

Józef Czepiel

## ZELIWIAK ZASADOWY

### STRESZCZENIE

Artykuł omawia sposoby prowadzenia procesu żeliwiakowego zasadowego oraz porównanie pracy żeliwiaka o wyłożeniu zasadowym i kwaśnym.

Doświadczenia przeprowadzone w Katedrze Odlewnictwa na żeliwiaku przemysłowym o zimnym dmuchu i wyprawie zasadowej (dolomit stabilizowany) pozwalają wyciągnąć wnioski o celowości zastosowania tego procesu w warunkach przemysłowych.

### 1. Wstęp

Otrzymanie żeliwa wysokojakościowego jest w dużej mierze uzależnione od uzyskania ciekłego metalu o niskiej zawartości szkodliwych domieszek, głównie siarki.

Ilość siarki w żelwie wytopionym w żeliwiaku o kwaśnym wyłożeniu jest zawsze większa niż zawartość tego pierwiastka we wsadzie metalowym.

Należy nadmienić, że zawartość siarki w złomie żeliwnym i w koksie w ostatnim czasie ma tendencje u nas w kraju do stałego wzrostu, co zmusza odlewnie produkujące odlewy z żeliwa wysokojakościowego do stosowania specjalnych zabiegów obniżających zawartość siarki w ciekłym metalu. Do zabiegów tych należy: stosowanie wsadu metalowego i specjalnych gatunków koksu o niskiej zawartości siarki, dodawanie karbidu do wsadów żeliwiakowych, odsiarczanie ciekłego metalu w kadzi (sodą, karbidem, magnezem), stosowanie procesu żeliwiak-piec elektryczny itd. Metody te komplikują proces i podwyższają cenę żeliwa. Odsiarczanie w kadzi ma jeszcze tę dodatkową wadę, że obniża temperaturę ciekłego metalu.

W ostatnich latach (od 1944 roku) celem zmniejszenia zawartości siarki w żelwie zastosowano żeliwiak o wyłożeniu zasadowym.

### 2. Rola żuźla w procesie żeliwiakowym

Zasadniczym czynnikiem decydującym o zawartości siarki w żelwie jest zasadowość żuźla, ściśle uzależniona od jego składu chemicznego. Miernikami zasadowości żuźla są ilorazy

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} ; \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2} \quad \text{lub} \quad \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$

Najczęściej stosowanym wskaźnikiem zasadowości żuźla [2, 3, 4] jest iloraz  $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$ , jakkolwiek najczęściej uzasadnionym jest raczej stosowanie ilorazu drugiego.

Średnie składy chemiczne żuźli zestawiono w tablicy 1.

Jak wynika z tego zestawienia ze wzrostem zasadowości żuźla maleje zawartość siarki w metalu. Stwierdzono, że żuźel ma własności odsiarczające, jeżeli jego zasadowość  $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$  jest większa od 0,7 [2]. Zasadowość żuźla

można regulować dodatkiem zasadowego topnika, ale tylko w żeliwiaku o wyłożeniu zasadowym lub obojętnym.

Zwiększony dodatek topnika do żeliwiaka o wyłożeniu kwaśnym spowoduje jedynie większe wytopienie wykładziny bez wyraźnego wpływu na charakter żuźla. Również zbyt wysoka zasadowość żuźla jest niewskazana, gdyż taki żuźel posiada wysoką temperaturę topliwości (jest gęsty) i może być powodem zamarznięcia dysz i otworu żuźlowego, zwłaszcza przy niezbyt gorącym biegu żeliwiaka.

Wpływ składu chemicznego (zasadowości) żuźli na ich temperaturę topienia ilustruje tablica nr 2.

Stwierdzono, że w żeliwiakach zasadowych proces topienia przebiega najbardziej prawidłowo gdy zasadowość  $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$  wynosi od 1,0 do 1,4, co w przeliczeniu na zasadowość wyrażoną ułamkiem  $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$  daje wartość 1,5—1,9.

Tego rzędu zasadowości żuźla otrzymuje się w żeliwiaku zasadowym przy rozchodzie topnika 4,5—6 %  $\text{CaCO}_3$  w stosunku do wsadu metalowego. W celu obniżenia temperatury topliwości takiego żuźla należy do topnika dodawać 0,5—1 %  $\text{CaF}_2$  (w stosunku do wsadu metalowego).

### 3. Budowa żeliwiaków zasadowych

Żeliwiaki zasadowe używane do topienia żeliwa różnią się od żeliwiaków kwaśnych nie tylko rodzajem wykładziny, ale i sposobem wyłożenia. B. Sochor [3] i F. Warga [2] zbadali zachowanie się w żeliwiaku szeregu materiałów ogniotrwałych obojętnych i zasadowych.

Ze stosowanych materiałów: magnezytowych, dolomitowych, korundowych, chromitowo-magnezytowych i forsterytowo-peryklazowych za równo w postaci cegieł jak i masy do ubijania, najlepszymi okazały się cegły magnezytowe [3] o składzie chemicznym:

MgO	—	87,88 %
CaO	—	2,00 %
SiO <sub>2</sub>	—	0,95 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	7,98 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	1,12 %



Tablica 1

Składy chemiczne żużli

Rodzaj żużla	Skład chemiczny żużla w %						Zasadowość żużla			Zawar- tość S w metalu %
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	S	CaO SiO <sub>2</sub>	CaO + MgO SiO <sub>2</sub>	
Z żeliwiaka kwaśnego	43—50	18—30	1—8	7—20	5—15	2—10	0,05—0,7	0,3—0,7	0,4—0,9	0,1—0,2
Z żeliwiaka zasadowego	30—35	40—45	10—14	5—10	1,5	1,5	1,1—1,5	1,1—1,5	1,4—2,0	0,08
Z pieca elektrycznego z okresu odsiarczania	14	62	11	3,2	1,0	0,4	0,38	4	5,2	0,015

Tablica 2

Zależność temperatury topliwości żużla do jego zasadowości [3]

Zasadowość żużla $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$	0,67	0,81	1,02	1,35	2,06	2,06
Temperatura topliwości żużla °C	1400	1300	1400	1500	1700	1700

oraz cegły dolomitowe [2]. Dobre wyniki uzyskano również przy stosowaniu masy magnezytowej do ubijania z dodatkiem gliny szamotowej oraz masy do ubijania z dolomitu stabilizowanego z dodatkiem smoły odwodnionej.

Wyłożenie zasadowe stosuje się tylko w strefach wysokich temperatur (kotlina, strefa spalania i topienia) do 1500mm ponad poziomem dysz. Reszta szybu pieca jest wyłożona materiałem kwaśnym i kształtkami żeliwnymi.

Aby nie dopuścić do zbyt dużego spadku temperatury żeliwa, kotline żeliwiaka wykonuje się z dwóch rodzajów materiałów ogniotrwałych. Warstwa wewnętrzna jest wykonana z zasadowych materiałów ogniotrwałych, a warstwa zewnętrzna (od płaszcza żeliwiaka) z materiałów ogniotrwałych izolacyjnych (rys. 1).

Przykłady rozwiązań wyłożenia żeliwiaków zasadowych są podane na rys. 1.

Należy tu jeszcze wspomnieć o tzw. metalurgicznych żeliwiakach zasadowych (MBC), służących do otrzymywania ciekłego żeliwa o wysokiej zawartości węgla (4 %) i niskiej zawartości siarki (0,04 %), jako produktu wyjściowego do przerobu na stal w konwertorach. Są to przeważnie jednostki duże (średnica wewnętrzna powyżej 1200 mm), pracujące na podgrzewanym dmuchu i z zastosowaniem chłodzenia wodnego wykładziny. Wsad metalowy do tych żeliwiaków składa się najczęściej ze 100 % złomu stalowego.

#### 4. Skład chemiczny żeliwa z żeliwiaka zasadowego

Na podstawie kilkuletnich badań przeprowadzonych w kierunku ustalenia składu chemicznego żeliwa [1, 2], można wyciągnąć pewne wnioski odnośnie zachowania się poszczególnych pierwiastków podczas wytopu żeliwa w żeliwiaku zasadowym.

Zawartość węgla w żelwie jest wyższa i w mniejszym stopniu zależy od jego zawartości we wsadzie. Zawartość węgla waha się w granicach 3,2—3,6 a nawet i wyżej. Z tego względu żeliwiaki zasadowe nie nadają się do produkcji żeliwa niskowęglowego.

Zgar krzemu w żeliwiaku zasadowym jest wyższy i waha się w granicach 25—30 %, stąd zawartość tego pierwiastka w żelwie jest odpowiednio niższa.

Zgar manganu, jakkolwiek zależnie od rodzaju stosowanej wykładziny zasadowej oraz ilości tego pierwiastka we wsadzie może wahać się w pewnych granicach, to jednak w stosunku do żeliwiaka kwaśnego nie wykazuje specjalnie wyraźnych odstępstw.

Przy wykładzinie zasadowej obeserwuje się tendencje raczej do większego wypalania się fosforu niż to ma miejsce w procesie kwaśnym. Zjawisko to przy normalnych ilościach fosforu w żelwie (około 0,25 %) nie posiada większego praktycznego znaczenia.

Ze wzrostem ilości i zasadowości żużla zawartość siarki w metalu maleje. Przy optymalnych warunkach topienia w żeliwiaku zasadowym (zimny dmuch, rozchód topnika w granicach 6 %  $\text{CaCO}_3$  i 1 %  $\text{CaF}_2$ , zawar-



tość siarki we wsadzie metalowym = 0,08 %) zawartość siarki w metalu wynosi około 0,06 %. Dalsze obniżenie siarki jest możliwe przez zastosowanie gorącego dmuchu oraz większego rozchodu topników.

## 5. Badania własne

W celu zbadania możliwości zastosowania w odlewniach polskich żeliwiaków zasadowych oraz porównania pracy żeliwiaków o wyłożeniu kwaśnym i zasadowym w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach przeprowadzono wytopy porównawcze w żeliwiaku przemysłowym.

### Budowa żeliwiaka

Wytopy porównawcze przeprowadzono w żeliwiaku przemysłowym o średnicy 700 mm pracującym na zimnym dmuchu.

Dane techniczne żeliwiaka:

— średnica wewnętrzna	— $D_1 = 700$ mm
— średnica zewnętrzna	— $D_2 = 1000$ mm
— wysokość użyteczna	— $h_u = 4700$ mm
— wysokość kotliny	— $h_k = 1000$ mm
— ilość dysz	— $i = 7$
— powierzchnia przekroju dysz w stosunku do przekroju żeliwiaka, w %	— $\frac{Fd}{Fz} \cdot 100 = 15$ %

Wyłożenie kwaśne wykonane było z cegieł szamotowych gatunku A (kotlina, strefa spalania i topienia) i C (reszta szybu) oraz kształtek żeliwnych.

Wyłożenie zasadowe było wykonane z dolomitu stabilizowanego (cegły). Do łączenia cegieł używano zaprawy składającej się ze sproszkowanego dolomitu i wody (10 %). Sposób wyłożenia żeliwiaka zasadowego jest przedstawiony na rysunku 2.

### Wyniki badań

Przeprowadzono 25 wytopów doświadczalnych, w tym 10 wytopów w żeliwiaku o wyłożeniu kwaśnym i 15 wytopów w żeliwiaku o wyłożeniu zasadowym.

Podczas każdego wytopu otrzymywano trzy gatunki żeliwa: żeliwo maszynowe Z1-18, żeliwo modyfikowane Z1M-26 i żeliwo sferoidalne.

W czasie wszystkich wytopów utrzymywano stały rozchód koksu (15 %), stałą ilość powietrza dmuchu (około  $110 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{min}$ ), a zmieniano rodzaj wykładziny, rozchód topnika i skład chemiczny wsadu metalowego (rys. 3, 4, 5).

Podział wytopów był następujący:

Wytopy 1—10 przeprowadzono w żeliwiaku o wyłożeniu kwaśnym, przy rozchodzie topnika w ilości 6 %  $\text{CaCO}_3$ .

Wytopy 11—15 przeprowadzono w żeliwiaku o wyłożeniu zasadowym, przy rozchodzie topnika w ilości 6 %  $\text{CaCO}_3$ .

Wytopy 16—20 przeprowadzono w żeliwiaku o wyłożeniu zasadowym, przy rozchodzie topnika wynoszącym 4 %  $\text{CaCO}_3$  i 0,5 %  $\text{CaF}_2$ .

Wytopy 21—25 przeprowadzono w żeliwiaku o wyłożeniu zasadowym, przy rozchodzie topnika w ilości 4 %  $\text{CaCO}_3$ .

W dalszej części artykułu zachowano numerację wytopów zgodną z powyższym podziałem.

Z każdego wytopu i gatunku żeliwa pobierano próbki żużla oraz wazono ilość powstałego żużla.

Wyniki uzyskane z analizy żużla wykazały, że składy chemiczne żużla powstałe przy topieniu różnych gatunków żeliwa przy tej samej wykładzinie i takim samym rozchodzie topnika zasadniczo nie różnią się między sobą.

W tablicy 3 zestawiono średnie składy chemiczne żużli dla wszystkich gatunków żeliwa.

Po każdym wytopie mierzono zużycie wykładziny, wyrażane przyrostem promienia wewnętrzznego wykładziny w miejscu największego zużycia. Wyniki tych pomiarów zestawiono w tablicy 3.

Z każdego wytopu i gatunku żeliwa odlewano próbki do badań mechanicznych i analizy chemicznej. Wyniki tych pomiarów zestawiono na wykresach rys.: 3, 4, 5 i 6.

Podczas każdego spustu mierzono temperaturę żeliwa. Temperatura ciekłego żeliwa otrzymanego z żeliwiaka kwaśnego nie wykazywała wyraźnych różnic w stosunku do temperatury ciekłego żeliwa wytopionego w żeliwiaku zasadowym.

## 6. Wnioski

Na podstawie wyników przeprowadzonych wytopów można stwierdzić co następuje:

1. Znaczne obniżenie zawartości siarki, będące wynikiem wysokiej zasadowości żużla, uzyskano w procesie zasadowym przy wysokim rozchodzie topnika wynoszącym 6 % kamienia wapiennego (wytopy 11—15 rys. 3 i 4). Jednak duża ilość żużla i wysoka jego zasadowość powodowały zamarzanie dysz, zwłaszcza przy niezbyt gorącym biegu żeliwiaka (na początku wytopu). Aby temu zapobiec należałoby stosować podgrzewanie dmuchu.

2. Znacznie niższe zawartości siarki w żeliwie, w porównaniu z procesem kwaśnym uzyskano również przy mniejszym rozchodzie topnika wynoszącym 4 % kamienia wapiennego (wytopy 16—20 — rys. 3 i 4). W tym wypadku czynnikiem zmniejszającym zawartość siarki w metalu był dodatek  $\text{CaF}_2$ . Dodatek fluorytu oprócz bezpośredniego wpływu na odsiarczanie, prawdopodobnie powodował większe zużycie zasadowej wykładziny, dzięki czemu uzyskiwano żużel o wyższej zasadowości (tablica 3).

3. Przy wysokiej zasadowości żużla (wytopy 11—15 — rys. 3, 4 i 5) uzyskano również obniżenie zawartości fosforu w żeliwie.

5. Własności mechaniczne (Rr i HB — rys. 6) żeliwa otrzymanego w procesie kwaśnym i zasadowym wyraźnie nie różnią się.



Tablica 3

## Własności żużli żeliwiakowych

Nr wytopu	Rozdział wyrozenia	Rozchód topnika %		Skład chemiczny żużla						Zasadowość żużla			Ilość powstającego żużla kg/100 kg metalu	Zużycie wykładziny mm/100 kg metalu	Uwagi		
		CaCO <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	S	CaO/SiO <sub>2</sub>	CaO+MgO/SiO <sub>2</sub>				14	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	Kwasne			46,15	24,13	5,1	13,7	8,52	3,51	0,12	0,53	0,64	8,1	0,70			
2				43,15	27,35	4,81	12,52	10,13	4,12	0,09	0,63	0,75	8,4	0,75			
3				44,27	26,17	4,43	14,12	10,51	3,11	0,13	0,59	0,70	8,35	0,75			
4				40,85	28,05	5,25	13,21	9,57	4,08	0,12	0,69	0,82	8,30	0,74			
5		6			45,05	22,78	5,88	12,83	8,15	3,81	0,13	0,51	0,63	8,50	0,73		
6					34,40	36,76	13,90	15,95	3,20	0,96	0,53	1,07	1,48	7,5	0,65		
7					30,04	37,53	18,68	12,05	5,78	0,86	0,68	1,23	1,86	7,3	0,48		
8					33,42	40,70	13,55	13,45	3,98	0,75	0,69	1,22	1,63	—	0,55		
9					31,20	39,15	15,17	14,01	4,12	0,91	0,71	1,26	1,74	7,4	0,49		
10					32,15	40,03	16,20	13,80	4,27	0,78	0,72	1,25	1,75	7,8	0,58		
11	zasad.			31,94	31,36	22,70	9,90	6,81	2,58	0,84	0,98	1,70	6,2	0,66			
12				30,02	32,17	21,83	10,20	6,95	2,87	0,90	1,08	1,78	6,4	0,48			
13				29,86	31,58	19,30	11,92	6,73	1,62	0,85	1,06	1,73	6,1	0,56			
14		4	0,5		32,17	30,08	20,91	10,87	7,12	2,38	0,78	0,96	1,68	6,2	—		
15					30,08	31,12	21,15	10,15	6,56	2,42	0,81	1,01	1,70	5,8	0,53		
16	zasad.			37,25	15,76	26,60	8,90	4,80	1,64	0,44	0,70	1,41	5,55	0,40			
17				36,15	27,53	23,30	6,11	6,30	2,85	0,37	0,77	1,38	4,80	0,42			
18				36,75	24,52	18,35	16,48	6,73	1,88	0,26	0,67	1,16	5,10	0,40			
19				35,80	24,64	22,80	14,88	5,37	1,92	0,24	0,69	1,32	4,95	0,48			
20				36,55	26,19	26,05	13,01	4,32	1,95	0,36	0,73	1,43	4,80	0,41			
21	zasad.			37,25	15,76	26,60	8,90	4,80	1,64	0,44	0,70	1,41	5,55	0,40			
22				36,15	27,53	23,30	6,11	6,30	2,85	0,37	0,77	1,38	4,80	0,42			
23				36,75	24,52	18,35	16,48	6,73	1,88	0,26	0,67	1,16	5,10	0,40			
24				35,80	24,64	22,80	14,88	5,37	1,92	0,24	0,69	1,32	4,95	0,48			
25				36,55	26,19	26,05	13,01	4,32	1,95	0,36	0,73	1,43	4,80	0,41			

6. Wykładzina kwaśna wytrzymywała wytopy rzędu 15—18 ton, natomiast wykładzina zasadowa po przetopieniu tej ilości żeliwa, mogła z powodzeniem wytrzymać wytopienie jeszcze 8—10 ton.

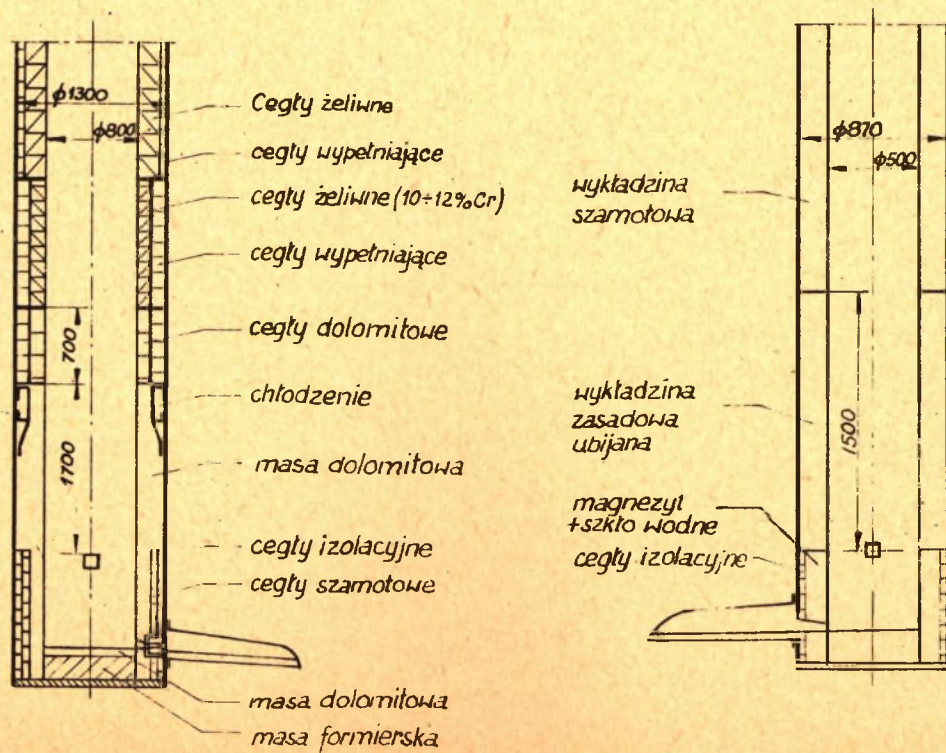
7. Należy podkreślić, że żeliwo otrzymane z pierwszego spustu (we wszystkich wytopach z żeliwiaka zasadowego), mimo dobrego wygrzania żeliwiaka i wysokiej temperatury metalu, było silnie zagazowane i przeważnie nie nadawało się do zalania form.

Zastosowanie żeliwiaka zasadowego bez podgrzewanego dmuchu jest w warunkach przemysłowych celowe i korzystne głównie w wypadkach, kiedy zawartość siarki w żeliwie przekracza dopuszczalne granice. Należy jednak pamiętać o tym, że proces szczególnie przy krótkotrwałych wytopach będzie nieco droższy (materiały ogniotrwałe i fluoryt). Stosowanie więc wykładziny zasadowej w żeliwiakach bez podgrzewanego dmuchu jest uzasadnione tylko w specjalnych wypadkach.

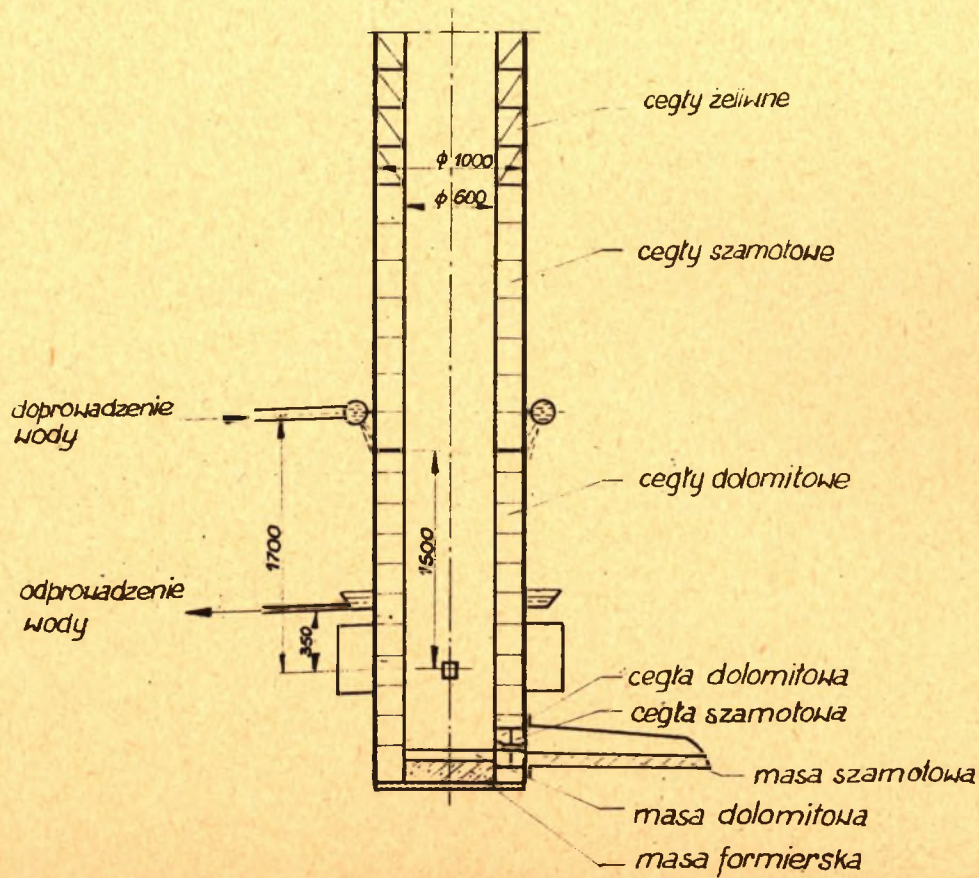
#### LITERATURA

- [1] D. Masperi: *Erfahrungen beim Bau und Betrieb des basischen Kupolofens in Italien*. XXIII Internationals Giesserei-Kongres Düsseldorf, 1956.
- [2] B. Sochor: *Untersuchungen des basischen feuerfesten Stoffe für Kupolofenbetrieb*. XXV Internationals Giesserei-Kongres Bruksela, 1958.
- [3] F. Wurga: *Isledowanije processa pławki w wagrankach s osnovnoj futerowkoj*. Lejpcigskaja Konferencija Litiejszczikow 1956. Maszgiz-Moskwa, 1957.
- [4] N. W. Zinowiew. *Sowremiennyje metalurgiczeskije wagranki na goriaczem dutje* (referat). Stal nr 9/1958.



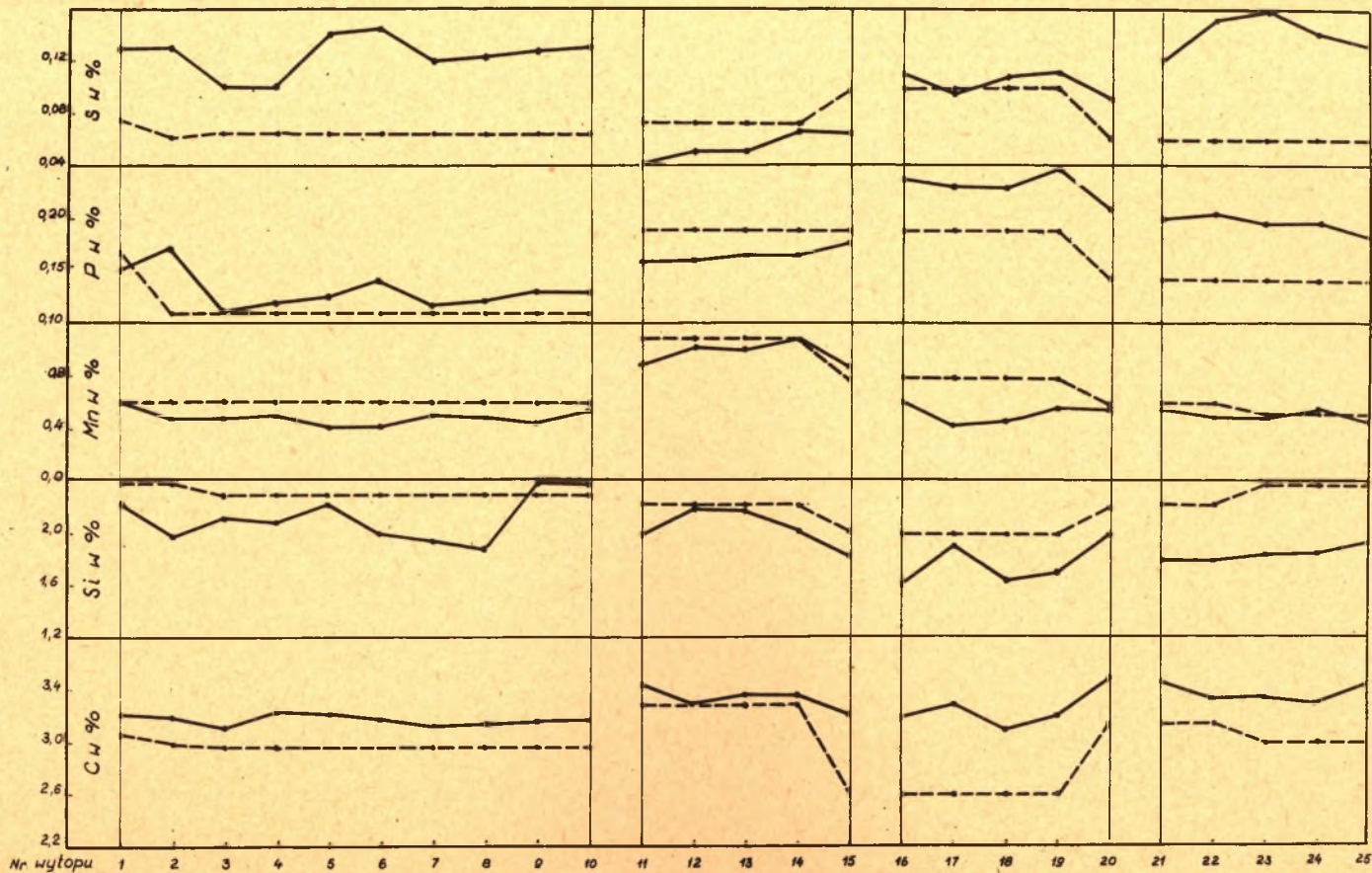


Rys. 1. Sposoby wyłożenia żeliwiaków zasadowych (1, 2)



Rys. 2. Schemat wyłożenia żeliwiaka zasadowego z wodnym chłodzeniem wykładziny

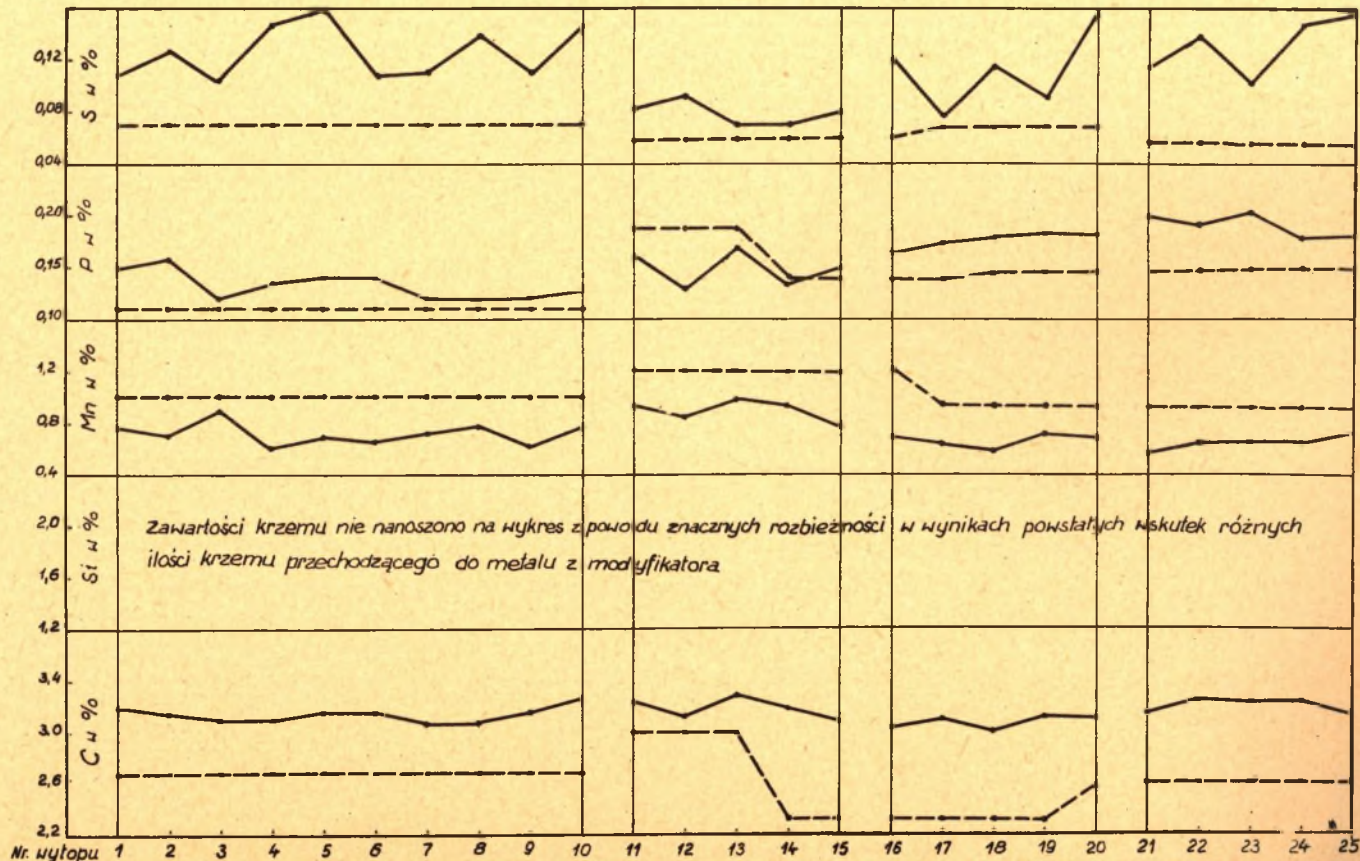




Rys. 3. Skład chemiczny wsadu metalowego i wytopionego żeliwa Zl18

----- Skład chemiczny wsadu

————— Skład chemiczny żeliwa

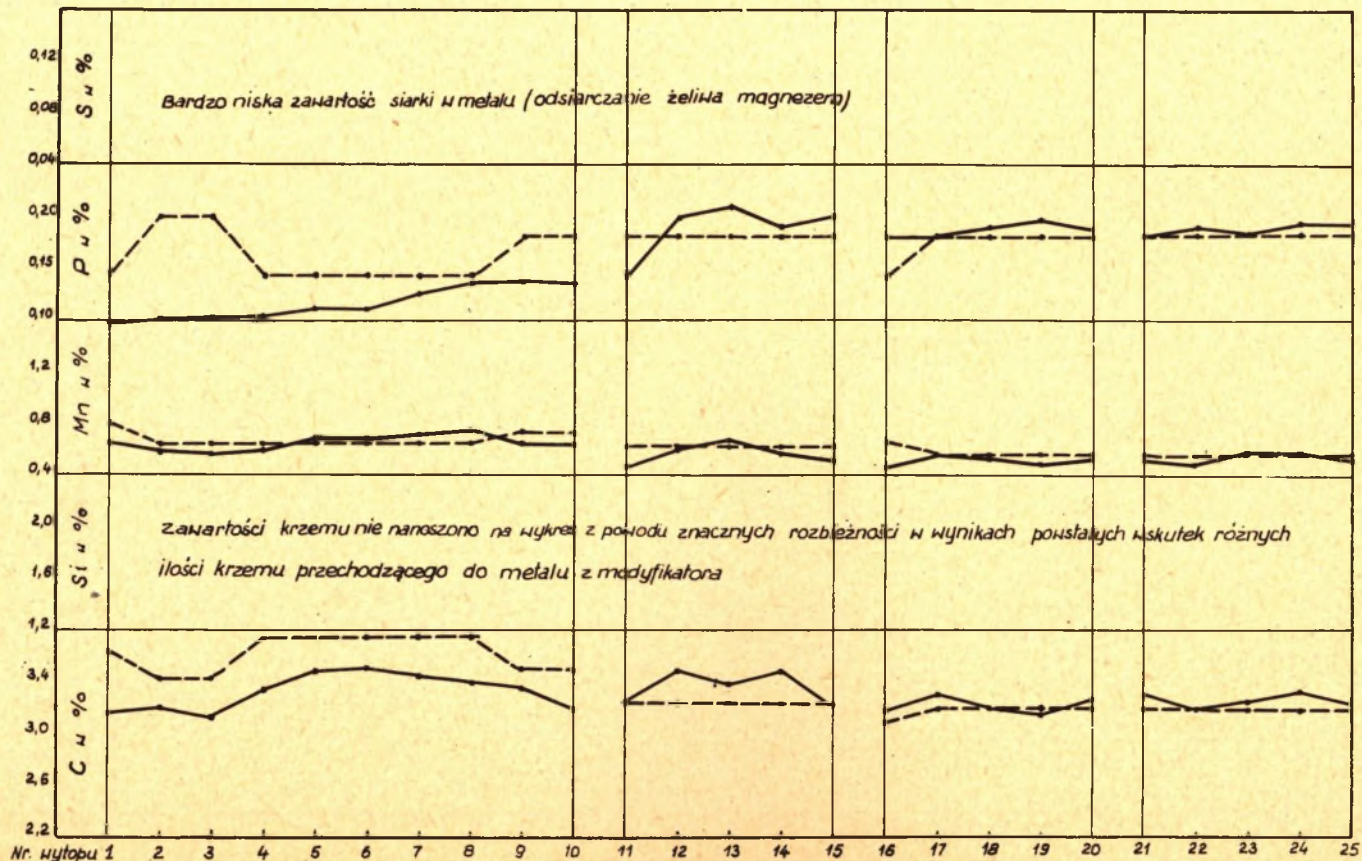


Rys. 4. Skład chemiczny wsadu metalowego i wytopionego żeliwa ZIM 26

----- Skład chemiczny wsadu

———— Skład chemiczny żeliwa

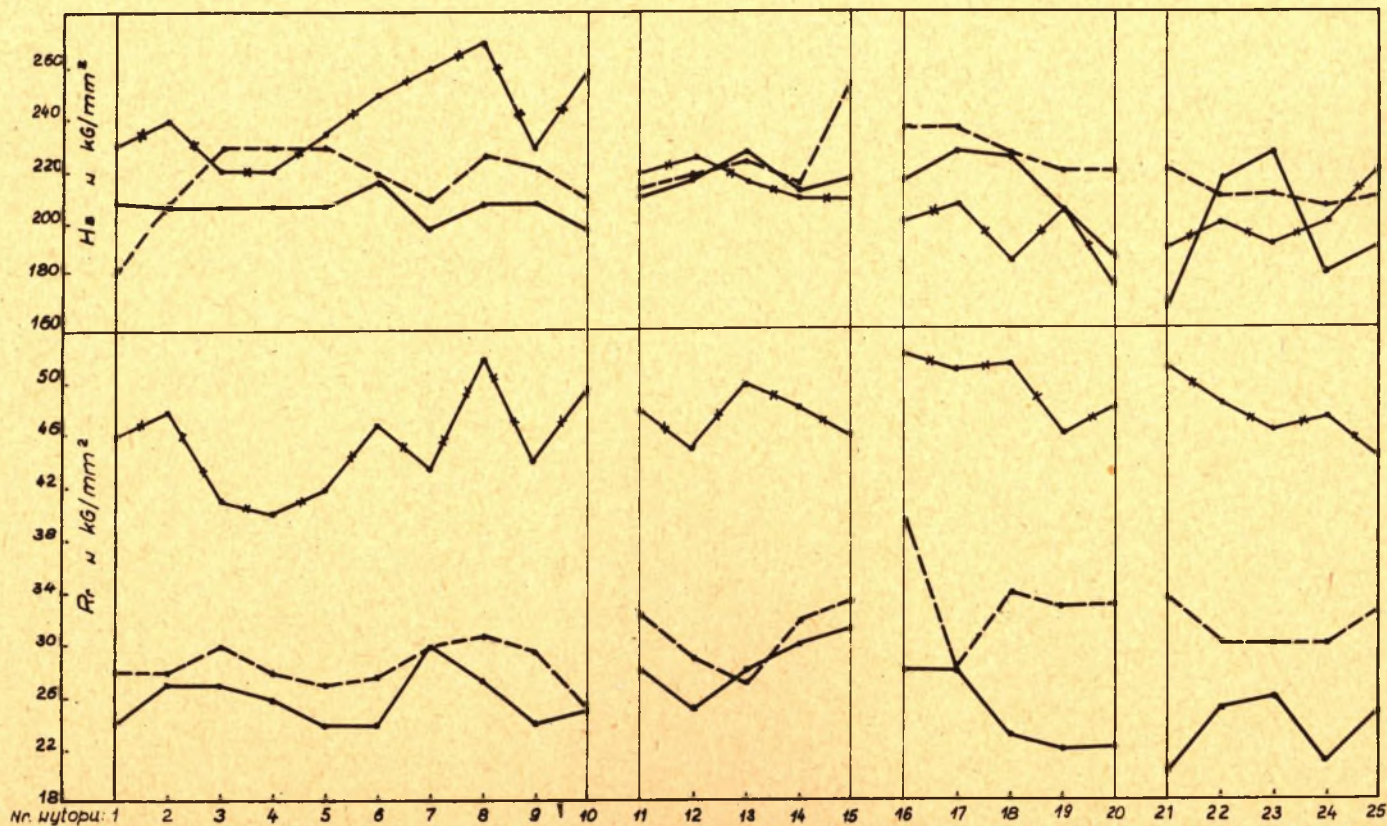




Rys. 5. Skład chemiczny wsadu metalowego i wytopionego żeliwa sferoidalnego

----- Skład chemiczny wsadu

————— Skład chemiczny żeliwa



Rys. 6. Własności mechaniczne żeliw

————— Zl 18      - - - - - ZIM 26      \* — \* — ZsP