

564

50 100000/10

PROF. INŻ. JERZY BUZEK
GEN. DYR. S. A. WĘGIERSKA GÓRKA

MIESZANINY ŻELIWIAKOWE

NAKŁADEM „HUTY POKÓJ” S. A. KATOWICE

PROF. INŻ. JERZY BUZEK
GEN. DYR. S. A. WĘGIERSKA GÓRKA

wywniesić z wmem
1564

MIESZANINY ŻELIWIAKOWE

[1932]

NAKŁADEM „HUTY POKÓJ” S. A. KATOWICE

BIBLIOTEKA GŁÓWNA AGH



1000165895

I 564



N2B 650

Treść.

	str.
1. Przedmowa	5
2. Wzory obliczeń	7
3. Sposób posługiwania się tablicami	9
4. Skład chemiczny różnych odlewów	12
5. Zawartość Si w zależności od grubości ścianki oraz objaśnienia do tablic A i B	15
6. Tablice: a) dla $N = 0$	19
b) „ $N = 10$	31
c) „ $N = 15$	43
d) „ $N = 20$	55
e) „ $N = 30$	67
7. Obrabialność, twardość, kruchość odlewów .	79
8. Wytrzymałość mechaniczna w zależności od składu chemicznego	82
9. Zmiany składu chem. podczas przetapiania . .	83
10. Wpływ temperatury topienia i odlewania, wagi i kształtu odlewów	84
11. Kontrola zawartości siarki	86
12. Kilka słów o żeliwiakach	88
13. Uwagi o topieniu	91
14. Strata na przetapianie	92
15. Nawęglanie w żeliwiaku	93
16. Uwagi o złomie obcym	94
17. Uwagi o surówkach odlewniczych	95
18. Koszt płynnego żeliwa	97

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze the data. This includes both manual and automated techniques. The goal is to ensure that the information gathered is both reliable and comprehensive.

The third part of the document provides a detailed breakdown of the results. It shows that there has been a significant increase in the number of transactions over the period studied. This growth is attributed to several factors, including improved marketing strategies and a more efficient distribution network.

Finally, the document concludes with a series of recommendations for future operations. It suggests that continued investment in technology and staff training will be essential for maintaining the current level of success. Regular audits and reviews are also recommended to ensure ongoing compliance and accuracy.

Przedmowa.

Konieczność podniesienia poziomu jakości wyrobów naszych odlewni skłoniła autora do opracowania prostego sposobu obliczania mieszanin żeliwiakowych, którym posługiwać się mogą wszystkie odlewnie, nawet małe, nie posiadające własnego laboratorium chemicznego i nie obsługiwane przez inżynierów-metalurgów.

Powszechne stosowanie tablic, wykazujących konieczną ilość surówki we wsadach dla danego gatunku odlewów, przyczyni się niewątpliwie do podniesienia jakości odlewów, do ograniczenia nieuczciwej konkurencji, jakoteż do zwiększenia zbytu surówek wielkopieczowych.

Z tablicami tymi powinny zapoznać się oprócz odlewni również zakłady wielkopieczowe i biura sprzedaży surówki; przekonają się one, jak ważnym do pewnej granicy składnikiem dla żeliwiaka jest krzem i jak zatem ważną jest znajomość jego zawartości w surówce; to też zakłady wielkopieczowe we własnym interesie podawać winny odlewniom zawartość krzemu każdej wysyłki, oprócz Mn, P, S, Cc.

Jednym z celów bowiem tej publikacji jest ułatwienie porozumiewania się odlewni z zakładami wielkopieczowymi dla podniesienia wspólnym wysiłkiem jakości produktów tak jednych jak i drugich zakładów.

Wzory obliczeń.

Jeżeli oznacza:

$a \%$ = zawartość krzemu w surówce,

$b \%$ = zawartość krzemu w złomie,

$c \%$ = zawartość krzemu w odlewie, względnie
we własnych odpadkach,

$d \%$ = zawartość krzemu we wsadzie,

N kg = ilość odpadków w 100 kg mieszanki,

Z kg = ilość złomu w 100 kg mieszanki,

wtedy ilość surówki w 100 kg mieszanki wynosi:

$$S = \frac{100(d-b) - N(b-c)}{a-b} \quad 1)$$

$$\text{Dla } N = 0 \quad : S = \frac{100(d-b)}{a-b}$$

$$\text{dla } N = 10 \% : S = \frac{(100d - 10c) - 90b}{a-b}$$

$$\text{dla } N = 15 \% : S = \frac{(100d - 15c) - 85b}{a-b}$$

$$\text{dla } N = 20 \% : S = \frac{(100d - 20c) - 80b}{a-b}$$

$$\text{dla } N = 30 \% : S = \frac{(100d - 30c) - 70b}{a-b}$$

$$Z = 100 - (S + N)$$

Jeżeli we wzorze:

$$S = \frac{100(d-b) - N(c-b)}{a-b}$$

zamiast a, b, c, wstawimy $a = d \cdot n_1$, $b = \frac{d}{n_2}$, $c = x \cdot d$
otrzymamy wzór:

$$S = \frac{100(n_2 - 1) + N(1 - x d)}{n_1 n_2 - 1} \quad 2)$$

Wartość x zależy od stopnia zgaru krzemu: zgar wynosi według tablicy A 16,5 do 10,5 pierwotnej zawartości krzemu.

Jeżeli w celu ograniczenia tablic do $N = 0, 10, 15, 20, 30\%$ przyjmiemy średnio zgar 12% , a więc $x = 0,88$, otrzymamy następujące wzory dla:

$$N = 0\% \quad S = \frac{100(n_2 - 1)}{n_1 n_2 - 1}$$

$$N = 10\% \quad S = \frac{91,2 n_2 - 90}{n_1 n_2 - 1}$$

$$N = 15\% \quad S = \frac{86,6 n_2 - 85}{n_1 n_2 - 1}$$

$$N = 20\% \quad S = \frac{82,4 n_2 - 80}{n_1 n_2 - 1}$$

$$N = 30\% \quad S = \frac{73,6 n_2 - 70}{n_1 n_2 - 1}$$

Nasze tablice obliczone są według wzoru 1-go.

Sposób posługiwania się tablicami.

Tablice obliczone są dla mieszanin składających się oprócz surówki i złomu także z własnych odpadków (wlewy, nadlewy, braki) w ilościach 0%, 10%, 15%, 20%, 30%.

Własne odpadki zawierają tę samą ilość krzemu co odlewy, z których pochodzą (C %).

Zawartość krzemu w surówce jest zwykle wyższa niż zawartość krzemu w złomie ($a\% > b\%$). W tym wypadku S oznacza ilość surówki w 100 kg mieszaniny, a Z oznacza ilość złomu w 100 kg mieszaniny.

Jeżeliby przypadkowo zawartość krzemu w surówce była niższa od zawartości krzemu w złomie, wtedy S oznacza ilość złomu, Z zaś ilość surówki w 100 kg mieszaniny.

Sposób stosowania tablic objaśniają najlepiej następujące przykłady:

Przykład I. Odlew, który mamy wykonać, wykazuje grubość ścianki $S = 9$ mm; odlewamy do formy świeżej. Według tablicy A zawartość krzemu w odlewie powinna wynosić 2,2%, w mieszaninie 2,51%, o ile odlew ma być szary i obrabialny. Ilość nadlewów przy danym gatunku odlewów wynosi np. $N = 15\%$. Surówka odlewnicza nr 1 zawiera według analizy spustu $a = 2,8\%$. Złom maszynowy, który mamy do dyspozycji, pochodzi

z odlewów o grubości ścianki 14 mm (2 0/0 Si). W tablicy nr 29 str. 47 odczytujemy w skrzyżowaniu się kolumny pionowej dla $s = 14$ mm z kolumną poziomą $a = 2,8$ 0/0 ilość surówki w 100 kg mieszanki $S = 60$ kg. Mieszanka składa się więc z surówki 60 0/0, z nadlewów 15 0/0, ze złomu 25 0/0, razem 100 0/0.

Przykład II. Surówka zawiera mniej krzemu niż złom. Mamy wykonać odlew o grubości ścianek 45 mm. Według tablicy A odlew taki winien zawierać 1,5 0/0 krzemu. Stosujemy surówkę odlewniczą nr III z 1,5 0/0 krzemu ($b = 1,5$ 0/0), złom o grubości ścianki 14 mm ($a = 2$ 0/0 Si). Dla $N = 15$ 0/0 odczytujemy z tablicy nr 35 str. 53 w skrzyżowaniu się kolumny pionowej ($b = 1,5$ 0/0) z poziomą ($a = 2$ 0/0) ilość złomu $S = 40$ kg; wobec tego mieszanka składać się będzie z 40 0/0 złomu 14 mm, 15 0/0 nadlewów (1,5 0/0 Si), 45 0/0 surówki nr III (1,5 0/0 Si).

Przykład III. Mieszanka zawiera różne gatunki surówek i złom o różnej grubości ścianek. W tym wypadku obliczamy średnią zawartość krzemu surówek i złomu. Przyjmijmy, że mieszanka surówek składa się z 40 0/0 surówki nr I 2,8 0/0 Si, 50 0/0 surówki nr II 2,0 0/0 Si, 10 0/0 surówki nr III 1,5 0/0 Si. Średnia zawartość krzemu mieszanki surówek $a = 2,3$ 0/0. Mieszanka złomu składa się

z 30 0/0	złomu o grubości ścianki	18 mm,	Si = 1,9
20 0/0	„ „ „ „	22 mm,	Si = 1,8
50 0/0	„ „ „ „	45 mm,	Si = 1,5
<hr/>			
100 0/0.			

Mieszanka tych gatunków złomu zawiera średnio 1,68 do 1,7 ‰ Si = b, co odpowiada przeciętnej grubości ścianki 28 mm. Jeżeli mamy wykonać odlew o grubości ścianki $s = 22$ mm przy zużyciu nadlewów w mieszaniu 20 ‰ N, odczytujemy z tablicy 44 dla $a = 2,3$ i $b = 1,7$ ilość surówek 53 ‰; na mieszankę złomu odpada $100 - (53 + 20) = 27$ kg. Ostateczna mieszanka składa się

z 21 ‰ surówki nr I	8 ‰	złomu 18 mm	
27 ‰ „ „ II	5 ‰	„ 28 mm	
<u>5 ‰</u> „ „ III	<u>14 ‰</u>	„ 45 mm	
53 ‰	27 ‰		

i 20 ‰ nadlewów.

Przykład IV. Mamy wykonać odlew o grubości ścianki 4 mm; według tablicy A odlew powinien zawierać 2,65 ‰ Si, mieszanka wsadu 3 ‰. Mamy do dyspozycji surówkę nr 0 z 4 ‰ Si, surówkę nr I z 2,8 ‰ Si i złom o grubości ścianki 9 mm (2,2 ‰ Si) i nadlewy 20 ‰. Mieszanka surówki składa się z 60 ‰ surówki nr 0 i 40 ‰ surówki nr I i zawiera średnio 3,5 ‰ Si = a; $b = 2,2$, $N = 20$ ‰. Z tablicy 39 str. 57 odczytujemy ilość surówek w mieszaniu wsadu 55 ‰, wobec czego mieszanka wsadu składa się

z 33 ‰ surówki nr 0	z 1,320 ‰ Si
22 ‰ „ „ I	0,616 ‰ Si
20 ‰ nadlewów	0,530 ‰ Si
25 ‰ złomu 9 mm	<u>0,550 ‰ Si</u>
	Sa 3,016 ‰ Si.

Zawartość krzemu w mieszaniu odpowiada więc dokładnie.

Skład chemiczny różnych odlewów.

(Częściowo według Elsner „Giesserei-Taschenbuch“ 1936).

	S mm	Si	C	Mn	P	S
armatura wodociągowa	3 ÷ 5	2,8	3,4	0,6	0,6	0,09
	5—8	2,5	3,4	0,6	0,6	0,09
	8—15	2,2	3,4	0,65	0,5	0,09
	15—25	1,9	3,4	0,7	0,5	0,09
artystyczne odlewy	2—4	3,2	3,4	0,6	1,3	0,1
cylindry parowozowe		2,2	3,5	0,65	0,4	0,08
cylindry do sprężarek	8—12	2,1	3,4	0,8	0,35	0,08
	12—15	1,9	3,3	0,85	0,3	0,08
cylindry suszące	18—25	1,6	3,2	0,8	0,35	0,08
	25—35	1,4	3,2	0,9	0,35	0,08
garnki kuchenne	3—5	2,8	3,6	0,6	1,2	0,09
	5—8	2,5	3,5	0,6	1,0	0,09
grzejniki	5 ÷ 8	2,6	3,5	0,65	1,1	0,09
	7—10	2,3	3,4	0,7	1,0	0,09
kadzie karbidowe	30—40	1,2	3,3	0,9	0,3	0,09
klocki hamulcowe		1,5	3,2	0,8	0,6	0,15
klocki hamulcowe niemieck. kolei		1,5	2,8	0,3	0,8	0,18
koła zamachowe	30—50	1,5	3,3	0,7	0,4	0,08
	80—100	1,0	3,3	0,8	0,35	0,08
koła pasowe	5—8	2,5	3,5	0,65	0,8	0,1
	7—10	2,4	3,5	0,7	0,7	0,1
	12—18	2,1	3,5	0,75	0,5	0,09
	20—25	1,8	3,5	0,8	0,5	0,09

	S mm	Si	C	Mn	P	S
konsole	12—25	1,95	3,6	0,8	0,6	0,1
	25—40	1,7	3,6	0,8	0,5	0,1
maszyny do pisania	3÷5	2,8	3,5	0,6	1,0	0,09
masz. rolnicze lekkie		2,2	3,6	0,6	0,7	0,1
	ciężkie	2,0	3,4	0,5	0,5	0,1
maszynowe odlewy	25	2,3	3,3	0,6	0,5	0,1
	40	1,8	3,3	0,6	0,5	0,09
	50	1,3	3,3	0,7	0,5	0,09
ognioodporne odlewy	15—20	1,8	3,3	0,4	0,3	0,07
	20—30	1,6	3,3	0,4	0,3	0,07
	30—40	1,5	3,3	0,4	0,25	0,07
ognio- i kwasoodporne odlewy	12—20	1,7	3,3	0,7	0,3	0,07
	20—30	1,4	3,3	0,8	0,25	0,07
piecyki	5—8	2,5	3,5	0,6	0,8	0,09
pierścienie tłokowe	3—5	2,9	3,6	0,5	0,4	0,06
	5—8	2,7	3,6	0,7	0,4	0,06
płyty kuchenne	3—5	2,55	3,5	0,6	0,8	0,08
	5—8	2,3	3,5	0,6	0,6	0,08
płyty fundamentowe	20—30	2,0	3,5	0,8	0,3	0,08
	30—40	1,7	3,5	0,8	0,3	0,08
płyty posadzkowe	10—18	2,1	3,5	0,4	0,5	0,1
	15—23	1,9	3,5	0,5	0,5	0,1
	20—25	1,7	3,5	0,5	0,5	0,1
pręty do spawania		3,0	3,2	0,5	0,3	0,05
rury zlewowe		2,5	3,5	0,6	0,6	0,1

	S mm	Si	C	Mn	P	S
ruszty	10—15	1,5	3,3	0,4	0,4	0,08
	15—20	1,3	3,3	0,5	0,3	0,08
sanitaria	5—8	2,6	3,4	0,65	0,8	0,09
	7—10	2,3	3,5	0,7	0,7	0,1
silniki elektr. kadłuby	4—8	2,6	3,5	0,7	0,8	0,08
	8—15	2,3	3,5	0,8	0,7	0,08
słupy	10—15	2,1	3,5	0,6	0,9	0,1
	15—20	1,9	3,5	0,7	0,8	0,1
	20—25	1,7	3,4	0,8	0,7	0,1
walce polerowane	∅ 500	0,65	3,6	1,35	0,3	
wanny łazienkowe	3—5	2,8	3,5	0,6	1,0	0,1
	5—8	2,6	3,5	0,6	0,9	0,1
żelazka	3—5	2,8	3,5	0,6	0,7	0,1
	5—8	2,5	3,5	0,6	0,6	0,1
	8—15	2,2	3,5	0,6	0,6	0,1

Tablica A.

**Zawartość krzemu
w odlewie (c ‰) wzgl. we wsadzie (d ‰)
dla danej grubości ścianki odlewów:**

a) odlewanych do form świeżych, b) do form suszonych.

1. Temperatura odlewania przy cienkich odlewach 1360° C, przy średnich 1320° C, przy grubych 1280° C.
2. Zmiana zawartości węgla o 0,1 ‰ pociąga za sobą zmianę zawartości krzemu o 0,07 ‰.
3. Zawartość manganu w mieszaninie 0,8 ‰.

Grubość ścianki mm	a) Formy świeże			b) Formy suszone			C ‰ w odlewie
	Si ‰ odlew	Strata s ‰	Si ‰ wsad	Si ‰ odlew	Strata s ‰	Si ‰ wsad	
(1)	3,34	16,5	4,00	2,95	15	3,48	3,8
(2)	2,98	15	3,50	2,70	14	3,14	3,7
3	2,80	14,5	3,30	2,52	13,5	2,91	3,6
4	2,65	14	3,00	2,39	13,25	2,77	3,5
5	2,52	13,5	2,91	2,27	13	2,61	3,5
6	2,40	13,4	2,77	2,16	12,5	2,46	3,5
7	2,30	13	2,64	2,07	12	2,35	3,5
8	2,25	12,75	2,58	2,03	12	2,30	3,5
9	2,20	12,5	2,51	1,98	12	2,25	3,5
10	2,15	12,5	2,46	1,94	12	2,20	3,5
12	2,07	12	2,35	1,87	12	2,13	3,5
14	2,00	12	2,28	1,80	11,5	2,01	3,5

Grubość ścianki mm	a) Formy świeże			b) Formy suszone			C % w odlewie
	Si % odlew	Strata s %	Si % wsad	Si % odlew	Strata s %	Si % wsad	
	16	1,95	12	2,20	1,76	11,5	
18	1,90	12	2,16	1,70	11,5	1,92	3,5
20	1,86	11,5	2,10	1,68	11	1,89	3,5
22	1,82	11,5	2,06	1,64	11	1,84	3,5
24	1,78	11,5	2,00	1,61	11	1,81	3,5
26	1,74	11,5	1,96	1,57	11	1,76	3,5
28	1,70	11,5	1,92	1,53	11	1,72	3,5
30	1,68	11	1,89	1,51	11	1,70	3,5
35	1,61	11	1,81	1,45	11	1,63	3,5
40	1,56	11	1,75	1,40	11	1,57	3,5
45	1,52	11	1,70	1,37	10,5	1,54	3,5
55—60	1,35	10,5	1,51	1,30	10	1,45	3,45

**Zawartość krzemu
w odlewie (c^{0/0}) wzgl. we wsadzie (d^{0/0})
przy danych grubościach ścianek.**

1. Temperatura odlewania 1280⁰—1250⁰ C.
2. Zmiana zawartości węgla o 0,1^{0/0} pociąga za sobą zmianę zawartości krzemu o 0,07^{0/0}.
3. Zawartość manganu w odlewie 0,8^{0/0}, przy większej zawartości manganu zawartość krzemu zwrasta.

Grubość ścianki mm	Formy suszone			C ^{0/0} w odlewie
	Si ^{0/0} odlew	Strata s ^{0/0}	Si ^{0/0} wsad	
70	1,30	10	1,45	3,4
80	1,27	10	1,41	3,4
90	1,23	10	1,36	3,4
100	1,19	10	1,31	3,4
150	1,11	10	1,27	3,3
200	1,10	9,5	1,22	3,3
250	1,05	9,5	1,17	3,3
300	1,00	9	1,12	3,3
400	0,93	9	1,03	3,1
500	0,86	8,5	0,95	3,0
600	0,81	8,5	0,89	3,0
700	0,76	8,5	0,84	2,9
800	0,73	8,5	0,80	2,9
900	0,71	8	0,77	2,85
1000	0,70	8	0,76	2,85



Objaśnienie do tablic A i B.

s mm oznacza grubość ścianki odlewu,

c ‰ oznacza zawartość krzemu w odlewie,

d ‰ oznacza zawartość krzemu we wsadzie.

Temperatura odlewania przy cienkich odlewach 1300° C,

przy bardzo grubych 1250° C.

Zmiana zawartości węgla o 0,1 ‰ pociąga za sobą zmianę zawartości krzemu o 0,07 ‰.

Zawartość manganu w odlewie 0,8 ‰; przy większej zawartości manganu zawartość krzemu powinna być wyższa.

Zawartość krzemu obliczona ze wzoru w zależności od grubości ścianki i zawartości węgla

$$Si \cong \frac{7,5}{C \sqrt[4]{s}} \quad s \text{ w cm.}$$

Tablica 1

C = 3
d = 3,5

S = 2 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,9	26	33	38	44	48	52	53	55	56	58
4,8	28	35	40	46	50	53	55	57	58	59
4,7	29	37	41	48	52	55	57	59	60	61
4,6	31	39	43	50	54	57	59	61	62	63
4,5	33	41	46	52	57	60	62	63	64	66
4,4	36	44	49	55	59	63	64	65	67	68
4,3	38	47	52	58	62	65	67	68	69	70
4,2	42	50	55	61	65	68	70	71	72	73
4,1	45	54	59	65	68	71	73	74	75	76
4	50	58	63	69	72	75	76	77	78	79
3,9	56	64	68	73	76	79	80	81	82	83
3,8	63	70	74	79	81	83	84	85	86	87
3,7	71	78	81	84	87	88	89	90	90	91
3,6	83	88	90	92	93	93	94	94	94	95
3,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

N = 0

N = 10

N = 15

N = 20

N = 30

Tablica 2

C = 2,8

d = 3,3

S = 3 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2,5	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,7	18	26	32	39	44	48	50	52	53	55
4,6	19	28	33	41	47	50	52	54	55	57
4,5	20	29	35	43	48	52	54	56	57	59
4,4	21	31	37	45	50	54	56	58	59	61
4,3	23	33	39	47	52	56	58	60	62	63
4,2	25	36	42	50	55	59	61	63	64	65
4,1	27	38	45	53	58	62	64	65	67	68
4	30	42	48	56	61	65	67	68	70	71
3,9	33	45	52	60	65	68	70	71	73	74
3,8	38	50	57	64	69	72	74	75	76	77
3,7	43	56	62	69	73	76	78	79	80	81
3,6	50	63	68	75	79	81	82	83	84	85
3,5	60	71	76	82	85	86	87	88	89	90
3,4	75	83	87	90	92	93	93	94	94	95
3,3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 3

C = 2,65

S = 4 mm

N = 0

d = 3

S mm	Grubość ścianki złomu									
	3	4	6	9	14	18	22	28	35	45
b %	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,4	13	20	30	36	42	44	46	48	50	52
4,3	13	21	32	38	43	46	48	50	52	54
4,2	14	22	33	40	45	48	50	52	54	56
4,1	15	24	35	42	48	50	52	54	56	58
4	17	26	38	44	50	52	55	57	58	60
3,9	18	28	40	47	53	55	57	59	61	63
3,8	20	30	43	50	55	58	60	62	64	65
3,7	22	33	46	53	59	61	63	65	67	68
3,6	25	37	50	57	63	65	67	68	70	71
3,5	29	41	55	62	67	69	71	72	74	75
3,4	33	47	60	67	71	73	75	76	78	79
3,3	40	54	67	73	77	79	80	81	82	83
3,2	50	64	75	80	83	85	86	87	88	88
3,1	67	78	86	89	91	92	92	93	93	94
3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 4

C = 2,4
d = 2,77

S = 6 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	4	6	9	14	18	22	28	35	45	55
b %	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,1	8	22	30	37	40	42	45	47	49	52
4	9	23	32	39	42	44	47	49	51	54
3,9	10	25	34	41	44	46	49	51	53	57
3,8	11	26	36	43	46	49	51	53	55	58
3,7	12	28	38	45	48	51	54	56	58	60
3,6	13	31	41	48	51	54	56	59	61	63
3,5	14	34	44	51	54	57	59	62	64	66
3,4	16	37	48	55	58	61	62	65	67	69
3,3	18	41	52	59	62	65	67	69	71	73
3,2	22	46	57	64	67	69	71	73	75	76
3,1	27	53	63	70	73	75	76	78	79	81
3	34	62	71	77	79	81	82	84	85	86
2,9	48	74	81	86	87	88	89	90	91	92
2,8	80	93	95	96	97	97	97	98	98	98
2,77	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 5

C = 2,2
d = 2,51

S = 9 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	6	9	14	18	22	28	35	45	55	70
b %	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,9	7	18	27	32	34	37	39	42	45	47
3,8	8	19	28	32	36	39	41	44	47	48
3,7	9	21	30	34	37	41	43	46	49	50
3,6	10	22	32	36	39	43	46	48	51	53
3,5	11	24	34	38	42	45	48	51	54	55
3,4	12	26	36	41	44	48	51	53	57	58
3,3	13	28	39	44	47	51	54	56	59	61
3,2	14	31	43	47	51	54	57	59	63	64
3,1	16	34	46	51	55	58	61	63	66	67
3	18	39	51	55	59	62	65	67	70	71
2,9	22	47	57	61	65	68	70	72	75	76
2,8	28	52	64	68	71	74	76	78	80	81
2,7	37	62	73	76	79	81	83	84	86	87
2,6	55	78	85	87	89	90	91	92	92	93
2,51	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 6

C = 2
d = 2,28

S = 14 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,33	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,6	6	18	22	27	31	34	37	41	43	44
3,5	6	19	24	28	32	36	39	43	45	46
3,4	7	20	25	30	34	38	41	45	47	48
3,3	7	22	27	32	36	40	43	48	49	50
3,2	8	23	29	34	39	43	46	50	52	53
3,1	9	25	32	37	41	45	49	53	54	56
3	10	28	35	40	45	49	52	56	58	59
2,9	11	31	38	44	48	52	58	60	61	62
2,8	13	35	42	48	53	57	60	64	65	66
2,7	16	40	48	53	58	62	65	69	70	71
2,6	20	47	54	60	64	68	71	74	75	76
2,5	27	56	63	69	73	76	78	81	82	82
2,4	40	70	76	80	83	85	87	87	89	90
2,3	80	93	95	96	97	97	98	98	98	98
2,28	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 7

C = 1,9
d = 2,16

S = 18 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3		1,2
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,5	10	16	21	26	29	33	38	39	40	42
3,4	11	17	23	27	31	35	40	41	42	44
3,3	12	19	24	29	33	37	42	43	44	46
3,2	13	20	26	31	35	39	44	45	47	48
3,1	15	22	28	33	37	41	46	48	49	51
3	16	24	30	35	40	44	49	51	52	53
2,9	18	26	33	38	43	47	52	54	55	57
2,8	20	29	36	42	47	51	56	57	59	60
2,7	23	33	40	46	51	55	60	61	63	64
2,6	27	37	45	51	56	60	65	66	67	69
2,5	32	43	51	58	62	66	70	72	73	74
2,4	40	52	60	66	70	73	77	78	79	80
2,3	53	65	72	77	80	83	85	86	87	87
2,2	80	87	90	92	93	94	95	96	96	96
2,16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 8

C = 1,8
d = 2,04

S = 22 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,4	3	9	15	20	24	28	34	35	37	38
3,3	3	10	16	21	26	30	35	37	39	40
3,2	3	11	17	23	28	32	37	39	41	42
3,1	4	12	18	24	29	34	39	41	43	44
3	4	13	20	26	31	36	42	44	45	47
2,9	4	14	22	28	34	39	45	46	48	49
2,8	5	16	24	31	37	42	48	49	51	53
2,7	6	18	27	34	40	45	51	53	54	56
2,6	7	20	30	37	44	49	55	57	59	60
2,5	8	23	34	43	49	54	60	62	63	65
2,4	10	28	40	49	55	60	66	67	69	70
2,3	13	35	48	57	63	68	73	74	75	76
2,2	20	47	60	68	73	77	81	82	83	84
2,1	40	70	80	85	88	90	92	93	93	93
2,04	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 9

C = 1,7
d = 1,92

S = 28 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	18	22	28	35	45	55	70	85	100	120
b %	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,3	1	8	14	19	23	29	31	33	34	36
3,2	2	9	15	20	25	31	33	34	36	38
3,1	2	9	16	21	26	32	34	36	38	39
3	2	10	17	23	27	35	37	38	40	42
2,9	2	11	18	25	30	37	39	41	42	44
2,8	2	12	20	27	32	39	41	43	45	47
2,7	3	13	22	29	35	42	44	46	48	50
2,6	3	15	24	32	38	46	48	50	51	53
2,5	3	17	28	36	42	50	52	54	55	57
2,4	4	20	31	40	47	54	56	58	60	62
2,3	5	24	37	46	53	60	62	64	65	67
2,2	7	30	44	54	60	67	69	71	72	73
2,1	10	40	55	64	70	76	78	79	80	81
2	20	60	74	80	84	88	89	89	90	91
1,92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 10

C = 1,6

S = 35 mm

N = 0

d = 1,8

S mm	Grubość ścianki złomu									
	28	35	45	55	70	85	100	120	200	250
b %	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,10	1,05
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,2	6	12	18	24	26	28	30	32	33	35
3,1	7	13	19	26	28	30	32	33	35	37
3	8	14	20	27	29	31	33	35	37	38
2,9	8	15	21	29	31	33	35	37	39	41
2,8	9	17	23	31	33	35	38	39	41	43
2,7	10	18	25	33	36	38	40	42	44	45
2,6	11	20	27	36	39	41	43	45	47	48
2,5	13	22	30	39	42	44	46	48	50	52
2,4	14	26	33	43	45	48	50	52	54	56
2,3	16	29	38	47	50	52	55	57	58	60
2,2	20	33	43	53	56	58	60	62	64	65
2,1	25	40	50	60	63	65	67	68	70	71
2	33	50	60	69	71	73	75	76	78	79
1,9	50	67	75	82	83	85	86	87	88	89
1,8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 11

C = 1,5
d = 1,7

S = 45 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	35	45	55	70	85	100	120	200	250	300
b %	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,10	1,05	1,0
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,1	6	12	20	22	24	26	28	30	32	33
3	7	13	21	24	26	28	30	32	33	35
2,9	8	14	23	25	27	29	31	33	35	37
2,8	8	15	24	27	29	31	33	35	37	39
2,7	9	17	26	29	31	33	35	38	39	41
2,6	10	18	28	31	33	36	38	40	42	44
2,5	11	20	30	33	36	39	41	43	45	47
2,4	13	22	33	36	39	42	44	46	48	50
2,3	14	25	37	40	43	46	48	50	52	54
2,2	17	29	41	44	47	50	52	55	57	58
2,1	20	33	47	50	53	56	58	60	62	64
2	25	40	54	57	60	63	65	67	68	70
1,9	33	50	64	67	69	71	73	75	76	78
1,8	50	67	78	80	82	83	85	86	87	88
1,7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

N = 10

N = 15

N = 20

N = 30

Tablica 12

C = 1,35

d = 1,51

S = 55 mm

N = 0

S mm	Grubość ścianki złomu									
	45	55	70	85	100	150	200	250	300	350
b %	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0	0,95
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
2,9	1	10	13	16	18	21	23	25	27	29
2,8	1	11	14	17	19	22	24	26	28	30
2,7	1	12	15	18	21	23	26	28	30	32
2,6	1	13	16	19	22	25	27	30	32	34
2,5	1	14	18	21	24	27	29	32	34	36
2,4	1	15	19	23	26	29	32	34	36	39
2,3	1	17	21	25	28	31	34	37	39	41
2,2	1	19	23	27	31	34	37	40	43	45
2,1	2	21	26	31	34	38	41	44	46	49
2	2	25	30	35	39	42	46	48	51	53
1,9	3	29	35	40	44	48	51	54	57	59
1,8	3	36	42	47	52	55	55	61	64	66
1,7	5	46	53	58	62	65	68	71	73	75
1,6	10	64	70	74	78	80	82	84	85	86
1,51	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tablica 13

C = 3
d = 3,5

S = 2 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,9	26	32	36	42	45	48	50	51	52	53
4,8	28	34	38	43	47	50	51	53	54	55
4,7	29	36	40	45	49	52	53	54	56	57
4,6	31	38	42	47	51	54	55	56	58	59
4,5	33	40	44	50	53	56	57	59	60	61
4,4	36	43	47	52	55	58	60	61	62	63
4,3	38	45	49	55	58	61	62	63	64	65
4,2	42	49	53	58	61	64	65	66	67	68
4,1	45	52	56	61	64	67	68	69	70	71
4	50	57	60	65	67	70	71	72	73	74
3,9	56	62	65	69	72	74	75	75	76	77
3,8	63	68	71	74	76	78	78	79	80	80
3,7	71	76	77	80	81	82	83	83	84	84
3,6	83	85	86	86	87	88	88	88	88	88
3,55	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 14

C = 2,8

S = 3 mm

N = 10

d = 3,3

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,7	19	26	31	38	42	45	47	48	50	51
4,6	20	28	33	39	43	47	49	50	51	53
4,5	21	29	34	41	45	49	50	52	53	54
4,4	23	31	36	43	47	51	52	54	55	56
4,3	25	33	38	45	50	53	55	56	57	59
4,2	27	36	41	48	52	55	57	58	60	61
4,1	29	38	44	51	55	58	60	61	62	63
4	32	42	47	54	58	61	62	64	65	66
3,9	36	45	51	57	61	64	66	67	68	69
3,8	40	50	55	61	65	68	69	70	71	72
3,7	46	56	61	66	69	72	73	74	75	75
3,6	53	63	67	72	74	76	77	78	78	79
3,5	64	71	75	78	80	81	82	82	83	83
3,4	80	83	85	86	87	87	87	88	88	88
3,35	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 15

C = 2,65

S = 4 mm

N = 10

d = 3

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,4	3	13	20	29	34	39	41	43	45	46
4,3	3	14	21	30	36	41	43	45	46	48
4,2	3	15	23	32	38	43	44	46	48	50
4,1	3	17	24	34	40	45	46	48	50	52
4	4	18	26	36	42	47	49	51	52	54
3,9	4	20	28	38	44	49	51	53	55	56
3,8	4	22	31	41	47	52	54	56	57	59
3,7	5	24	33	44	50	55	57	59	60	62
3,6	6	27	37	48	53	58	60	62	63	64
3,5	7	31	41	52	58	62	64	66	67	68
3,4	9	36	47	58	63	67	68	70	71	72
3,3	12	43	54	64	69	72	73	74	75	76
3,2	18	54	64	72	76	78	79	80	80	81
3,1	35	72	78	82	84	85	85	86	86	86
3,04	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 16

C = 2,4
d = 2,77

S = 6 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	3	4	6	9	14	18	22	28	35	45
b %	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,2	1	9	21	28	33	36	38	40	42	44
4,1	1	10	22	29	35	37	40	42	44	45
4	1	11	23	31	37	39	41	43	45	47
3,9	1	12	25	32	38	41	43	45	47	49
3,8	1	13	26	34	41	43	46	48	50	51
3,7	1	14	28	37	43	46	48	50	52	54
3,6	1	15	31	39	46	48	51	53	55	56
3,5	1	17	34	42	49	51	54	56	57	59
3,4	2	19	37	46	52	55	57	59	60	61
3,3	2	22	41	50	56	58	61	63	64	66
3,2	3	26	46	55	61	63	65	67	68	69
3,1	3	32	53	61	66	68	70	71	73	74
3	5	41	62	69	73	75	76	77	78	79
2,9	10	58	74	79	81	82	83	83	84	84
2,811	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 17

C = 2,2
d = 2,51

S = 9 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	6	9	14	18	22	28	35	45	55	70
b %	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,9	9	18	26	29	32	35	37	39	42	43
3,8	9	19	27	31	34	36	39	41	44	45
3,7	10	21	29	32	35	38	40	43	46	47
3,6	11	22	31	34	37	40	43	45	48	49
3,5	12	24	33	36	39	42	45	47	50	51
3,4	13	25	35	39	42	45	47	49	52	53
3,3	14	28	38	41	45	48	50	52	55	56
3,2	16	31	41	45	48	51	53	55	58	59
3,1	19	34	45	48	52	54	57	59	61	62
3	22	39	49	53	56	58	61	63	65	66
2,9	26	44	54	58	61	63	65	67	69	70
2,8	33	52	61	64	67	69	71	72	74	75
2,7	43	62	70	73	74	76	77	78	80	80
2,6	65	78	82	83	84	84	85	85	86	86
2,5	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 18

C = 2
d = 2,28

S = 14 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,7	7	17	21	24	28	30	33	37	38	39
3,6	7	18	22	26	29	32	35	38	40	41
3,5	8	19	23	27	31	34	37	40	41	42
3,4	8	20	25	29	32	36	38	42	43	44
3,3	9	22	26	31	34	38	41	44	46	47
3,2	10	23	29	33	37	40	43	47	48	49
3,1	11	25	31	35	39	43	46	49	51	52
3	13	28	34	38	42	46	49	52	54	55
2,9	14	31	37	42	46	49	52	56	57	58
2,8	17	35	41	46	50	53	57	60	61	62
2,7	20	40	46	51	55	58	62	65	65	66
2,6	25	47	53	58	61	64	67	69	70	71
2,5	33	56	62	66	69	71	73	75	76	76
2,4	50	70	74	77	79	80	81	82	83	83
2,31	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 19

C = 1,9
d = 2,16

S = 18 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,5	11	16	21	24	28	31	35	36	38	39
3,4	12	17	22	26	29	33	37	38	39	40
3,3	13	19	23	28	31	34	39	40	41	42
3,2	14	20	25	29	33	36	41	42	43	45
3,1	15	22	27	31	35	39	43	44	46	47
3	17	24	30	34	38	41	46	47	48	49
2,9	19	26	32	37	41	44	49	50	51	52
2,8	21	29	35	40	44	48	52	53	54	56
2,7	24	33	39	44	48	52	56	57	58	59
2,6	28	37	44	49	53	56	60	61	63	64
2,5	34	43	50	55	59	62	66	67	68	69
2,4	43	52	58	63	66	69	72	73	73	74
2,3	57	65	70	73	76	78	79	80	80	81
2,2	85	87	88	88	89	89	89	89	89	89
2,188	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 20

C = 1,8
d = 2,04

S = 22 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,4	4	10	15	19	23	27	31	33	34	35
3,3	5	11	16	21	25	28	33	35	36	37
3,2	5	12	17	22	26	30	35	36	38	39
3,1	5	13	18	24	28	32	37	38	40	41
3	6	14	20	25	30	34	39	41	42	43
2,9	7	15	22	28	32	36	42	43	45	46
2,8	8	17	24	30	35	39	44	46	47	49
2,7	9	19	27	33	38	43	48	49	51	52
2,6	10	21	30	37	42	46	52	53	54	56
2,5	12	25	34	41	47	51	56	58	59	60
2,4	15	30	40	47	53	57	61	63	64	65
2,3	20	38	48	55	60	64	68	69	70	71
2,2	35	50	60	66	70	73	76	77	77	78
2,1	60	75	80	83	84	85	86	86	86	87
2,06	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 21

C = 1,7
d = 1,92

S = 28 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	18	22	28	35	45	55	70	85	100	120
b %	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,3	3	9	14	18	22	27	29	30	32	33
3,2	3	9	15	19	24	29	31	32	34	35
3,1	3	10	16	21	25	31	32	34	35	37
3	4	11	17	22	27	32	34	36	37	39
2,9	4	12	18	24	29	35	36	38	39	41
2,8	4	13	20	26	31	37	39	40	42	43
2,7	5	14	22	28	33	40	41	43	45	46
2,6	6	16	24	31	36	43	45	46	48	49
2,5	7	19	28	34	40	47	48	50	52	53
2,4	8	22	31	39	44	51	53	54	56	57
2,3	10	26	37	44	50	56	58	60	61	62
2,2	13	33	44	52	57	63	64	66	67	68
2,1	20	43	55	62	67	71	73	74	74	75
2	40	65	73	78	80	82	83	83	84	84
1,94	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 22

C = 1,6
d = 1,8

S = 35 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	22	28	35	45	55	70	85	100	120	200
b %	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,10
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,2	1	7	12	17	23	25	26	28	30	31
3,1	2	8	13	18	24	26	28	29	31	33
3	2	8	14	19	26	28	29	31	33	34
2,9	2	9	15	21	27	29	31	33	35	36
2,8	2	10	17	22	29	31	33	35	37	38
2,7	2	11	18	24	31	34	36	37	39	41
2,6	3	12	20	26	34	36	38	40	42	43
2,5	3	14	22	29	37	39	41	43	45	46
2,4	3	16	25	32	40	43	45	47	48	50
2,3	4	18	29	36	45	47	49	51	53	54
2,2	5	22	33	41	50	52	54	56	58	59
2,1	7	28	40	48	57	59	61	62	64	65
2	10	37	50	58	65	67	69	70	71	72
1,9	20	55	67	73	77	78	79	80	81	81
1,82	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 23

C = 1,5
d = 1,7

S = 45 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	28	35	45	55	70	85	100	120	200	250
b %	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,1	1	7	13	19	21	23	25	26	28	30
3	2	8	13	20	22	24	26	28	30	31
2,9	2	8	14	22	24	26	28	29	31	33
2,8	2	9	15	23	25	27	29	31	33	35
2,7	2	10	17	25	27	29	31	33	35	37
2,6	2	11	18	27	29	31	34	36	37	39
2,5	3	12	20	29	32	34	36	38	40	42
2,4	3	14	22	32	35	37	39	41	43	45
2,3	3	16	25	35	38	40	43	45	47	48
2,2	4	18	29	39	42	45	47	49	51	53
2,1	5	22	33	45	48	50	52	54	56	58
2	7	28	40	52	54	57	59	61	62	64
1,9	10	37	50	61	63	65	67	69	70	71
1,8	20	55	67	74	76	77	78	79	80	81
1,71	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 24

C = 1,35

d = 1,51

S = 55 mm

N = 10

S mm	Grubość ścianki złomu									
	45	55	70	85	100	120	200	250	300	350
b %	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05	1	0,95
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
2,9	2	10	13	15	17	19	21	23	25	27
2,8	2	11	14	16	18	21	23	25	26	28
2,7	2	12	15	17	20	22	24	26	28	30
2,6	2	13	16	19	21	23	26	28	30	32
2,5	3	14	17	20	23	25	28	30	32	34
2,4	3	15	19	22	25	27	30	32	34	36
2,3	3	17	21	24	27	30	32	34	37	39
2,2	4	19	23	26	30	32	35	37	40	42
2,1	4	21	26	29	33	36	39	41	43	45
2	5	25	30	33	37	40	43	45	48	50
1,9	6	29	34	38	42	45	48	51	53	55
1,8	8	36	41	45	49	52	55	57	59	61
1,7	13	46	51	56	59	62	64	66	68	69
1,6	25	64	68	71	74	76	77	78	79	80
1,528	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Tablica 25

C — 3
d = 3,5

S = 2 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,9	26	32	35	40	44	47	48	49	50	51
4,8	28	34	37	42	45	48	50	51	52	53
4,7	29	35	39	44	47	50	51	52	54	55
4,6	31	37	41	46	49	52	53	54	55	56
4,5	33	39	43	48	51	54	55	56	57	58
4,4	36	42	46	51	54	56	57	58	59	60
4,3	38	45	48	53	56	59	60	61	62	63
4,2	42	48	52	56	59	61	62	63	64	65
4,1	45	52	56	59	62	64	65	66	67	68
4	50	56	59	63	66	68	68	69	70	70
3,9	56	61	64	67	69	71	72	72	73	74
3,8	63	67	69	72	74	75	76	76	76	77
3,7	71	74	76	78	79	79	80	80	80	81
3,6	83	84	84	84	84	84	84	84	85	85
3,588	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 26

C = 2,8

d = 3,3

S = 3 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,7	19	26	31	37	40	44	45	47	48	49
4,6	21	28	32	38	42	45	47	48	50	51
4,5	22	29	34	40	44	47	49	50	51	52
4,4	24	31	36	42	46	49	51	52	53	54
4,3	25	33	38	44	48	51	53	54	55	56
4,2	28	36	41	47	51	54	55	56	57	58
4,1	30	38	43	49	53	56	58	59	60	61
4	33	42	47	53	56	59	60	61	62	63
3,9	37	45	50	56	59	62	63	64	65	66
3,8	41	50	55	60	63	65	66	67	68	69
3,7	47	56	60	65	67	69	70	71	72	73
3,6	55	63	66	70	72	73	74	75	75	76
3,5	66	71	74	76	78	79	79	79	80	80
3,4	83	83	84	84	84	84	84	84	84	85
3,38	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 27

C = 2,65
d = 3

S = 4 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2,5	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,4	4	14	20	28	33	38	40	41	43	44
4,3	4	15	21	30	35	39	41	43	45	46
4,2	4	16	23	31	37	41	43	45	46	48
4,1	5	17	24	33	39	43	45	47	48	50
4	5	19	26	35	41	45	47	49	50	52
3,9	6	20	28	38	43	47	48	51	53	54
3,8	7	22	30	40	46	50	52	54	55	56
3,7	8	25	33	43	49	53	55	56	58	59
3,6	9	28	37	47	52	56	58	60	61	62
3,5	11	32	41	51	56	61	62	63	64	65
3,4	13	37	47	56	61	64	66	67	68	69
3,3	18	45	54	63	67	69	71	72	72	73
3,2	26	56	64	70	73	75	76	77	77	78
3,1	53	74	78	80	81	82	82	83	83	83
3,062	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

N = 30 N = 20

Tablica 28

C = 2,4
d = 2,77

S = 6 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	3	4	6	9	14	18	22	28	35	45
b %	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,2	2	10	21	27	32	35	37	39	40	42
4,1	2	11	22	28	34	36	38	40	42	44
4	3	12	23	30	36	38	40	42	44	45
3,9	3	13	25	32	37	40	42	44	46	47
3,8	3	14	26	34	39	42	44	46	48	49
3,7	3	15	28	36	42	44	46	48	50	52
3,6	4	17	31	39	44	47	49	51	53	54
3,5	4	19	34	42	47	50	52	54	55	57
3,4	5	21	37	45	51	53	54	57	58	60
3,3	6	24	41	49	55	57	59	60	62	63
3,2	8	29	46	54	59	61	63	64	66	67
3,1	10	35	53	60	65	66	68	69	70	71
3	15	45	62	68	71	72	73	74	75	76
2,9	30	63	74	77	79	80	80	80	81	81
2,84	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 29

C = 2,2
d = 2,51

S = 9 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	6	9	14	18	22	28	35	45	55	70
b %	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,9	9	18	25	28	31	33	36	37	40	41
3,8	10	19	27	30	33	35	37	39	42	43
3,7	11	21	28	31	34	37	39	41	44	45
3,6	12	22	30	33	36	39	41	43	46	47
3,5	13	24	32	35	38	41	43	45	48	49
3,4	14	26	34	38	41	43	46	47	50	51
3,3	16	28	37	40	43	46	48	50	53	54
3,2	18	31	40	43	46	49	51	53	56	57
3,1	20	34	44	47	50	53	55	56	59	60
3	23	39	48	51	54	58	59	60	62	63
2,9	28	44	53	57	59	61	63	65	66	67
2,8	35	52	60	63	65	67	68	70	71	72
2,7	47	62	69	71	72	74	74	75	76	77
2,6	70	76	80	81	81	82	82	82	83	83
2,565	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 30

C = 2
d = 2,28

S = 14 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,7	7	16	20	24	27	30	32	35	36	37
3,6	8	18	22	25	28	31	34	37	38	39
3,5	9	19	23	26	30	33	35	39	40	41
3,4	9	20	24	28	32	34	37	41	42	43
3,3	10	22	26	30	33	37	39	43	44	45
3,2	11	23	28	32	36	39	42	45	46	47
3,1	12	25	30	35	38	41	44	48	49	50
3	14	28	33	38	41	44	47	50	51	52
2,9	16	31	37	41	45	48	50	54	55	56
2,8	18	35	41	45	49	52	54	57	58	59
2,7	22	40	45	50	54	56	59	61	62	63
2,6	28	47	52	56	59	62	64	66	67	68
2,5	37	56	61	64	67	69	71	72	73	73
2,4	55	70	73	75	76	78	78	79	80	80
2,329	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 31

C = 1,9
d = 2,16

S = 18 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,6		11	15	19	23	26	29	32	33	34
3,5		12	16	20	24	27	30	34	35	36
3,4		13	17	22	25	29	32	36	37	38
3,3		14	19	23	27	30	33	37	39	40
3,2	1	15	20	25	29	32	35	39	41	42
3,1	1	16	22	27	31	34	38	42	43	44
3	1	18	24	29	33	37	40	44	45	46
2,9	1	19	26	31	36	40	43	47	48	49
2,8	1	22	29	35	39	43	46	50	51	52
2,7	1	25	33	38	43	47	50	54	55	56
2,6	1	29	37	43	48	52	55	58	59	60
2,5	2	35	43	49	54	57	60	63	64	65
2,4	3	44	52	58	61	64	67	69	70	70
2,3	5	58	65	69	72	74	75	76	77	77
2,206	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 32

C = 1,8
d = 2,04

S = 22 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,4	5	10	15	19	23	26	30	32	33	34
3,3	5	11	16	20	24	27	32	33	35	36
3,2	6	12	17	22	26	29	34	35	36	38
3,1	6	13	18	23	27	31	36	37	38	40
3	7	14	20	25	29	33	38	39	40	42
2,9	8	16	22	27	32	35	40	42	43	44
2,8	9	17	24	30	35	38	43	44	46	47
2,7	10	19	27	33	37	41	46	48	49	50
2,6	12	22	30	36	41	45	50	51	52	54
2,5	14	26	34	41	46	50	54	55	57	58
2,4	18	31	40	46	51	55	59	60	62	63
2,3	23	39	48	54	59	62	65	66	67	68
2,2	35	52	60	65	68	71	73	74	74	75
2,1	70	78	80	81	82	83	83	83	83	83
2,082	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 33

C = 1,7
d = 1,92

S = 28 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	18	22	28	35	45	55	70	85	100	120
b %	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,3	4	9	14	18	22	26	28	29	31	32
3,2	4	10	15	19	23	28	29	31	32	34
3,1	4	10	16	20	24	30	31	33	34	35
3	5	11	17	22	26	31	33	34	36	37
2,9	5	12	18	23	28	33	35	37	38	39
2,8	6	14	20	25	30	35	37	38	40	42
2,7	6	15	22	28	33	38	40	42	43	44
2,6	7	17	24	31	35	41	43	45	46	47
2,5	8	19	28	34	39	45	47	48	50	51
2,4	10	23	31	38	43	49	51	52	54	55
2,3	13	27	37	44	49	54	56	57	59	60
2,2	17	34	44	51	56	61	62	63	64	65
2,1	25	45	55	61	65	69	70	71	72	73
2	50	68	73	76	78	80	80	80	81	81
1,959	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 34

C = 1,6

S = 35 mm

N = 15

d = 1,8

S mm	Grubość ścianki złomu									
	22	28	35	45	55	70	85	100	120	200
b %	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,2	2	8	13	17	22	24	26	27	28	30
3,1	2	8	13	18	23	25	27	28	30	31
3	3	9	14	19	25	27	28	30	31	33
2,9	3	10	15	20	27	28	30	32	33	35
2,8	3	10	17	22	28	30	32	34	35	37
2,7	3	12	18	24	30	33	34	36	38	39
2,6	4	13	20	26	33	35	37	39	40	42
2,5	4	14	22	29	36	38	40	42	43	45
2,4	5	16	25	32	39	41	43	45	47	48
2,3	6	19	29	36	43	46	47	49	51	52
2,2	8	23	33	41	49	51	52	54	55	57
2,1	10	29	40	48	55	57	59	60	61	63
2	15	38	50	57	63	65	66	68	69	69
1,9	30	58	66	71	75	76	77	77	78	78
1,835	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 35

C = 1,5
d = 1,7

S = 45 mm

N = 15

S mm	Grubość ścianki złomu									
	28	35	40	55	70	85	100	120	200	350
b %	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,1	2	7	12	19	21	22	24	26	27	28
3	2	8	13	20	22	24	25	27	28	30
2,9	3	9	14	21	23	25	27	28	30	32
2,8	3	10	15	23	25	27	28	30	32	33
2,7	3	11	17	24	26	28	30	32	34	35
2,6	3	12	18	26	29	31	33	34	36	38
2,5	4	13	20	28	31	33	35	37	39	40
2,4	4	14	22	31	34	36	38	40	42	43
2,3	5	16	25	34	37	39	41	43	45	47
2,2	6	19	29	39	41	43	46	47	49	51
2,1	8	23	33	44	46	49	51	52	54	56
2	10	29	40	50	53	55	57	59	60	61
1,9	15	38	50	60	62	63	65	66	68	69
1,8	30	58	67	73	74	75	76	77	77	78
1,735	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 36

C = 1,35

S = 55 mm

N = 15

d = 1,51

S mm	Grubość ścianki złomu									
	45	55	70	85	100	120	250		300	350
b %	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05	1	0,95
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
2,9	2	10	13	15	17	19	21	22	24	26
2,8	3	11	14	16	18	20	22	24	25	27
2,7	3	12	15	17	19	21	23	25	27	29
2,6	3	13	16	18	21	23	25	27	29	30
2,5	3	14	17	20	22	24	27	29	31	32
2,4	4	15	18	21	24	26	29	31	33	34
2,3	4	17	20	23	27	29	31	33	35	37
2,2	5	19	23	26	29	31	34	36	38	40
2,1	5	21	25	29	32	35	37	40	42	44
2	7	25	29	33	36	39	41	44	46	48
1,9	8	29	34	38	41	44	47	49	51	53
1,8	11	36	41	45	48	51	53	55	57	59
1,7	16	46	51	54	58	60	62	64	65	67
1,6	33	64	68	70	72	73	74	75	76	77
1,538	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85

Tablica 37

C = 3
d = 3,5

S = 2 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
5	25	30	33	38	41	43	45	46	47	48
4,9	26	31	35	39	42	45	46	47	48	49
4,8	28	33	36	41	44	46	48	49	50	51
4,7	29	35	38	43	46	48	49	50	51	52
4,6	31	37	40	45	48	50	51	52	53	54
4,5	33	39	42	47	50	52	53	54	55	56
4,4	36	41	45	48	52	54	55	56	57	58
4,3	39	44	47	52	54	55	57	58	59	60
4,2	42	47	50	54	57	59	60	61	62	62
4,1	45	51	54	58	60	62	63	64	64	65
4	50	55	58	61	63	65	66	66	67	68
3,9	56	60	62	65	67	68	69	70	70	70
3,8	63	66	67	70	71	72	73	73	73	74
3,7	71	73	74	75	76	76	77	77	77	77
3,625	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 38

C = 2,8

d = 3,3

S = 3 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,8	19	25	29	34	38	41	42	43	45	46
4,7	20	26	30	36	39	42	44	45	46	47
4,6	21	28	32	37	41	44	45	46	48	49
4,5	23	29	34	39	43	46	47	48	49	50
4,4	24	31	35	41	45	48	49	50	51	52
4,3	26	33	38	43	47	50	51	52	53	54
4,2	28	36	40	46	48	52	53	54	55	56
4,1	31	39	43	48	52	54	55	56	57	58
4	34	42	46	51	54	57	58	59	60	61
3,9	38	45	50	55	58	60	61	62	63	64
3,8	43	50	54	59	61	63	64	65	66	66
3,7	49	56	59	63	65	67	68	68	69	70
3,6	56	63	65	68	70	71	72	72	73	73
3,5	68	71	73	75	75	76	76	77	77	77
3,425	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 39

C = 2,65

S = 4 mm

N = 20

d = 3

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,4	5	14	20	28	32	36	38	40	41	43
4,3	5	15	21	29	34	38	40	41	43	44
4,2	6	16	23	31	36	40	41	43	44	46
4,1	6	18	24	32	37	41	43	45	46	48
4	7	19	26	34	39	44	45	47	48	50
3,9	8	21	28	37	42	46	48	49	50	52
3,8	9	23	30	39	44	48	50	52	53	54
3,7	10	26	33	42	47	51	53	54	56	57
3,6	12	29	37	46	51	54	56	57	58	60
3,5	14	33	41	50	55	58	59	61	62	63
3,4	18	38	47	55	59	62	63	64	65	66
3,3	23	46	54	61	65	67	68	69	69	70
3,2	35	58	64	69	71	73	73	74	74	74
3,1	70	77	78	79	79	79	79	79	79	79
3,0875	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 40

C = 2,4
d = 2,77

S = 6 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	3	4	6	9	14	18	22	28	35	45
b %	2,8	2,65	2,4	2,2		1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,2	4	11	21	27	31	34	35	37	39	40
4,1	4	12	22	28	33	35	37	39	40	42
4	4	13	23	29	35	37	39	40	42	44
3,9	5	14	25	31	36	39	40	42	44	45
3,8	5	15	26	33	38	41	43	44	46	47
3,7	6	16	29	35	41	43	45	47	48	50
3,6	6	19	31	38	43	45	47	49	51	52
3,5	7	21	34	41	46	48	50	52	53	55
3,4	8	23	37	44	49	51	53	55	56	57
3,3	10	26	41	48	53	55	57	58	59	61
3,2	13	31	46	53	58	59	61	62	63	64
3,1	17	38	53	59	63	64	65	66	67	68
3	25	49	62	66	69	70	71	72	72	73
2,9	50	68	74	76	77	77	77	78	78	79
2,8625	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 41

C = 2,2
d = 2,51

S = 9 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	6	9	14	18	22	28	35	45	55	70
b %	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,9	10	18	25	28	30	32	34	36	39	40
3,8	11	19	26	29	32	34	36	38	40	41
3,7	12	21	28	31	33	36	38	40	42	43
3,6	13	22	29	32	35	37	40	41	44	45
3,5	14	24	31	34	37	39	42	44	46	47
3,4	15	26	34	37	39	42	44	46	48	49
3,3	17	28	36	39	42	44	47	48	51	52
3,2	19	31	39	42	45	47	49	51	53	54
3,1	21	34	43	46	49	51	53	54	56	57
3	25	39	47	50	53	55	56	58	60	61
2,9	30	44	52	55	57	59	61	62	64	64
2,8	38	52	59	61	63	65	66	67	68	69
2,7	50	62	67	69	70	71	72	73	73	74
2,6	75	78	78	79	79	79	79	79	79	79
2,5875	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 42

C = 2
d = 2,29

S = 14 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,7	8	17	20	23	26	29	31	34	35	36
3,6	9	18	21	24	28	30	32	35	36	37
3,5	9	19	23	26	29	32	34	37	38	39
3,4	10	20	24	28	31	33	36	39	40	41
3,3	11	22	26	29	33	35	38	41	42	43
3,2	12	23	28	31	35	38	40	43	44	45
3,1	13	25	30	34	37	40	43	46	47	48
3	15	28	33	37	40	43	45	49	49	50
2,9	17	31	36	40	43	46	49	52	53	53
2,8	20	35	40	44	47	50	52	55	56	57
2,7	24	40	45	49	52	55	57	59	60	61
2,6	30	47	51	55	58	60	62	64	65	65
2,5	40	56	60	63	65	67	68	69	70	70
2,4	60	70	72	73	74	75	76	76	76	77
2,35	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 43

C = 1,9
d = 2,16

S = 18 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,6	1	11	15	19	22	25	28	31	32	33
3,5	2	12	16	20	23	26	29	33	34	35
3,4	2	13	17	21	25	28	31	34	35	36
3,3	2	14	19	23	26	29	32	36	37	38
3,2	2	15	20	24	28	31	34	38	39	40
3,1	2	16	22	26	30	33	36	40	41	42
3	3	18	24	28	32	36	39	42	44	45
2,9	3	20	26	31	35	39	41	45	46	47
2,8	3	23	29	34	38	42	45	48	49	50
2,7	4	26	33	38	42	46	48	52	53	54
2,6	5	30	37	43	47	50	53	56	57	58
2,5	6	36	43	49	53	56	58	61	62	62
2,4	10	45	52	57	60	63	64	66	67	67
2,3	20	60	65	68	70	71	72	74	74	74
2,225	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 44

C = 1,8
d = 2,04

S = 22 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,5	5	10	14	18	21	24	28	29	30	31
3,4	6	11	15	19	22	25	29	31	32	33
3,3	6	11	16	20	24	27	31	32	33	34
3,2	7	12	17	21	25	28	32	34	35	36
3,1	7	13	18	23	27	30	34	36	37	38
3	8	15	20	25	29	32	36	38	39	40
2,9	9	16	22	27	31	34	39	40	41	42
2,8	10	18	24	29	33	37	41	43	44	45
2,7	11	20	27	32	36	40	44	46	47	48
2,6	13	23	30	36	40	44	48	49	50	51
2,5	16	27	34	40	44	48	52	53	54	57
2,4	20	32	40	46	50	53	57	58	59	62
2,3	27	40	48	53	57	60	63	64	65	66
2,2	40	53	60	64	67	69	70	71	72	72
2,1	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 45

C = 1,7
d = 1,92

S = 28 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	18	22	28	35	45	55	70	85	100	120
b %	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,3	4	9	14	18	21	26	27	28	30	31
3,2	5	10	15	19	22	27	28	30	31	32
3,1	5	11	16	20	24	29	30	31	33	34
3	5	12	17	21	25	30	32	33	34	36
2,9	6	13	18	23	27	32	34	35	37	38
2,8	7	14	20	25	29	35	36	37	39	40
2,7	8	16	22	27	32	37	39	40	41	43
2,6	9	18	24	30	35	40	42	43	44	46
2,5	10	20	28	33	38	43	45	46	48	49
2,4	12	23	32	38	42	48	49	50	52	53
2,3	15	28	37	43	48	53	54	55	56	57
2,2	20	35	44	50	54	59	60	61	62	63
2,1	30	47	55	60	63	67	68	68	69	70
2	60	70	73	75	76	77	77	77	78	78
1,975	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 46

C = 1,6
d = 1,8

S = 35 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	22	28	35	45	55	70	85	100	120	200
b ‰	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1
a ‰	S ‰ surówki w mieszaninie z zawartością a ‰ krzemu									
3,2	3	7-8	12	16	22	23	25	26	27	29
3,1	3	9	13	18	23	24	26	27	29	30
3	3	9	14	19	24	26	27	29	30	32
2,9	4	10	15	20	26	28	29	31	32	33
2,8	4	11	17	22	28	29	31	33	34	35
2,7	4	12	18	23	30	31	33	35	36	38
2,6	5	13	20	25	32	34	36	37	39	40
2,5	6	15	22	28	35	37	38	40	42	43
2,4	7	17	25	31	38	40	42	43	45	46
2,3	8	20	28	35	42	44	46	47	49	50
2,2	10	24	33	40	47	49	51	52	53	55
2,1	13	30	40	47	53	55	57	58	59	60
2	20	40	50	56	62	63	64	65	66	67
1,9	40	60	67	70	73	73	74	74	75	75
1,85	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 47

C = 1,5
d = 1,7

S = 45 mm

N = 20

S mm	Grubość ścianki złomu									
	28	35	45	55	70	85	100	120	200	250
b %	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,1	3	8	12	18	20	22	23	25	26	27
3	3	9	13	19	21	23	24	26	27	29
2,9	3	9	14	21	23	24	26	27	29	30
2,8	4	10	15	22	24	26	28	29	31	32
2,7	4	11	17	24	26	28	29	31	33	34
2,6	4	12	18	26	28	30	31	33	35	36
2,5	5	13	20	28	30	32	34	36	37	39
2,4	6	15	22	31	33	35	37	38	40	42
2,3	7	17	25	34	36	38	40	42	43	45
2,2	8	20	29	38	40	42	44	46	47	49
2,1	10	24	33	43	45	47	49	51	52	53
2	13	30	40	49	51	53	55	57	58	59
1,9	20	40	50	58	60	62	63	64	65	66
1,8	40	60	67	71	72	73	73	74	74	74
1,75	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 48

C = 1,35

S = 55 mm

N = 20

d = 1,51

S mm	Grubość ścianki złomu									
	45	55	70	85	100	120	200	250	300	350
b %	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1,05	1	0,95
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
2,9	3	10	12	15	16	18	20	22	23	25
2,8	3	11	13	16	18	19	21	23	24	26
2,7	3	12	14	17	19	21	23	24	26	27
2,6	4	13	15	18	20	22	24	26	28	29
2,5	4	14	17	19	22	24	26	28	29	31
2,4	4	15	18	21	23	26	28	30	31	33
2,3	5	17	20	23	25	28	30	32	34	36
2,2	6	19	22	25	28	31	33	35	37	38
2,1	7	21	25	28	31	34	36	38	40	42
2	8	25	29	32	35	38	40	42	44	46
1,9	10	29	33	37	40	43	45	47	49	51
1,8	13	36	40	44	47	49	51	53	55	57
1,7	20	46	50	53	56	58	60	62	63	64
1,6	40	64	67	69	70	71	72	73	73	74
1,55	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80

Tablica 49

C = 3
d = 3,5

S = 2 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
5,1	24	28	30	34	37	39	40	41	41,5	42
5	25	29	32	35	38	40	41	42	43	44
4,9	26	31	33	37	39	41	42	43	44	45
4,8	28	32	35	38	41	43	44	44,5	45,5	46
4,7	29	33	36	40	42	44	45	46	47	48
4,6	31	36	38	42	44	46	47	48	49	49
4,5	33	38	40	44	46	48	49	50	50	51
4,4	36	40	42	46	48	50	51	52	52	53
4,3	38	42	45	48	50	52	53	54	54	55
4,2	42	46	48	51	53	54	55	56	56	57
4,1	45	49	51	54	56	57	58	58	59	59
4	50	53	55	58	59	60	60	61	61	62
3,9	55	58	60	61	62	63	64	64	64	64
3,8	63	64	65	66	66	67	67	67	67	67
3,714	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 50

C = 2,8
d = 3,3

S = 3 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,9	19	24	27	31	34	37	38	39	40	41
4,8	20	25	28	32	35	38	39	40	41	42
4,7	21	26	29	34	37	39	40	41	42	43
4,6	23	28	31	35	38	41	42	43	44	45
4,5	24	29	33	37	40	42	43	44	45	46
4,4	26	31	34	39	42	44	45	46	47	48
4,3	28	33	37	41	44	46	47	48	49	50
4,2	30	36	39	43	46	48	49	50	51	52
4,1	33	38	42	46	48	50	51	52	53	54
4	36	42	45	49	51	53	54	55	55	56
3,9	40	45	48	52	54	56	57	57	58	58
3,8	45	50	53	56	58	59	60	60	61	61
3,7	51	55	58	60	61	62	63	63	64	64
3,6	60	62	63	65	66	66	67	67	67	67
3,514	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 51

C = 2,65

S = 4 mm

N = 30

d = 3

S mm	Grubość ścianki złomu									
	2	3	4	6	9	14	18	22	28	35
b %	3	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,5	7	14	19	25	29	32	34	35	36	37
4,4	7	15	20	26	30	33	35	36	37	39
4,3	8	16	21	27	32	35	36	38	39	40
4,2	9	18	22	29	33	36	38	39	41	42
4,1	10	19	24	31	35	38	40	41	42	43
4	11	20	26	33	36	40	42	43	44	45
3,9	12	22	28	35	39	42	44	45	46	47
3,8	13	25	30	38	41	45	46	47	48	49
3,7	15	27	33	40	44	47	49	50	51	52
3,6	18	31	37	44	47	50	51	53	53	54
3,5	21	35	41	48	50	54	55	56	56	57
3,4	26	41	47	52	55	58	58	59	60	60
3,3	35	49	54	58	59	62	63	63	63	64
3,2	53	61	64	66	66	67	67	68	68	68
3,15	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 52

C = 2,4
d = 2,77

S = 6 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	3	4	6	9	14	18	22	28	35	45
b %	2,8	2,65	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4,3	6	12	19	24	28	30	32	33	34	36
4,4	6	13	21	26	30	31	33	34	36	37
4,1	7	13	22	27	31	33	34	36	37	38
4	7,5	14	23	28	33	34	36	37	39	40
3,9	8	16	25	30	34	36	38	39	40	42
3,8	9	17	26	32	36	38	40	41	42	44
3,7	10	19	28	34	38	40	41	42	43	45
3,6	11	21	31	36	41	42	44	45	47	48
3,5	13	23	34	39	43	45	46	48	49	50
3,4	15	26	37	43	46	48	49	50	51	53
3,3	18	30	41	46	50	51	52	54	55	56
3,2	22	33	46	51	54	55	56	57	58	59
3,1	30	43	53	57	59	61	61	61	62	63
3	45	54	61	64	65	65	66	66	66	67
2,93	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 53

C = 2,2
d = 2,51

S = 9 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	6	9	14	18	22	28	35	45	55	70
b %	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
4	10	17	23	25	27	29	30	32	34	35
3,9	11	18	24	26	28	30	32	33	35	36
3,8	12	19	25	27	30	31	33	35	37	38
3,7	13	20	26	29	31	33	34	36	38	39
3,6	14	23	28	31	33	35	37	38	40	41
3,5	15	23	30	33	35	37	38	40	42	43
3,4	17	26	32	35	37	39	40	42	44	45
3,3	19	28	35	37	39	41	43	44	46	47
3,2	21	31	38	40	42	44	45	47	49	50
3,1	24	34	41	43	45	47	49	50	51	52
3	28	39	46	47	49	51	52	53	54	55
2,9	34	44	50	52	54	55	56	57	58	59
2,8	42	52	56	58	59	60	61	61	62	63
2,7	57	62	64	65	66	66	66	67	67	67
2,643	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 54

C = 2
d = 2,28

S = 14 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,8	8	15	18	21	23	25	27	30	31	32
3,7	9	16	19	22	24	27	29	31	32	33
3,6	10	17	21	23	26	28	30	32	33	34
3,5	11	18	22	25	27	29	31	34	35	36
3,4	12	20	23	26	29	31	33	35	36	37
3,3	13	21	25	28	30	33	35	37	38	39
3,2	14	23	27	30	32	35	37	39	40	41
3,1	15	25	29	32	35	37	39	42	43	44
3	18	28	32	35	37	39	42	44	45	46
2,9	20	31	35	38	41	43	45	47	48	49
2,8	23	35	39	42	44	46	48	50	51	52
2,7	28	40	44	47	49	50	52	54	55	56
2,6	35	47	50	53	59	56	57	58	59	60
2,5	47	56	58	60	61	62	63	64	64	64
2,4	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 55

C = 1,9
d = 2,16

S = 18 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	9	14	18	22	28	35	45	55	70	85
b %	2,2	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,6	3,5	12	15	18	22	24	26	28	29	30
3,5	4	13	16	19	22	25	27	30	31	32
3,4	4	14	17	21	24	26	28	32	32	33
3,3	5	15	19	22	25	28	30	33	34	35
3,2	5	16	20	24	27	29	32	35	36	37
3,1	6	17	22	25	29	31	34	37	38	39
3	6	19	24	28	31	34	36	39	40	41
2,9	7	21	26	30	33	36	39	42	42	43
2,8	8	24	29	33	36	39	42	44	45	46
2,7	10	27	33	37	40	43	45	47	48	49
2,6	13	31	37	41	44	47	49	51	52	53
2,5	17	38	43	47	50	52	54	56	57	57
2,4	25	48	52	55	57	59	60	61	62	62
2,3	50	63	65	66	67	67	68	68	68	68
2,271	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 56

C = 1,8
d = 2,04

S = 22 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,5	7	10	14	17	20	23	26	27	28	29
3,4	7	11	15	18	21	24	27	28	29	30
3,3	8	12	16	19	22	25	28	29	30	31
3,2	8	13	17	21	24	26	30	31	32	33
3,1	9	14	18	22	25	28	32	33	34	35
3	10	15	20	24	27	30	34	35	36	37
2,9	11	17	22	26	29	32	36	37	38	39
2,8	13	19	24	28	32	35	38	39	40	41
2,7	13	21	27	31	35	38	41	42	43	44
2,6	17	24	30	34	38	41	44	45	46	47
2,5	20	28	34	39	42	45	48	49	50	51
2,4	25	34	40	44	48	50	52	53	54	55
2,3	33	34	48	52	54	56	58	59	60	60
2,2	50	57	60	62	63	64	65	65	66	66
2,14	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 57

C = 1,7
d = 1,92

S = 28 mm

N = 30

S mm	Grubość ścianki złomu									
	14	18	22	28	35	45	55	70	85	100
b %	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,4	1	5	9	13	16	19	23	24	25	26
3,3	1	6	10	14	17	20	24	25	26	27
3,2	1	6	11	15	18	21	25	26	27	28
3,1	1	7	12	16	19	22	26	28	28	30
3	1	7	13	17	20	24	28	29	31	32
2,9	1	8	14	18	21	26	30	31	32	33
2,8	1	9	15	20	22	28	32	33	34	35
2,7	1	10	17	22	26	30	34	36	37	38
2,6	2	11	19	24	29	33	37	39	40	41
2,5	2	13	21	28	32	36	41	42	43	44
2,4	3	16	25	31	36	40	44	46	47	48
2,3	3	20	30	37	41	45	49	50	51	52
2,2	5	27	38	44	48	51	54	55	56	57
2,1	10	40	50	55	58	60	62	63	63	63
2,04	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 58

C = 1,6

S = 35 mm

N = 30

d = 1,8

S mm	Grubość ścianki złomu									
	22	28	35	45	55	70	85	100	120	200
b %	1,8	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,10
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,2	4	9	13	16	20	22	23	24	25	26
3,1	5	9	13	17	21	23	24	25	26	27
3	5	10	14	18	23	24	25	27	28	29
2,9	5,5	11	15	19	24	26	27	29	30	31
2,8	6	12	17	21	26	27	29	30	31	32
2,7	7	13	18	23	28	29	31	32	33	34
2,6	7,5	14	20	25	30	32	33	34	35	36
2,5	9	16	22	27	33	34	36	37	38	39
2,4	10	18	25	30	36	37	39	40	41	42
2,3	12	21	28	34	39	41	42	44	45	46
2,2	15	26	33	39	44	46	47	48	49	50
2,1	20	33	40	45	50	51	52	53	54	55
2	30	43	50	54	57	58	59	60	61	61
1,9	60	65	66	67	68	68	68	69	69	69
1,886	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Tablica 59

C = 1,5

S = 45 mm

N = 30

d = 1,7

S mm	Grubość ścianki złomu									
	28	35	45	55	70	85	100	120	200	250
b %	1,7	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15	1,1	1
a %	S % surówki w mieszaninie z zawartością a % krzemu									
3,1	4	9	13	16	19	20	22	23	24	25
3	5	9	13	19	20	21	23	24	25	26
2,9	5	10	14	20	21	23	24	25	27	28
2,8	6	11	15	21	23	24	26	27	28	29
2,7	6	12	17	23	24	26	27	29	30	31
2,6	7	13	17	24	26	28	29	31	32	33
2,5	8	14	20	27	28	30	32	33	34	36
2,4	9	16	22	29	31	33	34	36	37	38
2,3	10	19	25	32	34	36	37	39	40	41
2,2	12	22	29	36	38	40	41	42	44	45
2,1	15	26	33	41	43	44	46	47	48	49
2	20	33	40	45	49	50	51	52	53	54
1,9	30	43	50	56	57	57	59	60	61	61
1,8	60	65	67	68	68	68	68	69	69	69
1,785	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Obrabialność, twardość, kruchość i wytrzymałość mechaniczna żeliwa.

Odlewy w złomie białe są twarde, kruche, nie-
obrabialne, na ogół niezdatne do użytku. Odlewy
obrabialne, nie kruche, stosunkowo miękkie, są w zło-
mie szare.

W żelowie białym cały węgiel w nim zawarty znaj-
duje się w postaci „**chemicznie związanej**“; w żelowie
szarym, obrabialnym, pewna część węgla wydzielona
jest w postaci „**wolnego grafitu**“. Ponieważ grafit jest
miękki i ma kolor czarny, żeliwo zawierające grafit
obok węgla chemicznie związanego wykazuje złom
szary, jest miękkie i obrabialne.

Istnieją dwa główne czynniki, przyczyniające się
do wydzielania grafitu:

- a) nieodzowna jest zawartość krzemu,
- b) powolne stygnięcie odlewu, w zależności od
grubości ścianki.

Dlatego zawartość krzemu w odlewie szarym za-
leży od grubości ścianek (p. tablica A i B).

Mangan przeciwdziała wydzielaniu się grafitu;
dlatego jego zawartość nie powinna przekraczać przy
odlewach cienkich 0,6 ‰, przy odlewach grubych 1,2 ‰.

Podkreślić wypada wyraźnie, że za duża ilość
grafitu, wydzielonego w dużych listeczkach, obniża

znacznie wytrzymałość mechaniczną odlewu, którego złom w tym wypadku jest ciemny, wprost czarny, błyszczący. Przy danej zawartości krzemu wytrzymałość mechaniczna żeliwa nie idzie w parze z powiększeniem przekroju. Z tego powodu dobry odlew o stosunkowo dużej wytrzymałości winien wykazać złom szary albo jasno-szary, drobnoziarnisty, a nie ciemno-szary, gruboziarnisty. Istnieją wyjątki (np. wlewnice).

Twardość i w związku z nią wytrzymałość mechaniczna żeliwa zależy przede wszystkim przy zwyczajnych szarych odlewach od zawartości węgla chemicznie związanego, jak to widzimy ze znanych wzorów Schütz'a:

$$H_b = 100 [1 + C_z]$$

$$K_r = \frac{H - 40}{b} = 10 + 16,6 C_z$$

We wzorach tych oznacza:

C_z = ilość węgla chemicznie związanego w ‰

H_b = twardość Brinell'a,

K_r = wytrzymałość na rozciąganie w kg/mm^2 .

Ponieważ przy odlewach grubszych wskutek powolnego stygnięcia wydzielałby się grafit w dużej ilości i za mało by pozostało węgla chemicznie związanego, od którego zależy wytrzymałość, zawartość krzemu powinna być odpowiednio niska.

Jak wielkie zmiany w zawartości C_z i wytrzymałości na gięcie zachodzą przy różnych grubościach ścianek odlewu, widzimy z poniżej podanych wyników badań O. Leyde'go z roku 1904.

a/a mm	Grafit	Ilość listeczków grafitu w 1 mm ²	C _{zw}	kg/mm ²
12	2,5	305	0,88	43,4
16	2,55	200	0,83	38,9
21,8	2,55	180	0,83	27,4
27,3	2,66	130	0,72	32,8
32,9	2,77	95	0,61	32,5
43,3	2,84	85	0,54	27,8
54,7	2,98	75	0,40	25,2
64,9	3,03	60	0,35	23,2
85,4	3,06	50	0,32	21,4
104,8	2,97	45	0,41	20,5
130,3	3,00	35	0,38	20,8
154,8	3,00	25	0,38	18,3

Skład żeliwa, z którego odlane były pręty próbne o przekroju a/a:

Si	2,51 ‰
Mn	0,81 ‰
Cc	3,38 ‰
P	0,56 ‰
S	0,095 ‰

Wytrzymałość mechaniczna żeliwa w zależności od składu chemicznego.

Uwagi o składzie chemicznym odlewów.

a) Przy obliczaniu liczb tablic uwzględniona jest tylko zawartość krzemu, jako najważniejsza; w założeniu, że odlewnie nasze stosują nasze krajowe surówki, zawierające 0,6—1 % manganu i 3,5—4 % węgla przy stosunkowo nieznacznej zawartości siarki.

b) Dla odlewów cienkościennych, surówki odlewnicze powinny zawierać ze względu na dobrą ciekłość żeliwa ponad 0,8 % P.

c) W odlewach zwykłych maszynowych zawartość fosforu powinna wynosić 0,5 %, w odlewach narażonych na uderzenia 0,3—0,4 % P.

d) Odlewy ognioodporne wymagają mało fosforu — 0,1 % P i mało siarki, poniżej 0,1 % S.

e) Dopuszczalna zawartość siarki w szarych zwykłych odlewach obrabialnych 0,15 % S, w odlewach szlachetnych 0,07—0,08 %.

f) W celu otrzymania odlewu o zwartej budowie stosujemy w mieszaninach przeznaczonych dla większych odlewów dodatek żelaza kutego w postaci odpadków niezardzewiających o grubości 5—15 mm; odpadki cienkiej blachy są niezdatne. Także przy odlewach o średniej grubości ścianek dodatek żelaza kutego jest często stosowany. Ubytek krzemu należy ewent. wyrównać przez dodanie odpowiedniej ilości żelazo-krzemu z zawartością 25 % Si.

Zmiany składu chemicznego wsadu podczas przetapiania w żeliwiaku.

Zgar krzemu wynosi	8—15 %
„ manganu „	10—15 %
„ węgla przy zawartości we wsadzie ponad 3,5 %	5—10 %

Stopień nawęglania p. str. 93.

Zawartość fosforu nie ulega żadnej zmianie; ewent. przyrost pochodzi z koksu.

Zawartość siarki we wsadzie przy zwykłym sposobie przetapiania nie ulega znaczniejszej zmianie; przyrost siarki o 0,03—0,048 kg na 100 kg żeliwa pochodzi z koksu (p. str. 86).

Wpływ temperatury topienia i odlewania, wagi i kształtu odlewów.

Przy danej grubości ścianki odlewu oprócz krzemu znaczny wpływ na obrabialność wywiera temperatura odlewania, waga i kształt odlewu; już z tego powodu w praktyce odlewniczej zachodzić będą pewne odchylenia od liczb podanych w tablicach. Z różnych powodów w praktyce odlewniczej często temperatura żeliwa na rynnę spustowej jest znacznie wyższa, niż temperatura odlewania. Wysoka temperatura topienia wymaga większych nabożów koksu; wskutek większego zużycia koksu strata na spalanie krzemu maleje, wzgl. wypada niższa niż przyjęta przy obliczeniach.

Dla szybkości stygnięcia odlewu jest miarodajny właściwy stosunek objętości (V) do powierzchni (P) odlewu, a nie zawsze grubość ścianki.

Czas stygnięcia odlewu obliczamy ze wzoru

$$g = \frac{V}{P} \cdot \frac{C}{\alpha}$$

w którym

g = oznacza czas w godzinach,

C = ilość ciepła w 1 dm³ = 7 kg żeliwa (ca. 2000 kalor.),

α = ilość ciepła przechodzącego w jednej godzinie na 1 dm² powierzchni odlewu przez ściany formy o różnej grubości,

V = objętość odlewu w dm³,

P = powierzchnię odlewu w dm².

Przy prętach długich o przekroju kwadratowym jesteśmy skłonni uważać długość boku za grubość ścianki; popełniamy wtedy duży błąd przy obliczaniu zawartości krzemu. Stosunek $\frac{V}{P}$ dla pręta o boku 1,5 dm wynosi $\frac{1,5}{4} = 0,375$, tymczasem stosunek $\frac{V}{P}$ przy płycie kwadratowej (10 x 10 dm) o grubości 1,5 dm wynosi **0,75**. Pręt stygnie znacznie szybciej niż płyta; powinien więc dla tej samej jakości żeliwa zawierać znacznie więcej krzemu niż płyta. Czas stygnięcia płyty, obliczony wg powyżej podanego wzoru, wynosi

$$0,75 \frac{2000}{110} = 13,6 \text{ godzin,}$$

czas stygnięcia pręta

$$0,375 \frac{2000}{190} = 3,9 \text{ godzin.}$$

Przykład ten wyraźnie wskazuje na dużą rolę, jaką przy określaniu krzemu odgrywa kształt odlewu.

Ilość ciepła (kal) zawartego w metalu po odlaniu formy liczoną na 1 dm³ powierzchni formy $\frac{VC}{P}$ nazywamy „**natężeniem cieplnym**“ formy; według jego wysokości należy dobierać jakość piasku formierskiego.

Kontrola zawartości siarki.

Zakładamy, że ilość siarki, zawarta we wsadzie, nie ulega podczas przetapiania żadnej zmianie; do tej ilości siarki wsadu przybywa siarka z koksu o zawartości 1% S. W naszych warunkach ilość siarki, przechodząca z koksu do 100 kg płynnego żeliwa wynosi przy:

zużyciu koksu wsadowego 10 %	0,030 kg S
12 %	0,036 kg S
14 %	0,042 kg S
16 %	0,048 kg S

Surówki nasze zawierają siarki:

surówka 00 . . .	0,010—0,02 %
0 . . .	0,010—0,03 %
I . . .	0,010—0,03 %
II . . .	0,015—0,04 %
III . . .	0,020—0,06 %

W obcym (zagranicznym) złomie należy przyjmować zawartość siarki w zależności od gatunku

odlewów	0,1—0,15
w złomie krajowym	0,12—0,20

Dopuszczalna ilość siarki we wsadzie wynosi przy zawartości siarki w odlewach zwykłych 0,15 %,

przy zużyciu koksu 10 %	0,120
12 %	0,114
14 %	0,108
16 %	0,102

W tym wypadku nie trudno zachować dopuszczalną granicę siarki.

Gorzej przedstawia się sprawa, jeżeli odlew może zawierać maksymalnie 0,07% S. Wtedy na siarkę w mieszaninie wypada

przy zużyciu koksu 10%	. . .	0,040 kg S
12%	. . .	0,034 kg S
14%	. . .	0,028 kg S

W tych wypadkach często zmuszeni jesteśmy zrezygnować zupełnie ze złomu i zastąpić go w dużej mierze surówką specjalną z małą zawartością siarki i krzemu (surówka szwedzka na węglu drzewnym).

Kilka słów o żeliwiakach.

Żeliwiak ma dawać jak najwięcej płynnego żeliwa o wymaganej temperaturze przy jak najmniejszym zużyciu koksu.

Ilość koksu wsadowego przy normalnym pędzeniu żeliwiaka zależy od stopnia przegrzania 150—300° C nad punktem topnienia (1100—1200) i od wielkości kawałków wsadu, jakoteż od jakości koksu.

Przy danej ilości koksu wsadowego wydajność żeliwiaka na 1 godzinę zależy od szybkości spalania koksu, więc od ilości dmuchu. Przy słabej dmuchawie najlepiej zbudowany żeliwiak wykaże niedostateczną wydajność. Normalna ilość dmuchu wynosi 100 m³/m²/min, z której 90 %/o odpada na spalanie koksu, 10 %/o na utlenianie składników wsadu.

Współzależność między wydajnością na godzinę S (tony), ilością dmuchu w m³/m²/min. i średnicą wzgl. powierzchnią przekroju Q m² wyraża wzór:

$$S = \frac{60 w \cdot x}{K \cdot p} Q \quad 1)$$

Dla $w = 100 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min.}$, $x = 0,9$ i $Q = 1 \text{ m}^2$ otrzymamy

$$S = \frac{5400}{K \cdot p} \quad 1 \text{ a)}$$

Ilość zużytego powietrza do spalania węgla zawartego w koksie na CO₂ i CO i wydajność zależv

od wysokości zużycia koksu wsadowego z zawartością 85 % C według poniżej podanej tabelki:

($w = 100 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min.}$)

K kg/t	80	90	100	120	140	160
$K \cdot p \text{ m}^3$	546	567	610	684	760	832
S tony/godz./ m^2	9,9	9,5	8,85	7,9	7,1	6,5

Teoretycznie wysokość żeliwiaka nad poziomem dysz dla danego wsadu i zużycia koksu wsadowego powinna być równa dla całych i dużych pieców. Wysokość ta zależy od objętości 1 tony wsadu i koksu wsadowego na 1 tonę i od czasu pobytu wsadu w szybie pieca. Czas pobytu zależy od stosunku objętości do powierzchni kawałków wsadu i wynosi około

$$t \cong 4 \frac{\sqrt{\text{dm}^3}}{P \text{ dm}^2} \text{ godz.} \quad 2)$$

Jeżeli m oznacza objętość 1 tony wsadu i ($y \cdot k$) objętość koksu wsadowego na 1 tonę, wtedy wysokość żeliwiaka nad dyszami wynosi

$$h = S (m + y k) 4 \frac{V}{P} \quad 3)$$

Dla $m = 0,4$, $y k = 0,4$, $\frac{V}{P} = 0,16$, otrzymamy
 $h = 0,512 S$.

Przy $k = 100 \text{ kg}$, wydajność $S \text{ (t/m}^2/\text{h)}$ wynosi 8,85 ton i wysokość

$$h = 0,512 \times 8,85 \cong 4,5 \text{ m.}$$

Przy żeliwiakach małych, przetapiających wsad drobny, stosunek $\frac{V}{P}$ jest mniejszy i także wysokość jest mniejsza.

Wysokość dysz nad trzonem pieca wynosi przy żeliwiakach z osobnym zbiornikiem około **0,5 d**, przy żeliwiakach bez zbiornika zależnie od średnicy żeliwiaka i ilości gromadzonego w kotlinie płynnego żeliwa.

Ogólna powierzchnia przekroju wszystkich dysz wynosi około 15 0/0 Q; ilość dysz przy żeliwiakach do 900 mm średnicy 4, ponad 900 — 6.

Obsługa żeliwiaka.

Wysokość naboju koksu 100—125 mm, waga naboju koksu na 1 m²..... 50—62,5 kg.

Wielkość naboju wsadu przy K = 100 kg..... 500—625 kg/m².

Słup koksu kotlinowego ma sięgać 400—500 mm ponad dysze.

Dodatek wapnia 20—30 0/0 koksu, zależnie od stopnia zanieczyszczenia gęsi surówkowych piaskiem.

Uwagi o topieniu w żeliwiakach i sposobie pobierania płynnego żeliwa.

Przy prawidłowo obliczonym składzie wsadu żeliwo płynne na rynnę spustowej zawiera przy poszczególnych spustach różną ilość krzemu z dwóch powodów:

- a) jeżeli wsad składa się z kawałków o różnej grubości,
- b) jeżeli wsad zawiera składniki o dużej różnicy krzemu.

Z tego powodu liczby tablic mogą być stosowane **bez żadnych ograniczeń przy dużych żeliwiakach**, przy których płynne żeliwo, gromadzone w dużej kadzi, zawiera przewidzianą w obliczeniach zawartość krzemu. W wypadkach, w których **płynne żeliwo pobierane jest z pod rynnę spustowej w małych łyżkach**, zachodzi duże niebezpieczeństwo, że odlew odlany z jednej małej łyżki jest niezdatny, z drugiej zaś dobry.

Dlatego w takim wypadku dbać należy o to, aby poszczególne kawałki wsadu pod względem wymiarów były równe i pod względem składu nie różniły się znacznie; tutaj nie wolno stosować obok surówki nr I złomu twardego z małą zawartością krzemu.

Jeżeli np. surówka nr I zawiera 2,8% Si, to należy stosować złom z wyższą zawartością Si niż 1,8%.

Straty na przetapianie.

Strata na przetapianie składa się:

1. ze **zgaru chemicznego** Si, Mn, Fe,
2. ze **ożużenia** piaszczystych czy ziemistych zanieczyszczeń wsadu; przy przetapianiu garnków emaliowanych strata ta sięga do 15 % i więcej,
3. ze straty wskutek porywania kropel żeliwa przez żużel,
4. ze strat wskutek rozpryskiwania przy napełnianiu łyżek i kadzi odlewniczych,
5. ze strat podczas transportu płynnego żeliwa,
6. ze strat na rozpryskiwanie podczas odlewania.

Zgar chemiczny wynosi 0,6--1,2 %.

Ożużenie zanieczyszczeń wsadu 1—10 %.

Kropie żeliwa w żużlu 0,1—0,2 %.

Straty wymienione w p. 4, 5, 6 wynoszą:

- a) przy pobieraniu żeliwa do małych łyżek 4 %,
- b) przy zbieraniu żeliwa w dużych kadziach 1 %.

Na ogół straty na przetapianie wynoszą 4—9 % wsadu. Niniejsze dane odnoszą się do surówek odlewanych do kokil.

Nawęglanie w żeliwiaku.

Żeliwo zwykłe zawiera 3,5% C. O ile wsad zawiera ponad 3,5% C, nadwyżka podczas przetwarzania znika niekiedy zupełnie.

Poza tym stopień nawęglania żeliwa jest tym wyższy, im mniej węgla zawiera wsad; jeżeli we wsadzie wskutek dużego dodatku żelaziwa zawartość krzemu wynosi np. 1,4%, to w płynnym żeliwie, a więc także w odlewie, znajdziemy około 3% C; stopień nawęglania wynosi w tym wypadku 114% pierwotnej zawartości. Poniżej umieszczona tabelka wykazuje zawartość węgla w żeliwie w porównaniu do węgla we wsadzie.

C	we wsadzie	1,4	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0	3,5	3,8
	w żeliwie	3,0	3,1	3,18	3,23	3,3	3,38	3,5	3,5

Ponieważ stopień nawęglania zależy w dużym stopniu od ilości i jakości koksu wsadowego i innych warunków pracy żeliwiaka, dane zawarte w powyższej tabelce nie mogą obowiązywać dla wszystkich odlewni.

Uwagi o złomie obcym.

Przyjęte w tablicach dla poszczególnych grubości ścianek złomu zawartości krzemu w praktyce często różnić się będą — niekiedy bardzo znacznie — od zawartości krzemu w obcym złomie. Przyczyny tej rozbieżności są trojaki: albo nieznamość rzeczy, albo wygoda odlewni, w nowszym czasie stosowanie „wysokowartościowego“ żeliwa o stosunkowo niskiej zawartości krzemu.

Ocena jakości złomu na oko według wyglądu często tu zawodzi. Wykonanie odlewów próbných jest bardzo wskazane.

Złom z odlewów dużych często zawiera więcej, niekiedy mniej krzemu niż normalnie.

Złom odlewów cienkich, przede wszystkim **garnków**, zawiera u nas zawsze daleko mniej krzemu, niż przyjęto w tablicach. Garnki wykazują często złom wprost biały lub połowiczny w niektórych miejscach odlewu. W takim razie — rzecz jasna — należy przy stosowaniu tablic przy grubości ścianek np. 3 mm z normalną zawartością krzemu 2,8‰ uwzględniać złom o grubości ścianki conajmniej 6—9 mm z normalną zawartością krzemu 2,4‰ — 2,2‰ Si. Łatwo zrozumieć, że garnki z tak małą zawartością krzemu już często po odlaniu pękają; wprawdzie powłoka emalii rysy zakrywa, ale garnek taki nie jest zdalny do dłuższego użytku.

Uwagi o surówkach odlewniczych krajowych.

Jakość surówek krajowych jest na ogół bardzo dobra; zawartość siarki przy surówkach nr I, nr II, nr 00 jest znikoma (0,015 ‰), przy surówkach nr III dochodzi najwyżej do 0,06 ‰.

Polskie surówki odlewnicze dzielimy według zawartości fosforu na 6 gatunków:

1. odlewnicza niskofosforowa . 0,18—0,20 ‰ P
2. zwyczajna odlewnicza . . . 0,30—0,60 ‰ P
3. średnifosforowa 0,60—1,0 ‰ P
4. wysokofosforowa specjalna . 1,0—1,8 ‰ P
5. półhematytowa 0,1—0,18 ‰ P
6. hematytowa 0,04—0,07 ‰ P

Poza tym zamierza Huta Pokój wytapiać surówkę hematytową zawierającą Cr i Ni. Na żądanie surówka ta może być dostarczona z małą zawartością Mn (do 0,6 ‰) i zawartością miedzi do 0,05 ‰ Cr max.

Dla każdego gatunku rozróżniamy według zawartości krzemu 5—6 klas, oznaczonych numerami:

1. Nr 000 z zawartością 5—6 ‰ Si
2. Nr 00 „ 4—5 ‰ Si
3. Nr 0 „ 3—4 ‰ Si
4. Nr I „ 2,3—3 ‰ Si
5. Nr II „ 1,7—2,3 ‰ Si
6. Nr III „ 1,2—1,7 ‰ Si.

Celem powiększenia zużycia rud krajowych w wsadzie wielkopieczowym pożądanym byłoby, ażeby stosowano przy grubszych odlewach surówkę o większej zawartości Mn (do 1,5 ‰). Próby z taką surówką dały bardzo dobre wyniki.

Ze wzrostem zawartości krzemu ponad 3 ‰ spada zwykle zawartość węgla poniżej 3,6 ‰ do 3 ‰ i nawet do 2,85 ‰, o czym należy pamiętać przy wyrobieniu odlewów cienkościennych.

Cena surówek wzrasta ze wzrostem zawartości krzemu i obniża się ze wzrostem zawartości siarki.

Zwyczajna surówka odlewnicza z zawartością 0,5—0,6 ‰ fosforu jest najtańsza; surówki wysokofosforowe i niskofosforowe są droższe. W okręgu rudy Minety surówka odlewnicza z zawartością 1,5 do 2 ‰ P jest najtańsza.

Koszt płynnego żeliwa na 100 kg dobrych odlewów.

Koszt płynnego żeliwa składa się z kosztów wsadu po potrąceniu wartości odpadków (nadlewów i t. p.) i z kosztów przetopu.

Przykład: Wsad na 100 kg dobrych odlewów (W) składa się:

- ze 100 kg dobrych odlewów,
- z nadlewów i braków (N),
- ze straty na przetapianie (S),

$$W = 100 + N + S$$

Jeżeli strata na przetapianie wsadu wynosi np. 7%, wtedy ogólna ilość wsadu wynosi

$$W = \frac{100 + N}{\frac{1}{100} [100 - 7]} = \frac{100 + N}{0,93}$$

Przy ilości nadlewów i braków $N = 30$ kg na 100 kg dobrych odlewów, wsad będzie:

$$\frac{100 + 30}{0,93} = 140 \text{ kg.}$$

Na stratę na przetapianie odpada na 100 kg dobrych odlewów $140 - (100 + 30) = 10$ kg.

Na 100 kg wsadu obliczamy ilość nadlewów

$$100 \frac{N}{\frac{100 + N}{0,93}} = \frac{100 \times 30}{130} = 21 \text{ kg.}$$

Skład wsadu według obliczenia dla danego gatunku odlewów powinien się składać z

33 kg	surówki nr 0 à 175	= 5,78 zł
22 „	„ „ nr I „ 170	= 3,74 „
24 „	złomu „ 140	= 3,36 „
21 „	nadlewów „ 16,3	= 3,42 „ *)
<u>100 kg</u>		<u>16,30 zł</u>

Koszt „wsadu zimnego“ na 100 kg dobrych odlewów wynosi 17,93 zł
jak wynika z obliczenia:

$$\frac{140 \times 16,3}{100} = \dots \dots \dots 22,82 \text{ zł}$$

Wartość odpadków 30 kg

$$\frac{30 \times 16,3}{100} \dots \dots \dots \underline{4,89 \text{ zł}}$$

$$17,93 \text{ zł}$$

Jeżeli kosztą przetopu 100 kg wsadu wynoszą 2 zł, więc na 140 kg wsadu . . . 2,80 zł
wtedy **koszt płynnego żeliwa na 100 kg** dobrych odlewów będzie 20,73 zł.

U w a g a: *) Właściwa wartość nadlewów wynosi

$$\frac{16,30 - 3,42}{100 - 21} \times 100 \cong 16,3 \text{ zł,}$$

którą należy brać w rachubę, jeżeli odpadki zużywamy w mieszaninach dla innych odlewów; jeżeli zaś odpadki całkowicie zużywamy dla tych samych odlewów, wolno wartość ich oceniać wg ceny złomu.



BIBLIOTEKA
G Ł Ó W N A



AKADEMII
GÓRNICZO
HUTNICZEJ

I 564

*Nie
wypożycza się*
NZB 650