

S. 63.

8 59

bużek
Inż. JERZY BUZEK.

Teoretyczne uwagi
o budowie i pędzeniu płomieniaków
odlewniczych.

Referat na Międzynarodowy Zjazd Odlewni-
czy w Pradze w r. 1933.



~~4942~~

~~4948~~

~~II 3686.~~

II. 3259

Nr B 3234



Inż. JERZY BUZEK.

Teoretyczne uwagi o budowie i pędzeniu płomieniaków odlewniczych.

Refetat na Międzynarodowy Zjazd Odlewni-
czy w Pradze w r. 1933.

Przed 170 laty pierwszy raz pędzono płomieniaki na węglu kamiennym do przetapiania żeliwa w Anglii.

Trochę później zaczęły się rozpowszechniać żeliwiaki z inicjatywy znanego hutnika angielskiego Wilkinsona.

Podczas gdy żeliwiaki zdobyły sobie z czasem w odlewniach pierwsze miejsce i o budowie oraz sposobach ich pędzenia prawie każdy numer jakiegokolwiek czasopisma odlewniczego przynosi nam jeszcze dziś wiadomości, ograniczyć się musiały płomieniaki przynajmniej u nas w Europie do znacznie skromniejszej roli tak w praktyce odlewniczej, jakoteż w literaturze zawodowej. Najbardziej rozpowszechnione są płomieniaki w odlewniach amerykańskich, w Europie natomiast stosowane są stosunkowo rzadko.

Naogół możnaby powiedzieć: „nie zajmujemy się płomieniakami, bo są rzadko stosowane“, chociaż sądzę, że za słuszne możnaby

uznać twierdzenie: „płomieniaki rzadko są stosowane, bo się mało nimi interesujemy“. Tymczasem nowoczesne odlewnictwo dopomina się szerszego ich stosowania ze względu na jakość odlewów.

Postanowiłem na wzór mojej pracy o żeliwiakach, ogłoszonej przed 22 laty, zbadać sposoby budowy i pędzenia płomieniaków i przedstawić w zwięzłych wzorach wzajemną zależność wszystkich czynników, odgrywających dużą rolę w ruchu płomieniaków.

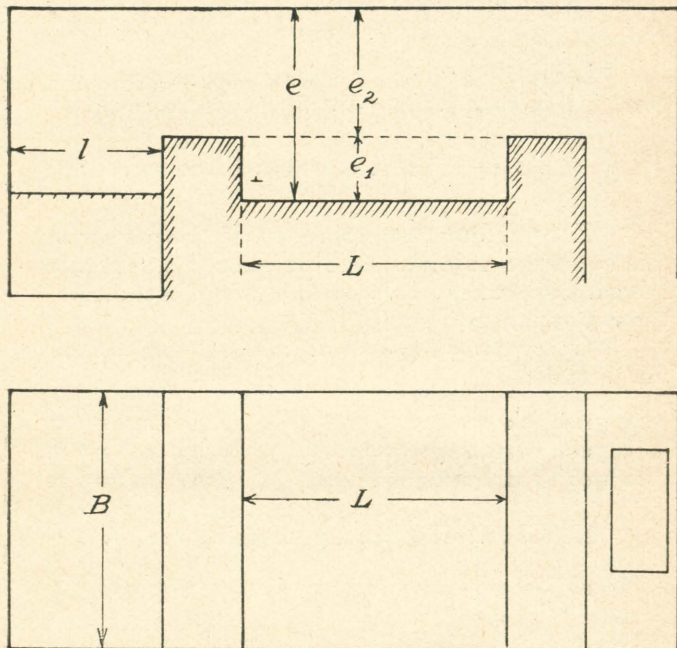
Metoda często dzisiaj stosowana, polegająca na prostym kopjowaniu „dobrze idących pieców“, nie może nam dać żadnego wyobrażenia o wspomnianej powyżej wzajemnej zależności tych czynników.

Jestem świadom tego, że praca moja nie jest we wszystkich szczegółach wyczerpująca i że wyniki moich obliczeń może nie zawsze zgadzać się będą z wynikami praktyki; chodziło mi przedewszystkiem o przedstawienie kierunku, myśli, w jakim iść wypada przy zastanawianiu się nad kwestją budowy i pędzenia płomieniaków. Temat mojej pracy ograniczyłem jedynie do zwykłych płomieniaków o ruchu przerywanym, opalanych węglem kamiennym i pracujących wyłącznie naturalnym ciągiem komina. Ale na podstawie moich wywodów nie trudno przewidzieć, wzgl. obliczyć zmiany wyników przy pędzeniu płomieniaka podmuchem, wzgl. przy ruchu ciągłym z zimnym lub płynnym wsadem.

Obliczenie wymiarów topiska.

Zwykły piec płomienny składa się z trzech głównych części: a) z paleniska, b) z topiska i c) z komina. Topisko jest częścią roboczą płomieniaka, więc częścią najważniejszą: obowiązuje zasada, że wymiary

jego powinny zezwolić na zupełne umieszczenie w niem całego jednorazowego wsadu.



Rys. 1.

Zależnie od jakości wsadu, ogólna objętość topiska ($B L e$) będzie mniejsza, wzgl. większa. Podaję kilka dat:

1 m^3 grubych walców waży	4 500 kg
1 t „ „ zajmuje	0,222 m^3
1 m^3 gęsi surowcowych i grubego złomu waży	3 000 kg
1 t gęsi surowcowych i grubego złomu zajmuje	0,333 m^3
1 m^3 gęsi surowcowych i drobnego złomu waży	2 300 kg

1 t gęsi surowcowych i drobnego	
złomu zajmuje	0,44 m ³
1 m ³ płynnego żeliwa waży	7 000 kg
1 t " " zajmuje	0,143 m ³
1 m ³ płynnego żuźla waży	2 500 kg
1 t " " zajmuje	0,4 m ³

Licząc 5% żuźla od wagi płynnego żeliwa, 1 t żeliwa wraz z 50 kg żuźla zajmuje

$$0,143 + \frac{50}{1000} \cdot 0,4 = \text{ok. } 0,166 \text{ m}^3.$$

Ze względu na konieczność pozostawienia wolnego miejsca wzdłuż ścian i sklepienia pieca, przestrzeń, zajmowaną przez wsad, należy powiększyć o 50%.

Otrzymamy więc potrzebną przestrzeń na 1 tonę:

dla grubych walców	0,333 m ³ = m
dla gęsi i grubego złomu	0,500 m ³ = m
dla gęsi i drobnego złomu	0,666 m ³ = m

1. Główne wymiary topiska rys. 1.

a) Ogólna objętość topiska V ,

$$\underline{V = S \cdot m = B \cdot L \cdot e} \quad \dots (1)$$

S — oznacza wsad w tonach,

m — objętość wymaganą przez 1 tonę wsadu w m³

B — szerokość topiska m

L — długość topiska m

e — wysokość topiska m .

b) Objętość kąpieli (żeliwo i żuźel).

Licząc 5% żuźla, więc 50 kg żuźla na 1 tonę wsadu, otrzymamy objętość kąpieli na 1 tonę 0,166 m³. Całej zaś kąpieli:

$$\underline{B \cdot L \cdot e_1 = b = 0,166 S m^3} \quad \dots (2)$$

c) Objętość wolnej przestrzeni pomiędzy zwierciadłem kąpieli i sklepieniem płomiennika

Tablica 1.
Ogólna objętość topiska $V \text{ m}^3$.

Wsad $S \text{ t}$	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
$m_1 = 0,333$	2,5	3,33	4,17	5,0	6,67	8,33	10	13,3	16,7
$m_2 = 0,50$	3,75	5	6,25	7,5	10	12,5	15	20	25
$m_3 = 0,666$	5,0	6,6	8,33	10	13,34	16,66	20	26,6	33,4

Tablica 2.
Głębokość kąpieli e_1 dla każdego „m”. Ilość żużla 50 kg/t.

Piecze	Wzór	Wsad w tonach								
		7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
	\sqrt{S}	2,738	3,162	3,54	3,873	4,472	5 0	5,477	6,325	7,071
płytkie	$e_1 = 0,06 \text{ } V \text{ } S$	0,164	0,190	0,212	0,232	0,268	0,300	0,329	0,380	0,424
normalne	$e_1 = 0,07 \text{ } V \text{ } S$	0,192	0,221	0,248	0,271	0,313	0,350	0,383	0,443	0,495
głębokie	$e_1 = 0,08 \text{ } V \text{ } S$	0,219	0,253	0,283	0,310	0,358	0,400	0,438	0,506	0,567

$$B \cdot L \cdot e_2 = b_1 = V - b = (m - 0,166) S m \quad (3)$$

d) Stosunek objętości kąpeli b do ogólnej objętości topiska

$$\frac{V}{b} = \frac{0,166 S}{m S} = \frac{0,166}{m} \dots (4)$$

Zależnie od m , stosunek ten waha się w dużych granicach:

$$\text{dla } m = 0,5 \quad \text{stosunek } \frac{V}{b} = 3$$

$$\text{dla } m = 0,333 \quad \text{„} \quad \frac{V}{b} = 2$$

$$\text{dla } m = 0,666 \quad \text{„} \quad \frac{V}{b} = 4$$

Płomieniaki, wykazujące stosunek $\frac{V}{b} = 3$ uważamy za normalne; tam gdzie $\frac{V}{b} < 3$, mamy do czynienia z piecami ciasnymi, gdzie stosunek $\frac{V}{b} > 3$ mówimy, że piec jest przestronny.

e) Głębokość kąpeli e_1 niezależnie od „ m “.

Rozróżniamy płomieniaki płytke, normalnie głębokie i głębokie, zależnie od celu, jakiemu mają służyć; głębokość kąpeli odgrywa dużą rolę przeważnie w okresie przegrzewania kąpeli; ponieważ czas przegrzewania wzrasta z kwadratem głębokości, budujemy płomieniaki, przeznaczone do wytopu bardzo przegrzanego żeliwa „płytke“; w wypadkach, gdzie chodzi o stosunkowo małe przegrzanie, bierzemy głębokość większą:

$$e_1 = n \sqrt{S} \dots (4a)$$

dla płomieniaków płytkich obliczamy

$$e_1 = 0,06 \sqrt{S^*}$$

*) Wzór ogólny: $e_1 = n \sqrt{S} \quad n = \frac{0,166}{BL} \cdot \sqrt{S}$

dla płomieniaków normalnych obliczamy

$$e_1 = 0,07 \sqrt{S}$$

dla płomieniaków głębokich obliczamy

$$e_1 = 0,08 \sqrt{S}$$

Z ogólnej głębokości kąpieli żeliwa i żużła odpada 86% na głębokość kąpieli żeliwa (e_2) i 14% na warstwę żużła (e_s), jak wynika z następującego obliczenia (licząc na 1 t wsadu 50 kg żużła)

$$0,143 S = B L e_2 \qquad 0,023 S = B L e_s$$

$$e_2 = \frac{0,143 S}{B L} \qquad e_s = \frac{0,023 S}{B L}$$

$$B L = \frac{0,166}{n} \sqrt{S}$$

$$e_2 = 0,86 n \sqrt{S}$$

$$e_s = 0,14 n \sqrt{S}$$

$$e_1 = n \sqrt{S}$$

f) Powierzchnia kąpieli BL płomieniaków normalnie przestrzonych ($m = 0,5$) ilość żużła 50 kg/t.

Utarł się zwyczaj, że powierzchnia kąpieli obliczana bywa w ten sposób, że się przyjmuje na 1 tonę wsadu tyle a tyle m^2 powierzchni. Dla danego wsadu przy danej głębokości kąpieli jest powierzchnia trzonu czy kąpieli ściśle określona wzorem:

$$B L = \frac{0,166 S}{e_1} = \frac{0,166}{n} \sqrt{S} \quad (5) \quad e_1 = n \sqrt{S}$$

g) Szerokość trzonu płomieniaków $B m$.

Do obliczenia jej stosowany jest wzór:

$$\underline{B = 0,02 S + 1,2 (m)} \dots (6)$$

Tablica 3.
Powierzchnia kąpeli $B L m^2$ ($m = 0,5 m^3$).

Ilość żużla
50 kg/t wsadu.

Płomieniaki	Wzory	Wsad S w tonach								
		7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
Płytkie $n = 0,06$	2,76 S	7,58	8,74	9,79	10,71	12,36	13,83	15,15	17,5	19,51
normalne $n = 0,07$	2,36 S	6,49	7,49	8,39	9,17	10,59	11,85	12,93	15,0	16,69
głębokie $n = 0,08$	2,075 S	5,68	6,56	7,35	8,04	9,28	10,38	11,36	13,12	14,67

Powierzchnia kąpeli na 1 tonę wsadu (ilość żużla 50 kg/t).

plytkie	$\frac{2,76}{VS}$	1,0	0,875	0,781	0,715	0,619	0,553	0,503	0,437	0,391
normalne	$\frac{2,36}{VS}$	0,861	0,75	0,669	0,614	0,53	0,474	0,424	0,375	0,335
głębokie	$\frac{2,075}{VS}$	0,757	0,657	0,586	0,536	0,464	0,415	0,379	0,328	0,293

Tablica 4.
(Szerokość trzonu B)

Szerokość trzonu	Wsad S w tonach								
	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
$B = 0,02 S + 1,2$	1,35	1,4	1,75	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2

h) Długość trzonu płomieniaków L normalnie przestrzonych $m = 0,5 \text{ m}^3$ przy ilości żużla 50 kg/t wsadu.

Przy danej powierzchni kąpeli ($B L$) i jej szerokości B obliczamy jej długość $L = \frac{B \cdot L}{B}$ albo ze wzoru:

$$B \cdot L e_1 = 0,166 S$$

$$L = \frac{0,166 S}{B \cdot e_1}$$

$B e_1 =$ przekrój poprzeczny kąpeli

$$e_1 = n \sqrt{S}$$

$$L = \frac{0,166 S}{B \cdot n \cdot S} = \frac{0,166}{n \cdot B} \sqrt{S} \dots (7)$$

i) Całkowita wysokość topiska e płomieniaków normalnie przestrzonych $m = 0,5 \text{ m}^3$, ilość żużla 50 kg/t .

Z równania (1) $B L e = S \cdot m$ obliczamy, znając już $B L$ z wzoru $e = \frac{m S}{B L}$, albo wstawiając zamiast $B L = \frac{0,166}{n} S$, otrzymamy:

$$e = \frac{m \cdot n}{0,166} \sqrt{S} \dots (8)$$

$$m = 0,5$$

$$e = \frac{n \cdot 0,5}{0,166} \sqrt{S} = 3 n \sqrt{S} \dots (8a)$$

Tablica 5.

Długość trzonu płomieniaków L i objętość kąpieli 0,166 S .

Piecze	Wzory	Wsad S w tonach								
		7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
płytkie $n = 0,06$	$\frac{0,166 S}{0,06 \cdot B}$	5,61	6,23	6,74	7,12	7,71	8,12	8,40	8,73	8,87
normalne $n = 0,07$	$\frac{0,166 S}{0,07 \cdot B}$	4,81	5,35	5,79	6,12	6,62	6,97	7,21	7,50	7,62
głębokie $n = 0,08$	$\frac{0,166 S}{0,08 \cdot B}$	4,21	4,68	5,07	5,35	5,80	6,10	6,31	6,56	6,67
$b = 0,166 S m^3$		1,245	1,666	2,075	2,5	3,33	4,15	5,00	6,64	8,30
Objęt. kąpieli żeliwa $m^3 0,143 S$. . .		1,073	1,430	1,787	2,145	2,86	3,575	4,29	5,72	7,15
Objęt. kąpieli żużła $m^3 0,23 S$		0,172	0,230	0,288	0,355	0,470	0,575	0,71	0,92	1,15

k) Wysokość wolnego przekroju topiska e_2 , ilość żużla 50 kg/t

$$e_2 = e - e_1 = \frac{m \cdot n}{0,166} \sqrt{S} - n \sqrt{S} =$$

$$= n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right) \dots \dots (9)$$

dla $m = 0,5$

$$e_2 = n \sqrt{S} \left(\frac{0,5}{0,166} - 1 \right) = 2 n \sqrt{S} \dots (9a)$$

Widzimy, że przy normalnie przestrzonych płomieniakach stosunek głębokości kąpeli $e_1 = n \sqrt{S}$ do wysokości przestrzeni wolnej i całego topiska jest $e_1 : e_2 : e = 1 : 2 : 3$.

l) Przekrój poprzeczny kąpeli $B \cdot e_1$.

$$B e_1 = B \cdot n \sqrt{S} \dots (10)$$

niezależny od współczynnika m .

m) Przekrój poprzeczny wolnej przestrzeni topiska

$$B e_2 = B n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right) \dots (11)$$

dla $m = 0,5$

$$B e_2 = 2 B \cdot n \sqrt{S} \dots (11a)$$

2) Palenisko.

Węgiel kamienny spalamy na zwykłym ruszcie i odprowadzamy spaliny zapomocą naturalnego ciągu komina.

Ilość wytworzonego ciepła w jednostce czasu, a więc szybkość spalania węgla, powinna iść w parze ze zdolnością zużytkowania ciepła przez wsad i obmurze. Od stopnia dostosowania do siebie tych dwóch czynników zależy ekonomja ruchu płomieniaka.

Tablica 6.

Całkowita wysokość topiska $e = 3 e_1$ i wysokość wolnego przekroju $e_2 = 2 e_1$ płomieniaków normalnie przestrzonych $m = 0,5$

(p. tabl. 2.)

Piecze	Wzory	Wsad S w tonach								
		7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
płytkie	$e = 3 e_1$	0,492	0,570	0,639	0,696	0,804	0,900	0,987	1,14	1,272
normalne	$e = 3 e_1$	0,576	0,662	0,744	0,813	0,929	1,050	1,149	1,329	1,485
głębokie	$e = 3 e_1$	0,657	0,759	0,849	0,930	1,074	1,200	1,314	1,518	1,701
płytkie	$e = 2 e_1$	0,328	0,380	0,424	0,464	0,536	0,60	0,658	0,76	0,848
normalne	$e = 2 e_1$	0,384	0,442	0,496	0,542	0,626	0,70	0,766	0,886	0,990
głębokie	$e = 2 e_1$	0,506	0,586	0,566	0,620	0,716	0,80	0,876	1,012	1,134

Tablica 7.

l) Przekrój poprzeczny kąpielii $B e_1$ ($m = 0,5$)

Ilość żużla
50 kg/t wsadu.

Piecze	Wzory	Wsad S w tonach								
		7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
płytkie	$0,06 B \sqrt{S}$	0,222	0,265	0,308	0,349	0,429	0,510	0,592	0,759	0,934
normalne	$0,07 B \sqrt{S}$	0,149	0,310	0,359	0,417	0,501	0,595	0,690	0,885	1,089
głębokie	$0,08 B \sqrt{S}$	0,296	0,410	0,410	0,465	0,572	0,680	0,791	1,012	1,244

m) Przekrój wolnej przestrzeni $B e_2$ ($m = 0,5$)

płytkie	$0,12 B \sqrt{S}$	0,444	0,530	0,616	0,698	0,858	1,020	1,194	1,518	1,868
normalne	$0,14 B \sqrt{S}$	0,498	0,620	0,718	0,834	1,002	1,190	1,380	1,770	2,178
głębokie	$0,16 B \sqrt{S}$	0,592	0,708	0,820	0,930	1,144	1,380	1,582	2,024	2,488

a) Ogólna powierzchnia rusztu R .

Według Ledebur'a i innych przyjmuje się zwykle, że ogólna powierzchnia rusztu ($R \text{ m}^2$) powinna wynosić normalnie $\frac{1}{3}$ część powierzchni kąpeli $B L$, więc $R = \frac{B L}{3}$.

Według wzoru (5) dla $B L = \frac{0,166}{n} \sqrt{S}$ powinnaby powierzchnia rusztu zależeć od głębokości płomieniaka, więc maleć ze wzrostem n i wzrastać ze spadkiem n . Nie byłoby to logiczne, dlatego przyjmujemy, że ogólna powierzchnia rusztu

$$R = \sqrt{S} \dots \dots \dots (12)$$

co zgadza się w przybliżeniu z powyżej przytoczoną regułą dla $n = 0,06$, więc dla płomieniaków płytkich.

b) Swobodna powierzchnia rusztu (r) wynosi zwykle 40% powierzchni ogólnej

$$r = 0,4 R$$

$$R = 2,5 r \dots \dots \dots (13)$$

c) Ilość powietrza przechodzącego przez szczeliny rusztu do warstwy węgla przyjmujemy dla danego gatunku węgla w ilości 60 m^3 na minutę, wzgl. 3600 m^3 na 1 godzinę. Licząc z 25% nadmiarem 10 m^3 powietrza na 1 kg węgla, spalamy w 1 godzinie 360 kg na 1 m^2 swobodnej powierzchni rusztu, względnie $\frac{360}{2,5} = 144 \text{ kg}$ na 1 m^2 ogólnej powierzchni rusztu.

$$W_h = 144 \cdot R = 144 \sqrt{S} \dots \dots (14)$$

d) Przetapianie wsadu w płomieniakach obejmuje dwa okresy: okres przeprowadzenia wsadu ze stanu stałego w stan płynny i okres przegrzewania kąpeli. (Niekiedy okres prze-

grzewania przedłuża się z powodu zamierzonego świeżenia kąpeli). Te dwa okresy różnią się zasadniczo pod względem sprawności cieplnej. Sprawność cieplna płomieniaka w okresie pierwszym wynosi zależnie od wielkości kawałków wsadu, więc od stosunku objętości ich do powierzchni 15 — 10%, średnio 12,5%

$$\eta_1 = 12,5\%$$

W okresie drugim sprawność cieplna jest daleko mniejsza; same gazy unoszą ze sobą do komina — zależnie od temperatury w piecu, więc od temperatury zamierzonego stopnia przegrzania kąpeli 75—90% ciepła, tak że tylko 4% ciepła użytkujemy do przegrzania kąpeli

$$\eta_2 = 4\%$$

przy średniej głębokości kąpeli:

Z tego wynika, że przeciętna sprawność cieplna będzie tem mniejsza, im wyższa jest końcowa temperatura kąpeli, natomiast tem większa, im mniej przegrzewamy kąpiel; zaznaczam, że pod sprawnością cieplną płomieniaka rozumiem stosunek pojemności cieplnej kąpeli przed spustem do ogólnej ilości zużytego paliwa, wzgl. jego wartości opałowej. Przy płomieniakach płytkich ($n = 0,06$) sprawność cieplna wynosi ca 5,5%, przy płomieniakach głębokich ca 3,1% w okresie przegrzewania kąpeli.

e) Czas trwania okresu pierwszego g_1 w godzinach.

Jeżeli temperatura topienia wynosi t_1^0 i ciepło właściwe żeliwa jest 0,2, ciepło utajone topnienia 30 kal./kg i sprawność cieplna płomieniaka w tym okresie wynosi przeciętnie η_{11}^0 , to zapotrzebowanie ciepła do przetopienia S ton wsadu wynosi:

$$C = 1000 S \cdot (0,2 \cdot t_1 + 30) \frac{100}{\eta_{11}} \quad (15)$$



Tę to ilość ciepła wytwarzamy, spalając 144 kg węgla o wartości opałowej 7000 kal./kg na 1 m² rusztu R w g_1 godzinach:

$$C = 144 R \cdot g_1 \cdot 7000 \quad \dots (15 a)$$

Z równań 15 i 15 a obliczamy g_1

$$g_1 = \frac{1000 S (0,2 t + 30)}{144 \cdot R \cdot 7000} \frac{100}{\eta_1}$$

$$g_1 = \frac{10^5 \cdot S (0,2 t + 30)}{10^6 R \cdot \eta_1} =$$

$$= 0,1 \frac{S}{R \eta_1} (0,2 t_1 + 30) \dots (16)$$

Temperatura topnienia $t_1 = 1100^\circ$

$$g_1 = \frac{25 S}{R \cdot \eta_1} \dots \dots (16 a)$$

dla $R = \sqrt{S} \cdot \eta_1 = 12,5$ otrzymujemy

$$g_1 = 2 \sqrt{S} \dots \dots (16 b)$$

Równanie 16 b obowiązuje dla $\eta_1 = 12,5\%$ dla natężenia rusztu 144 kg/h/m² R i wartości opałowej węgla 7000 kal./kg; sprawność cieplna η_1 zależy jeszcze od kilku czynników, jako wielkość kawałków wsadu i stosunek objętości do ich powierzchni, następnie od mniej lub więcej możliwego przepływu spalin pomiędzy poszczególnymi kawałkami wsadu. Wszystkich tych czynników nie można niestety ująć rachunkiem; zadowolić się należy wzorem $g_1 = 2 \sqrt{S}$ który mówi nam, że czas trwania ogrzewania i topnienia wsadu zależy jedynie od wysokości wsadu, o ile pracujemy węglem o wartości opałowej 7000 kal./kg i spalamy 144 R/h.

f) Czas trwania okresu przegrzewania kąpieli zależy przede wszystkim

kiem od stopnia przegrzania i od głębokości kąpeli. Jeżeli przegrzejemy kąpiel ponad punkt topnienia $(1100^{\circ} = t_1)$ o $t_2^{\circ}\text{C}$, to przy współczynniku sprawności cieplnej η_2 , licząc ciepło właściwe żeliwa 0,2, ilość wymaganego ciepła wynosi

$$C_2 = 1000 S \cdot t_2 \cdot 0,2 \frac{100}{\eta_2} \quad (17)$$

którą wytwarzamy w g_2 godzinach, spalając węgiel o wartości opałowej 7000 kal./kg w ilości 144 kg na $1 \text{ m}^2 R$

$$C_p = 144 \text{ kg } R/g_2 \cdot 7000 = 10^6 R \cdot g_2 \quad (17 a)$$

Z obydwóch równań obliczamy g_2

$$g_2 = \frac{10^5 S \cdot t_2 \cdot 0,2}{10^6 R \eta_2} = \frac{S t_2 \cdot 0,2}{R/\eta_2} \quad (18)$$

$$g_2 = \frac{0,02 t_2 \sqrt{S}}{\eta_2}$$

Dla średniogłębokich pieców $\eta_2 \ 4\%$

$$g_2 = 0,0049 t_2 \sqrt{S} \quad (18 a) \quad \text{dla } n = 0,07$$

$$\eta_2 = 4\%$$

$$g_2 = 0,0036 t_2 \sqrt{S} \quad (18 b) \quad \text{dla } n = 0,06$$

$$n_2 = 5,5\%$$

$$g_2 = 0,0064 t_2 \sqrt{S} \quad (18 c) \quad \text{dla } n = 0,08$$

$$n_2 = 3,1\%$$

$$g_2 = n_2 t_2 \sqrt{S} \quad (18 d) \quad \text{wzór ogólny}$$

Czas trwania okresu przegrzewania możemy też obliczyć w inny sposób:

λ_k — współczynnik przewodności ciepła żeliwa,

Δt_k — średnią różnicę temperatur żeliwa,

e_z — głębokość kąpeli żeliwa bez żużla.

Ilość ciepła przewodzonego w g_2 godzinach wynosi:

$$C_1 = \lambda_k \frac{B L}{e_z} \cdot \Delta t_k \cdot g_2 \dots (19)$$

Pewna część tego ciepła przenika do trzonu pieca, którego grubość przyjmujemy w celu uproszczenia obliczeń w tej samej wysokości, co głębokość kąpeli żeliwa:

$$C_2 - \lambda_t = \frac{B L}{e_z} \Delta t_t \cdot g_2 \dots (19 a)$$

$$C_1 - C_2 = \frac{B L}{e_z} g_2 \underbrace{(\lambda_k \Delta t_k - \lambda_t \Delta t_t)}_A \dots (19 b)$$

$$C_2 - C_2 = 1000 S \cdot 0,2 t_2 = 200 S t_2 \dots (20)$$

Z ostatnich dwóch równań obliczamy:

$$g_2 = \frac{200 S t_2}{\frac{B L}{e_z} A} \dots (21)$$

$$B L = \frac{0,143 S}{e_z}$$

$$g = \frac{200 S \cdot t_2 \cdot e_z^2}{0,143 S \cdot A} = \frac{1400 t_2 \cdot e_z}{A} \dots (21 b)$$

$$e_z = 0,86 e_1$$

$$e_z^2 = 0,737 e_1^2$$

$$g_2 = \frac{1000 t_2 e_1^2}{A} \dots (21 c)$$

A obliczone z równania 21 c i 18 a wynosi $1000 \sqrt{S}$ ($n = 0,07$)* **)

$$A = \frac{1000 n^2 \sqrt{S}}{0,005} \quad n = 0,07 \quad A = 1000 \sqrt{S} ; \gamma_{l_2} = 4^{\circ}_0$$

$$A = \frac{1000 n^2 \sqrt{S}}{0,004} \quad n = 0,06 \quad A = 1000 \sqrt{S} ; \gamma_{l_2} = 5,5^{\circ}_0$$

$$A = \frac{1000 n^2 \sqrt{S}}{0,006} \quad n = 0,08 \quad A = 1000 \sqrt{S} ; \gamma_{l_2} = 3,1^{\circ}_0$$

**) Wyraz A nazywamy „współczynnikiem przegrzewania kąpeli“.

$$g_2 = \frac{t_2 e_1^2}{S} \dots (22) \quad e_1^2 = n^2 S$$

$$g_2 = \frac{n^2 t_2 \sqrt{S}}{S} \dots (23) \text{ równa się 18 a, 18 b, 18 c.}$$

f) Zużycie węgla o wartości opałowej 7000 kal./kg (bez zaliczenia przepadu przez ruszt).

1) Zużycie w okresie pierwszym:

$$w_1 = 144 R \cdot g_1$$

$$w_1 = 144 \sqrt{S} \cdot 2 \sqrt{S}$$

$$\underline{w_1 = 288 S} \dots (24)/19$$

2) Zużycie w okresie przegrzewania kąpieli żeliwa:

$$w_2 = 144 R \cdot g_2 = 144 \sqrt{S} \cdot n^2 t_2 \sqrt{S}$$

$$\underline{w_2 = 144 S n^2 t_2} \dots (25)$$

3) Zużycie ogólne $w_1 + w_2 = W$:

$$W = 144 R g = 144 \sqrt{S} \cdot \sqrt{S} (2 + n^2 \cdot t_2)$$

$$\underline{W = 144 S (2 + n^2 t_2)} \dots (26)$$

4) Zużycie węgla na 1 tonę wsadu:

$$w' = w'_1 + w'_2 = 288 + 144 n^2 t_2$$

$$\underline{w' = 144 (2 + n^2 t_2)} \dots (27)$$

$$\text{np.: } n = 0,06$$

$$t_2 = 100^0$$

$$\underline{w' = 339,84 \text{ kg}}$$

$$n = 0,08$$

$$t_2 = 400^0$$

$$w' = 656,64 \text{ kg}$$

Tablica 8.

Czas trwania okresu pierwszego. g_1

Wyniki odnoszą się do następującego założenia: Węgiel o wartości opałowej 7000 kal/kg dokładne spalanie; natężenie rusztu 144 kg/h/ m² R).

		Wsad w tonach $\eta_1 = 12,5\%$								
		7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
$g_1 = 2 \sqrt{S}$	\sqrt{S}	2,738	3,162	3,54	3,873	4,472	5,0	5,477	6,325	7,071
	$g_1 = 2\sqrt{S}$	5,50	6,30	7,0	7,7	8,9	10,0	10,9	12,6	14,1

8a) Czas trwania okresu przegrzewania kąpieli $g_2 = n^2 t_2 \sqrt{S}$

$g_2 = n^2 t_2 \sqrt{S}$	$n = 0,06$ $n_2 = 5,5$	100°	0,98	1,14	1,27	1,39	1,61	1,80	1,97	2,28	2,54
		200°	1,96	2,28	2,54	2,78	3,22	3,60	3,94	4,56	5,08
		300°	2,94	3,42	3,81	4,17	4,83	5,40	5,91	6,84	7,62
		400°	3,92	4,56	4,08	5,56	6,44	7,20	7,88	9,12	10,16
	$n = 0,07$ $n_2 = 4\%$	100°	1,20	1,55	1,73	1,89	2,20	2,45	2,68	3,10	3,46
		200°	2,60	3,10	3,46	3,78	4,40	4,90	5,36	6,20	6,92
		300°	3,90	4,65	5,19	5,67	6,60	7,35	8,04	9,30	10,38
		400°	5,20	6,20	6,92	7,56	8,80	9,80	10,72	12,40	13,84
	$n = 0,08$ $n_2 = 3,1\%$	100°	1,55	2,00	2,30	2,50	2,90	3,20	3,50	4,10	4,50
		200°	3,10	4,00	4,60	5,00	5,80	6,40	7,00	8,20	9,00
		300°	4,65	6,00	6,90	7,50	8,70	9,60	10,50	12,30	13,50
		400°	6,20	8,00	9,20	10,00	11,60	12,80	14,00	16,40	18,00

8b) Cały czas trania topienia $g = g_1 + g_2$

$g = 2\sqrt{S} + n^2 t_1 \sqrt{S} + (2 + n^2 t_2)$	$n = 0,06$	100°	6,48	7,44	8,27	9,09	10,51	11,80	12,87	14,88	16,64
		200°	7,46	8,56	9,54	10,48	12,12	13,60	14,84	17,16	19,18
		300°	8,44	9,72	10,81	11,87	13,73	15,40	16,81	19,44	21,72
		400°	9,42	10,86	12,08	13,26	15,34	17,20	18,78	21,72	24,26
	$n = 0,07$	100°	6,80	7,85	8,73	9,59	11,10	12,45	13,58	15,70	17,56
		200°	8,10	9,40	10,46	11,48	13,30	15,80	16,26	18,80	21,02
		300°	9,40	10,95	12,19	13,37	15,50	17,35	18,94	21,90	24,48
		400°	10,70	12,50	13,92	15,26	17,70	19,80	21,62	25,00	27,94
	$n = 0,08$	100°	7,05	8,30	9,30	10,20	11,80	13,20	14,40	16,70	18,60
		200°	8,60	10,30	11,60	12,70	14,70	16,40	17,90	20,70	23,10
		300°	10,15	12,30	13,90	15,20	17,60	19,60	21,60	24,90	27,60
		400°	11,70	14,30	16,20	17,70	20,50	22,80	24,90	29,00	32,10

5) Sprawność cieplna:

a) w okresie pierwszym teoretyczna ilość węgla o wartości opałowej 7000 kal./kg, zużyta do ogrzewania i topienia wsadu

$$C_1 = 1000 S (0,2 t_1 + 30) \quad (15)$$

$$t_1 = 1100^\circ\text{C}$$

$C_1 = 250 \cdot 000 S$ kal, co odpowiada

$$\frac{250 \cdot 000 S}{7000} = 35,7 S \text{ kg węgla,}$$

rzeczywiste zużycie węgla wynosi jednak 288 S kg

$$\eta_1 = \frac{35,7}{288} 100 = \text{ok. } 12,5\%$$

b) W okresie przegrzewania teoretyczna ilość ciepła wynosi

$$C_2 = 1000 S t_2 \cdot 0,2 = \underline{200 S} \cdot t_2 \text{ kal.,}$$

podczas gdy ilość rzeczywiście zużytego w palwie ciepła wynosi według równania (24)

$$144 S n^2 t_2 7000 \text{ kal.}$$

$$\begin{aligned} \eta_2 &= 100 \frac{200 S t_2}{10^6 S n^2 t_2} = \frac{2}{10^2} \cdot \frac{1}{n^2} = \\ &= \frac{0,02}{n^2} \dots \dots \dots (28)/23 \end{aligned}$$

$$\eta_2 \text{ dla pieców płytkich } n = 0,02 : \frac{0,06}{0,0036} = 5,5\%$$

$$\eta_2 \text{ dla pieców normaln. } n = 0,07 : \frac{0,02}{0,0049} = 4\%$$

$$\eta_2 \text{ dla pieców głębok. } n = 0,08 : \frac{0,02}{0,0064} = 3,1\%$$

c) Ogólna sprawność cieplna*).

Teoretyczna ilość ciepła wynosi

$$1000 S (0,2 t_1 + 30) + 1000 S t_2 \cdot 0,2 = \\ = 1000 S [0,2 (t_1 + t_2) + 30] \text{ kal.}$$

Ilość wytworzonego ciepła w/g wzoru (26)

$$\eta = \frac{144 S (2 + n^2 t_2) 7000}{10^6 S (2 + n^2 t_2)} 100 \\ \eta = \frac{0,2 (t_1 + t_2) + 30}{10^3 (2 + n^2 t_2)} 100 \\ \eta = \frac{0,2 (t_1 + t_2) + 30}{10 (2 + n^2 t_2)} \cdot (29)/24$$

$$\eta_1 = \frac{1000 S (0,2 t_1 + 30)}{2,88 S \cdot 7000} = \frac{0,2 t_1 + 30}{2016}$$

$$t_1 = 1100^\circ\text{C}$$

$$\eta = \frac{250}{2016} \approx 12,5\%$$

a) np. $t_1 = 1100^\circ$

$$t_2 = 300^\circ$$

$$n = 0,07$$

$$\eta = \frac{0,2 (1400) + 30}{10 (2 + \underbrace{0,0049 \cdot 300}_{1,47})} = \frac{310}{31,47} \approx \underline{10\%}$$

b) np. dla $t_1 = 1100^\circ$

$$t_2 = 100$$

$$n = 0,06$$

*) Ilość ciepła pochodząca ze spalania składników wsadu (2-3% ciepła węgla) nie została uwzględniona w obliczeniach.

$$\eta = \frac{0,2 \cdot 1200 + 30}{10(2 + \frac{0,0036 \times 100}{2,35})} = \frac{270}{23,6} = \underline{11,5\%}$$

g) Ruch gazów spalinowych w topisku w okresie przegrzewania.

Powierzchnia swobodnego przekroju topiska

$$B \cdot e^2 = 2 B n \sqrt{S} \dots (11a) \text{ dla } m = 0,5.$$

Ilość gazów spalinowych na sekundę wynosi:

$$\frac{1440 R}{3600} = \underline{0,4 \sqrt{S}^*} \dots (30)$$

Chyżość gazów w topisku obliczamy z równania:

$$2 B n \sqrt{S} \cdot v = 0,4 \sqrt{S}$$

$$v = \frac{0,4}{2 B \cdot n} = \frac{0,2}{B \cdot n} \dots (31)$$

albo ze wzoru ogólnego dla

$$B e_2 = B \cdot n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,165} - 1 \right)$$

$$v = \frac{0,4}{B n \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right)} \dots (32)$$

Ogólny wzór dla e_2

$$e_2 = e - e_1 = \frac{S \cdot m}{B L} - n \sqrt{S}$$

$$B L = \frac{0,166}{n} \sqrt{S} \dots (5)$$

*) Dokładniej: $0,4 \sqrt{S} \times 1,044 = 0,42 \sqrt{S}$ (Heiligenstädt str. 19)

Tablica 9.

Chyżość gazów w topisku w metrach/sek..

dla $m = 0,5$ $n = 0,07$

$$v = \frac{0,2}{B \cdot 0,07} = \frac{2,86}{B} \dots (32 a)$$

S_t	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
B	1,35	1,4	1,45	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2
v	2,1	2,04	1,97	1,9	1,79	1,7	1,6	1,43	1,30

$$e_2 = \frac{S \cdot m}{0,166 \sqrt{S}} - n \sqrt{S} = \frac{S \cdot m \cdot n}{0,166 \sqrt{S}} = n \sqrt{S}$$

$$= \frac{m n \sqrt{S}}{0,166} - n \sqrt{S}$$

$$e_2 = n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right) \quad \dots (32a)$$

Chyżość gazów gorących ($t = 1500^\circ$) jest 6,5-krotna i wynosi np. przy płomieniaku

$$\begin{array}{ll} 7,5 t \dots & 13,7 \text{ m/sek.} \\ 25 t \dots & 12,3 \text{ m/sek.} \\ 50 t \dots & 8,5 \text{ m/sek.} \end{array}$$

Pobyty gazów spalinyowych w topisku.

Objętość swobodnej przestrzeni topiska:

$$V_1 = V - b = m S - 0,166 S = S (m - 0,166) \quad (33)$$

Ilość gazów na 1 sekundę wynosi

$$\underline{0,4 \sqrt{S} m^3}$$

Czas pobytu

$$\frac{S (m - 0,166)}{0,4 \sqrt{S}} = \underline{2,5 \sqrt{S} (m - 0,166)} \quad (34)$$

Powierzchnia wnętrza topiska promieniującego ciepło (ze sklepienia i ze ścian).

Powierzchnia promieniująca ciepło odgrywa dużą rolę w okresie przegrzewania żeliwa. Im większy jest stosunek powierzchni promieniującej do powierzchni kąpeli, tem większa sprawność cieplna, tem krótszy czas przegrzewania kąpeli.

Powierzchnia promieniująca ciepło P_p składa się z powierzchni sklepienia i z powierzchni ścian bocznych o długości topiska L .

$$P_p = L (B + 2 e_2) \quad \dots (35)$$

Tablica 10.

Czas pobytu spalin w topisku w sekundach.

	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
$m = 0,5$ $0,835 \sqrt{S}$	2,3"	2,64"	2,96"	3,23"	3,73"	4,2"	4,57"	5,28"	5,9"
$m = 0,66$ $1,25_2 \sqrt{S}$	3,4"	3,95"	4,44"	4,8"	5,59"	6,3"	6,85"	7,92"	8,8"
$m = 0,33$ $0,417 \sqrt{S}$	1,15"	1,32"	1,48"	1,62"	1,86"	2,1"	2,28"	2,64"	2,95"
\sqrt{S}	2,738	3,162	3,54	3,873	4,472	5	5,477	6,325	7,071

Czas pobytu gazów gorących jest 5—6 razy mniejszy.

$$L = \frac{0,166 S}{B e_1}$$

$$\text{równ. (32 a)} \quad e_2 = n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right)$$

$$P_p = \frac{0,166 S}{B e_1} [B + 2 n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right)]$$

$$e_1 = n \sqrt{S}$$

$$P_p = \frac{0,166 \sqrt{S}}{B n} [B + 2 n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right)] \quad (36)$$

Dla

$$m = 0,333/P_p = \frac{0,166 \sqrt{S}}{B \cdot n} (B + 2 n \sqrt{S}) \quad (36 \text{ a})$$

$$m = 0,5/P_p = \frac{0,166 \sqrt{S}}{B \cdot n} (B + 4 n \sqrt{S}) \quad (36 \text{ b})$$

$$m = 0,66/P_p = \frac{0,166 \sqrt{S}}{B \cdot n} (B + 6 n \sqrt{S}) \quad (36 \text{ c})$$

Dla płomieniaków normalnie głębokich ($n = 0,07 \sqrt{S}$) ale ciasnych ($m = 0,333$) otrzymamy powierzchnię promieniującą ciepło według wzoru 36 a:

$$P_p = \frac{0,166 \sqrt{S}}{B \cdot 0,07} (B + 2 \cdot 0,07 \sqrt{S}) \dots \quad (36 \text{ d})$$

$$S = 25 \text{ t}, B \text{ 1,7 m}$$

$$P_p = \frac{0,833}{0,119} (1,7 + 0,7) = \frac{0,833}{0,119} (2,4) =$$

$$\underline{\underline{= 16,8 \text{ m}^2}}$$

Natomiast płomieniaki przestronne ($m = 0,66$) normalnie głębokie ($n = 0,07$) wykazują powierzchnię promieniującą znacznie większą: (wzór 36b)

$$P_p = \frac{0,166 \sqrt{S}}{B \cdot 0,07} (B + 6 \cdot 0,07 \sqrt{S})$$

$$S = 25 \text{ t}$$

$$B = 1,7 \text{ m}$$

$$P_p = \frac{0,833}{0,119} (1,7 + 2,1) = 7 \cdot 3,8 = \underline{26,6 \text{ m}^2}$$

Płomieniak 25-tonowy przestrony posiada powierzchnię promieniującą o $9,8 \text{ m}^2$ tj. o $\frac{9,80}{16,8} 10 58,3\%$ większą, niż płomieniak o tej samej pojemności, ale ciasny ($m = 0,3$).

Ponieważ promieniowanie ciepła przy temperaturach ścian powyżej 500°C już zaczyna odgrywać znaczną rolę, zrozumieliśmy jest fakt, że czas trwania procesu przetapiania wsadu w płomieniakach obciążonych niżej normy jest znacznie krótszy niż przy obciążeniu normalnym.

Poniżej podaję powierzchnię promieniującą topiska płomieniaków normalnych ($m = 0,5$, $n = 0,07$).

Objętość i waga obmurza płomieniaka.

Grubość ścian wynosi według Osann'a zwykle:

sklepienie	240 mm	
ściana przednia paleniska	240 mm	
ściany boczne	400 mm	
próg ogniowy	500 mm	
górna krawędź progu ogniowego ponad rusztem . .	300 mm	(2-krotna warstwa węgla

Przy płomieniakach ładowanych z tyłu, zamiast ściany stałej stosowane są drzwi przesuwane o grubości 125 mm .

O ilości ciepła nagromadzonego podczas topienia w obmurzu i o wpływie tej ilości cie-

Tablica 11.
Powierzchnia promieniująca ($m = 0,5$, $n = 0,07$) według wzoru 36 b).

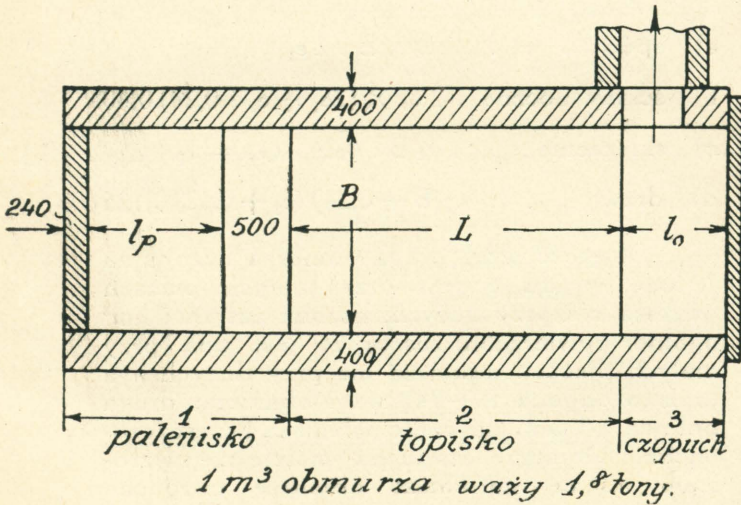
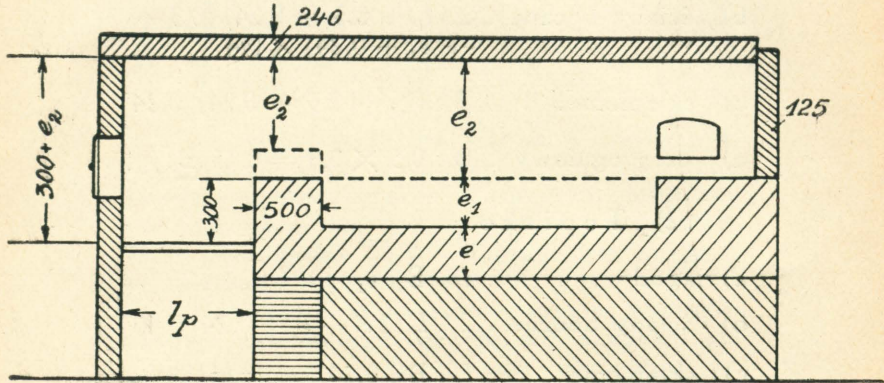
ilość żużla
50 kg/t.

	Wsad S w tonach								
	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
$P_p = \frac{0,166 \sqrt{S}}{B \cdot n} (B + 4 n \sqrt{S})$	10,2	12,23	14,13	15,8	18,89	21,62	24,05	28,28	31,9
B	1,35	1,4	1,45	1,5	1,6	1,7	1,8	2	2,2
B L Tablica 3	6,47	7,49	8,39	9,17	10,59	11,85	12,93	15	16,69
$P_p : R$	3,72	3,87	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,44	4,51
$\frac{P_p}{B L} *$	1,59	1,62	1,68	1,71	1,78	1,81	1,85	1,88	1,91
$P_p : S$	1,36	1,22	1,13	1,05	0,95	0,86	0,8	0,7	0,64

$$*) \frac{P_p}{B L} = \frac{1}{B} [B + 2 n \sqrt{S} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right)] = 1 + \frac{2 n \sqrt{S}}{B} \left(\frac{m}{0,166} - 1 \right)$$

pła na przebieg topienia dają nam należyte wyobrażenie następujące dane, charakterystyczne dla każdego płomieniaka:

- 1) Objętość i waga obmurza na 1 tonę wsadu S
- 2) " " " " " 1 m² rusztu R
- 3) " " " " " 1 m² powierzchni kąpielii B L.



Rys. 2.

Obliczenia objętości i wagi obmurza przeprowadzone zostały według następujących wzorów:

1) Palenisko i próg ogniowy

- a) ściana przednia: $B (0,3 + e_2) 0,24$
 b) ściany boczne . $2 (l_p + 0,5 + 0,24) (0,3 + e_2 + 0,24) \times 0,4$
 c) sklepienie: . . $B \cdot (l_p + 0,5 + 0,24) 0,24$
 d) próg ogniowy . $B \cdot 0,5 \times 0,3 = \underline{0,15 B}$

2) Topisko

- a) spód $L \cdot B \cdot e_1$
 b) ściany boczne . $2 \cdot L (2 e_1 + e_2 + 0,24) 0,40$
 c) sklepienie . . $L \cdot B \cdot 0,24$

3) Część czopuchowa

- a) spód $l_c \cdot B \cdot 2 e_1$
 b) ściany boczne . $2 l_c \times (2 e_1 + e_2 + 0,24) 0,40$
 c) sklepienie . . $l_c B \cdot 0,24 (l_c = l_p)$
 d) drzwi $(B + 0,24) (e_2 + 0,12) 0,125$

Objętość wzgl. waga obmurza liczona na 1 tonę wsadu S jest przy małych piecach większa niż przy dużych; liczona zaś na 1 m^2 ogólnej powierzchni rusztu R jest ona przy małych piecach mniejsza niż przy dużych. Na topisko odpada 50—54% wagi obmurza; druga połowa odpada na część paleniska i część czopucha. Obmurze czopucha maleje ze wzrostem wsadu, natomiast obmurze czopucha wzrasta ze wzrostem wsadu. Cyfrowe dane przedstawione są w tablicy 12.

Tablica 12.
Objętość i waga obmurza płomieniaków.

Wsad S	Obmurze na 1 t		Z tego odpada na			Obmurze na 1 m ² R	
	m ³	kg	pale- nisko	topi- sko	czo- puch	m ³	kg
7,5 t	1,78	3200	25 $\frac{0}{0}$	50 $\frac{0}{0}$	25 $\frac{0}{0}$	4,87	8770
15 t	1,44	2590	21 $\frac{0}{0}$	51 $\frac{0}{0}$	28 $\frac{0}{0}$	5,00	10000
30 t	1,04	1870	16 $\frac{0}{0}$	52 $\frac{0}{0}$	29 $\frac{0}{0}$	5,70	10300
50 t	0,98	1730	16 $\frac{0}{0}$	44 $\frac{0}{0}$	30 $\frac{0}{0}$	6,0	12330

Zużycie ciepła na ogrzanie obmurza w równych pozatem warunkach ruchu na 1 tonę wsadu jest mniejwięcej w prostym stosunku do wagi obmurza; będzie więc przy płomieniaku o pojemności 7,5 t o 85 $\frac{0}{0}$ większe niż przy płomieniaku o pojemności 50 t

Przy równem natężeniu rusztu obmurze płomieniaka małego ogrzeje się szybciej, niż obmurze płomieniaka dużego, ponieważ jak widzimy z tablicy 12, waga obmurza na 1 m² rusztu przy płomieniaku 7,5 t wynosi 8770 kg, podczas gdy przy płomieniaku 50 t mamy na 1 m² rusztu 12330 kg, więc o ca. 40 $\frac{0}{0}$ więcej. Całe obmurze składa się z 6 części (ściany boczne, sklepienie, spód, przednia ściana paleniska, próg ogniowy i drzwi wsadowe). Podział obmurza na te części podany jest w tablicy 13.

Tablica 13.
Podział obmurza na 6 części.

Pojemność płomieniaka t	Obmurze na 1 t wsadu		Części obmurza				100 $\frac{0}{0}$
	m ³	kg	ściany bocz- ne $\frac{0}{0}$	skle- pienie	spód	próg ogni- wy ściana przedn. pale- niska drzwi $\frac{0}{0}$	
7,5	1,78	3200	56	23	17	4	100
15	1,44	2590	56	20	21	3	100
30	1,04	2070	52,5	19,5	25	3	100
50	0,96	1730	50	16	31	3	100

Powierzchnia wewnętrzna i zewnętrzna
płomieniaków.

(wzory)

	Wewnętrzna	Zewnętrzna
a) Ściana przednia paleniska	$(0,3 + e_2) B$	$(0,3 + e_2) (B + 0,8)$
b) Sklepienie całego pieca	$(0,74 + L + 2 l_p) B$	$(0,74 + L + 2 l_p) (B + 0,8)$
c) Ściany boczne całego pieca	$2 (0,5 + L + 2 l_p) (2e_1 + e_2)$	
d) Spód trzonu	$(0,5 + L + l_p) B$	$(0,5 + L + l_p) (B + 0,8)$
e) Drzwi otworu ładowczego	$B \times e_2$	$(B + 0,2) (e_2 + 0,12)$
Razem	$P_w \text{ m}^2$	$P_z \text{ m}^2$

Tablica 14.
Powierzchnia wewnętrzna i zewnętrzna
płomieniaków

$$m = 0,05$$

$$n = 0,07$$

s		$P_z m^2$	$P_w m^2$	Średnio
7,5 t	a) Ściana przednia paleniska . . .	0,92	1,47	
	b) Sklepienie . . .	12,97	20,66	
	c) Ściany boczne . . .	14,29	14,39	
	d) Spód	9,87	15,72	
	e) Drzwi tylne . . .	0,52	0,78	
	Sa .	38,57	53,02	
15 t	a) Ściana przednia paleniska . . .	1,26	1,94	
	b) Sklepienie . . .	18,03	27,65	
	c) Ściany boczne . . .	25,64	25,64	
	d) Spód	13,8	21,16	
	e) Drzwi tylne . . .	0,81	1,13	
	Sa .	59,54	77,52	
30 t	a) Ściana przednia paleniska . . .	1,81	2,77	
	b) Sklepienie . . .	25,27	36,50	
	c) Ściany boczne . . .	42,28	42,28	
	d) Spód	19,35	27,95	
	e) Drzwi tylne . . .	1,38	1,77	
	Sa .	90,09	111,27	
	a) Ściana przednia paleniska . . .	2,84	3,37	
	b) Sklepienie . . .	32,53	44,37	
	c) Ściany boczna . . .	57,62	57,62	
	d) Spód	24,93	33,99	
	e) Drzwi tylne . . .	2,18	2,22	
	Sa .	120,10	142,07	

Jeżeli znamy średnią końcową temperaturę wszystkich pojedynczych części obmurza, ciepło właściwe i wagę, obliczyć możemy ilość nagromadzonego ciepła w obmurzu, którą przy przerywanym ruchu płomieniaka całkowicie tracimy.

Wydatek ciepła służącego do ogrzania obmurza uważać należy ze względu na duży dodatni wpływ promieniowania ciepła od wewnętrznych ścian płomieniaka na proces przetapiania za wydatek użyteczny, chociaż nie związane ściśle z ilością ciepła zużytego wyłącznie do przetapiania wsadu.

Pewna ilość ciepła przenika z ogrzanego obmurza do otoczenia, przedstawiając obok strat ciepła uchodzącego z gazami do komina, rzeczywistą stratę ciepła.

3. Komin.

Zadanie komina polega na odciąganiu spalin z przestrzeni topiska i paleniska; wymiary komina (średnica i wysokość), dostosowane dokładnie do paleniska wzgl. do natężenia paleniska, pozwalają, aby ilość gazów wytworzonych w jednostce czasu została z topiska usunięta.

Według równania (30) ilość gazów spalinowych wynosi

$$G = 0,4 \sqrt{S} \text{ m}^3/\text{sek. (0}^\circ\text{C. 760 mm)}$$

Oznaczając chyżość gazów w kominie przez v otrzymamy równanie:

$$F \cdot v = 0,4 \sqrt{S}$$

$$F = \frac{0,4 \sqrt{S}}{v} \dots \dots (37)$$

Chyżość gazów v obliczamy z równania:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \dots \dots (38)$$

$$g = 9,8$$

Według Osann'a Eisenhüttenkunde str. 408 wynosi

$$h = H \frac{t'_1 - t'_2}{1 + \alpha t'_2} \dots \dots \dots (39)$$

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0,0037$$

t'_1 = oznacza średnią temperaturę gazów w kominie,

t'_2 = oznacza temperaturę otoczenia (powietrza), którą w celu uproszczenia rachunku wprowadzimy w wysokości 0°C

$t'_2 = 0^{\circ} \text{C}$.

H = oznacza wysokość komina w m .

$$h = \frac{H}{273} t'_1 \dots \dots \dots (40)$$

Wstawiając wartość $h = \frac{H}{273} \cdot t'_1$ do wzoru 38, a wartość v do wzoru 37, otrzymamy:

$$F_t = \frac{0,4 \sqrt{S}}{19,6 \frac{H}{273} \cdot t'_1} = \frac{0,4}{\sqrt{\frac{19,6}{273}}} \times \frac{\sqrt{S}}{\sqrt{H}} \times \frac{1}{\sqrt{t'_1}}$$

$$F_t = \frac{1,50}{\sqrt{t'_1}} \sqrt{\frac{S}{H}} \dots \dots \dots (41)$$

Wzór 41 daje nam tylko teoretyczny wynik; dlatego wzór ten należy uzupełnić przez wprowadzenie współczynnika sprawności komina η_k

$$F = \frac{1,50}{\eta_k \sqrt{t'_1}} \sqrt{\frac{S}{H}} \dots \dots \dots (42)$$

Spółczynnik wzrasta z podwyższeniem temperatury, maleje natomiast z jej spadkiem. Przyjmiemy współczynnik

$$\eta_k = \frac{1,50}{V t'_1}$$

i otrzymamy:

$$F = \sqrt{\frac{S}{H}} \dots (43)/39$$

Wysokość komin H zależy od wysokości ciągu, który chcemy stosować; ciąg komin $w \text{ mm S. W.}$ obliczamy ze wzoru:

$$C_g = 1,293 H \left[\frac{1}{1 + \alpha t'_2} - \frac{1}{1 + \alpha t'_1} \right]$$

$$C_g = 1,293 H \left[1 - \frac{1}{1 + \alpha t'_1} \right]$$

$$H = \frac{C_g}{1,293 \left[1 - \frac{1}{1 + \alpha t'_1} \right]} \dots (44)/40$$

W temperaturze topnienia wsadu (1100°), kiedy temperatura gazów wynosi już około 1400°C , ciąg komin winien wynosić 27 mm S. W.

$$H = \frac{27}{1,293 \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{1400}{273}} \right]} = \underline{25 \text{ m}}$$

Widzimy, że w tych warunkach komin płomieniakowy powinien być 25 m wysoki

$$\underline{H = 25 \text{ m}} \dots (45)41$$

Wstawiając wartość H do wzoru 43 otrzymamy

$$\underline{F = 0,2 \sqrt{S}} \dots (46)/42$$

Powierzchnia przekroju komin wynosić powinna 20% powierzchni ogólnej rusztu, gdyż $R = \sqrt{S}$; wynik ten zgadza się bardzo dobrze z praktyką.

Tablica 15.

Wymiary kominów płomieniakowych o wysokości 25 m.

S _i	Wład S w tonach								
	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50
\sqrt{S}	2,738	3,162	3,54	3,873	4,472	5,0	5,477	6,325	7,071
$F = 0,2 \sqrt{S} \text{ m}^2$	0,547	0,632	0,708	0,775	0,894	1,0	1,195	1,275	1,414
Średnica górna*)									
$D_g \text{ mm ca.}$	834	897	950	993	1070	1130	1240	1275	1340
$\frac{25}{D} = \frac{H}{D} \text{ m}$	30	38	26,3	25	23,3	23	20	19,6	18,7

*) Średnica dolna $D_d = 1/2 D_g$

Szybkość gazów w kominie o objętości przy 0°C i 760 mm Hg wynosi $\frac{0,4 \sqrt{S}}{0,2 \sqrt{S}} =$
 $= 2 \text{ m/sek.}$; przy końcu topienia, kiedy gazy posiadają temperaturę ca. 1500°C , chyżość rzeczywista wynosi 13 m/sek. Otwór czopucha, umieszczonego w ścianie płomieniaka, przyjmuję dla płomieniaków pędzonych w sposób normalny w wysokości

$$\underline{0,1 R = 0,1 \sqrt{S} \text{ m}^2} \dots (47a)/42a$$

Zakończenie.

Przedstawiłem wyniki obliczeń wymiarów płomieniaków o ruchu przerywanym, pędzonych naturalnym ciągiem kominą, jakoteż wzory obliczeniowe, wykazujące ścisłą zależność wzajemną różnych czynników.

Rozróżniam płomieniaki „płytokie“, „normalnie głębokie“ i „głębokie“; pod tym względem charakterystyczną cechą płomieniaków jest wartość „ n “ ($e_1 = n \sqrt{S}$) przy ilości żużla 50 kg na 1 t wsadu. Następnie mamy do czynienia z płomieniakami „ciasnymi“, „normalnie przestrzonymi“ i „przestrzonymi“, o czym decyduje wartość „ m “, oznaczająca przestrzeń na 1 t wsadu. Wartości m i n są więc cechami charakterystycznymi dla wymiarów topiska.

Pod względem sposobu pędzenia płomieniaków rozróżniamy „słabe“, normalne i „silne“ pędzenie płomieniaków, o czym decyduje przy danym paliwie wielkość rusztu albo wytwarzana ilość ciepła w kalorjach na jednostkę czasu, np. na 1 godzinę i na m^2 rusztu. Jako „normalne“ pędzenie płomieniaków uważamy takie, przy którym w jednej godzinie na jednym m^2 ogólnej powierzchni rusztu

wytworzona ilość ciepła wynosi 10^6 kalorii ($R \ 144 \times 7000$).*)

Proces topienia podzieliłem na dwa okresy: na okres ogrzewania i topienia wsadu (okres pierwszy) i na okres przegrzewania kąpieli (okres drugi). Dla okresu pierwszego przyjąłem sprawność cieplną przeciętną $12,5\%$, dla okresu drugiego 4% .

Wymiary komina: wysokość i przekrój górny, obliczone są przy założeniu, że ciąg komina ku końcowi topienia wsadu wynosi 27 mm S. W. , przy normalnej ilości gazów spalinowych $0,4 \sqrt{S}$ przy nadmiarze powietrza 25% .

Z powodu wzajemnej zależności różnych czynników, o których wspominam powyżej, nie wolno stosować wyrwanych z moich wywodów wzorów do wszystkich płomieniaków, nie uwzględniając bądź to ich rzeczywistych wymiarów, bądź to rzeczywistych warunków ich pracy. Ostateczne moje wzory obowiązują ściśle wyłącznie dla poczynionych założeń; wyraźnie to podkreślam. Podam tylko jeden przykład: Czas trwania ogrzania i topienia wsadu, obliczony ze wzoru $g_1 = 2 \sqrt{S}$, wynika z założenia, że powierzchnia ogólna rusztu R równa się $\sqrt{S} \text{ m}^2$, przyczem wolna powierzchnia wynosi $40\% R$, że współczynnik sprawności pierwszego okresu η_1 wynosi $12,5\%$, że temperatura topnienia wsadu t_1^0 wynosi 1100°C , że natężenie rusztu $N_r = 144 \text{ kg}$ węgla kamiennego o dolnej wartości opałowej $W_d = 7000 \text{ kal/kg}$. Jeżeli badany płomieniak tym sześciu założeniom nie odpowiada, należy stosować wzór ogólny:

$$g_1 = \frac{10^5 \cdot S (0,2 t_1 + 30)}{N_r \times R \times W_0 \eta_1}$$

i obliczyć z niego na podstawie rzeczywistych

*) Obciążenie czy natężenie rusztu podawane jest zwykle w kilogramach paliwa; uważam za bardziej celowe liczenie w kalorjach.

danych $N_r \cdot R \cdot W_0 \eta_{11}$ czas trwania ogrzewania i topienia wsadu g_1 .

Sprawność cieplna η_{11} zależy ponadto od własności fizykalnych wsadu i paliwa, jakoteż od sumienności obsługi paleniska. Te same uwagi odnoszą się także do innych wzorów.

W literaturze znajdujemy dane o zużyciu węgla na 1 t wsadu, wahające się od 150 — 700 kg; moje uwagi przyczynią się niewątpliwie do objaśnienia i uzasadnienia tak dużych wahań, spowodowanych w dużej mierze różnicami w sposobie pędzenia płomieniaków (ciąg komina, poddmuch, zimny wsad do zimnego pieca, zimny wsad do gorącego pieca, płynny wsad do gorącego pieca, słabe — silne przegrzanie kąpielii).

Systematycznych badań doświadczalnych o ruchu płomieniaków nie posiadamy; z literatury znane jest tylko badanie płomieniaka o wsadzie 18 t, dokonane przez inż. Gnade (Stahl und Eisen, 1919, Nr. 22 i 26). Bliższe dane o sprawności cieplnej płomieniaków podam później na innym miejscu.

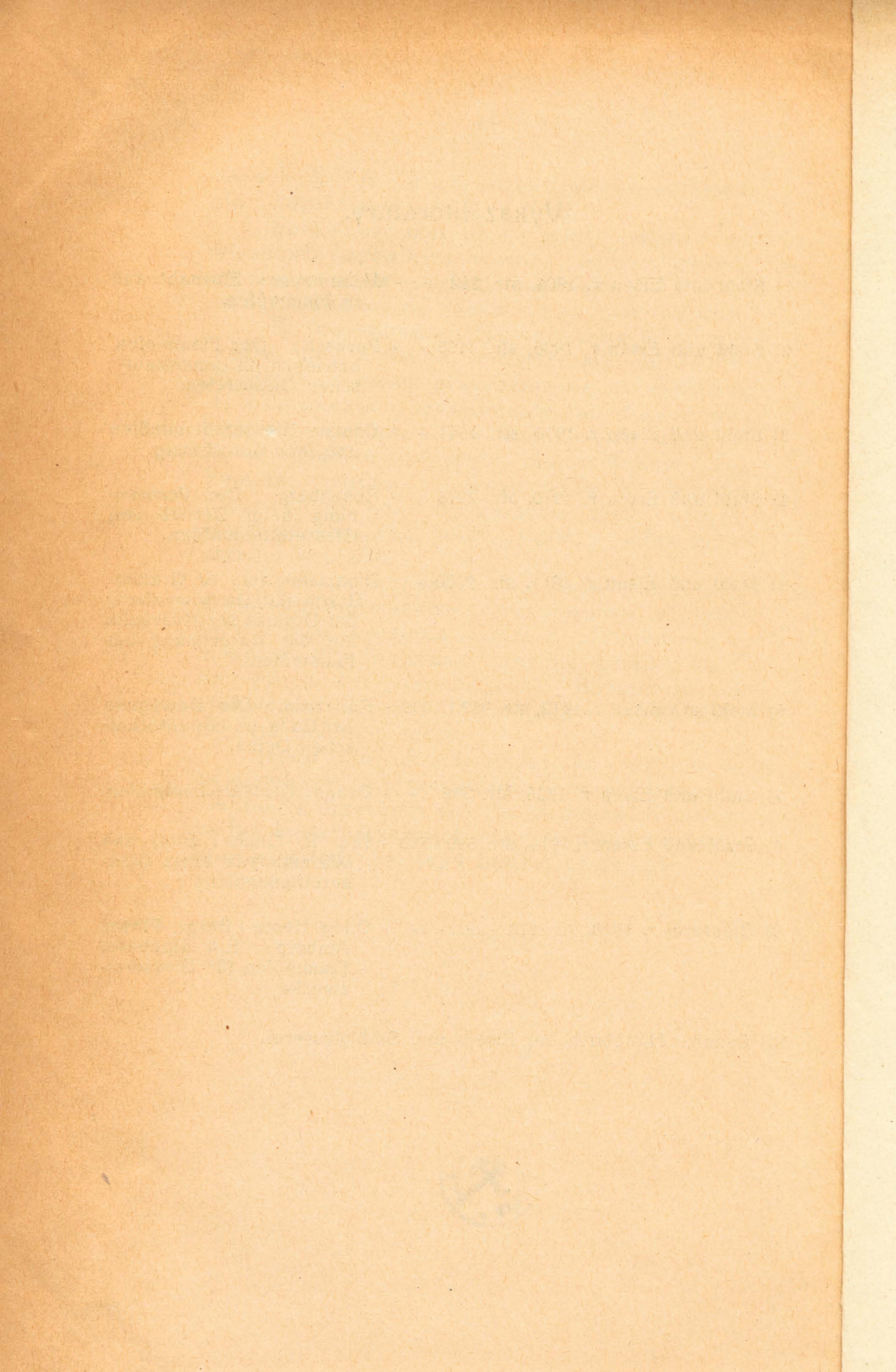
Jeżeli mój dzisiejszy referat wzbudzi w odlewnikach zainteresowanie sprawą płomieniaków i przyczyni się do podjęcia licznych badań systematycznych w odlewniach różnych krajów, wtedy cel jego będzie osiągnięty.



Wykaz literatury.

- 1) Stahl und Eisen r. 1904, str. 312 - - Wedemeyer: Eisenabbrand in Flammöfen.
- 2) Stahl und Eisen r. 1906, str. 1165 - - Portisch: Der Flammofen betrieben in amerikanischen Giessereien.
- 3) Stahl und Eisen r. 1910, str. 1541 - - Osann: Giessereiflammöfen und ihre Berechnung.
- 4) Stahl und Eisen r. 1910, str. 2075 - - Rosenberg: Die Verbrennung beim Betrieb von Giessereiflammöfen.
- 5) Stahl und Eisen r. 1911, str. 2000 - - Dichmann: (wg. W. Grumm-Grzimaitlo) Die Anwendung der Gesetze der Hydraulik auf die Berechnung der Flammöfen.
- 6) Stahl und Eisen r. 1912, str. 967 i 1098 - Roitzheim: Die Bewegung der Gase in hüttentechnischen Oefen.
- 7) Stahl und Eisen r. 1926, str. 389 - - Osann: Giessereiflammöfen.
- 8) Stahl und Eisen r. 1919, str. 590 i 710 - Ing. R. Gnade: Stoff und Wärmebilanz eines Giessereiflammofens.
- 9) Giesserei r. 1928, str. 178 - - - - O.Ing. Hesse i Bergr. Pinsel, Amberg: Ein kippbarer Flammofen für Giessereizwecke
- 10) Osann: Handbuch der Eisen- und Stahlgiesserei.





BIBLIOTEKA
GŁÓWNA



AKADEMII
GÓRNICZO-
HUTNICZEJ

3259

Nie
wypożycza się
N2B 3234