechodzimy do ilościowej strony procesów.

By rozłożyć 100 gr. CaCO_3 na CaO i CO_2 , należy zużyć /por. str. 447/ 42,5 Cal. /dużych kaleryj/, a więc spalić węgla /przyjmujemy wartość opałową $C = 8080$ cal./gr./ $42500 : 8080 = 5,26$ gr., czyli ok. 5,3 % C. Stosując zaś wapniak o zawartości np. 97 % CaCO_3 i koks o wartości opałowej np. 7300 cal./gr., powinni bylibyśmy zużyć do przerebu 100 gr. wapniaka na wapno w piecu belgijskim - teoretycz-

Nie -

$$\frac{42500 \times 0,97}{7300} = 5,65 /gr./$$

czyli około 5,7 % koksu /na 100 cz. wapniaka/.

W rzeczywistości jednak zużywa się do wypalania

wapna w piecu bezpaleniskowym - najmniej 8 %, zwyk-
le zaś - 9-12 % /i więcej/ koksu /na 100 cz. kamie-
nia/, czyli o 75 - 110 % więcej, aniżeli obliczono
wyżej. Z zestawień bilansów cieplnych-działających
pieców wapiennych belgijskich-wynika, że endoter-
miczna reakcja rozkładu CaCO_3 w piecu wapiennym po-
chłania ok. 50 - 60 % całej ilości ciepła, wytwarza-
nej przez spalanie paliwa. Nadmiar ciepła konieczny
jest ze względu na inne związane z wypalaniem wapna
procesy i na nieuniknione straty. Te dodatkowe po-
zycje rozchodu paliwa w piecu belgijskim-przedsta-
wiają się jak następuje:

1/ odparowanie wody, zawartej w kamieniu i pali-
wie.

2/ wyrównanie strat ciepła, wynikających z nie-
całkowitego spalania C w koksie /C na CO/.

3/ wyrównanie strat ciepła, wynikających z tego,
że część palnych składników koksu ^{część} /węglu/ /w postaci
żuźla/ zostaje wyładowywana z wapnem, - i

4/ wyrównanie strat ciepła nazewnątrz pieca przez
ściany i ciepła, uchodzącego z gazami odletowemi i
wapnem.

By się zorientować w poszczególnych pozycjach
rozchodu ciepła, dostarczanego przez paliwo, - zestaw-

ny na przykładzie bilans ciepłoty pieca belgijskiego. Uprzednio wypadnie przeprowadzić pewien rachunek przygotowawczy. Jednocześnie się wyłoni i bilans materialny pieca.

Przypuśćmy, że

1/ wapniak zawiera: CO_2 - 43,0 % , H_2O - 0,5 % , CaO - 54 % oraz piasku i gliny - 2,5 % /celem uproszczenia rachunków, przypuszczamy, że wapniak nie zawiera MgO /,

2/ koks zawiera: C - 88,0 % , H_2 - 1,2 % , O_2 - 1,6 % , H_2O - 0,2 % , popiołu - 9,0 % - i posiada wartość opałową - 7300 Cal/kg. .

3/ temperatura powietrza = 10°C . i stopień jego nasycenia wilgocią wynosi - 80 % ; zużywa się powietrza - z nadmiarem 20 % w stosunku do ilości, teoretycznie potrzebnej do spalania /spółczynnik nadmiaru $m = 1,2$ / .

4/ temp. gazów odlotowych = 400° , ciepło właściwe. - 0,25 Cal/kg. .

5/ temp. wyładowywanego wapna - 200° , ciepło właściwe. - 0,21 Cal/kg. .

6/ ciepło właściwe powietrza - 0,24, wapniaka - 0,20, koksu - 0,20 Cal./kg. .

7/ gazy odlotowe nie zawierają CO .

8/ wapno wyładowywane z pieca zawiera 0,17 % C -

i 9/ na 100 kg. wapniaka zużywa się 10 kg. koksu.

Rachunek przygotowawczy i bilanse, odniesione do 100 kg. przerobionego wapniaka, zestawione są w postaci tablic XVI, XVII, XVIII /patrz str. 478, 479; 480/. Otrzymane liczby nasuwają cały szereg uwag.

Z całej ilości ciepła, pobranego przez piec, w rozważanym przykładzie zostało zużyte do celu właściwego, a więc na rozkład CaCO_3 /pozycja 1-sza rozchodu ciepła/ - 56,1 % , skutek zaś użyteczny pieca /w stosunku do wartości opałowej zużytej ilości paliva^{x/}/ wyniósł:

$$\frac{41225 \times 100}{73000} = 56,5 \%$$

Reszta pozycji rozchodu /2, 3, 4, 5 i 6-te/, wynoszące w sumie 43,9 % całej ilości ciepła, jako niecelowe, - są stratami ciepła.

Najpoważniejszą z tych pozycji jest 2-ga, dotycząca gazów odletowych, - wynosi bowiem np. w danym przypadku więcej niż połowę całej ilości stra-

x/ Z tablicy XVIII widzimy, że pozycje przychodu ciepła 2, 3 i 4-te w sumie stanowią tylko 0,7 % 1-szej, - więc w praktyce mogą być pomijane.

TABELICA XVI.

Rachunek przygotowawczy do bilansów pieca belgijskiego.

Koks wyjściowy		Rozdziel. składnik. koks.		Spalanie koks.						Wapno.												
		Zaw. %	W 10 kg. kg.	W wap. kg.	W gaz. kg.	Powietrze			Gazy odlotowe.			Część koks. (kg)	Piasek, glina.									
C	88,0	8,80	0,16	8,70	23,20 ³⁾																	
H ₂	1,2	0,12		0,12	0,96 ³⁾							1,08										
O ₂	1,6	0,16		0,16	-0,16 ³⁾																	
N ₂																						
H ₂ O	0,2	0,02		0,02								0,02										
Pop.	9,0	0,90		0,90																		
Razem	100,0	10,00	1,00	9,00	24,00														0,90			
Balast powietrza																						
Ogółem kg.	10,00	1,00	1,00	9,00	28,80	4,80 ⁴⁾	95,04 ⁵⁾	0,87 ⁶⁾				31,90	1,10	4,80	4,80	95,04						
Z 10 kg koks. spalono 9 kg.																						
Wapniak wyjściowy 100 kg.																						
Wapniak wyjściowy 100 kg.		Zużyto pow. 124,71		Otrzym. gaz. 133,71.																		
		CO ₂		43,0%		43,00																
		H ₂ O		0,5%		0,50																
		CaO		54,0%		54,00																54,00
Piasek, glina		2,5%		2,50																	2,50	
Razem				74,90		2,47		4,80		95,04		1,00		54,00		2,50				2,50		

Do bilansu:

$$10 \text{ kg. koksu} + 100 \text{ kg. wapienka} + 124,71 \text{ kg. pow.} = 177,21 \text{ kg. gazu} + 57,50 \text{ kg. wapnic}$$

1/ Przypuścmy, że z 10 kg. koksu dostaje się do wapna x kg. C. Otrzymane ze 100 kg. wapienka i 10 kg. koksu - wapno będzie się przeto składało z 54,0 kg. CaO, 2,5 kg. piasku i gliny, 0,9 kg. popiołu, koksu i x kg. C. Zawiera wapno-0,17 % C. Mamy przeto równanie:

$$x \cdot 100 = 0,17 \quad \text{cięż} \quad x = 0,10 \text{ (kg)}$$

$$54 + 2,5 + 0,9 + x$$

$$2/ \quad 8,70 \times \frac{32}{12} = 23,20.$$

$$3/ \quad 0,12 \times 8 = 0,96.$$

4/ Przy użytecznej ilości tlenu 24,0 kg. i spółoś. miedziarę powietrza 1,2 - miedziarna ilość tlenu wyniesie: 0,2 x 24 = 4,8 kg.

5/ Wraz z tlenem w ilości 28,8 kg. wchodzi do pieca azot powietrza w ilości ok. 3,3 raza większej, czyli w ilości: 28,8 x 3,3 = 95,04 kg.

6/ Na zasadzie tablic, dotyczących wilgotnego powietrza /patrz up. książkę "Hütte" - obliczamy, że 1 kg. suchego powietrza w temp. 10° pobiera 0,007 kg. pary wodnej do nasycenia 90 %-owego; mamy 28,80 x 95,04 = 123,84 kg. powietrza, - przeto pobierze ono: 0,007 x 123,84 = 0,87 kg. pary H₂O.

TABLICA XVII.

Bilans materialny dla pieca Belg., licz. na 100 kg. wapniaka. —

Wprowadzono:		Otrzymano:	
	Kg.		Kg.
1. Wapniaka	100,00	1. Wapna (CaC z ciemnozeleni z wapniaka i koksu	57,50
2. Koksu	10,00	2. Gazów odlotowych	177,21
3. Powietrza	124,71	Razem	234,71
Razem	234,71		

TABLICA XVIII.

Bilans cieplny dla pieca Belg., liczony na 100 kg. wapniaka.

Wprowadzono:		Zużyto i stracono.	
	Cal.		%
1. W postaci wartości opałowej 10 kg. koksu	73000	1. Na rozkład 97 kg. CaCO ₃ zużyto	41255 561
2. Z koksem o t. 10° - 0,20 x 10 x 10	20	2. Na odparowanie wody z koksu i wapniaka zużyto	312 84
3. Z wapniakiem o temp. 10° - 0,20 x 10 x 100	200	to	600 x (0,02 + 0,50)
4. Z powietrzem o temp. 10° - 0,24 x 10 x 124,71	300	3. Z gazami odlotowymi (4000°) otrzymano	17721 241
		4. Z wapniem o temp. 200° otrzymano - 0,21 x 200 x 57,5	2415 33
		5. Stracono w koksie (nie spal. C) 8000 kcal	808 1,1
		6. Straty nieznaczone (przez promieniow. i inne)	11.039 15,0
Razem	73520	Razem	73.520 100,0

conego ciepła. Celem zmniejszenia % strat w gazach odlotowych należy nadawać piecom wapiennym możliwie wysmukły kształt, gdyż lepsze jest w tych warunkach chłodzenie gazów przez posuwające się od góry zimne materiały. Prowadząc zaś piec już zbudowany, powinniśmy dbać o minimalne - w stosunku do ilości wapniaka - zużycie paliwa: obniży się przez to temperaturę gazów, albowiem obniżona będzie temperatura w środkowym pasie pieca. Wskazane wyżej czynniki wpływają również na zmniejszenie strat ciepła w wapnie, które zresztą są względnie małe.

W omawianym przykładzie nie wiele stanowi zużycie ciepła na odparowanie wody z paliwa i kamienia, a to skutkiem małej wilgotności danych materiałów. W praktyce często jest inaczej, - i wówczas ta pozycja strat znacznie wzrasta.

W celu zredukowania strat ciepła przez rozproszenie - jak widzimy, bardzo znacznych - należy zalecać umieszczenie pieca wapiennego w zakrytym budynku.

Z rachunku, objętego tablicą XVI, widzimy, iż piec w danych warunkach pracy z całkowitej ilości otrzymywanego dwutlenku węgla produkuje kosztem spalania koksu - powyżej 40 % , - mianowicie:

$$\frac{31,90 \times 100}{31,90 + 43,00} = 42,6 \%$$

Gdybyśmy zużywali koksu o 10 % więcej, czyli 11% na wagę wapniaka, wówczas stosunek powyższy wzrosłby, - mianowicie do

$$\frac{/31,90 + 3,19/ \times 100}{74,90 + 3,19} = 44,9 \%$$

Niekiedy stosunkowa ilość CO₂, otrzymywanego ze spalania paliwa, jest jeszcze większa. W zależności od %-ej ilości zużywanego paliwa, od składu paliwa i wapniaka i t.d. - waha się ten stosunek w granicach 40 - 50 %. Zbyt daleko idące przekładanie - z wapniaka na paliwo - roli podstawowego materiału /surowca/ w procesie otrzymywania CO₂ - nie jest właściwe, gdyż to obniża wartość gazu saturacyjnego - ujemnie wpływa na jego skład, jak przekonamy się o tem niebawem drogą rachunku.

Zawartość CO₂ w gazach odlotowych - i wogóle skład ich - przy jednakowych użytych materiałach i innych niezmiennych warunkach - zależy w znacznym stopniu: 1/ od ilości doprowadzanego do szybu powietrza /spółczynnika jego nadmiaru/ oraz 2/ od ilości paliwa, zużywanego na 100 kg. wapniaka. Zależności te są uwidocznione w następnej tablicy XIX /patrz str.483/.

T a b l i c a XIX.

SKŁAD GAZÓW ODLOTOWYCH PIECA BELGIJSKIEGO.

Po- szono- gólne gazy.	Waga 1 m ³ . gazu / kg. /	10 % koksu.		11 % koksu.					
		Ilość w kg.		Ilość w m ³ .					
		m = 1,20	m = 1,32	% objęt.	Kg.	m ³ .	% obj		
CO ₂	1,80	74,90	41,61	32,5	30,1	78,09	43,38	31,4	
O ₂	1,31	4,80	3,66	2,9	4,2	5,28	4,03	2,9	
N ₂	1,15	95,04	82,64	90,90	64,6	65,7	104,54	90,90	65,7
			m = 1,20	m = 1,32	m = 1,20	m = 1,32	m = 1,20	m = 1,20	

UWAGI: 1/ Waga 1 m³ gazów / w kg. / podana dla temp. 15°C. i ciśnienia 1 atm.

2/ Literą m oznaczony jest współczynnik nadmiaru powietrza.

3/ Podstawowe liczby dla tablicy XIX wzięte są z tabl. XVI.

4/ Para wodna pominięta jest w składzie gazów odlotowych, gdyż, jak zobaczymy dalej, zawartość H₂O w gazie, tłoczonym do kotłów saturacyjnych, jest minimalna.

Tablica XIX wykazuje, że zwiększenie współczynnika nadmiaru powietrza /o 10 % w przykładzie/ powoduje proporcjonalny wzrost ilości N_2 oraz nieproporcjonalnie wielki wzrost ilości O_2 , skutkiem czego - przy niezminionej ilości CO_2 - jest bardzo znaczne zwiększenie %-owej zawartości w gazach - O_2 /2,9 % do 4,2 %/, zwiększenie zawartości N_2 /64,6 % do 65,7 %/ i zubożenie gazów w CO_2 /zamiast 32,5% - 30,1 %/ .

Zestawiając skład gazów odlotowych, otrzymywanych przy użyciu koksu 11 % na wagę wapienia, ze składem gazów przy użyciu koksu 10 % /przyczem m jest jednakowe $i = 1,2$ /, - widzimy, że zwiększenie zużycia paliwa /w danym przypadku o 10 %/ pozostaje bez wpływu na %-ową zawartość O_2 , zawartość zaś CO_2 maleje /32,5 % do 31,4 %/ - skutkiem tego, że absolutna ilość CO_2 zwiększa się w mniejszym stopniu, aniżeli absolutna ilość N_2 /i O_2 /.

Zbyt mały dopływ powietrza powodować może tworzenie się CO , co jest z wielu względów niepożądane: 1/ zmniejsza się zawartość CO_2 w gazie, 2/ gorzej zostaje wyzyskane paliwo /por. str. 475, p.2/ i 3/ powstaje możliwość zatrucia robotników, zatrudnionych przy saturacji soków.

W praktyce cukrowniczej stosowany jest naogół gaz saturacyjny, zawierający 26 - 31 % CO₂. Rzadko się otrzymuje z pieca gaz, bardziej zasobny w CO₂: możliwe to przy lepszych materiałach, lecz gaz taki zwykle zawiera CO.

b. P r o w a d z e n i e p i e c a
 w a p i e n n e g o .

Jednym z podstawowych warunków pomyślnego biegu wypalania wapna - jest stosowanie odpowiednich materiałów.

Co do składu chemicznego wapniaka, to powinien on być możliwie czysty - o zawartości np. 97 - 98 %, a co najmniej 95 % CaCO₃, gdyż wszelkie domieszki ^{x/}nietylko powodują zmniejszenie wydajności CaO i CO₂, lecz, co ważniejsza, są zwykle przyczyną zanieczyszczenia wapna /w następstwie zaś - soków/ oraz niekiedy - przyczyną niepożądanych zjawisk w biegu pieca. Do bardziej szkodliwych domieszek zaliczane są - gips, alkalja i zawarte w większych ilościach krzemionka i glinika.

^{x/} Nie zmniejsza wydajności CO₂ tylko domieszka MgCO₃.

Gips oraz ewentualnie tworzący się w piecu wapniowym z gipsu - siarczek wapnia /skutkiem odtleniania gipsu - przy niedostatecznej ilości powietrza/, tak samo i alkalja, - wchodząc w skład otrzywanego wapna, zacieczyszczają soki^{x/}; gips pozatem obniża zdolność lasowania się wapna. Większe /np. powyżej 1¹/₂ % / ilości krzemionki /w postaci żyłek kwarcu, w postaci piasku, gliny/ i gliniki - łącznie z żelazem, manganem i innymi składnikami wapniaka - powodować mogą powstawanie "martwego" wapna^{xx/} /inaczej "wilków"/; niekiedy zaś - skutkiem zbyt długiego działania na wapno i te domieszki - nadmiernie wysokiej temperatury w pasie ogniowym pieca - ma miejsce nawet stąpienie się zawartości i ścianek szybu z utworzeniem szkliwa - i "zawisanie" pieca /por. wyżej/. Dawniej unikano wapniaków z większą domieszką węglanu magnezu /t.zw. dolomitowych/ - z tego powodu, że dają one trudniej lasujące się

x/ Szczególniej ujemny wpływ wywiera CaS, który z żelazem aparatów fabrycznych tworzy FeS, - ten zaś powoduje w ostatecznym wyniku szare zabarwienie cukru.

ix/ Tworzą się przytem w pewnej ilości, sądzić należy, glinokrzemiany wapnia - podobnie, jak przy fabrykacji cementu.

/"chude"/ wapno, którego przytem należało jakoby w większej ilości używać przy oczyszczaniu soków. Obecnie pogląd ten uległ zmianie, - i cukrownicy czescy np. stosują wapno o większej zawartości magnezji oraz usiłują dowieść, iż daje ono wyższy efekt oczyszczania, aniżeli zwykłe wapno.

Najczystsze są wapniaki starszych formacyj geologicznych /syluryjskiej i dewońskiej/ - o zwartej ziarnistej strukturze i błyszczącym muszlowym odłamie. Te wapniaki są najlepszym materiałem do wypalania wapna. Wapniak muszlowy formacji triasowej jest : zwykle zanieczyszczony domieszkami gliniastymi, lecz łatwo daje się wypalać - i naogół często jest stosowany. W braku wymienionych gatunków - posilkują się cukrownie i gorszym materiałem, o ile zawartość szkodliwych zanieczyszczeń nie przekracza dopuszczalnej normy, i o ile wypalanie nie jest połączone z większymi trudnościami. Należy zauważyć, że - poza czystością wapniaka - dużą rolę odgrywa struktura kamienia i rozmieszczenie w nim obcych składników, gdyż od tych własności bardzo zależy zachowanie się kamienia w piecu i jakość produkowanego wapna. Tak np. - wapniak o dużych płaskich muszlach i porowaty łatwiej się wypala, aniżeli wapniak muszlowy drobnoziarnisty i zbity. Żyły kwarcowe, któremi często

przerośnięte są wapniaki, nie są tak szkodliwe, jak w tej samej ilości równomiernie rozmieszczona w kamieniu krzemionka, gdyż w drugim przypadku bardziej możliwe jest otrzymywanie przepalonego wapna.

Jak wynika z powyższego, przy ocenie i wyborze wapniaka opierać się należy nie tylko na zestawieniu wyników chemicznego rozbioru wapniaka, lecz równocześnie - na rozpoznaniu cech zewnętrznych - struktury i innych własności petrograficznych kamienia. Najbardziej zaś jest celowe - próbne wypalanie wapniaka i badanie własności i składu otrzymanego zeń wapna.

Im większe są kawałki wapniaka, tem dłużej musi on być prażony w piecu i tem mniejsze, z drugiej strony, stwarza opory dla pompy gazowej. Dbać przeto należy o pewne optimum rozdrobnienia. Zwykle rozbi-ja się kamień na kawałki o wielkości główki dziecka /grubość kawałków 11 - 15 cm./. Wapniak, który rozpada się przytem - wskutek swoistej struktury - na płaskie bryły /płyty/, łatwiej się wypala /aniżeli ten, który nie posiada tej własności/ i może być przerabiany w większych kawałkach; to samo się stosuje do mniej zbitych gatunków kamienia. Rozdrobnienie wapniaka powinno być możliwie równomierne, gdyż

w przeciwnym razie /kiedy obok dużych kawałków są znacznie drobniejsze/ - szyb zostaje zapełniany zbyt szczelnie, - i powoduje to zwiększenie oporów na drodze gazów, pozatem - nierównomierne wypalanie wapna.

Koks, używany do pieca belgijskiego, nie powinien zawierać zbyt wielkiej ilości popiołu /np. powyżej 10 - 11 % / i siarki /powyżej 1 - 2 % /. Popiół naogół nie jest tak szkodliwy, jak siarka, gdyż pośród składników popiołu koksu /skutkiem gaszenia go wodą, wzgl. mycia/ mało jest związków rozpuszczalnych, mało też jest takich, które stają się rozpuszczalnami po wyprażeniu w piecu. Co się zaś tyczy siarki, to część jej odchodzi z gazami odlotowymi w postaci SO_2 , najzupełniej nadającego się do saturacji soków, lecz nadgryzającego dalsze żelazne przewody i aparaturę; następnie - pewna ilość siarki dostaje się w postaci siarczynu lub siarczynu wapnia do otrzymywanego w piecu wapna, co w następstwie powoduje niepożądane zwiększenie zawartości niecukrów w sokach; niekiedy wręcz część siarki dawać może H_2S - niepożądany składnik gazu saturacyjnego. Koks tłucze się na kawałki o grubości 7 - 10 cm., - zanadto drobny koks spala się w piecu zbyt szybko, - zwiększa się przez to zużycie paliwa.

Jako paliwo w piecu generatorowym - używane są prawie wyłącznie mniej wartościowe materiały - jakie są pod ręką: torf, drzewo, węgiel brunatny lub wreszcie - węgiel kamienny. Im suchszy jest ten materiał, im zasobniejszy w składniki palne, im mniej daje żużla i t.p., - oczywiście, tem jest lepiej; naogół jednak - przy odpowiednim urządzeniu generatorów i odpowiedniej ich obsłudze - dają się tu zastosować nawet bardzo niskie gatunki paliwa - rzecz prosta, przy większem ich zużyciu.

Zestawiając wyżej bilans cieplny pieca wapienne-go, widzieliśmy w liczbie pozycyj strat ciepła - jedną, powodowaną odparowaniem wody z materiałów, stosowanych przy wypalaniu wapna, i wiemy już, że ta strata - przy znaczniejszej zawartości w nich wilgoci - może być poważna. Z tego powodu - dbać należy o to, aby zarówno wapniak, jak i paliwo - były możliwie suche. Dobrze jest, gdy koks /który- skutkiem gaszenia go /wzgl. mycia/ wodą w gazowni lub koksowni - może być bardzo wilgotny/, również drzewo oraz inne wilgotne materiały - są sprowadzane do fabryki na długi czas przed kampanją, tak, aby mogły w lecie podeschnąć.

Opisując urządzenie pieców wapiennych, wskaże-

liśmy, w jaki sposób zostaje puszczany w ruch piec na początku roboty. Teraz - po zapoznaniu się z procesami, zachodzącymi w piecu, oraz z kwestją wyboru i przygotowania materiałów - omówić należy sprawę prowadzenia i kontroli pieca przy ustalonym biegu fabrykacji.

Proces wypalania wapna - podobnie jak każdy proces technologiczny - winien być prowadzony w ten sposób, aby otrzymywana była na jednostkę czasu możliwie większa ilość pożądaney jakości produktów przy najmniejszym zużyciu materji i energii. Ściślej mówiąc - w danym przypadku chodzi -

- 1/ o możliwie wyższą jakość otrzymywanego wapna, które powinno być jaknajczystsze i w miarę wypalone,
 - 2/ o możliwie większą zawartość CO_2 w gazach odłotowych i minimum zawartości w nich CO ,
 - 3/ o możliwie mniejsze zużycie paliwa i obmurowania pieca,
 - 4/ o możliwie większą ilość produkowanych na jednostkę czasu - wapna i gazu, czyli o jaknajwiększą szybkość procesu wypalania, oraz
 - 5/ o możliwie mniejszą pracę pompy gazowej.
- Dodać do tego należy, że jakość produktów powinna.

być możliwie stała, z czego, oczywiście, wynika, że - przy niezmiennym składzie i własnościach materiałów - bieg procesu nie powinien ulegać znacznym zmianom.

Jak widzimy, zadanie racjonalnego prowadzenia pieca nie jest łatwe. Komplikuje się ono przez to, że - stwarzając warunki optimalne dla osiągnięcia jednego z celów - przez to szkodzić możemy dopięciu innego. Np. jeżeli forsujemy spalanie koksu w piecu belgijskim przez zwiększenie dawki paliwa i odpowiednie regulowanie ciągu i przyspieszamy wyładowywanie i dopełnianie pieca /aby nie "przepalić" wapna/, - produkujemy na jednostkę czasu więcej wapna i gazu, lecz jednocześnie pogarszamy skład gazu /por. tabl. XIX/, więcej obciążamy pompę i więcej tracimy ciepła w gazach odlotowych, w wapnie, przez promieniowanie. Rozwiązanie zadania polega na dobraniu całego układu warunków, tak między sobą skoordynowanych, aby dało się urzeczywistnić możliwe optimum ogólne sprawności urządzenia.

Zważmy, jakie czynniki są w rękę prowadzącego robotę przy piecu wapiennym. Weźmy przypadek, gdy mamy do czynienia z piecem Khern'a. Ważną, oczywiście, rolę odgrywają skład chemiczny i własności wyjściowego wapniaka i koksu. Im zasobniejszy jest kamień

wapienny w CaCO_3 , koks zaś w C, im mniej zawierają materiały szkodliwych domieszek, o których dopiero co była mowa, im wyższa jest wartość opałowa koksu, - tem - przy odpowiednim regulowaniu innych warunków - zasobniejszy w CO_2 może być produkowany gaz, tem czystsze otrzymuje się wapno i tem mniej skłonny jest ten produkt do "przepalania się", tem mniejsze jest zużycie paliwa, tem większa może być produkcja pieca i t.d. Ważna jest jednolitość materiałów pod względem chemicznym i fizycznym, gdyż od tego bardzo zależy równomierny bieg pieca. O odpowiednie materiały troszczyć się powinna dyrekcja fabryki i przed kampanją w nie się zaopatrzyć, - od prowadzącego zaś piec czynniki wskazane nie są zależne, - i musi on do nich inne odpowiednio dostosowywać. Naogół zresztą jakość wapienia i jakość koksu są względnie stałe. - Kierujący pracą pieca operować może właściwie tylko następującymi czynnikami:

- 1/ dawką paliwa na 100 cz. kamienia /% paliwa/,
- 2/ miarą rozdrobnienia materiałów,
- 3/ wielkością odstępów czasu pomiędzy kolejnymi wyładowywaniami i dopełnianiami pieca i wielkością porcyj wapna i materiałów - oraz
- 4/ ilością wprowadzanego do szybu powietrza.

Procent paliwa, technicznie niezbędnego do wypalania wapna, zależy - przy pewnym określonym urządzeniu pieca - od wartości opałowej koksu, od składu i własności kamienia wapiennego i od stopnia rozdrobnienia materjałów. Dawka koksu powinna być regulowana w ten sposób, aby - przy możliwie całkowitem jego spalaniu z niewielkim nadmiarem powietrza /o czem wnioskować można z analizy gazu/ oraz przy niezbyt wysokiej temperaturze /zar ciemno- lub jasnopomarańczowy/ środkowej strefy pieca - otrzymywało się wapno należycie wypalone. Zbyt małe zużycie paliwa dać może niedopalone wapno - skutkiem zbyt niskiej temperatury w piecu. Jeśli spalamy nadmiernie dużo koksu, pogarszamy skład gazu, ponosimy większe straty ciepła /w wapnie, w gazach, przez promieniowanie/, narażamy się - skutkiem zbyt wysokiej temperatury w piecu - na niebezpieczeństwo przepalania wapna i uszkodzenia obmurowania pieca /o ile się nie przyspiesza wyładowywania i dopełniania pieca/ i t.d. /por. wyżej/. Ideałem zużycia koksu w piecu belgijskim jest 7 - 8 % na wagę wapniaka, - w każdym razie nie powinno ono przekraczać 10 - 11 % .

Rozdrabnianie kamienia wapiennego, jak już wiemy, dodatkowo wpływa na szybkość jego wypalania, natomiast

ujemnie - na pracę pompy gazowej. Wiemy również, jaki stopień rozdrobnienia znaleziono przez praktykę jako najwłaściwszy, aby zbytnio nie utrudniać procesu rozkładu wapniaka, ani też przez zwiększenie oporów w szybie zbytnio nie obciążać pompy /ewent. nie zmniejszyć dopływu powietrza/. Bardzo ważne jest, jak wskazywaliśmy, równomierne rozdrabnianie surowca. Przy zwiększeniu oporów, napotykanym przez gazy w piecu, - w odpowiednim stopniu warasta próżnia w przewodzie ssącym pompy, co znowuz powoduje zmniejszenie jej wydajności^{x/} - w rezultacie zaś, o ile pompie nie może być nadana większa ilość obrotów, -
- zmniejszenie ilości wchodzącego do szybu powietrza. Nadmierne rozdrobnienie wapniaka przy zbyt dużym zużyciu paliwa i rzadkiem wyładowywaniu powodować może przepalenie wapna. Przy zbyt dużych bryłach kamienia możemy otrzymywać niedopalone wapno i gaz o małej zawartości CO₂. Jak należy rozdrabniać koks, mówiono wyżej.

Bardzo ważnymi czynnikami, wywierającymi wybitny wpływ na bieg i sprawność pieca wapiennego, są - stopień ruchliwości ładunku i czas prażenia wapniaka, t. zn. wielkość odstępów czasu, w których odbywa się

x/ Ilość wagowa wessanego na jednostkę czasu gaza.

odciąganie wapna i dopełnianie pieca, i wielkość porcyj każdorazowo wyładowywanego produktu i ładowanych materiałów.

Podczas wyładowywania wapna i ładowania materiałów obsuwa się zawartość szybu, obniża się też nieco strefa "ognia", i ma miejsce pewne oziębienie pieca skutkiem doraźnej straty ciepła z wyładowywanym wapnem i skutkiem wrzucania zimnych materiałów, gazy zaś odlotowe zostają rozrzedzane dostajacem się z zewnątrz powietrzem; dalej - przez pewien czas zużywa się stosunkowo więcej ciepła na podgrzewanie i poduszanie świeżego ładunku materiałów oraz na rozkład CaCO_3 , -mniejszy jest śar w piecu i niższa temperatura gazów odlotowych /co znowuż wywiera wpływ na wydajność pompy/ - poczem stopniowo natężenie ognia w piecu wzrasta, wapniak, w znacznej mierze już rozłożony, zaczyna nadmiernie być prażony, zwiększają się straty ciepła w gazach odlotowych - aż do następnego wyładowania wapna i dopełnienia pieca: słowem, okresowość "ruchu" pieca powoduje pewne wahania w biegu jego pracy. Najlepiej byłoby, gdyby proces ładowania i opróżniania pieca mógł odbywać się w sposób ciągły, - na przeszkodzie temu stoi niemożliwość skonstruowania odpowiedniego urządzenia do ciągłego ładowania

materiałów /odciąganie wapna z pieca Kherm'a nie-
trudno byłoby wykonywać w sposób ciągły/ - urządze-
nia takiego, jakieby zapobiegało dostawaniu się po-
wietrza do komunikacji gazowej. W każdym razie jed-
nak "poruszanie" pieca powinno być możliwie częste,
np. przy systemie belgijskim odbywać się powinno,
jak mówiono wyżej, co jakies 1 - 2 godziny. Im krót-
sze są odstępy czasu pomiędzy kolejnymi wyładowywa-
niami i dopełnianiami pieca, tem równomierniej się
zużywa paliwo i wypala wapno, tem bardziej jednosta-
ny jest skład gazu, wydajność pompy i t.d. - i od-
wrotnie. Zbyt rzadkie "poruszanie" pieca - poza tem,
że czyni pracę pieca bardzo nierównomierną, - ma tę
cechę ujemną, że połączone jest z ryzykiem częścio-
wego przepalania produktu i zbyt szybkiego zużycia pie-
ca. Przyspieszenie wyładowywania często jest stosowa-
ne, gdy chodzi o obniżenie temperatury w piecu.

Ilość każdorazowo odciąganego wapna i ładowanych
do szybu materiałów - jest ważnym czynnikiem wydajno-
ści pieca i reguluje się - w bezpośrednim związku z
tem, jak często są dokonywane te czynności, - w ten
sposób, aby czas przebywania wapienia w strefach pod-
grzewającej i ogniowej wynosił 20 - 30 godzin,-

wówczas bowiem, jak ustalono przez praktykę, przy należytem rozdrobnieniu wapienka i temperaturze w piecu - wapno może być dobrze wypalone. Na tej podstawie powinny być obliczane wymiary szybu pieca wapiennego odpowiednio do pożądanej jego produkcji /por. niżej/. Przy większem zapotrzebowaniu wapna /wzgl. gazu saturacyjnego/ na warsztacie fabrycznym - piec może być forsowany, lecz, jak już wiemy, nie jest taka robota ekonomiczna.

Ilość powietrza, wprowadzanego do pieca
/w stosunku do spalanego w tymże czasie paliwa/,
nigdy nie może odpowiadać ilości teoretycznie potrzebnej, gdyż nieuniknione jest, że część powietrza przepływa przez strefę ogniową, nie zostając zużyta do spalania. Przy dopuszczaniu powietrza w ilości teoretycznej lub nawet nieco większej - ma miejsce niecałkowite spalanie paliwa, i otrzymuje się gazy odlotowe z zawartością tlenu węgla. Ta okoliczność podwójnie jest niepożądana w cukrowni: nie tylko traci się przytem część ciepła, które mogłoby być uzyskane z paliwa, lecz liczyć się należy z zawartością w gazie saturacyjnym szkodliwego dla zdrowia składnika. Stosuje się przeto przy wypalaniu wapna w piecu w cukrowni - nadmiar

powietrza, mianowicie - zwykle 120 - 130 % /lub nieco więcej/ teoretycznej ilości, starając się uniknąć zawartości CO w gazie i godząc się z mniejszą zawartością CO₂ i zawartością około 2 % O₂. Jak wpływa na zawartość CO₂ w gazie - ilość powietrza, - daje pojęcie na przykładzie tablica XIX. W piecu generatorowym i w piecu belgijskim na podmurowaniu - dopływ powietrza do szybu może być zmieniany zapomocą odpowiedniego ustawienia zasuw w otworach spustowych, zależy też, oczywiście, od pompy, - w piecu zaś Khern'a ilość powietrza zależy tylko od wydajności^{x/} pompy gazowej. Jeśli pompa ta ma napęd niezależny od innych mechanizmów, wydajność jej może być regulowana przez zwiększanie lub zmniejszanie liczby obrotów: zwiększając lub zmniejszając liczbę obrotów pompy, można zmieniać ilość doprowadzanego powietrza oraz szybkość przepływu gazów w szybie, a więc wpływać na ilość spalanego paliwa, temperaturę i wysokość strefy ognia, szybkość wypalania wapniaka i t.d. Gdy zaś, jak częściej bywa obecnie w cukrowniach, liczba obrotów pompy gazowej nie może być zmieniana, - wydajność pompy - a więc i ilość wchodzącego do szyba powietrza - zależy tylko od temperatury i ciśnienia gazu, ssanego przez pom-

^{x/} ilość wagowa wessanego na jednostkę czasu gazu.

pe: im wyższa jest temperatura i im niższe jest ciśnienie gazu u górnego wylotu szybu, tem mniejsza jest wydajność pompy. Temperatura zaś gazu zależy od natężenia ognia w piecu i stopnia regeneracji w nim ciepła, ciśnienie - od wielkości oporów w szybie. W celu utrzymywania jednakowej wydajności pompy gazowej, nie posiadającej niezależnego napędu, a więc również utrzymywania w tych warunkach jednakowego nadmiaru powietrza, - należy szczególnie ważną uwagę zwracać na opory w szybie - a więc na to, aby wapniak był rozbijany na kawałki o właściwej i możliwie jednakowej wielkości.

Należy podkreślić wreszcie, iż w sprawie uzyskania i utrzymywania należytej sprawności pieca pierwszorzędną rolę odgrywa równomierność warunków i całej roboty przy nim, a więc - jednostajność materiałów, stały procent paliwa, stały nadmiar powietrza i równomierny ciąg, równomierne i możliwie częste wyładowywanie i dopełnianie pieca. Otrzymuje się wtedy stałej jakości produkty; wydajność pieca, zużycie wapniaka i paliwa oraz energii mechanicznej na pompę - również nie ulegają zbyt wielkim wahaniom. Po puszczeniu pieca w ruch - z chwilą, gdy stręła największego żaru, stopniowo się podnoszą, znajdują się mniej więcej na połowie wysokości pieca,

Przystępuje się do pierwszego odciążenia wapna; po-
czem - po ustaleniu normalnego biegu pieca - dbać na-
leży najstaranniej o to, aby poziom i wysokość pasa
ogniowego oraz natężenie ognia możliwie się nie zmie-
niały. Daje się to osiągnąć przy równomiernej robocie.

Nieodzownym warunkiem dobrego prowadzenia pieca
jest stała i właściwa kontrola jego pracy. W zastoso-
waniu do pieca belgijskiego powinna ta kontrola
polegać na następujących oznaczeniach i czynnościach:

1/ badaniu składu chemicznego oraz jednolitości
i równomierności materiałów, oznaczeniu również war-
tości opałowej koksu,

2/ badaniu składu gazów odlotowych /wyniki takich
badań obok innych danych kontroli pieca - pozwalają
określać, przy jakim nadmiarze powietrza i o ile
całkowicie - odbywa się spalanie koksu w piecu/

3/ oznaczaniu zawartości wolnego CaO w wypalonym
wapnie i kontrolowaniu równomierności wypalania,

4/ oznaczaniu ilości wapniaka i koksu, ładowanych
do pieca,

5/ oznaczaniu ilości otrzymywanego wapna,

6/ kontrolowaniu równomierności i terminów wyła-
dowywania i dopełniania pieca,

7/ śledzeniu rozkładu temperatur w szybie /okreś-
lanie temperatury chociażby na oko, według koloru

żaru/,

8/ oznaczaniu - chociażby szersza - temperatury gazów odlotowych - i

9/ oznaczaniu ciągu w piecu /zapomocą ciągomierza, ustawionego na przewodzie gazowym, odchodzącym z pieca/:

Dużą usługę w sprawie racjonalnego kierowania robotą przy piecu oddać może periodyczne zestawianie - na zasadzie danych kontroli - bilansów materialnych i cieplnych. Niestety, skutkiem niedostatecznego zrozumienia doniosłości sprawy i braku właściwej organizacji i t.p. - piec wapienny w cukrowniach na ogół nie jest należycie dozorowany i kontrolowany.

D. WYMIARY PIECÓW WAPIENNYCH.

Przy projektowaniu pieca wapiennego dla cukrowni o pewnym określonym przerobie - po wyborze odpowiedniego dla miejscowych warunków typu pieca - oblicza się jego wymiary albo w przypuszczeniu, iż powinien on produkować całkowitą potrzebną ilość wapna, przy czym fabryka będzie rozporządzała pewnym nadmiarem gazu saturacyjnego^{x/}, albo też w przypuszczeniu, iż

x/Jak już wiadomo /por. str. 447 i 482/ poza otrzymanym z rozkładu wapienka - dwutlenkiem węgla, któ-

piec ma produkować tylko niezbędną ilość dwutlenku węgla - z tem, że brakującą ilość wapna będzie się sprowadzało; pozatem - przy obliczaniu wymiarów szybu - wychodzimy z pewnego założenia co do czasu wypalania, ściślej mówiąc - co do czasu, w przeciągu którego ma wapniak przebywać w górnej części pieca - w pasach podgrzewającym i ogniowym.

Obliczmy np. wymiary pieca Khern'a dla cukrowni, przerabiającej na dobę 6900 q buraków /jak w powyższych podobnych przykładach/, - przyczem przypuścimy, że

1/ piec powinien dostarczać całkowitą, potrzebną ilość wapna,

2/ fabryka sużywa wapna przed I sat. przeciętnie w ilości 2,4 % CaO i przed II sat. - w ilości 0,3 % czyli razem przeciętnie - 2,7 % CaO na wagę buraków, przyczem stosuje się defekację mokrą,

3/ czas wypalania powinien być = 24 godz. ✓

rege ilość, teoretycznie biorąc, wystarcza do nasycenia produkowanego przytem wapna, - w piecu wapiennym wytwarza się prawie drugie tyle dwutlenku węgla - - do spalania paliva.

✓ Czas ten — naogół mówiąc - wynosić powinien, jak wspomnieliśmy wyżej, - od 20 do 30 godzin.

4/ zużycie koksu wynosi 10 % na wagę wapniaka,

5/ 1 m³. kamienia wapiennego waży 1400 kg.,

1 m³. koksu - 400 kg.

6/ reszta warunków są takie same, jak podane wyżej w tablicach XVI, XVII i XVIII.

Zważywszy, że przy pawnem przeciętnem zużyciu wapna do oczyszczania soków /2,7 % CaO na wagę buraków w przykładzie/ - wahania ilości dodawanego wapna wynosić mogą np. 10% - będziemy obliczali piec tak, by mógł on dać do 2,7 + /10 % x 2,7 /, czyli do 3 % CaO na wagę bur. Przy zawartości w wapniaku 54 % CaO - zużycie wapniaka wyniosłoby w takim razie

$$\frac{3 \times 100}{54} = 5,5 \% \text{ na w. bur.}$$

Przypuszczając jednak, że część kamienia wapiennego będzie tracona skutkiem niedopalenia /ewent. przepalania/, oraz że część wapna będzie tracona przy lasowaniu, i zwiększając - z powodu wzmiankowanych strat - ilość potrzebnego wapniaka o 10%, - otrzymany jego zużycie = 5,5 + /10 % x 5,5 / = 6,05 % na wagę bur.

Przyjmując pod uwagę, że czas przebywania wapniaka w pasach podgrzewającym i ogniowym - powinien wynosić łącznie 24 godziny, - znajdziemy, iż we wska-

zanej części szybu mieścić się powinna całkowita ilość przerabianego w ciągu 24 godzin wapniaka wraz z odpowiednią ilością koksu; przytem należy jednak uwzględnić pewne zmniejszenie objętości, zajmowanej przez te materiały w piecu, - głównie skutkiem spalania się koksu. Przypuśćmy, że omawiane pasy zajmują cały górny stożek szybu.

Na dobę ładuje się do pieca -

$$\frac{6,05 \times 690000}{100} = 41745 \text{ kg, czyli}$$

$$\frac{41745}{1400} = \text{ok. } 29,8 \text{ m}^3 \text{ wapniaka}$$

i 4175 kg. czyli $\frac{4175}{400} = \text{ok. } 10,5 \text{ m}^3 \text{ koksu.}$

Zmniejszając ostatnią objętość /10,5 m³/ - ze względu na spalanie części koksu - o 1/3 /co według wskazówek praktyki - nie jest za dużo/, znajdziemy, że pojemność górnego stożka powinna wynosić

$$V_1 = 29,8 + \frac{2}{3} \times 10,5 = \underline{\underline{36,8 \text{ m}^3}}$$

Jeśli dolna średnica stożka D będzie 2,7 m. \checkmark
górna zaś d_1 /zwykle $d_1 = 0,6 \text{ do } 0,8 D$ / - 2,0 m.,

\checkmark Największa średnica szybu /dolna średnica górnego stożka/ pieca wapiennego zmieniana być może w granicach 1,5 - 2,7 m. Przy zbyt wąskim szybie - źl

wtedy wysokość stożka h_0 , znajdzie się z równania:

$$V_1 = \frac{\pi h_0}{12} (D^2 + d_1^2 + Dd_1)$$

Mianowicie:

$$h_0 = \frac{12 \times V_1}{\pi (D^2 + d_1^2 + Dd_1)} =$$
$$= \frac{12 \times 36,8 \times 7}{22(2,7^2 + 2,0^2 + 2,7 \times 2,0)} = \text{ok. } 8,5 \text{ m.}$$

Widzimy, że - przy wybranych wymiarach - stosunek $h_0 : D = \text{ok. } 3,1$ i zwężenie średnicy stożka, liczone na 1 m. wysokości, wynosi:

$$\frac{2,7 - 2,0}{8,5} = 0,082 \text{ m.}$$

co jest w granicach norm kształtu górnego stożka szybowych pieców wapiennych.

Pas ochładzający pieca, zajmuje, powiększony, tylko dolny stożek. Praktyka stosowania pieców belgijskich wykazała, że dla należytego ochłodzenia wapna z równoczesnem podgrzaniem powietrza, wchodzącego do szybu, wystarcza objętość tego pasa =

się obsuwa jego zawartość, nadmierna zaś szerokość szybu - powoduje nierównomierne wypalanie wapna /gorsze na linii środkowej, aniżeli przy ścianach/. Ponieważ - aby zbytnio nie zwiększać oporów i nie obciążać pompy gazowej - nie buduje się również pieców zbyt wysokich /np. powyżej 14 m./, - dla większych cukrowni wypada stawiać 2 piece wapienne.

25 % do 35 % objętości sumarycznej pasów podgrzewającego i ogniowego. Przyjmując, że w projektowanym piecu objętość dolnego stożka będzie stanowiła 33% wyżej obliczonej objętości górnej części szybu, - znajdziemy objętość tego dolnego stożka

$$V_2 = \frac{33 \times 36,8}{100} = \text{ok. } 12,1 \text{ m}^3.$$

Jeśli przy górnej średnicy stożka $D = 2,7$ m. dolna jego średnica $d_2 = 1,7$ m., wtedy wysokość stożka h_2 znajdzie się z równania:

$$V_2 = \frac{\pi h_2}{12} (D^2 + d_2^2 + Dd_2).$$

Mianowicie-będziemy mieli

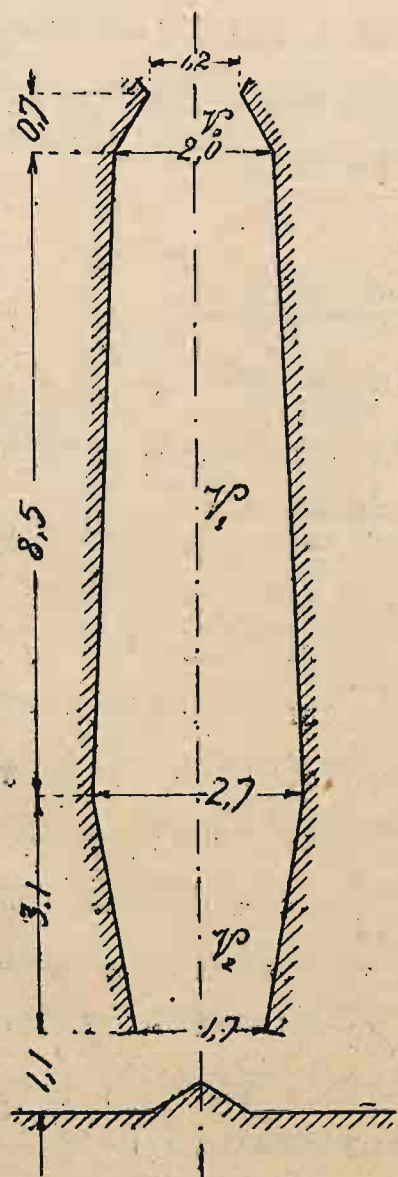
$$h_2 = \frac{12 \times V_2}{\pi (D^2 + d_2^2 + Dd_2)} =$$
$$= \frac{12 \times 12,1 \times 7}{22(2,7^2 + 1,7^2 + 2,7 \times 1,7)} = \text{ok. } 3,1 \text{ m.}$$

/przyczem zwężenie średnicy stożka, liczone na 1 m. wysokości, wyniesie

$$\frac{2,7 - 1,7}{3,1} = 0,32 \text{ m. ,}$$

co jest w granicach norm kształtu dolnego stożka

pieca Khern'a/.



Rys. 98.

Kształt obliczonego w ten sposób szybu pieca Khern'a uwidoczniiony jest na rys. 98. Piec ma być ustawiony na wysokości 1,1 m. nad górną powierzchnią fundamentu. Ponad górnym stożkiem V_2 znajduje się t. zw. pas "regulujący" - w postaci ściętego stożka V_6 o wskazanych na szkicu wymiarach: w stożek ten ma być wpuszczony lej, służący do ładowania wapniaka i koksu - z niego też ma ssad pompa gazy odlotowe. - Całkowita wysokość szybu H wynosi: $3,1 + 8,5 + 0,7 = 12,3$ metra. Stosunek wysokości H

do średnicy D będzie:

$$H:D = 12,3 : 2,7 = \text{ok. } 4,6.$$

Stosunek taki samo jak wysokość H - odpowiada ją normom, ustalonym przez praktykę.

Gdyby chodziło o ustawienie pieca, produkującego tylko niezbędną ilość dwutlenku węgla, - rozważałibyśmy wówczas w następujący sposób:

Jeśli fabryka ma zużywać /p.wyżej/ do 3 % CaO na w. bur., i jeśli stopień wyzyskania gazu w kotłach saturacyjnych wynosi 0,6^{x/}, - to ilość niezbędnego CO₂ wyniesie:

$$\frac{3 \times 44}{56 \times 0,6} = \text{ok. } 4 \% \text{ na w. bur.}$$

Jak widzimy z tablicy XVII, ze 100 kg. wapniaka otrzymuje się - w warunkach naszego przykładu - ok. 75 kg. CO₂. Będziemy jednak liczyli - celem zapewnienia dostatecznej ilości gazu przy niezpełnem wypalaniu wapna oraz wobec pochłaniania części CO₂ przez wodę w płucze /p.niżej/ - iż dla uzyskania 75 kg. CO₂ trzeba będzie zużywać nie 100, a /o 10 % więcej/ - 110 kg. wapniaka. W takim razie - potrzebną ilość kamienia wapiennego wyniesie:

$$\frac{4 \times 110}{75} = \text{ok. } 5,85 \% \text{ na w. bur.}$$

x/ W kotle saturacyjnym może być wyzyskane - zależnie od konstrukcji urządzenia gazu, wysokości słupa żoku i t.d. - od 50 % do 70 % ilości tłoczono-go przez pompę dwutlenku węgla.

a więc o 0,2 % na w. bur., czyli o ok. 1400 kg.,
- mniej na dobę, aniżeli w przypadku pierwszym,
gdy piec produkuje całkowitą niezbędną ilość wap-
na. Różnica wypadła w przyjętych przez nas warun-
kach, jak widzimy, bardzo niewielka. Naogół też,
trzeba powiedzieć, cukrownie unikają dokupywania
wapna i wolą całkowitą potrzebną ilość produkować
na miejscu.

Wymiary szybu pieca generatorowego oblicza się
zasadniczo w sposób podobny, ^{jak belgijskiego,} - z tą głównie różnicą,
że przy określaniu pojemności górnej /steżkowej/
części uwzględnia się tylko ilość wapniaka; pojem-
ność dolnej części pieca powinna wynosić 40 - 50 %
pojemności górnej. Wymiary palenisk przy piecu gene-
ratorowym bardzo zależne są od gatunku stosowanego
opału. Obliczenie ich pomijamy, jako rzecz bardziej
specjalną - nie wchodzącą w zakres niniejszych wy-
kładów.

E. OCZYSZCZANIE I PRZESYLANIE GAZU SATURA- CYJNEGO.

Gas, ssany przez pompę z pieca wapiennego, przed
przesyłaniem go na stację saturacyjną - powinien
być uprzednio oczyszczony, zawiera bowiem domiesz-

ki mechaniczne, porwane z szybu, oraz niektóre niepożądane składniki; powinien być on również należyście ochłodzony, gdyż gorący gaz wymagałby nadmiernej dużej sprawności pompy oraz wielkiego zużycia siły mechanicznej i niszczyłby pompę. Do szkodliwych składników gazu zaliczamy CO i H₂S. Usunięcie z gazu siarkowodoru łatwo może być osiągnięte - mianowicie, przez przemycie gazu wodą, - natomiast całkowite usuwanie tlenku węgla wymagałoby stosowania drogich środków chemicznych - nie przeto innego nie pozostaje, jak przez odpowiednie prowadzenie pieca - zapobiegać tworzeniu się w nim CO.

W celu zatrzymania smoły, drobnych cząstek wapniaka oraz soli potasowych i sodowych /chlorki i siarczany, powstałe np. z gliny, domieszanej do wapniaka, częściowo się ulatniają w temperaturze, panującej w piecu/ i t.p. - przepuszczają się gazy po wyjściu z pieca przez t.zw. odpylacze, czyli komory pylne. Mogą to być np. komory mурowane /rys. 99/ z przegrodami, ustawionymi w ten sposób, że przepływający przez komorę gaz musi zmieniać kilkakrotnie kierunek i szybkość ruchu, skutkiem czego zawieszona w gazie cząstki ciał ciekłych i stałych zostają zatrzymywane i opadają na dno komory. Zanieczyszczenia, które się zbiera-



Rys. 99.

ja tutaj, perjodycznie mogą być usuwane przez otwo-
ry O , zaopatrzone w pokrywy. Łapacze "pyłu" na ko-
munikacji gazu saturacyjnego urządzone są często w
sposób podobny, jak łapacze miazki wysłodkowego przy
suszarniach wysłodkowych /por. wyżej rys. 73 i str.
333/, - w postaci cylindrycznej komory żelaznej z
przegrodą pośrodku, lub tak, jak łapacz, uwidoczniiony
na rys. 94.

Z odpylacza gaz idzie do płuczki, gdzie zostaje
ochłodzony i przepłukany zimną wodą. Płuczki gazowe
są to aparaty typu wieżowego - bądź to o wypełnieniu
kawałkowym /żwir, wapniak, koks i t.p./, bądź to o
szeregu ustawionych jedna nad drugą półek, po któ-
rych spływa z góry na dół woda, i t.p.; gaz przepływa
w przeciwnym kierunku do wody - od dołu do góry - w warun-

kach dobrego zetknięcia się z wodą. Ponieważ -
- skutkiem ssącego działania pompy i oporów na drodze gazów - w płuczce panuje zmniejszone ciśnienie,
- powinna ona posiadać zamknięcie hydrauliczne, a więc - do odprowadzania z płuczki zużytej wody powinna służyć - wpuszczona u dołu w skrzynię z przelewem - rura o takiej długości/w kierunku pionowym/, żeby różnica poziomów, na którym odpływa woda z płuczki i poziomu wody w skrzyni-była większa, aniżeli wysokość słupa wody, odpowiadającego maksymalnej próżni, jaka może być wytworzona w płuczce. Suma oporów w piecu wapiennym, w przewodach i łapaczu pyłu, w płuczce i t.d. powinna być możliwie mała - tak, aby próżnia w przewodzie ssącym pompy gazowej nie przekraczała 1 - 1,2 m. słupa wody. Dostateczna jest przeto różnica wyżej wspomnianych poziomów, wynosząca 1,5 - 2,0m.

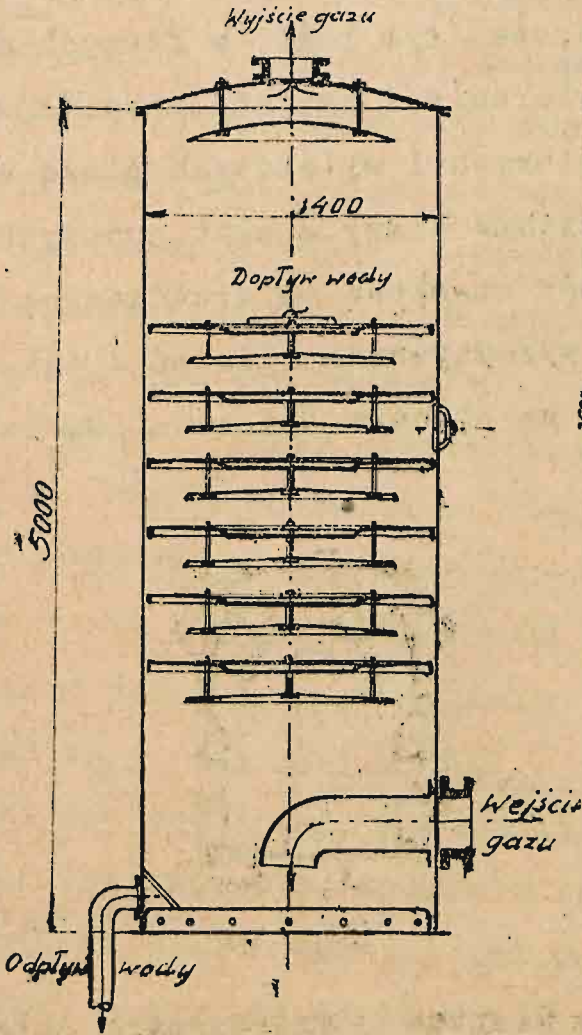
Ilość zimnej wody, doprowadzanej do płuczki, winna być możliwie mniejsza - i tak regulowana, aby temperatura wody odpływowej była możliwie wysoka, gdyż mniej przytem zostaje pochłonięte dwutlenku węgla, i aby gaz był dostatecznie ochłodzony /np. do temp. ok. 30°C./. Ilość teoretycznie potrzebnej wody możemy obliczyć, znając ilość gazu, ssanego z pieca na 1 sek. i skład jego, przyjmując pewne temperatury gazu i wo-

dy przed i za płuczką oraz uwzględniając proces skraplania pary wodnej, zawartej w gazie. Faktyczne zużycie wody w płuczce gazowej wynosi, zależnie od miejscowych warunków, od konstrukcji płuczki oraz jej obsługi, od 50 do 100 % na w. bur. W celu zmniejszenia zużycia wody - dobrze jest umieszczać odpylacz i płuczkę na zewnątrz budynku fabrycznego.

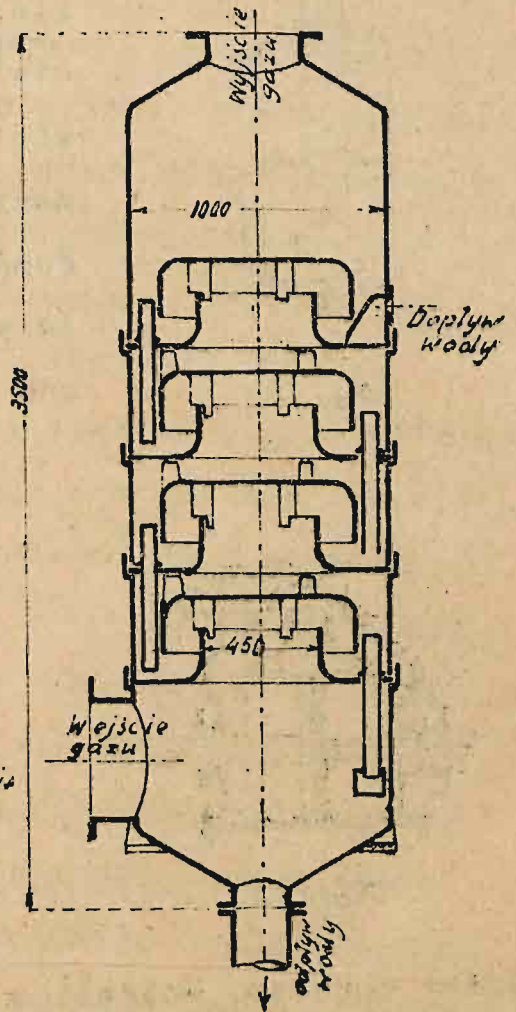
Pojęcie o konstrukcjach płuczek do gazu, robionych z blachy żelaznej lub z żelaza surowego lanego, dają rys. 100 i 101, nie wymagające objaśnień. Dla cukrowni, przerabiającej /jak w powyższych przykładach/ 6900 q buraków na dobę, płuczka do gazu, przy konstrukcji, podanej na rys. 100, powinna byłaby mieć wskazane na tym rysunku wymiary. Niekiedy płuczki budowane są z cegły - przez wzgląd na to, że żelazo ulega dość szybkiemu zniszczeniu skutkiem działania na nie niektórych składników gazu /SO₂, CO₂ i in./

Przed pompą gazową powinien być ustawiony łapacz /p. rys. 102/, do zatrzymywania wody, która - w postaci drobnych kropelek, mgły - zostaje porywana z płuczki.

Co do konstrukcji pomp gazowych, to najczęściej stosowane są pompy suwakowe /rys. 103/, w których kanały wlotowe i wylotowe otwiera i zamyka suwak, poruszany oddzielnym mimośrodem, osadzonym na wale maszyny



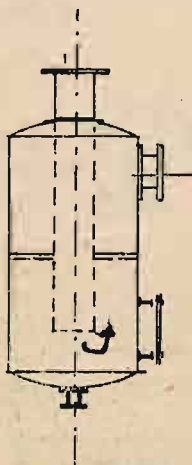
Rys. 100.



Rys. 101.

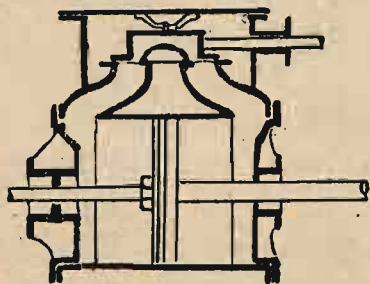
lub transmisji/, przy czem - w celu zwi kszenia obje-
to sciowego skutku u zytecznego pompy - stosuje sie tu
urz adzenie do "wyrównywania przestrzeni szkodliwych"

/p. kanalik, znajdujący się w suwaku/. Używane są

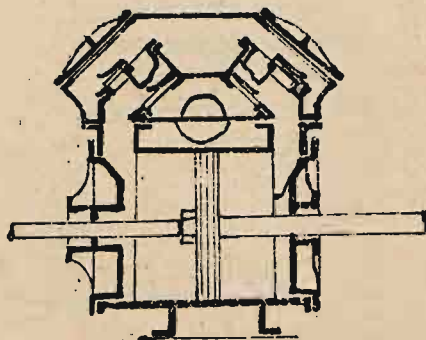


Rys. 102

też niekiedy w cukrowniach pompy klapowe /rys.104/, w których do otwierania i zamykania kanałów wlotowych i wylotowych służą samoczynne kłapy z płyt gumowych. Pompy suwakowe /z urządzeniem do wyrównywania ciśnień - jak one są obecnie budowane/ są bar-



Rys. 103.



Rys. 104.

dziej sprawne, aniżeli - klapowe /spółczynnik objętościowego skutku użytecznego pierwszych wynosi ok. 0,95 drugich zaś - ok. 0,90/. Ponieważ w przewodzie ssącym pompy zwykle panuje, jak wspomnieliśmy, próżnia = 1,0 do 1,2 m. słupa wody, czyli ok. 0,10 - 0,12 atm., z drugiej zaś strony na pompa do przewyciężenia ciśnienie słupa soku w kotłach saturacyjnych + opory w

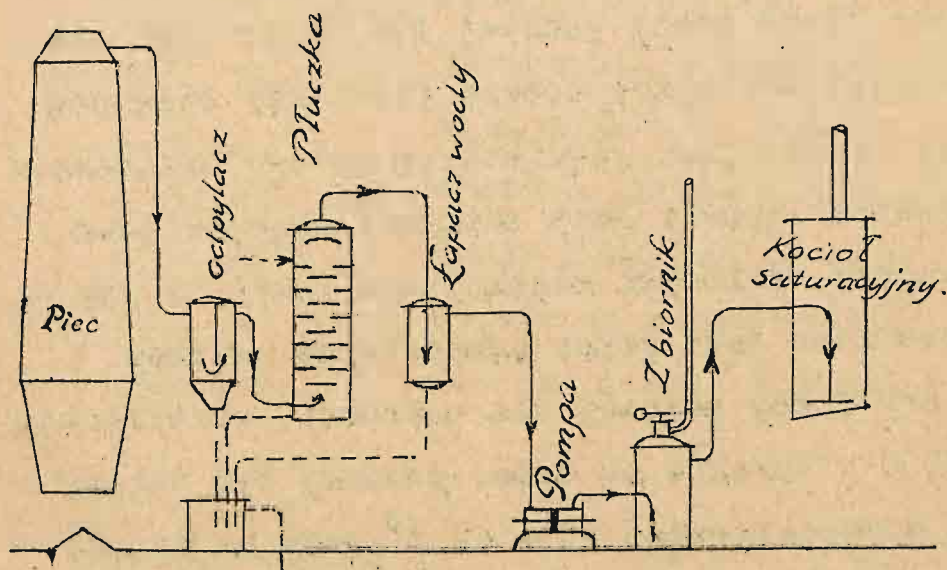
dalszej komunikacji, co wynosi razem ok. 0,25 - 0,30 atm., - przeto różnica ciśnień z jednej i drugiej strony tłoka pompy gazowej = 0,35 do 0,42 atm.

Jak wskazaliśmy wyżej, dobrze jest, gdy bieg pompy gazowej, która jest regulatorem całego urządzenia do wytwarzania wapna i gazu saturacyjnego, - jest uniezależniony od innych mechanizmów, czyli - gdy pompa prowadzona jest przez samodzielny silnik.

Wymiary pompy gazowej dla cukrowni, przerabiającej ok. 7000 q buraków na dobę, powinny być takie, aby mogła pompa przesłać 40 - 43 m³ gazu na minutę. Pompa taka zużywa ok. 35 - 38 K.M. Obliczanie pompy gazowej pomijamy, gdyż wchodzi to w zakres maszynoznawstwa.

Między pompą a kotłami saturacyjnymi ustawia się zbiornik gazu, zaopatrzony w rurę upustową z klapą bezpieczeństwa. Zbiornik ten reguluje dopływ gazu do kotłów, klapa zaś służy do odprowadzania nadmiaru w razie zmniejszenia zużycia gazu na saturacji - oraz reguluje ciśnienie gazu.

Ogólny schemat urządzenia do otrzymywania, przesyłania i oczyszczania gazu saturacyjnego - podany jest na rys.105.



Rys. 105.

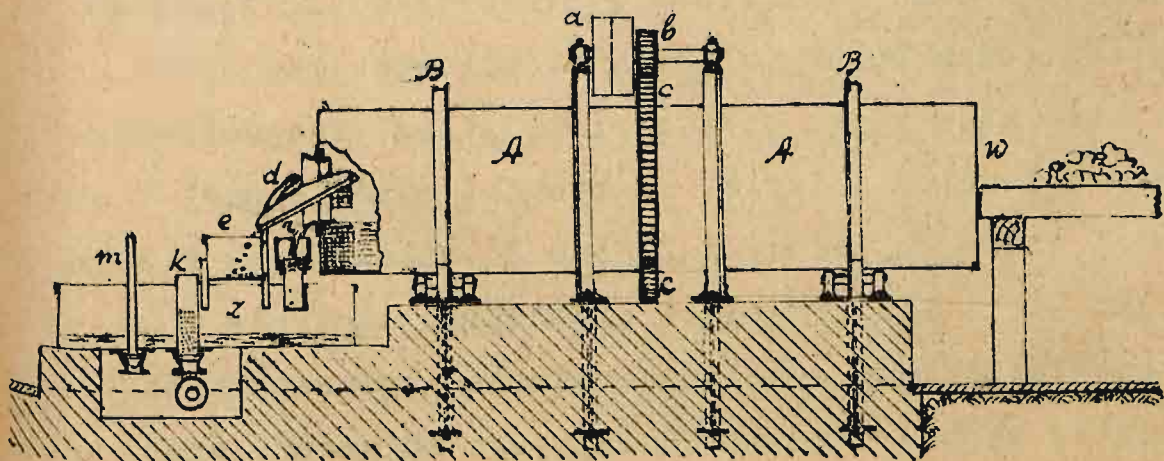
P. OTRZYMYWANIE I MIERZENIE MLEKA WAPIENNEGO.

Jeżeli fabryka przy oczyszczaniu soku surowego używa wapna palonego /metoda "suchej" defekacji/, - wapno, wyładowywane z pieca, jest w ten lub ów sposób przenoszone na stację defekacji i tu pewnymi odmierzonymi dawkami wrzucane do kotłów. Stosowanie "defekacji" mokrej" wymaga dodatkowej aparatury do przyrządzania "mleka" wapiennego.

Do lasowania wapna służyły dawniej zwykle płaskie skrzynie żelazne /lub nawet drewniane/. Zlasowane

w nich w ręczny sposób wapno mieszano z odpowiednią ilością wody, poczem spuszczano mieszaninę do kadzi, zaopatrzonej w mieszadło, gdzie ostatecznie regulowano gęstość mleka wapiennego, i - po przepuszczeniu przez sito żelazne - pompowano otrzymane mleko do mierników, stojących ponad kotłami defekacyjnymi.

Obecnie stosuje się do lasowania wapna i przyrzadzania mleka - przeważnie urządzenia mechaniczne, - np. bardzo rozpowszechniony jest w cukrownictwie aparat Mik'a. Jest to leżący bęben żelazny *A* /p.rys. 106/, który posiada na linii swej osi w ścianach



Rys 106

tylnej i przedniej - odpowiednie otwory do wprowadzania wapna i wody /przy w / i do wyprowadzania mleka /przy z / i - wprawiany w ruch za pomocą koła pasowego a , trybu b i pierścienia zębatego c - - obraca się naokoło swej osi, opierając się, - za pośrednictwem dwóch nałożonych nań obręczy B - na dwóch parach kółek, których łożyska umocowane są na fundamencie aparatu. Cylindryczna powierzchnia bębna od strony wewnętrznej - zaopatrzona jest w szufelki, ustawione wzdłuż linii spiralnej. Przez otwór, znajdujący się w tylnej ścianie - przy w , - ładuje się do bębna wapno oraz doprowadza się wodę. Kawałki wapna, przerzucane szufelkami i przenoszone do przeciwległego końca bębna, ulegają stopniowemu łusowaniu - i otrzymane mleko spływa przez wylew, znajdujący się w przedniej ścianie, do ryniaki rozdzielczej z , z niej zaś - do jednej z 2 /lub 3/ ustawionych niżej skrzyń Z . Nie ulegające łusowaniu kamienie /i kawałki koksu/ - za pomocą szufli, umieszczonych wewnątrz bębna A na przedniej jego ścianie i przez odpowiednie ustawienie ruchomej rynny d - są wyrzucane do skrzynki o dnie uziurkowanem e , skąd się usuwa je po pewnym czasie /gdy ciecz spłynie do skrzyni Z /. W skrzyniach Z , czynnych po kolei, opadają na dno cięższe, grubsze części zawiesiny, mleko zaś

wapienne, przez dziurkowaną rurę *K* spuszcza się do niżej jeszcze położonego /nie umieszczonego na rys.106/ zbiornika z mieszadłem, skąd pompa tłoczy mleko wapienne na stację defekacji. Pozostały w skrzyni *Z* - po spłynięciu mleka - "żwir" zostaje splukany wodą i usunięty przez zaporę *M*. Gęstość przyrządzanego mleka jest regulowana i sprawdzana za pomocą areometru Baumé'go - w skrzyniach *Z*, ostatecznie zaś - kontrolowana w następnym zbiorniku z mieszadłem; gęstość mleka reguluje się przez odpowiednie dawki wapna i dopływ wody, doprowadzanych do bębna *A*.

Wymiary bębna aparatu Mik'a, przyjęte w praktyce, są - średnica 1,0 - 1,5 m., długość 3,5 - 6,0 m.; ilość obrotów na minutę = od 4 do 6. Aparat o średnicy 1,2 m. i długości 4 - 5 m. może zlasować 225 - 250 q. wapna na dobę, zużywając 2 - 3 K.M. Aparat taki byłby wystarczający dla cukrowni, przerabiającej 6900 q buraków na dobę i zużywającej do 3 % CaO /por. nasz przykład/.

Aby, o ile można, nie sprowadzać niepotrzebnie z poza warsztatu wody do przyrządzania mleka wapiennego, - zużytkowuje się w cukrowni do tego celu wysłody z t.zw. błotniarek /p.niżej/, czyli rozwod

niony przesącz, otrzymywany przy przemywaniu osadu defekosaturacyjnego /błota/, odsączonego na cedzidłach tkaninowych, pracujących pod ciśnieniem /błotniarkach/. Dla otrzymania mleka wapiennego o należytej gęstości /20° - 22° Be/ niekiedy tych wysłodów nie wystarcza. Tak np. - jeżeli cukrownia zużywa przeciętnie 2,7 % CaO w postaci mleka wapiennego o gęstości 22° Be, to w % na w. bur. potrzeba wody dla przyrządzania mleka

$$\frac{2,7 \times 80,6}{19,4} = 11,2 \quad / \quad \% \text{ w. bur.} /$$

Tymczasem wysłodów z błotniarek - przy zużyciu wapna 2,7 % na w. bur. - może być, jak zobaczymy niżej, otrzymano nieco mniej, aniżeli 11,2 % na w. bur. Jeśli braknie wysłodów, dodaje się przy przyrządzaniu mleka wapiennego - wody gorącej skroplonej z oparów sokowych na wyparce /p. niżej/ - t. zw. "amonjakalnej".

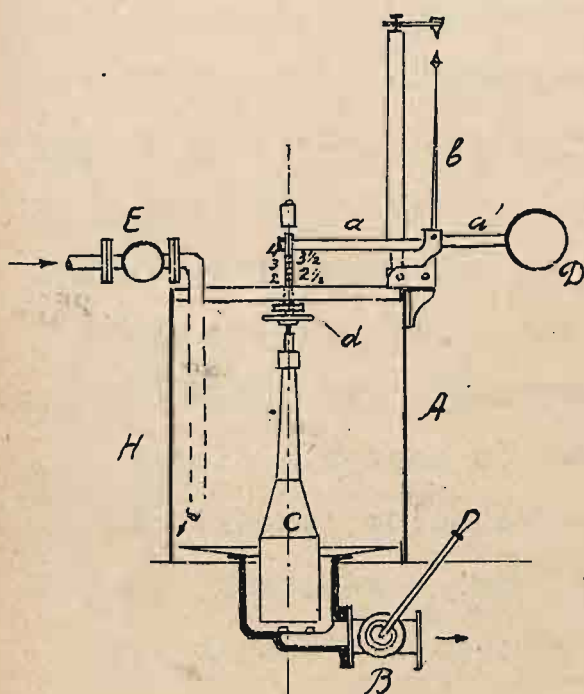
Do odmierzania odpowiedniej ilości mleka wapiennego, wprowadzanego do kotłów defekacyjnych, służą

x/ W 100 gr. mleka wapiennego, o gęstości 22° Be zawiera się, jak widać z tablicy Blattner'a /por. wyżej str. 410/, - 19,4 gr. CaO i 80,6 gr. wody.

ustawione powyżej ich mierniki /do których przesyła się mleko ze zbiornika z mieszadłem, o którym była mowa wyżej/. Są to wymierzone naczynia prostokątne lub cylindryczne, o pojemności nieco większej, aniżeli objętość maksymalnej dawki mleka przy każdorazowej czynności nawapniania. U dołu miernika znajduje się kran, przez który upuszcza się mleko do kotła defekacyjnego; pływak i odpowiednia skala /por. mierniki do soku dyfuzyjnego, str. 253 - 255/ służą do odmierzenia nabranej do naczynia cieczy. - Ponieważ gęstość mleka ulega wahaniom, chodzi zaś o stałą dawkę CaO na 100 cz. bur., - robotnik, zatrudniony przy defekacji, powinien być zaopatrywany w tabelkę /zastosowaną do określonej dawki CaO na 100 cz. buraka/, któraby wskazywała, jaką objętość mleka musi on dawać do kotła - w zależności od gęstości mleka /zmieniając dawkę CaO na 100 cz. buraka, kierujący robotą daje robotnikowi inną - odpowiednio obliczoną - tabelkę/.

W celu ułatwienia i sprecyzowania czynności odmierzenia należytej ilości wapna -wskazane jest stosowanie mierników tak urządzonych, aby ilość dodawanego do soku mleka wapiennego mogła automatycznie się zmieniać w zależności od jego gęstości. Jeden z podobnych przyrządów /konstrukcji Fr. Rasemus'a/

uwidoczniiony jest na rys.107. W cylindrycznem na-



Rys. 107.

czyniu *A* znajduje się pływak *C*, wi-
 szący na końcu jedno-
 go ramienia (*a*) dźwig-
 ni /belki wagowej/,
 której drugie ramię
 (*a'*) obciążone jest
 przeciwwagą *D* ;
 punkt oparcia belki
 wagowej znajduje się
 na konsoli, umocowa-
 nej na ścianie mier-
 nika; do belki przy-
 twierdzona jest wska-
 zówka *b*. Pływak *C*

jest cięższy od przeciwwagi *D*, - i, gdy naczynie
 jest próżne, ramię, obciążone pływakiem, przeważa.
 Gdy się zacznie dopuszczać do naczynia mleko, -
 w miarę zanurzania się pływaka w cieczy, będzie on
 stopniowo więcej tracił na wadze: przy pewnem zanu-
 rzeniu pływaka - tem większem, im rzadsze jest mle-
 ko - nastąpi zrównoważenie pływaka i przeciwwagi,
 na co wskaże ustawienie strzałki *b*. Wymiary i cię-
 ar pływaka *C*, poziom ustawienia pływaka na jego

osi, ciężar przeciwwagi D oraz długość ramion dźwigni - są dobrane odpowiednio do pewnej określonej gęstości i ilości nabieranego mleka.

Jeśli gęstość mleka jest większa, aniżeli wyznaczona, - wtedy przy mniejszym zanurzeniu pływaka, a więc przy mniejszej ilości nabranej do miernika cieczy - będzie miała miejsce równowaga; jeśli gęstość mleka obniży się w stosunku do wyznaczonej, - będzie się działało odwrotnie. Ilość

zodmierzanego mleka /a więc i dawka CaO / może być mieniana przez opuszczenie lub podniesienie pływaka

C zapomocą kółka d . Czynności robotnika polegają na tem, że wprowadza on przez kran E mleko do zbiornika, w chwili zaś ustalenia się równowagi, wskazywanej przez strzałkę B , zamyka kran E i odmierzone mleko wpuszcza do kotła defekacyjnego - otwierając kran B .