

A 11085

03

HUTNIK

3

1953



CZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE POŚWIĘCONE ZAGADNIENIOM HUTNICTWA

WYDAWCA: PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE - STALINOGRÓD

T R E Ś C

	Str.
Odezwa Komitetu Centralnego PZPR, Rady Ministrów i Rady Państwa Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej do narodu polskiego	82
INŻ. BOLESŁAW ZACHARZEWSKI i TECHN. CHRYZANT LEŚNIAK. Regeneracja składników złomu spiekanych węglików	83
INŻ. TADEUSZ SENKARA. Mechanizm ogrzewania wsadu metalowego w piecach przemysłowych	93
INŻ. STANISŁAW PAWŁOWSKI. Dolomit spieczony (prażony) dla hutnictwa stali	103
NOWOŚCI Z DZIEDZINY HUTNICTWA	109
WŚRÓD KSIĄŻEK	115
NOTATKI BIBLIOGRAFICZNE	119
PRZEGLĄD CZASOPISM	120



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ВОЗЗВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОМИТЕТА ПОРП, СОВЕТА МИНИСТРОВ И ГОСУДАРСТВЕННОГО СОВЕТА ПОЛЬСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ К ПОЛЬСКОМУ НАРОДУ

Б. ЗАХАРЖЕВСКИ и Х. ЛЕСЬНЯК. Регенерация элементов скрапа твердых сплавов

Т. СЭНКАРА. Механизм нагревания металлической шихты в промышленных печах

СТ. ПАВЛОВСКИ. Обоженный доломит для черной металлургии

НОВОСТИ ИЗ ОБЛАСТИ МЕТАЛЛУРГИИ

КРИТИКА

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

ОБЗОР ЖУРНАЛОВ

Appeal of the Central Committee of the Polish United Worker Party, the Cabinet Council and the Government Council of the Polish Democratic Republic to the Polish people

B. ZACHARZEWSKI i Ch. LEŚNIAK. Regeneration of constituents of the sintered carbides scrap

T. SENKARA. The process of heating metallic charge in industrial furnaces

St. PAWŁOWSKI. Calcined dolomite for steel plants

METALLURGICAL NEWS

NEW BOOKS

BIBLIOGRAPHICAL NOTES

REVIEW OF PERIODICALS

ADRES REDAKCJI I ADMINISTRACJI: STALINOGRÓD, UL. STAWOWA 19. TEL. 324-44/45

KOLPORTAŻ: PPK „RUCH“ STALINOGRÓD, UL. REWOLUCJI PAŹDZIERNIKOWEJ 16. TEL. 375-43

WARUNKI PRENUMERATY: ABONAMENT: OPŁATA NORMALNA ROCZNIE 108,— ZŁ.

KONTO PKO STALINOGRÓD III 17763/110. CENA ZESZYTU POJEDYNCZEGO 9,— ZŁ.

Format A4. Obj. ark. 5. Nakład 2.000 egz. — Papier druk. sat. kl. V, 61 × 86, 60 g/m²
Nr zamówienia 755 — 3. II, 53 r. — Druk ukończono w marcu 1953 r. R-4-10220
Drukarnia: Robotnicza Spółdzielnia Wydawnicza „Prasa“ StalinoGRód, ul. Sobieskiego 9, 11.

HUTNIK

CZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE POŚWIĘCONE ZAGADNIENIOM HUTNICTWA

ROCZNIK XX

STALINOGRÓD – MARZEC 1953

NR 3



DO ROBOTNIKÓW, CHŁOPÓW I INTELIGENCJI PRACUJĄCEJ!
DO KOBIET POLSKICH I MŁODZIEŻY!
DO ŻOŁNIERZY POLSKICH!
DO NARODU POLSKIEGO!

Towarzysze i Obywatele!

Cała postępową ludzkość z najwyższym bólem przyjęła tragiczną wieść o zgonie największego człowieka naszych czasów — Józefa Stalina.

Wraz z narodami Związku Radzieckiego szczególnie głęboko i boleśnie przeżywa ten wielki cios naród polski, który Towarzyszowi Józefowi Stalinowi zawdzięcza swe wyzwolenie z ponurej hitlerowskiej niewoli, swe odrodzenie, odzyskanie prastarych ziem polskich, utrwalenie swej niepodległości.

Masy pracujące Polski wiedzą, że ich historyczne przeobrażenia społeczne, wyzwolenie z jarzma obszarników i kapitalistów, zdobycie władzy przez lud pracujący i umocnienie Państwa Ludowego, olbrzymie osiągnięcia w budowie nowego życia — wiążą się nierozzerwalnie z braterską pomocą narodów radzieckich, z serdeczną troską i ojcowską opieką Wodza i genialnego Nauczyciela mas pracujących całego świata, wielkiego przyjaciela naszego narodu — Józefa Stalina.

W tej ciężkiej chwili z największą mocą odczuwamy serdeczną i nierozzerwalną więź narodu polskiego z wielkim krajem radzieckim.

W tej ciężkiej chwili głębiej niż kiedykolwiek odczuwamy niezwykłą siłę i zwartość całego światowego obozu pokoju, którego natchnieniem był, jest i będzie Józef Stalin.

Mocniejsza niż kiedykolwiek jest nasza spójnia ideowa i braterstwo w walce o pokój, wolność narodów i socjalizm, której wzór daje nam wielka bohaterska Partia Lenina i Stalina.

Komitet Centralny Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej, Rada Ministrów i Rada Państwa Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej wzywają masy pracujące i cały naród polski do złożenia hołdu nieśmiertelnemu Wodzowi ludu pracującego całego świata.

Wcielając w życie Jego nauki, wzmacniamy nieustannie zwartość, siłę i jedność naszego narodu w walce o pokój i socjalizm!

Codzienną twórczą i ofiarną pracą rozwijamy naszą planową gospodarkę narodową — podstawę wzrostu dobrobytu i kultury całego ludu pracującego!

Otoczajmy troską i miłością Wojsko Polskie — wierną straż naszych granic i wolności naszej Ojczyzny!

Wzmacniamy nieustannie czujność wobec wszelkich nikczemnych zakusów imperialistycznych podżegaczy wojennych — wrogów Polski!

Pomnażajmy siły naszego Państwa Ludowego — ostoji naszej niepodległości, a zarazem ważnego i niezłomnego ogniw światowego obozu pokoju, którego sztandarem jest Stalin!

Z imieniem Stalina, uzbrojeni w Jego naukę, łamiąc opór wrogów i zacieśniając więź braterstwa z narodami ZSRR kroczy my zwycięsko naprzód pod przewodem klasy robotniczej i jej Partii do ugruntowania naszej niepodległości, pokoju i socjalizmu!

KOMITET CENTRALNY
POLSKIEJ ZJEDNOCZONEJ
PARTII ROBOTNICZEJ

RADA MINISTRÓW
POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ
LUDOWEJ

RADA PAŃSTWA
POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ
LUDOWEJ

Warszawa, dnia 6 marca 1953 r.



Inż. BOLESŁAW ZACHARZEWSKI i
techn. CHRYSZANT LEŚNIAK

661. 665 : 669. 054. 8

Regeneracja składników złomu spiekanych węglików¹⁾

Metody regeneracji złomu węglików spiekanych, których opisy można znaleźć w literaturze technicznej, nie dają całkiem zadowalających wyników. — Nowa, opracowana przez autorów, metoda pozwala odzyskiwać wszystkie składniki złomu węglików spiekanych zarówno beztytanowych jak i tytanowych wymagając jedynie dodatku około 2% świeżego kobaltu i ewentualnego wyrównania składu świeżymi węglnikami. — Jakość otrzymanych wyrobów jest zadowalająca a przeprowadzenie procesu nie wymaga innych urządzeń prócz urządzeń normalnie posiadanych przez wytwórnie spiekanych węglików.

Wstęp

W każdym uprzemysłowionym kraju powstaje pewna ilość złomu spiekanych węglików. Pochodzi on z wybraków produkcyjnych i odpadków narzędzi. Duża zawartość metali w złomie (przeciętnie 82% wolframu, 7% kobaltu, 5% tytanu) sprawia, że jest to bardzo cenny materiał odpadkowy. Odpowiednie spożytkowanie złomu jest wskutek tego ważnym zagadnieniem gospodarczym [1].

Racjonalnym i zupełnym rozwiązaniem problemu spożytkowania złomu spiekanych węglików jest regeneracja węglika wolframu, będącego głównym ich składnikiem. Zagadnieniem tym zajmowali się badacze różnych narodowości i opracowali kilka metod regeneracji, o których zasadach informują niestety tylko skromne wzmianki patentowe w fachowej literaturze światowej. Na podstawie tych wzmianek można wymienić następujące metody regeneracji węglików:

1. Metoda ługowania kobaltu cynkiem [2] polega na stapianiu rozdrobnionego złomu z cynkiem przy około 800 °C i ługowaniu powstałego stopu Zn-Co kwasem siarkowym. Po zdekantowaniu i odwirowaniu otrzymuje się proszek węglików wolframu, jako pozostałość po usuniętym lepiszczu kobaltowym.
2. Metoda ługowania kobaltu kwasami [3] stosuje ogrzewanie złomu w atmosferze redukującej przy około 1800 °C celem wytworzenia wzdęć i pęknięć w złomie. Z tak przygotowanego złomu ługuje się kobalt gorącymi kwasami.

3. Metoda stapiania z sodą [4] polega na utlenieniu złomu, po czym tlenki stapia się z sodą przy około 800 °C. Otrzymany wolframian sodowy wymywa się wodą. Z roztworu strąca się kwas wolframowy kwasem solnym. Kwas wolframowy redukuje się i nawęglą sadzą, otrzymując węgliki wolframu.
4. Metody podobne jak w punkcie 3., z tą różnicą, że zamiast sody stosuje się azotyn sodowy lub ług sodowy.
5. Metoda rzucania do wody [5]. Złom beztytanowy nagrany do 1200 ÷ 1400 °C wrzuca się do zimnej wody, uzyskując w ten sposób wstępne rozdrobnienie. O dalszej przeróbce brak danych.

W Polsce pierwsze próby regeneracji podjął Instytut Metalurgii w Gliwicach, reprodukując metodę ługowania kobaltu z cynkiem. Otrzymano węgliki wolframu w skali laboratoryjnej, jednakże wytworzone z nich spieki w gatunku G1 wykazały niezadowalające własności ($d = 14,03$ $H_{RA} = 86$) i nadawały się jedynie na wyroby o mniejszym znaczeniu [6]. Do skrawania stali i żeliwa były nieodpowiednie.

Cel, założenia i plan badań

Wymienione wyżej metody regeneracji mają szereg wad, a mianowicie:

1. Wymagają znacznych ilości materiałów pomocniczych (cynk, kwasy, soda).
2. Możliwe jest zanieczyszczenie produktu (cynk).
3. Wymagają nieprzyjemnych i żmudnych procesów stapiania, rozpuszczania, przesączania i przemywania.
4. Wspominają tylko o odzysku WC, a milczą o TiC i przeważnie omawiają tylko regenerację gatunków beztytanowych.

¹⁾ Na opracowaną na podstawie niniejszych badań metodę produkcji spiekanych węglików ze złomu udzielony został przez Urząd Patentowy RP patent nr 35 897.

Książka techniczna nauczy Cię

- sprawniej i szybciej wykonywać normy produkcyjne
- podnosić jakość produkcji
- oszczędzać czas, siły i mnożyć zarobki

5. Materiał wiążący (kobalt) jest stracony dla produkcji spiekanych węglików.
6. Przeróbka złomu według opisanych metod wymaga budowy specjalnego działu w fabryce chemicznej.

Z tych względów podjęliśmy pod koniec 1950 r. próby regeneracji. Celem prób było opracowanie metody opartej na następujących założeniach:

1. Cały proces regeneracji przeprowadza się w urządzeniach posiadanych normalnie przez wytwórnie spiekanych węglików.
2. Unika się mokrych metod chemicznych.
3. Metoda musi się stosować tak do gatunków beztytanowych jak i tytanowych.
4. Metoda powinna regenerować wszystkie składniki zawarte w złomie (WC, TiC, Co i ewentualnie inne, jak np. TaC, VC, NbC, Mo₂C itp.).
5. Jakość wyrobów ze składników regenerowanych powinna odpowiadać normom.

Plan badań ustalono następująco:

Regenerować złom spiekanych węglików produkowanych i stosowanych powszechnie w Polsce i w Europie, tj. typu WC-Co oraz WC-TiC-Co. Ze względu na to całość badań podzielić na badania nad gatunkami beztytanowymi i tytanowymi. Ze zregenerowanych składników wytwarzać normalnie produkowane gatunki spiekanych węglików z dodatkiem lub bez dodatku pewnej ilości proszków świeżych. Badać jakość wytworzonych próbek przez określanie ich gęstości, twardości, wytrzymałości na zgnanie, porowatości, struktury i skrawalności.

Przebieg badań i ich teoretyczne podstawy

Złom utleniało przez kilka godzin przy 350 do 950 °C i mielono gdy ostygł. Podczas tej operacji warstwy utlenione odłupywały się i rozdrabniały na drobnoziarnisty proszek. Pozostałe nie utlenione ośrodki utleniało powtórnie. Tlenki przesiane przez sito o 900 oczkach/cm² redukowano wodorem przy 700 do 1000 °C. Na podstawie chemicznej analizy zredukowanej mieszanki proszków lub teoretycznej analizy przeliczeniowej (gdy skład złomu był dokładnie znany) dosypywano odpowiednią ilość sadzy w celu nawęglania składników węglotwórczych. Namiar mieszano przez 24 do 48 godzin na sucho. Nawęglanie przeprowadzano zależnie od składu chemicznego przy temperaturach 1450 do 2000 °C w atmosferze wodoru. Dość silnie spieczony, porowaty produkt miazdżono na prasie, a następnie rozdrabniano w młynie kulowym. Uzyskany proszek przesiewano przez sito o 400 oczkach/cm². Regenerowaną w ten sposób mieszankę prasowano od razu lub po dodatkowym mieleniu w wodzie albo uzupełniano proszkami świeżymi, mielono w wodzie i prasowano.

Dalszy ciąg badań był zgodny z normalną technologią spiekanych węglików [7]. Z zamiarów laboratoryjnych prasowano próbki o śred-

nicy 18 × 13 mm lub płytki C20, a z zamiarów produkcyjnych kształtki powszechnie stosowane do skrawania lub prasówki, z których po wstępnym spiekaniu formowano różne wyroby handlowe. Spiekanie końcowe w piecach węglowych przeprowadzano w zmiennych warunkach, aby uzyskać optymalne wyniki.

Jak widać, nie dążono do rozdzielenia składników, lecz regenerowano je wspólnie, przez co spodziewano się otrzymać wyjściową mieszankę proszków, z których pierwotnie wykonano spiekane węgliki.

Teoretycznie proces regeneracji gatunków beztytanowych i tytanowych powinien przebiegać odmiennie.

W pierwszym przypadku otrzymane tlenki wolframu i kobaltu powinny redukować się całkowicie i równocześnie wodorem, ponieważ ich temperatura redukcji jest podobna. Na skutek wygrzewania otrzymanej mieszanki wolfram-kobalt z odpowiednią ilością sadzy przy temperaturze 1400 do 1500 °C powinno nastąpić normalne nawęglanie wolframu mimo obecności kobaltu, który nie tworzy węglików. W wyniku otrzymano by więc mieszankę węglików wolframu i metalicznego kobaltu. Pewne niespodzianki mogła spowodować faza ciekła W-Co lub WC-Co [8], która przy nawęglaniu powinna się znajdować w niewielkiej ilości. W związku z tym jakość regenerowanego kobaltu mogłaby być nieodpowiednia.

W przypadku regeneracji złomu tytanowego zagadnienie jest bardziej skomplikowane. Zasadniczą przeszkodą jest nieredukowanie dwutlenku tytanu TiO₂ przez wodór. Redukcja ta może nastąpić dopiero powyżej 2000 °C [9, 10] przy zastosowaniu węgla. Jednocześnie zachodzi nawęglanie tytanu do TiC. Podczas redukcji nastąpi zatem tylko odtlenianie WO₃ i Co₃O₄. Jak wiadomo jednak, gdy występują węgliki wolframu redukcja i nawęglanie TiO₂ odbywa się już począwszy od 1700 °C, przy czym powstaje roztwór stały WC w TiC, czyli tzw. „węgliki podwójne”. Dają one przy produkcji spiekanych węglików znacznie lepsze wyniki niż węgliki pojedyncze [9, 10]. Jeżeli zatem utleniony i zredukowany wodorem złom składający się z W, TiO₂ i Co będziemy wygrzewali przy temperaturze 1700 °C lub wyższej z odpowiednią ilością sadzy, powinno nastąpić nawęglanie wolframu, redukcja i nawęglanie TiO₂ oraz wytworzenie węglików podwójnych bez konieczności podwyższania temperatury. W ten sposób przy stosunkowo niskiej temperaturze powinny podczas jednej operacji technologicznej odbyć się wszystkie procesy regeneracji węglików wolframu i tytanu i to w ich najlepszej postaci, mianowicie węglików podwójnych. Podobnie jak przy regeneracji węglików beztytanowych, a może nawet jeszcze w wyższym stopniu mógłby wystąpić ewentualny szkodliwy wpływ fazy ciekłej. Należało się też liczyć z pewnymi stratami kobaltu na skutek parowania.

W przypadku regeneracji złomu węglików spiekanych zawierającego węgliki molibdenu, tantalu, wanadu, cyrkonu, niobu itp. albo nikiel zamiast kobaltu, rozumować należy podobnie. Tlenki bowiem molibdenu zachowują się podczas redukcji jak tlenki wolframu, tlenki tantalu, cyrkonu, jak tlenki tytanu; tlenki niobu i wanadu redukują się częściowo wodorem do Nb_2O_3 i V_2O_3 , a następnie węglem [11]. Tlenek niklu zachowuje się identycznie jak tlenek kobaltu [11].

Zastosowane urządzenia

Zgodnie z założeniem zastosowano normalne urządzenia wytwórni spiekanych węglików, a więc:

1. Piec do utleniania z uzwojeniem chromo-niklowym, typu rurowego o przekroju kwadratowym (stosowany normalnie do spiekania wstępnego). Rurę wyjęto. Złom wkładano do pudełek z blachy żaroodpornej, długości 60 cm. Nie stosowano podmuchu powietrza ani tlenu.
2. Piec do redukcji rurowy, trzystrefowy, z automatyczną regulacją temperatury. Średnica rury 70 mm, długość strefy nagrzewanej 200 cm. Pudełka z blachy żaroodpornej, półokrągłe, długości 20 cm. Ładunek około 100 g tlenków. Szybkość posuwu 1 cm/min. Przez piec przepuszczano 1000 litrów wodoru na godzinę.
3. Piec do nawęglania i spiekania końcowego płytek z rurą węglową typu Kruppa typ II [12]. Średnica wewnętrzna rury 65 mm, długość 1200 mm. Przepuszczano 400 litrów wodoru na godzinę. Mieszanke do nawęglania umieszczano w pudełkach węglowych, lekko ubijano i nakrywano płytką węglową.
4. Młyn kulowy rolkowy do rozdrabniania tlenków i węglików, mieszania proszków z sadzą i mielenia namiarów, trzypiętrowy typu Kruppa [12]. Zbiornik do badań laboratoryjnych miał pojemność 1,5 litra i zawierał 2 kg kul ze spiekanych węglików. Zbiornik do namiarów produkcyjnych miał pojemność 7 litrów i zawierał 10 kg kul ze spiekanych węglików. Ilość obrotów młyna wynosiła 60 na min.
5. Prasa hydrauliczna 100-tonowa do miążdżenia i prasowania nawęglonych proszków.
6. Do pomiaru gęstości próbek spiekanych używano wagi analitycznej, do pomiaru twardości — aparatu Rockwella Alpha, do badania porowatości i struktury — mikroskopu metalograficznego Reicherta.

Pomiarów temperatury dokonywano pirometrem optycznym „Pyropto“; nie stosowano żadnych poprawek, dlatego podane temperatury stanowią tylko wielkości porównawcze. Do redukcji tlenków i jako atmosfery ochronnej w piecach nawęglających i spiekalniczych uży-

wano wodoru elektrolitycznego, przepuszczonego przez piec katalizatorowy i wieże z pięcioletniem fosforu w celu usunięcia resztek tlenu i wilgoci. Do nawęglania stosowano sadzę aktywną o zawartości 3% wilgoci i 0,02% popiołu, o ciężarze zasypu z usadem $800 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$. Badania metalograficzne próbek wykonano według przyjętych metod [13].

Wyniki badań

Czynnikami stałymi w badaniach były: czas redukcji tlenków w strefie III — o najwyższej temperaturze — 1,5 godziny, czas mieszania proszków zredukowanych z sadzą 24 godziny, ciśnienie prasowania 250 kg/cm^2 .

Na każde 93,9 g wolframu zawartego w proszkach zredukowanych wodorem dodawano 6,25 g sadzy (po uwzględnieniu wilgoci). Na każde 68,5 g tlenku tytanu dodawano 31,5 g sadzy.

Do prób laboratoryjnych pobierano 300 do 1000 g mieszanki zredukowanej, do namiarów produkcyjnych 3 do 5 kg proszków regenerowanych.

Tablica 1 zawiera zestawienie warunków regeneracji mieszanek oraz własności otrzymanych z nich spieków. Dla porównania uzyskanych wyników zamieszczono tabl. 2, podającą fabryczne normy jakościowe spiekanych węglików.

A. *Badania wstępne.* Podjęte początkowo próby mechanicznego rozdrabniania (moździerz, młyn kulowy), prasowania i spiekania złomu G1 nie dały zadowalających wyników. Spieki nie miały odpowiednich własności i napotkano trudności w rozdrabnianiu.

Na skutek utleniania złomu beztytanowego utworzyła się na jego powierzchni zielononiebieska warstwa tlenków, popekana na krawędziach (rys. 1). Warstwa ta była krucha, toteż przez mielenie uzyskano w krótkim czasie drobnoziarnisty proszek tlenków. Wstępna seria prób 2 do 6, przeprowadzona opisanym wyżej sposobem regenerowania proszków, do której użyto mieszanego złomu gatunków G1, H1 i G2, dała wyniki niezadowalające. Najlepsze własności uzyskano przy temperaturze spiekania 1520°C . Nie stosowano mielenia proszków regenerowanych w wodzie ani dodatku świeżego kobaltu lub węglików.

Próby wstępne nie dały zadowalających wyników, ale wskazały kierunek dalszych badań. Głównym mankamentem uzyskanych wyników były mała gęstość i twardość oraz duża porowatość. Ziarna węglików wolframu były jednak dobrze zregenerowane, o czym świadczy brak fazy delta, drobnoziarnistość i równomierność ziarn. Rozrost ziarn zaobserwowany przy wyższych temperaturach spiekania świadczył o normalnie zachodzących procesach rozpuszczania się WC w kobalcie i wydzielania węglików z fazy ciekłej podczas stygnięcia [8].

Przyczyną nieodpowiedniej jakości spieków mógł więc być regenerowany kobalt. Według

Warunki regeneracji i własności spieków otrzymanych z mieszanek regenerowanych

Tabela 1

U w a g i

nr	Próba rodzaj	Warunki regeneracji					Warunki spiekania			Własności spieków			U w a g i
		t_r	t_n	T_n	T_r	T_m	t_s	T_s	d	RA	R		
A. Próby wstępne													
1	laboratoryjna	rozdrobnienie mechaniczne					1500	1,5	13,23	86	Porowatość duża, ziarna drobne.		
2-6	laboratoryjna	850	1500	2-3	24-48	—	1420-1520	1,5-2	14,05 max	88 max	Pory duże i średnie, ziarno drobne przy niskich temperaturach, w wysokich rozrośnięte. Przy niższych temperaturach faza delta. Zawartość Co w spieku 6,8 %.		
B. Gatunek G2													
7	laboratoryjna	850	1500	3	48	136	1420	1,5	13,90-14,03	88-89	Porowatość bardzo mała, ziarno drobne, faza delta.		
8a	laboratoryjna	dodatek 4,8 % świeżego Co					1520	2,0	13,6	88	Porowatość bardzo mała, ziarna rozrośnięte.		
		dodatek 5 % świeżego Co					1400	1,5	14,3	90	Porowatość mała (rys. 2), ziarno drobne. Niewielka ilość fazy delta.		
8b	laboratoryjna	1000	1500	3	43	120	1380	2,0	14,10-14,23	88-89	Analiza płytki spiekanej przy 1400 °C: Co 10,05, C 5,6.		
9	produkcyjna	dodatek 5 % świeżego Co					1450	1,5	14,23	89	Porowatość mała, ziarno średnie.		
		dodatek 5 % świeżego Co					1420	1,5	14,17-14,35	87,5-88	Porowatość mała, ziarno drobne.		
		dodatek 5 % świeżego Co					1460	1,5	13,98-14,17	86,5-87	Produkowano oczka i płytki C20. Analiza regenerowanej mieszanki przed dodatkiem Co: Co 5,8 %, C 5,25 %, Fe 1,35 %. Analiza płytki spiekanej: Co 10,54 %, C 5,6 %, Fe 1,45 %.		
C. Gatunek G1 lub H1													
10	laboratoryjna	900	1500	2	72	120	1380-1500	1,5	13,85-14,2	90-91	Porowatość niewielka, ziarno bardzo drobne. Analiza regenerowanego proszku: C 5,9 %, Co 5,2 %, Fe 0,98 %.		
11	laboratoryjna	bez dodatku świeżego Co i WC					1400	1,5	14,38	92	Porowatość bardzo mała (rys. 5), nieco grafitu, ziarna bardzo drobne. Analiza płytki spiekanej przy 1500 °C: C 6,2 %, Co 5,7 %.		
		50 % świeżych proszków, w tym 3 % Co i 47 % WC					1450	1,5	14,40	91-91,5	138	Ziarno bardzo drobne, niewielka ilość grafitu.	
12	laboratoryjna	33 % świeżych proszków, w tym 2 % Co i 31 % WC					1400	1,5	14,05	89,5-90	Porowatość niewielka, nieco większa jednak niż w próbie 11.		
		33 % świeżych proszków, w tym 2 % Co i 31 % WC					1450	1,5	14,60-14,70	91-91,5	91,5	Ziarno bardzo drobne, niewielka ilość grafitu.	
13	produkcyjna	900					1500	1,5	14,63	90,5	Porowatość niewielka. Ziarno bardzo drobne. W środku płytek faza delta. Analiza regenerowanych proszków: C 5,17 %, Co 5,4 %, Fe 0,98 %. Wykonano oczka i płytki.		
		50 % świeżych proszków, w tym 3 % Co i 47 % WC					1420	2,0	14,86-14,87	91-92			
							1420	1,5	14,60-14,77	91-92			

nr	Próba i rodzaj	Warunki regeneracji					Warunki spiekania			Własności spieków			U w a g i
		t_r	t_n	T_n	T_r	T_m	t_s	T_s	d	RA	R_g		
14	produkcyjna	mieszanka z próby 13, z nie-wielkim dodatkiem węgla, mielona dodatkowo przez 24 godziny					1420	2,0	14,74 ÷ 14,85	91			Porowatość większa niż w próbie 13, lecz zadowalająca, ziarno drobne (rys. 4), nie ma fazy delta. Analiza płytki spiekanej przy 1420 °C: C 6,05 %, Co 5,1 %, Fe 1,01 %.
D. Gatunki tytanowe: S3, S2, S1													
16	laboratoryjna	900	2000	3	24	140	1460	1,5	11,82	89		Porowatość bardzo mała, (rys. 6), struktura normalna (rys. 7).	
18a	laboratoryjna S1	3,5 % świeżego Co					1500	2,0	12,00	89 ÷ 90		Skład spieku: WC 80,7 %, Co 9,6 %, TiC 9,7 %.	
		bez dodatku świeżych prosz- ków					1500	2,0	9,10	70		Bardzo duża porowatość. Analiza regenerowanej mieszanki: C 8,55 %, Co 5,84 %, Fe 1,09 %.	
18b	laboratoryjna S1	900 1900 3 24 76					1600	2,0	10,50	87		Pory drobne, lecz bardzo gęste (rys. 9).	
		bez dodatku świeżych prosz- ków					1650	2,0	11,00	87		Pory drobne, lecz bardzo gęste.	
18c	laboratoryjna S1	900 1900 3 24 120					1600	2,0	11,07	89		Porowatość (rys. 10) i struktura normalna	
		bez dodatku świeżych prosz- ków					1650	2,0	11,00	89		Porowatość i struktura normalna.	
19	laboratoryjna S3	900 1900 3 24 120					1450	2,0	13,25	90		Porowatość dość gęsta, lecz drobna (rys. 11). Pewna ilość	
		69 % świeżych proszków, w tym 6 % Co i 63 % WC					1500	2,0	13,35	90		silnie rozrośniętych ziarn WC. Ziarna WC-TiC normalnej	
20	laboratoryjna S2	900 1900 3 24 120					1550	2,0	13,30	90		wielkości. Analiza proszków po uzupełnieniu świeżymi pro- szkami i mieleniu: WC 86,7 %, TiC 5,6 %, Co 6,6 %, Fe 1,1 %.	
		53 % świeżych proszków, w tym 5,2 % Co i 47,8 % WC					1550	2,0	11,23	90		Porowatość średnia, struktura normalna (rys. 12).	
21	laboratoryjna S1	900 1900 3 24 120					1600	2,0	10,90	90	138	Porowatość niewielka (rys. 13). Struktura normalna. Analiza	
		50 % świeżych proszków, w tym 3 % kobaltu i 47 % WC + WC/TiC					1550	2,0	11,22	91 ÷ 91,5	103	płytki wstępnie spiekanej: C 7,75 %, Co 5,73 %, Fe 0,67 %.	
22	produkcyjna S2	920 1900 3 48 120					1650	2,0	11,05	91		Porowatość mała (rys. 14), ziarna duże (rys. 15). Analiza	
		37 % świeżych proszków, w tym 5,5 % Co i 21,5 % WC + WC/TiC					1450	2,0	11,48	90		mieszanki po uzupełnieniu świeżymi proszkami: C 7,8 %, Co 9,2 %, Fe 1,1 %, WC 76 %, TiC 13,3 %.	

Oznaczenia: t_r — temperatura redukcji utlenionego złomu (strefa III), °C, t_n — temperatura nawęglania mieszanek zredukowanej wodorem, °C, T_n — czas na-
węglania mieszanek zredukowanej wodorem, godz, T_r — czas rozdrabniania w młynie kulowym po nawęglaniu, godz, T_m — czas mielenia z wodą
mieszank regenerowanych lub z dodatkiem świeżych proszków, t_s — temperatura spiekania próbek, °C, T_s — czas spiekania próbek, godz, d — gęstość
spieków, g/cm³, H_{R4} — twardość spieków, jednostki Rockwella-skala A, R_g — wytrzymałość na zginanie, kg/mm².

Tablica 2

Własności spiekanych węglików

Lp.	Własność	Gatunki beztytanowe			Gatunki tytanowe		
		H1	G1	G2	S1	S2	S3
1	Skład chemiczny, %:						
	WC	94	94	89	78	78	87
	TiC	—	—	—	16	14	5
	Co	6	6	11	6	8	8
2	Twardość H_{RA} :						
	a. Widia (normy laboratoryjne)	91	90	88,5	91	90,5	90
	b. Baildonit, nie mniej niż	90,5	89,5	87	90,5	90	89,5
	c. radzieckie, nie mniej niż	88,5	88	—	90	89	—
3	Gęstość g/cm^3 :						
	a. Widia (normy laboratoryjne)	14,75	14,70	14,25	11,15	11,25	13,30
	b. Baildonit, nie mniej niż	14,60	14,50	14,10	11,10	11,00	13,10
	c. radzieckie, nie mniej niż	14,60	14,50	—	11,00	11,00	—
4	Wytrzymałość na zginanie kG/mm^2 :						
	a. Widia (normy laboratoryjne)	150	150	185	115	140	150
	b. Baildonit, nie mniej niż	130	140	160	110	120	130
	c. radzieckie, nie mniej niż	110	120	—	110	115	—
5	Praktyczna zawartość C całk. w Widdi, %	5,83	5,90	5,65	7,57	7,30	6,17

U w a g a: Normy Widia, według BIOS nr 1960, normy Baildonit wewnętrzne tymczasowe, norma radziecka GOST-3882/47.

teorii Hoyta [14] powinien on otaczać każde ziarno węgla cieniutką błoną. Taką postać kobaltu uzyskuje się przez długotrwałe mielenie w młynie kulowym w ośrodku jakiejś cieczy, np. wody. Prawdopodobnie przez regenerację struktura ta została zniszczona, a proszki WC i Co utworzyły jedynie mieszanę. Własności kobaltu, którego główną zaletą jest zdolność łączenia poszczególnych, wybitnie twardych i źle prasujących się ziarn węglików oraz nadawania spiekowi dostatecznej wytrzymałości, mogły się pogorszyć wskutek regeneracji. Gdyby tak było, kobalt nie byłby pełnowartościowym materiałem wiążącym. Dalsze badania miały na celu usunięcia napotkanych trudności.

B. *Gatunek G2*. Próby przeprowadzono ze złomem G1, H1 i G2, pochodzącym z wybraków produkcyjnych. Każdą próbę rozpoczynano od utleniania; skład gatunkowy złomu był za każdym razem inny. Do zregenerowanych mieszanek dodawano tyle świeżego kobaltu, aby w ostatecznej mieszance było go 11%, czyli ilość, którą powinien zawierać gatunek G2 i poddawano je długotrwałemu mieleniu w wodzie.

Jak widać z tablicy 1, uzyskano wyniki zupełnie zadowalające. Gęstość i porowatość (rys. 2) oprócz próby 7 były normalne. Twardość próbek spiekanych przy odpowiedniej temperaturze jest bardzo dobra. Twardość 90 H_{RA} jest anormalna, gdyż spowodowana jest szkodliwą fazą delta [15]. Ziarna węglików wyglądają zupełnie tak samo jak ze świeżego surowca (rys. 3).

Przy niższej temperaturze redukcji ziarna są drobniejsze, przy wyższej grubsze. Jeśli idzie o gatunek G2 drugi rodzaj ziarna jest lepszy, gdyż zapewnia mu większą wytrzymałość.

Tak dobre wyniki należy przypisać albo dodatkowo wprowadzonemu kobaltowi, albo procesowi mielenia w wodzie, albo obu tym czynnikom. Dalsze badania miały dokładniej wyjaśnić tę kwestię.

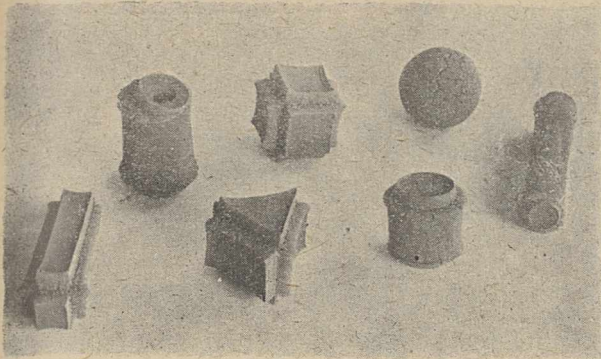
Analizy spieków wykazują nieco za małą zawartość kobaltu, odpowiednią węgla, a za wysoką żelaza.

Próby skrawania żeliwa o $H_B = 200$ płytkami z próby 8., przy szybkości skrawania 80 m/min, posuwie 0,3 mm i głębokości skrawania 2 mm w ciągu 4 minut dały jako wynik stopień powierzchni przyłożenia na wysokości 0,13 mm. Podobny wynik uzyskano stosując normalną płytkę G¹.

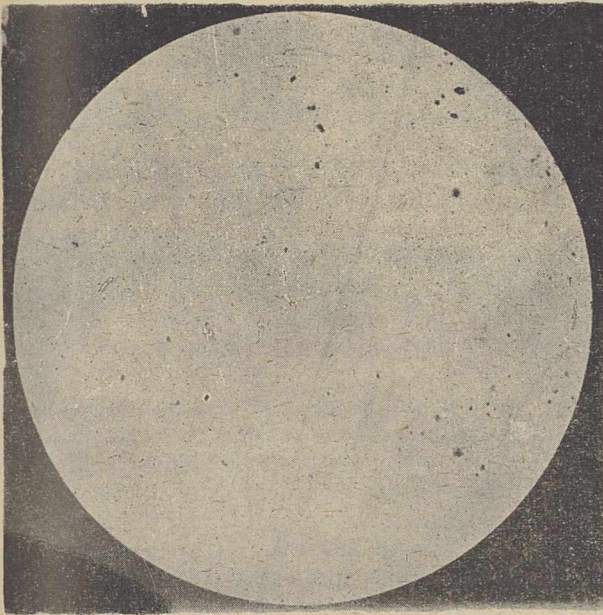
C. *Gatunek G1 lub H1*. Do prób użyto złomu G1 zakupionego w Centrali Złomu, pochodzącego z odpadków narzędzi górniczych (raczków i kilofków). Miedź i zgorzelinę z powierzchni płytek usunięto przez trawienie kwasami.

W celu jednoczesnego zbadania wpływu dodatku świeżego kobaltu na jakość wyrobów, stosowano do badań laboratoryjnych zmienny jego dodatek do regenerowanej mieszanki. Aby uzyskać gatunek G1 lub H1 (o zawartości 6% Co) wyrównywano skład chemiczny świeżymi węglkami wolframu, po czym stosowano mielenie w wodzie.

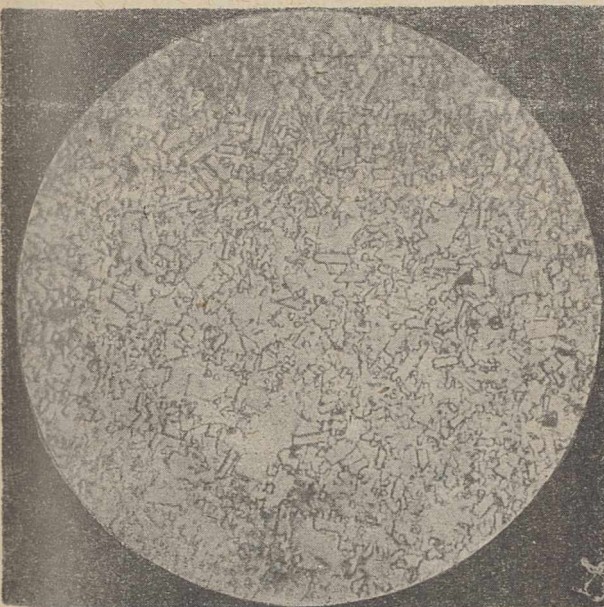
Z namiarów produkcyjnych wykonano płytki C20, C25 i oczka do ciągań.



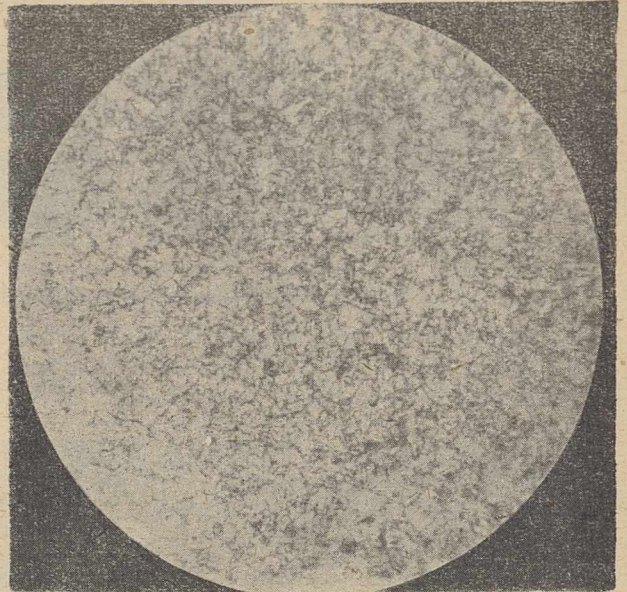
Rys. 1. Kształtki ze spiekanych węglików gatunku G1 po 1,5 godz utleniania przy 900 °C



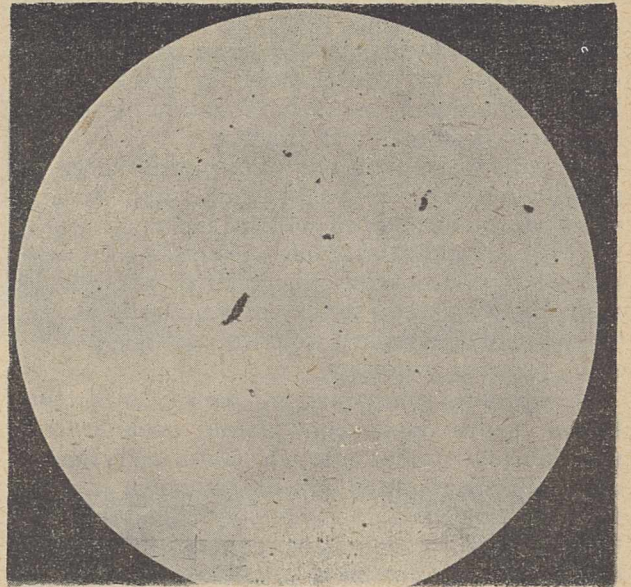
Rys. 2. Próba 8a: gatunek G2, porowatość, $\times 110$, $t = 1400$ °C, $d = 14,3$, $H_{RA} = 90$



Rys. 3. Próba 8b: gatunek G2, struktura, $\times 1400$, szlif trawiony $K_3Fe(CN)_6$, $t = 1450$ °C, $d = 14,25$, $H_{RA} = 89$

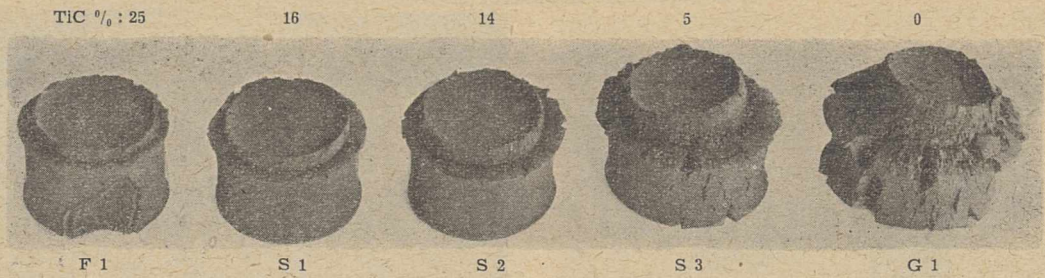


Rys. 4. Próba 14: gatunek H1, struktura, $\times 1400$, szlif trawiony $K_3Fe(CN)_6$, $t = 1420$ °C, $d = 14,8$, $H_{RA} = 91$



Rys. 5. Próba 11: gatunek H1, porowatość, $\times 110$, $t = 1450$ °C, $d = 14,4$, $H_{RA} = 91$ do 91,5

Wszystkie próby oprócz próby 10, jeżeli dobrano odpowiednie temperatury spiekania, dały wyniki zupełnie dobre. Na specjalne podkreślenie zasługuje drobnoziarnistość proszków (rys. 4), bardzo duża twardość i mała porowatość (rys. 5) spieków oraz gęstość wyrobów wykonanych z namiarów produkcyjnych. Bardzo duże twardości uzyskane w próbie 13 były spowodowane obecnością fazy delta, którą jednak łatwo usunięto z próby 14 za pomocą dodatku odpowiedniej ilości sadzy do mieszanki proszków. Niewielka porowatość wszystkich próbek świadczy o tym, że przez trawienie kwasami usunięto w zadowalającym stopniu zgorzelinę i miedź z powierzchni złomu. Wymienione własności pozwalają na zaliczenie wykonanych próbek do gatunku H1, produkowanego z węglików



Rys. 6. Różne gatunki spiekanych węglików po dwóch godzinach utleniania przy 900 °C

najlepszej jakości. Dowód stanowi fakt, że kilkadziesiąt płytek z próby 13-A20 i A25 pracowało w jednym z zakładów przy obróbce żeliwa utwardzonego, zastępując używane tam normalne gatunki H1.

W celu otrzymania gatunku G1 należy tak dobrać warunki regeneracji (zwłaszcza redukcji), aby uzyskać węgliki bardziej gruboziarniste.

Próba 10 dała znacznie lepsze wyniki niż próby wstępne 2 do 6, ale gorsze od prób następnych 11 do 14. Świadczy to o tym, że mieszanie proszków regenerowanych w wodzie znacznie polepsza ich jakość. Aby uzyskać pełnowartościową mieszanekę, konieczny jest dodatek niewielkiej ilości świeżego kobaltu. Kobalt regenerowany nie spełnia zatem całkowicie swej roli jako materiał wiążący.

Badania omówione pod C oświetliły więc zagadnienie jakości regenerowanego kobaltu oraz udowodniły możliwość wytwarzania gatunków G1 i H1 o zadowalających własnościach z regenerowanych proszków. Zachodzi tu konieczność uzupełniania składu świeżymi węglnikami, w celu wyrównania nadmiaru kobaltu dodanego w postaci proszku świeżego.

D. *Gatunki tytanowe: S3, S2 i S1.* Do tych badań użyto wyłącznie złomu pochodzącego z wybraków produkcyjnych. Gatunki tytanowe utleniały się trudniej niż beztytanowe (rys. 6), wskutek czego ich utlenianie wymagało wyższej temperatury lub dłuższego czasu. Kolor tlenków był jasnobrązowy, ciemniejący w miarę wzrostu zawartości tytanu w złomie. Do uzupełniania brakujących (w porównaniu z mieszanekami znormalizowanymi) ilości TiC stosowano 50-procentowe węgliki podwójne WC/TiC.

Próba 16 wykonana na złomie mieszanym, miała tylko wykazać, czy możliwa jest regeneracja węglików tytanu stosowaną metodą. Dlatego nie starano się wytworzyć gatunku znormalizowanego i nie dodano świeżych węglików, lecz jedynie 3,5% kobaltu.

Próba 18, do której użyto wyłącznie złomu gatunku S1, miała potwierdzić konieczność mielenia proszków regenerowanych w wodzie. W tym celu do proszków normalnie regenerowanych nie dodano wcale świeżego kobaltu, lecz jedynie podzielono całość na trzy części: a, b, c, z których a nie mielono, b mielono w wodzie przez 72 godziny, c przez 120 godzin.

W próbach 19, 20 i 21 chodziło o wytworzenie z regenerowanych proszków pozostałych po

próbie 18 gatunków S3, S2 i S1 w skali laboratoryjnej. W tym celu każdorazowo dodawano konieczną do wytworzenia żądanych gatunków ilość świeżych węglików i kobaltu, po czym namiary mielono w wodzie.

W identyczny sposób wykonano próbę produkcyjną 22, do której użyto złomu gatunków S1, S2 i S3 w stosunku 1:1:1.

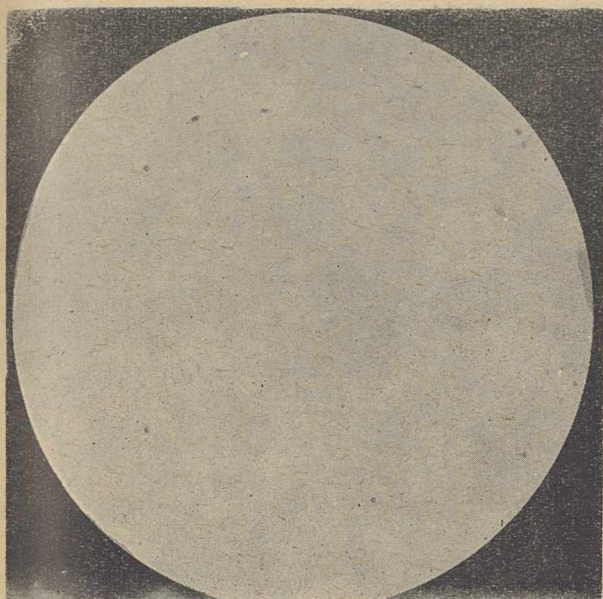
Już pierwsze badanie nr 16 wykazało, że regeneracja składników gatunków tytanowych przebiega prawidłowo. Spieki odznaczały się małą porowatością i prawidłowością struktury (rys. 7). Podobną porowatość rzadko się spotyka w gatunkach tytanowych (rys. 8), gdyż węgliki tytanu zawierają na ogół znaczne ilości tlenu, który podczas spiekania końcowego uwalnia się, pozostawiając po sobie ślady w postaci porów [9, 10].

Jak już wspomniano, uzyskano mieszanekę o nieznormalizowanym, przypadkowym składzie chemicznym, wskutek czego własności spieków nie są porównywalne. Chcąc produkować mieszanekę znormalizowaną, należy regenerować złom tylko jednego gatunku (segregowany) lub wyrównywać skład mieszanek proszkami świeżymi. Ten drugi sposób jest znacznie praktyczniejszy.

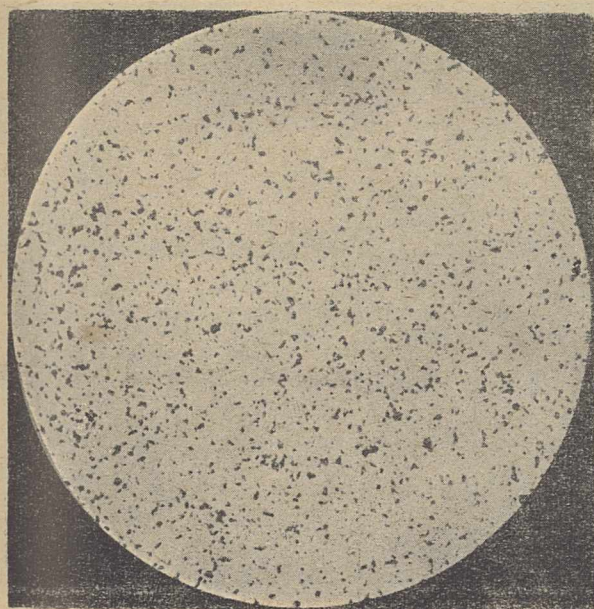
Badanie 18 udowodniło, jak duży wpływ na jakość wywiera czas mielenia w wodzie. Proszki nie mielone dały wyniki bardzo słabe, mielone przez 120 godzin prawie zadowalające. Wpływ czasu mielenia na porowatość przedstawia rys. 9 i 10. Powtórnie stwierdzono, że bez dodania pewnej ilości świeżego kobaltu nie można osiągnąć zupełnie dobrych wyników.



Rys. 7. Próba 16: nieznormalizowany gatunek tytanowy, struktura $\times 1400$, trawiony cieplnie



Rys. 8. Próba 16: nieznormalizowany gatunek tytanowy, porowatość, $\times 110$



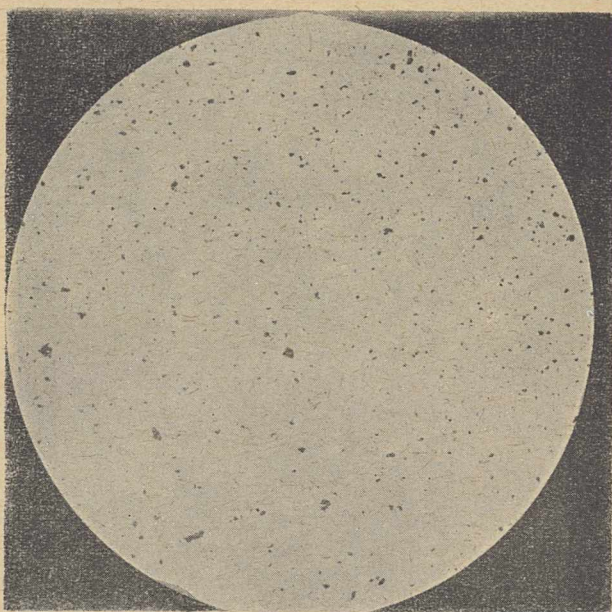
Rys. 9. Próba 18b: porowatość, $\times 110$, gatunek S1 mielony po regeneracji przez 72 godz. $t = 1600^\circ\text{C}$, $d = 10,5$, $H_{RA} = 87$

Badania 19, 20 i 21 dały zadowalające wyniki, mimo że regenerowane proszki zawierają nieco za dużą ilość węgla. Na zglądach uwidoczniło się to w postaci gęstej i drobnej siatki grafitowej. Mimo to gęstość i twardość odpowiadały wymaganiom. Struktura była normalna, oprócz kilku zbyt silnie rozrośniętych ziarn węglików w próbkach gatunku S3. Powodem tego była zbyt wysoka temperatura spiekania. Porowatości i struktury próbek różnych gatunków przedstawiają rys. 11 do 13.

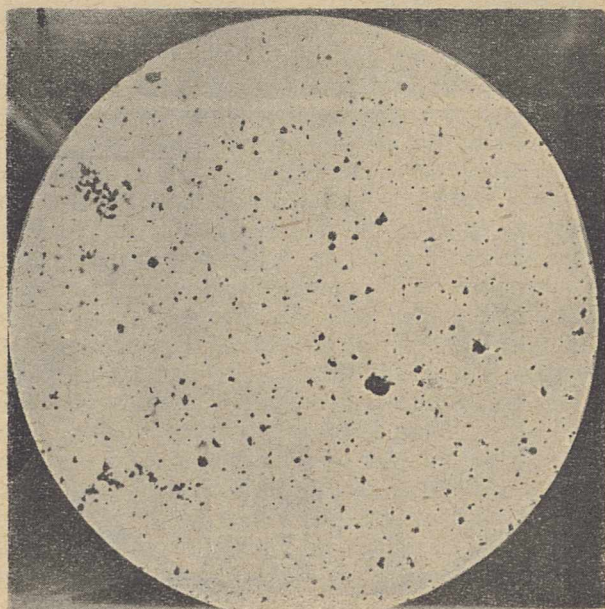
Dość duży dodatek świeżych proszków był konieczny, aby można było przejść z gatunku S1, któremu odpowiadały proszki regenerowane, na inne gatunki, przy jednoczesnym wprowa-

dzeniu pewnej ilości kóbaltu. Charakterystyczne jest, że dobre wyniki dała próba, do której użyto najmniejszej ilości świeżych proszków, tj. gatunek S1. Świadczy to dodatnio o jakości regenerowanych węglików i może odeprzeć zarzut, że dobre wyniki uzyskuje się jedynie dzięki dodatkowi świeżych proszków.

Próba 20, produkcyjna, potwierdziła wyniki badań laboratoryjnych. Jedynie twardość pozostawała nieco do życzenia. Przyczyną tego mogła być za duża zawartość kóbaltu oraz gruboziarnistość węglików wolframu (rys. 14). Za to porowatość była bez zarzutu (rys. 15). Tym razem ilość węgla była odpowiednia.

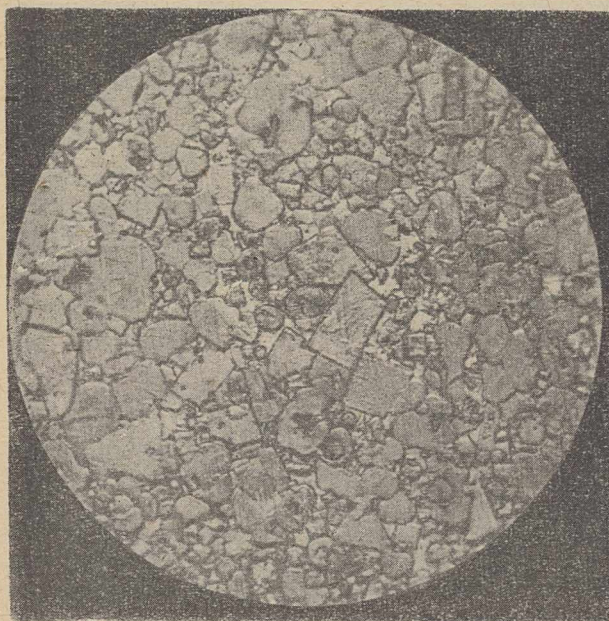


Rys. 10. Próba 18c: porowatość, $\times 110$, gatunek S1 mielony po regeneracji przez 120 godz, $t = 1600^\circ\text{C}$, $d = 11,07$, $H_{RA} = 89$

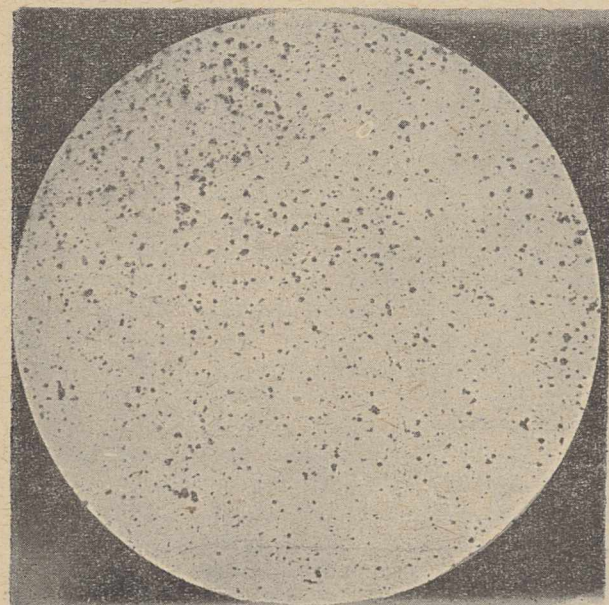


Rys. 11. Próba 19: gatunek S3, porowatość, $\times 110$, $t = 1500^\circ\text{C}$, $d = 13,35$, $H_{RA} = 90$

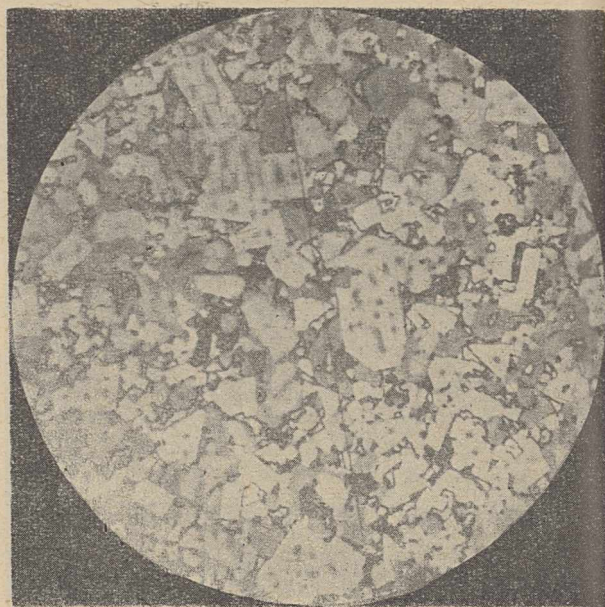
Podobnie jak w gatunkach beztytanowych, analizy wykazywały często większą niż dopuszczalna w spiekanych węglkach 1-procentowa zawartość Fe. Ponieważ stosowana metoda nie usuwa żelaza ani innych zanieczyszczeń zawartych w złomie, należy się starać, aby w czasie procesu regeneracji nie wprowadzać dodatkowych ilości żelaza. W tym celu należałoby zwracać szczególną uwagę na dokładne oczyszczanie złomu ze zgorzeliny i umiejętne przeprowadzanie procesu utleniania, a zwłaszcza rozdrabniania, mieszania i mielenia, które wybitnie sprzyjają wzrostowi ilości żelaza. W czasie utleniania należałoby układać złom nie na spodzie pudełek z blachy, lecz na płytkach z żar-



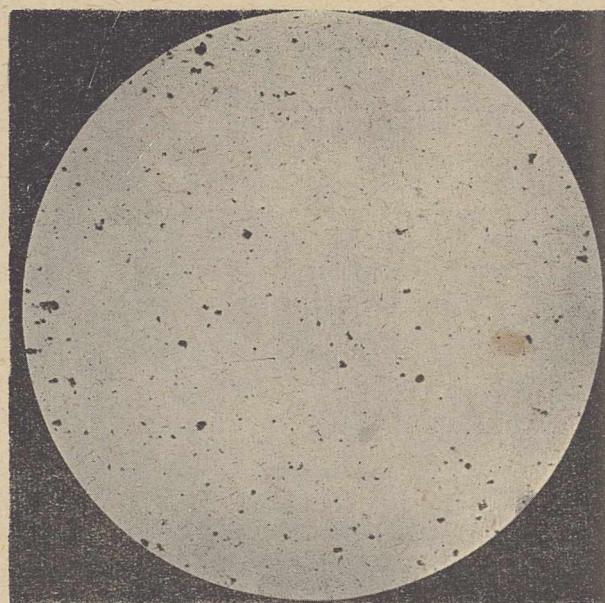
Rys. 12. Próba 20: gatunek S2, struktura, $\times 1400$, trawiony $K_3Fe(CN)_6$, $t = 1550^\circ C$, $d = 11,25$, $H_{RA} = 90$



Rys. 13. Próba 21: gatunek S1, porowatość, $\times 110$, $t = 1550^\circ C$, $d = 11,22$, $H_{RA} = 91$ do $91,5$



Rys. 14. Próba 22: gatunek S2, struktura, $\times 1400$, trawiony cieplnie, $t = 1500^\circ C$, $d = 11,4$, $H_{RA} = 89,5$



Rys. 15. Próba 22: gatunek S2, porowatość, $\times 110$, $t = 1500^\circ C$, $d = 11,3$, $H_{RA} = 90$

odpornych węglków spiekanych lub na glazowanej ognioodpornej ceramice. W młynach kulowych należałoby stosować zbiorniki wyłożone spiekany węglkami. Wstępne próby skrawania regenerowanymi płytkami z gatunków tytanowych dały zadowalające wyniki. Dalsze próby są wykonywane przez Instytut Obrabiarerek i Obróbki Skrawaniem w Krakowie.

Wnioski

1. Zastosowana sucha metoda chemiczna regeneracji składników dała zadowalające wyniki.
2. Do regeneracji nadają się zarówno gatunki tytanowe jak i beztytanowe oraz wybraki produkcyjne i odpadki narzędzi.

3. Skład chemiczny regenerowanych proszków zależy od ilości poszczególnych gatunków spiekanych węglików w złomie.

4. Regenerowany kobalt nie odzyskuje w pełni swych pierwotnych własności.

5. Regenerowane węgliki mogą być wybitnie drobnoziarniste, przydatne (w przypadku gatunków beztytanowych) do produkcji gatunku H1.

6. Regenerowane proszki zawierają przeważnie za wiele żelaza. Stosując odpowiednie urządzenia można zapobiec temu zjawisku. Zawartość innych zanieczyszczeń jest normalna.

7. Przy produkcji mieszanek określonego gatunku należy wyrównywać skład regenerowanych proszków świeżymi proszkami.

8. Aby otrzymać mieszanek odpowiedniej jakości należy:

a. dodać co najmniej 2% świeżego kobaltu, licząc w stosunku do ciężaru namiaru;

b. mleć namiar w wodzie w ciągu czasu normalnie stosowanego do tego procesu przy produkcji spiekanych węglików.

9. Węgliki spiekane wytworzone z proszków regenerowanych dorównują jakością wytworom uzyskanym ze świeżych proszków. Węgliki te mają normalną gęstość, dużą twardość, niewielką porowatość, dobrą strukturę oraz co najważniejsze odpowiednią zdolność skrawania.

10. Badania przeprowadzono na złomie węglików typu WC-Co i WC-TiC-Co, wyniki jednak stosują się także do złomu, w którego skład wchodzi również inne węgliki, jak węgliki molibdenu, tantalu, wanadu, niobu, cyrkonu oraz nikiel.

Pracę tę autor omawiał podczas jej wykonywania i po jej ukończeniu z inż. E. Bryjakiem.

Literatura

1. B. Zacharzewski. *Mechanik* 1952, nr 6.
2. Patent amerykański nr 2 407 752. Wzmianka w „*Powder Metallurgy Bulletin*“ 1946, nr 6.
3. *Metal Powder Report* 1948, t. 3, nr 4.
4. J. Smithels. *Tungsten*. Londyn 1936.
5. Patent ZSRR nr 65 016. Wzmianka w *Metal Powder Report* 1946, nr 4.
6. Rutkowski, Razumowski, Glińska. *Prace Instytutu Metalurgii* 1952 r., nr 4.
7. B. Zacharzewski. *Hutnik* 1947 r., nr 6.
8. Takeda S. i Honda. *Sci. Rep. Tohoku Univ.* 1936.
9. Umanski. *Karbidy twarde spawow* 1947.
10. E. J. Sandford. *Alloys Metals Review* 1949.
11. H. Remy. *Lehrbuch der anorganischen Chemie*. Lipsk 1940.
12. BIOS, nr 1960.
13. E. Bryjak. *Hutnik* 1951, nr 1.
14. S. L. Hoyt. *Trans. Am. Inst. Mining. Met. Engrs.* nr 9, 1930.
15. E. J. Sandford. *Symposium on Powder Metallurgy*. Iron and Steel Institute, Special Report nr 38, Londyn 1947, grudzień.

Inż. TADEUSZ SENKARA

66. 041. 3 : 66. 046

Mechanizm ogrzewania wsadu metalowego w piecach przemysłowych

Nagrzewanie i wygrzewanie wsadu. — Różne przypadki nagrzewania wsadu w zależności od typu pieca. — Nagrzewanie cienkiego i grubego wsadu w ośrodku stałej temperaturze. — Nagrzewanie nieruchomego wsadu w piecach grzewczych oraz wsadu w piecach przepychowych i wstępnych. — Wygrzewanie wsadu.

Uwagi wstępne

Dokładna znajomość mechanizmu ogrzewania wsadu w piecach przemysłowych jest niezbędna dla każdego ruchowca. Proces ogrzewania pochłania znaczne ilości energii cieplnej, której koszt obciąża cenę wytworu. Ponadto — zależnie od warunków pracy — musimy się liczyć z większym lub mniejszym zgiarem, który również powiększa koszty wytwórcze. Określenie więc, możliwie jak najdokładniejsze, potrzebnej do ogrzania wsadu ilości ciepła i ograniczenie jej do minimum powinno przynieść duże oszczędności.

Proces ogrzewania wsadu metalowego w piecach przemysłowych można podzielić zasadniczo na dwa okresy:

1. okres nagrzewania,
2. okres wygrzewania.

W okresie nagrzewania temperatura wsadu podnosi się od temperatury początkowej, która

może być inna na powierzchni, inna zaś wewnątrz nagrzewanego wlewka. Jedynie zimne lub odpowiednio wygrzane wlewki mają równomierną temperaturę początkową. Wsad, zwłaszcza gruby, nagrzewa się nierównomiernie, ponieważ metal ma skończoną wielkość współczynnika przewodnictwa ciepła λ . Powstaje więc różnica temperatur między nagrzewaną powierzchnią a spodem wlewka, jeśli wlewek jest nagrzewany jednostronnie lub między nagrzewaną powierzchnią a środkiem, jeżeli wlewek jest nagrzewany z dwu lub więcej stron. Różnica rośnie szybko w miarę postępu procesu nagrzewania wlewka. Jej wzrostowi sprzyja utlenienie powierzchni wsadu, ponieważ współczynnik przewodnictwa ciepła zgorzeliny λ_z jest 20 do 30 razy mniejszy od współczynnika przewodnictwa ciepła metalu λ .

Okres wygrzewania cechuje zasadniczo łagodny i nieznaczny wzrost temperatury powierzchni wsadu oraz zanikanie w miarę upływu

czasu różnicy w temperaturach powierzchni i środka wsadu. Okres ten jest oczywiście tym krótszy, im cięszy jest wsad i im mniejsza była uprzednio różnica w temperaturach jego powierzchni i środka. Gdy wsad jest cienki, może ona w ogóle nie wystąpić.¹⁾

Ze względów ekonomicznych należy dążyć do skrócenia okresu wygrzewania wsadu, ponieważ wymaga ono zużycia pewnej ilości energii cieplnej, a zgar podczas przetrzymywania wsadu przy wysokiej temperaturze powstaje znacznie większy niż podczas nagrzewania wsadu, gdy temperatura jego jest niższa. W normalnych warunkach przemysłowych zgar wynosi orientacyjnie przy 1000 °C około 0,6 kg/m², podczas gdy przy 1300 °C przekracza 3 kg/m².

Zależnie od typu pieca rozróżniamy:

1. nagrzewanie nieruchomego wsadu w piecu o stałej temperaturze wzdłuż pieca,
2. nagrzewanie nieruchomego wsadu w piecu o zmiennej temperaturze wzdłuż pieca,
3. nagrzewanie wsadu w piecach przepychowych.

Najczęściej spotykamy się w praktyce z przypadkiem 1. Wchodzą tu w rachubę wszelkiego rodzaju piece kuzienne, piece do wyżarzania itp.

Z przypadkiem 2 spotykamy się wówczas, gdy gaz opływając wsad oziębia się i uchodzi do komina lub przy ogrzewaniu obiegowym, np. w suszarniach.

Zarówno w przypadku pierwszym jak i w drugim temperatura gazu może być zmienna w czasie na tym samym odcinku pieca.

Nagrzewanie wsadu w piecach przepychowych różni się zasadniczo od przypadku 1 i 2 tylko ruchem wsadu. Spaliny mogą się tu poruszać w kierunku zgodnym z kierunkiem poruszania się wsadu lub w przeciwnym do niego. Zazwyczaj jednak stosuje się przeciwny, tzn. spaliny płyną w kierunku przeciwnym do ruchu wsadu.

Ze względów zasadniczych należy rozróżnić nagrzewanie cienkiego wsadu od nagrzewania grubego wsadu. Za cienki uważamy wsad, gdy można pominąć różnice w temperaturach występujące w nim podczas nagrzewania. Jako granicę [2] można przyjąć kryterium Biota $\frac{\alpha X}{\lambda}$, gdzie α jest całkowitym współczynnikiem przenikania ciepła do wsadu, kcal/m²h °C, λ współczynnikiem przewodnictwa ciepła wsadu, kcal/mh °C, X połową grubości wsadu, m. Jeśli

$$\frac{\alpha X}{\lambda} < 0,25 \text{ wsad uważamy za cienki;}$$

$$\frac{\alpha X}{\lambda} > 0,5 \text{ wsad uważamy za gruby;}$$

¹⁾ Może się też zdarzyć, że różnica w temperaturach wewnątrz wlewka będzie stale wzrastała wraz z temperaturą i nie będzie wykazywała tendencji do wyrównania się ku końcowi nagrzewania. Okresu wygrzewania w tym przypadku również nie będzie.

$0,25 < \frac{\alpha X}{\lambda} < 0,5$ wsad uważamy za średniej grubości, z tym zastrzeżeniem, że przy obliczeniach dokładniejszych należy go uważać za gruby.

1. Nagrzewanie cienkiego wsadu w ośrodku o stałej temperaturze

Ilość ciepła, którą pobiera wsad w piecu w czasie dt wynosi

$$dq = g \cdot c \cdot d \vartheta_w \text{ kcal/m}^2 \quad (1)$$

gdzie

g — ciężar wsadu przypadający na jednostkę nagrzewanej powierzchni wsadu, kg/m²,

c — ciepło właściwe wsadu, kcal/kg °C,

ϑ_w — temperatura wsadu po upływie t godzin, °C.

Tę ilość ciepła dostarczają spaliny w myśl związku

$$dq = \alpha (\vartheta_g - \vartheta_w) dt \text{ kcal/m}^2 \quad (2)$$

gdzie

α — całkowity współczynnik przenikania ciepła do wsadu, kcal/m²h °C,

ϑ_g — temperatura gazu, °C.

Z porównania (1) i (2) otrzymujemy po scałkowaniu i rozwiązaniu względem t

$$t = \frac{gc}{\alpha} \ln \frac{1 - \frac{\vartheta'_w}{\vartheta_g}}{1 - \frac{\vartheta''_w}{\vartheta_g}} \text{ godz.} \quad (3)$$

gdzie

ϑ'_w — temperatura początkowa wsadu, °C,

ϑ''_w — temperatura końcowa wsadu, °C.

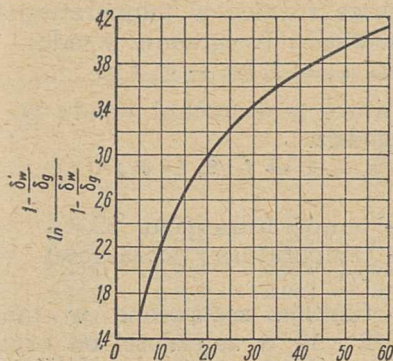
Rozwiązując zaś równanie (3) względem ϑ''_w otrzymamy

$$\vartheta''_w = \vartheta_g - (\vartheta_g - \vartheta'_w) \cdot e^{-\frac{\alpha}{gc} t} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

Ponieważ współczynnik przenikania ciepła α zmienia się w szerokich granicach w zależności od ϑ_w należy operować średnim α dla zakresu temperatur $\vartheta''_w - \vartheta'_w$. Można również wstawić α dla średniej czasowej temperatury wsadu podczas nagrzewania (co jest mniej zalecane), która wynosi

$$\vartheta_{sr w} = \vartheta_g - \frac{\vartheta''_w - \vartheta'_w}{\ln \frac{1 - \frac{\vartheta'_w}{\vartheta_g}}{1 - \frac{\vartheta''_w}{\vartheta_g}}} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

Do ułatwienia obliczenia wyrażenia pod znakiem logarytmu naturalnego służy rys. 1.



Rys. 1. Logarytm naturalny wyrażenia $\frac{1 - \frac{\vartheta'_w}{\vartheta_g}}{1 - \frac{\vartheta''_w}{\vartheta_g}}$

Jeżeli założymy, że α rośnie liniowo wraz z temperaturą wsadu, czyli

$$\alpha = \alpha_0 + \beta \vartheta_w \text{ kcal/m}^2\text{h } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

otrzymamy po dość prostych przeliczeniach

$$t = \frac{gc}{\alpha_0 + \beta \vartheta_g} \ln \frac{(\vartheta_g - \vartheta'_w)(\alpha_0 + \beta \vartheta''_w)}{(\vartheta_g - \vartheta''_w)(\alpha_0 + \beta \vartheta'_w)} \text{ godz} \quad (7)$$

Równanie (7) jest więc uogólnieniem równania (3).

Współczynnik α nie zawsze jednak znamy. W tym przypadku zakładamy, że ciepło promieniuje do wsadu w myśl prawa Stefana-Boltzmana w ilości

$$dq = C \left[\left(\frac{\Theta_g}{100} \right)^4 - \left(\frac{\Theta_w}{100} \right)^4 \right] dt \text{ kcal/m}^2 \quad (8)$$

gdzie

- $C = \varepsilon \cdot C_0$ — wypadkowa stała promieniowania obejmująca również przenikanie konwekcyjne ciepła,
- Θ_g — bezwzględna temperatura spalin,
- Θ_w — bezwzględna temperatura wsadu.

Ilość ciepła, którą przejmie wsad w czasie dt będzie więc wynosiła

$$dq = g \cdot c \cdot d\Theta_w \text{ kcal/m}^2 \quad (9)$$

Z porównania wyrażen (8) i (9) scałkowania i rozwiązania względem t otrzymamy

$$t = \frac{gc}{C} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{100}{\left(\frac{\Theta_g}{100} \right)^3} \left[\ln \frac{1 + \frac{\Theta''_w}{\Theta_g}}{1 - \frac{\Theta''_w}{\Theta_g}} + 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\Theta''_w}{\Theta_g} - \ln \frac{1 + \frac{\Theta'_w}{\Theta_g}}{1 - \frac{\Theta'_w}{\Theta_g}} - 2 \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\Theta'_w}{\Theta_g} \right] \text{ godz} \quad (10)$$

Oznaczywszy zaś krótko

$$\psi \left(\frac{\Theta_w}{\Theta_g} \right) = \frac{1}{4} \ln \frac{1 + \frac{\Theta_w}{\Theta_g}}{1 - \frac{\Theta_w}{\Theta_g}} + \frac{1}{2} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\Theta_w}{\Theta_g} \quad (11)$$

można napisać

$$t = \frac{gc}{C} \cdot \frac{100}{\left(\frac{\Theta_g}{100} \right)^3} \left[\psi \left(\frac{\Theta''_w}{\Theta_g} \right) - \psi \left(\frac{\Theta'_w}{\Theta_g} \right) \right] \text{ godz} \quad (12)$$

Funkcję ψ odczytuje się z tablicy 1. Dla wsadu zimnego $\Theta_w = 273^\circ\text{C}$ równanie (2) upraszcza się jeszcze bardziej. Załóżywszy, że

$$\psi = \frac{100}{\left(\frac{\Theta_g}{100} \right)^3} \left[\psi \left(\frac{\Theta''_w}{\Theta_g} \right) - \psi \left(\frac{273}{\Theta_g} \right) \right] \quad (13)$$

otrzymujemy

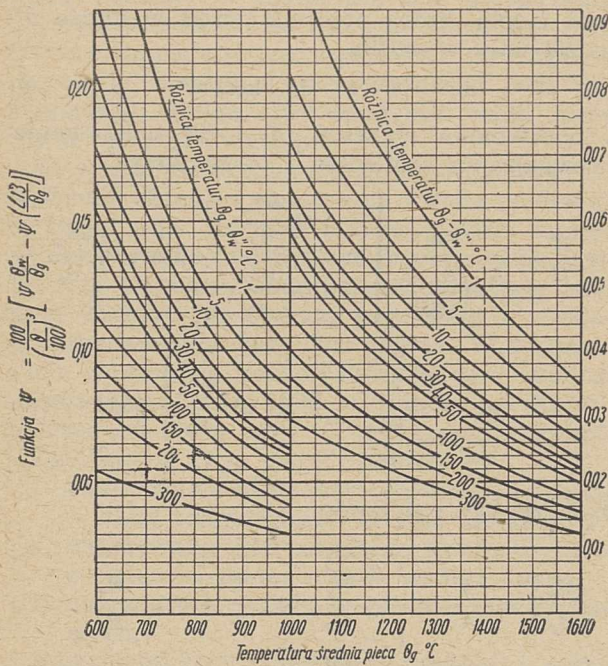
$$t = \frac{gc}{C} \cdot \psi \text{ godz} \quad (14)$$

gdzie funkcję ψ przedstawia rys. 2.

Wartości funkcji $\psi \left(\frac{\Theta_w}{\Theta_g} \right) = \frac{1}{4} \ln \frac{1 + \frac{\Theta_w}{\Theta_g}}{1 - \frac{\Theta_w}{\Theta_g}} + \frac{1}{2} \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{\Theta_w}{\Theta_g}$

Tablica 1

$\frac{\Theta_w}{\Theta_g}$	$\psi \left(\frac{\Theta_w}{\Theta_g} \right)$	$\frac{\Theta_w}{\Theta_g}$	$\psi \left(\frac{\Theta_w}{\Theta_g} \right)$	$\frac{\Theta_w}{\Theta_g}$	$\psi \left(\frac{\Theta_w}{\Theta_g} \right)$	$\frac{\Theta_w}{\Theta_g}$	$\psi \left(\frac{\Theta_w}{\Theta_g} \right)$
0,20	1,2000	0,50	0,5066	0,80	0,8864	0,990	1,713
0,22	0,2201	0,52	0,5277	0,82	0,9224	0,992	1,770
0,24	0,2402	0,54	0,5497	0,84	0,9599	0,994	1,842
0,26	0,2602	0,56	0,5718	0,86	1,0020	0,996	1,944
0,28	0,2803	0,58	0,5938	0,88	1,0389	0,998	2,117
0,30	0,3005	0,60	0,6166	0,90	1,1024	0,999	2,293
0,32	0,3207	0,62	0,6400	0,91	1,1332	0,9995	2,465
0,34	0,3409	0,64	0,6639	0,92	1,1659		
0,36	0,3612	0,66	0,6882	0,93	1,2046		
0,38	0,3816	0,68	0,7132	0,94	1,2463		
0,40	0,4012	0,70	0,7389	0,95	1,2959		
0,42	0,4226	0,72	0,7655	0,96	1,3563		
0,44	0,4434	0,74	0,7936	0,97	1,431		
0,46	0,4642	0,76	0,8229	0,98	1,537		
0,48	0,4854	0,78	0,8538	0,985	1,612		



Rys. 2. Funkcja $\psi = \frac{100}{\Theta_g^3} \left[\psi \frac{\Theta''_w}{\Theta_g} - \psi \left(\frac{273}{\Theta_g} \right) \right]$

2. Nagrzewanie grubego wsadu w ośrodku o stałej temperaturze

Przy nagrzewaniu cienkiego wsadu założyliśmy milcząco, że różnica w temperaturach powierzchni i wnętrza wsadu jest mała i że można ją pominąć. Przy nagrzewaniu wsadu grubego uproszczenia tego dokonać nie można, nie pozostaje zatem nic innego, jak oprzeć swe rozważania na równaniu przewodzenia ciepła Fouriera. Rozważania te, jak również konieczne założenie, że

$$\pm \alpha (\vartheta_g - \vartheta_o) = -\lambda \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial x} \right)_0 \quad (15)$$

gdzie ϑ_o jest temperaturą powierzchni wsadu, °C, prowadzą do wniosku, iż temperatura powierzchni ϑ_o i wnętrza wsadu dadzą się przedstawić jako funkcje kryteriów Fouriera $\frac{a t}{X^2}$ i Biota $\frac{\alpha X}{\lambda}$, które to funkcje przedstawia się graficznie lub tabelarycznie dla najprostszych brył geometrycznych (płyta, walec, kula). Gdy chodzi o cele techniczne, rezygnujemy ze ścisłego wyznaczenia rozkładu temperatur w całym wsadzie i ograniczamy się do obliczenia temperatur powierzchni i środka wsadu. Poza tym przez odpowiednie przybliżenie możemy zawsze sprowadzić postać geometryczną wsadu do postaci płyty, walca lub kuli. Na przykład leżące ściśle obok siebie wlewki w piecu przepychowym uważamy za ciągłą płytę.

Ostatecznie więc wyznaczamy:

1. temperaturę średnią wsadu po upływie h godzin

$$\vartheta''_{srw} = \vartheta_g - f_1 (\vartheta_g - \vartheta'_w) \quad (16)$$

2. największą różnicę w temperaturach we wnętrzu wsadu (wygrzanie wsadu)

$$\Delta \vartheta_w \max = f_2 (\vartheta_g - \vartheta'_w) \quad (17)$$

3. temperaturę powierzchni wsadu po upływie h godzin

$$\vartheta_o = \vartheta_g - f_3 (\vartheta_g - \vartheta'_w) \quad (18)$$

gdzie

ϑ_g — temperatura gazu, °C,
 ϑ'_w — temperatura początkowa wsadu, °C,

f_1, f_2, f_3 — funkcje zestawione w tablicach 2 ÷ 10 w zależności od kryteriów Fouriera $\frac{a t}{X^2}$ i Biota $\frac{\alpha X}{\lambda}$, w których znów

$$a = \frac{\lambda}{c \gamma} \quad \text{— przewodnictwo temperatury, m}^2/\text{h,}$$

t — czas, godzin,

λ — współczynnik przewodnictwa ciepła, kcal/mh °C, które należy wstawić dla spodziewanej końcowej temperatury wsadu ϑ''_{srw} ,

α — całkowity średni współczynnik przenikania ciepła do wsadu, kcal/m² h °C, dla całego zakresu temperatur nagrzewania wsadu,

X — połowa grubości płyty (przy nagrzewaniu obustronnym) lub promień walca czy też kuli, m; w razie jednostronnego nagrzewania płyty (druga dobrze izolowana strona nie przepuszcza ciepła) należy dla X wstawić całą grubość płyty.

Gdy temperatura początkowa wsadu ϑ'_w nie jest jednakowa w całym przekroju wsadu, wówczas — jeśli tylko kryterium Fouriera $\frac{a t}{X^2} < 0,3$

— można pominąć różnicę w temperaturach powierzchni i wnętrza wsadu ϑ'_w wstawić ϑ''_{srw} . Ma to znaczenie, gdy wlewek jest gorący (dostarczony świeżo ze stalowni ostygł tylko na powierzchni) lub gdy okres nagrzewania w celu uzyskania dokładniejszych wyników dzielimy na takie okresy czasu, że temperaturę ϑ_g , zmieniającą się w czasie, możemy uważać za stałą. Tablice 2 ÷ 10 pozwalają, oczywiście jeżeli znana jest temperatura ϑ''_{srw} , obliczyć czas nagrzewania wsadu. Obliczenia te można jednak uprościć i upodobnić do obliczeń dotyczących wsadu cienkiego. Stosując metodę W. Heiligenstaedta wprowadzamy jeszcze pewien czynnik τ , będący funkcją kryterium Biota $\frac{\alpha X}{\lambda}$,

którą przedstawia rys. 3. Otrzymujemy wówczas

1. czas nagrzewania grubego wsadu

$$t = \frac{gc}{\alpha \tau} \ln \frac{1 - \frac{\vartheta''_{srw}}{\vartheta_g}}{1 - \frac{\vartheta''_{srw}}{\vartheta_g}} \quad \text{godz} \quad (19)$$

2. średnią temperaturę wsadu na końcu procesu nagrzewania

Wartości funkcji $f_1 \left(\frac{at}{X^2}, \frac{\alpha X}{\lambda} \right)$ dla płyty

Tablica 2

$\frac{at}{X^2}$	$\frac{\alpha}{\lambda} X$										
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	20,0
0,05	0,991	0,979	0,974	0,964	0,958	0,940	0,926	0,901	0,885	0,823	0,787
0,10	0,981	0,963	0,948	0,934	0,920	0,892	0,866	0,830	0,801	0,727	0,686
0,15	0,972	0,946	0,924	0,904	0,885	0,847	0,814	0,768	0,731	0,649	0,607
0,20	0,963	0,929	0,902	0,875	0,852	0,804	0,766	0,713	0,672	0,583	0,541
0,40	0,928	0,866	0,815	0,771	0,734	0,660	0,606	0,535	0,482	0,386	0,344
0,60	0,895	0,807	0,739	0,680	0,633	0,543	0,482	0,402	0,348	0,257	0,220
0,80	0,861	0,752	0,668	0,601	0,545	0,448	0,381	0,304	0,251	0,171	0,139
1,0	0,830	0,702	0,605	0,530	0,470	0,367	0,303	0,228	0,180	0,115	0,090
1,5	0,755	0,589	0,472	0,388	0,326	0,227	0,170	0,115	0,080	0,041	0,029
2,0	0,687	0,493	0,368	0,284	0,225	0,139	0,095	0,056	0,035	0,015	0,009
2,5	0,625	0,414	0,287	0,208	0,155	0,086	0,053	0,027	0,016	0,005	0,003
3,0	0,570	0,349	0,224	0,152	0,108	0,053	0,028	0,013	0,007	0,002	0,001
5,0	0,392	0,172	0,084	0,044	0,024	0,008	0,003	0,001	—	—	—
10,0	0,154	0,029	0,007	0,002	—	—	—	—	—	—	—

Wartości funkcji $f_2 \left(\frac{at}{X^2}, \frac{\alpha X}{\lambda} \right)$ dla płyty

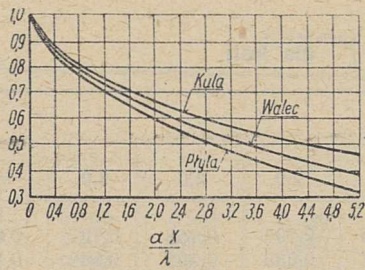
Tablica 3

$\frac{at}{X^2}$	$\frac{\alpha}{\lambda} X$										
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	20,0
0,05	0,139	0,260	0,368	0,460	0,540	0,697	0,814	0,905	0,960	0,990	0,997
0,10	0,120	0,223	0,312	0,389	0,453	0,579	0,670	0,778	0,860	0,935	0,970
0,15	0,108	0,200	0,278	0,344	0,399	0,506	0,581	0,672	0,739	0,832	0,868
0,20	0,100	0,186	0,255	0,314	0,364	0,457	0,523	0,601	0,658	0,733	0,762
0,40	0,088	0,159	0,213	0,257	0,292	0,354	0,392	0,433	0,459	0,479	0,481
0,60	0,084	0,147	0,191	0,224	0,250	0,288	0,310	0,324	0,331	0,319	0,307
0,80	0,081	0,137	0,173	0,198	0,215	0,238	0,246	0,245	0,238	0,212	0,195
1,0	0,078	0,128	0,157	0,175	0,186	0,195	0,195	0,184	0,171	0,142	0,125
1,5	0,071	0,107	0,122	0,128	0,128	0,121	0,109	0,093	0,076	0,051	0,040
2,0	0,065	0,090	0,096	0,094	0,089	0,074	0,061	0,045	0,034	0,018	0,013
2,5	0,059	0,075	0,075	0,069	0,061	0,046	0,034	0,022	0,015	0,007	0,005
3,0	0,054	0,063	0,058	0,050	0,042	0,028	0,018	0,011	0,006	0,002	0,001
5,0	0,037	0,031	0,022	0,014	0,010	0,004	0,002	0,001	0	0	0
10,0	0,014	0,005	0,002	0,001	0	0	0	0	0	0	0

Wartości funkcji $f_3 \left(\frac{at}{X^2}, \frac{\alpha X}{\lambda} \right)$ dla płyty

Tablica 4

$\frac{at}{X^2}$	$\frac{\alpha}{\lambda} X^2$										
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	20,0
0,05	0,951	0,902	0,861	0,821	0,784	0,703	0,634	0,524	0,424	0,224	0,112
0,10	0,933	0,870	0,816	0,768	0,722	0,629	0,553	0,441	0,345	0,170	0,083
0,15	0,918	0,846	0,783	0,729	0,677	0,578	0,498	0,388	0,297	0,141	0,069
0,20	0,907	0,825	0,757	0,697	0,643	0,537	0,456	0,350	0,264	0,122	0,059
0,40	0,870	0,763	0,676	0,605	0,543	0,431	0,352	0,255	0,184	0,079	0,036
0,60	0,838	0,711	0,612	0,532	0,468	0,354	0,279	0,191	0,133	0,052	0,023
0,80	0,807	0,662	0,553	0,470	0,403	0,292	0,221	0,145	0,096	0,035	0,015
1,0	0,778	0,618	0,501	0,414	0,348	0,240	0,175	0,109	0,069	0,023	0,010
1,5	0,707	0,518	0,391	0,304	0,241	0,148	0,098	0,055	0,031	0,008	0,003
2,0	0,644	0,434	0,305	0,222	0,166	0,090	0,055	0,027	0,014	0,003	0,001
2,5	0,586	0,364	0,238	0,163	0,115	0,056	0,031	0,013	0,006	0,001	0
3,0	0,534	0,307	0,185	0,119	0,079	0,034	0,016	0,006	0,002	0	0
5,0	0,367	0,152	0,089	0,034	0,018	0,004	0,002	0	0	0	0
10,0	0,144	0,025	0,006	0,002	0	0	0	0	0	0	0



Rys. 3. Funkcje $\tau = f \frac{\alpha X}{\lambda}$

$$\vartheta''_{srw} = \vartheta_g (\vartheta_g - \vartheta'_w) e^{-\frac{\alpha \tau}{gc} t} \quad (20)$$

3. temperaturę powierzchni po upływie t h

$$\vartheta_0 = \vartheta_g - (\vartheta_g - \vartheta'_w) \cdot \tau e^{-\frac{\alpha \tau}{gc} t} \quad (21)$$

4. średnią (czasową) temperaturę powierzchni

$$\vartheta_{0sr} = \vartheta_g - \tau \frac{\vartheta''_{srw} - \vartheta'_w}{1 - \frac{\vartheta'_w}{\vartheta_g}} \quad (22)$$

5. największą różnicę w temperaturach we wsadzie

$$\Delta \vartheta_w \max = n (\vartheta_g - \vartheta''_{srw}) (1 - \tau) \quad (23)$$

gdzie

- $n = 1,5$ dla płyty,
- $n = 2,0$ dla walca,
- $n = 2,5$ dla kuli.

3. Nagrzewanie nieruchomego wsadu w piecach grzewczych

Nagrzewanie wsadu w piecach różni się oczywiście pod względem warunków od teoretycznych założeń i obliczeń. Przy zastosowaniu tych obliczeń w praktyce chodzi o możliwie jak najdokładniejsze naśladowanie warunków idealnych.

Jeśli więc temperatura pieca jest różna w różnych częściach pieca (przy palnikach jest zawsze goręcej niż przy odciągu), dzielimy piec na strefy o temperaturze w przybliżeniu stałej. Podobnie postępujemy, jeśli temperatura poszczególnych odcinków pieca zmienia się w czasie.

Kształt wsadu należy ściśle dostosować do kształtu płyty, walca lub kuli. Wlewki płaskie grubości $2X$ leżące ściśle obok siebie — uważamy za płytę. W razie jednostronnego nagrzewania ciężar g przypadający na 1 m^2 powierzchni nagrzewanej wlewka wynosi $2\gamma X \text{ kG/m}^2$. Pojedyncze wlewki kwadratowe i prostokątne leżące luźno na trzonie pieca w odstępach dwóch do trzech swych grubości uważamy za walec; powierzchnią, na której spoczywają, nie jest powierzchnią nagrzewaną; g wynosi $\frac{2}{3} X \gamma \text{ kG/m}^2$. Ciężar g luźno leżących lub sto-

jących okrągłych wlewków wynosi $\frac{2}{4} X \gamma \text{ kG/m}^2$. Luźno stojące prostokątne wlewki uważamy za wlewki okrągłe o odpowiedniej średnicy; obwód wlewka prostokątnego równy jest obwodowi wlewka okrągłego. Okrągłe wlewki leżące ściśle obok siebie mają nieco większą powierzchnię nagrzewania niż płaszczyzna, którą zajmują, lecz mniejszą od połowy sumy ich pobocznic; g w zależności od średnicy $2X$ wlewków wynosi $\frac{2}{2} X \gamma < g < 2 X \gamma \text{ kG/m}^2$, przy czym dla małych średnic będzie się zbliżała do $2 X \gamma$. Ciężar g wlewków płaskich leżących ściśle obok siebie i nagrzewanych obustronnie wynosi $\frac{2}{2} X \gamma \text{ kG/m}^2$, a podobnie leżących wlewków okrągłych w zależności od średnicy; $\frac{2}{2} X \gamma < g < \frac{2}{4} X \gamma \text{ kG/m}^2$; przy większych średnicach g zbliża się do $\frac{2}{4} X \gamma$.

Utlenienie powierzchni (zgorzelina) przedłuża czas nagrzewania wsadu, ponieważ współczynnik przewodnictwa ciepła zgorzeliny jest znacznie mniejszy od współczynnika przewodnictwa ciepła metalu.

Założywszy, że

$$q = \alpha (\vartheta_g - \vartheta_z) = \frac{\lambda_z}{d} (\vartheta_g - \vartheta_0) \text{ kcal/m}^2\text{h} \quad (24)$$

gdzie

ϑ_z — temperatura zewnętrznej powierzchni zgorzeliny, $^{\circ}\text{C}$,

d — grubość warstwy zgorzeliny, m,

λ_z — współczynnik przewodnictwa ciepła zgorzeliny, kcal/mh $^{\circ}\text{C}$,

ϑ_0 — temperatura powierzchni, $^{\circ}\text{C}$, otrzymujemy

$$q = \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha d}{\lambda_z}} (\vartheta_g - \vartheta_0) \text{ kcal/m}^2\text{h} \quad (25)$$

Jeśli teraz założymy jeszcze, że

$$\frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha d}{\lambda_z}} = \alpha' \text{ kcal/m}^2\text{h } ^{\circ}\text{C} \quad (26)$$

to

$$q = \alpha' (\vartheta_g - \vartheta_0) \text{ kcal/m}^2\text{h} \quad (27)$$

Uwzględniając równanie (26) możemy wyeliminować z dalszych obliczeń wpływ zgorzeliny znając tylko grubość jej warstwy.

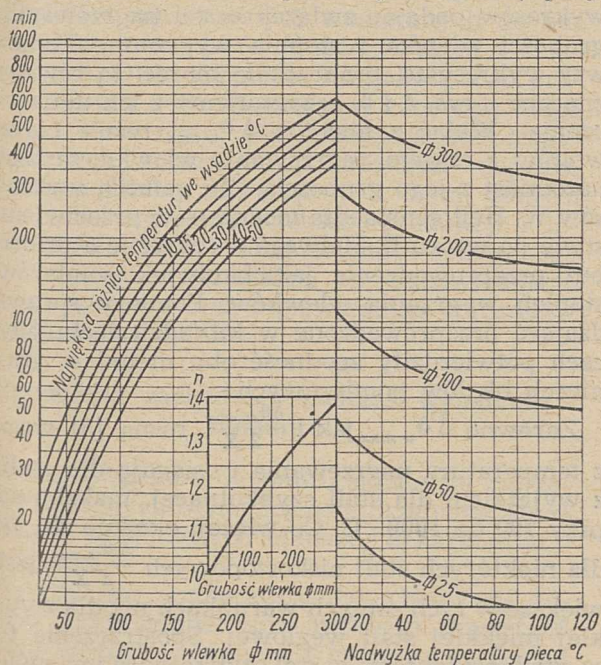
Dla orientacji podajemy w tablicy 11 (według W. Heiligenstaedta) całkowite współczynniki przenikania ciepła do wsadu w piecach grzewczych, uwzględniające utlenienie powierzchni dla stosunku nagrzewanej powierzchni wsadu do powierzchni trzonu pieca $\varphi = 0,2$, przy różnych temperaturach i czasie nagrzewania. Tablica podaje ponadto procentowo stopień „wyzyskania” α w piecu. Jeśli więc znane jest α , można za pomocą tablicy 11 obliczyć α' bez po-

Tablica 11
Współczynniki przenikania ciepła do wsadu a w piecach grzewczych (wsad nieruchomy) z uwzględnieniem utlenienia powierzchni wlewków

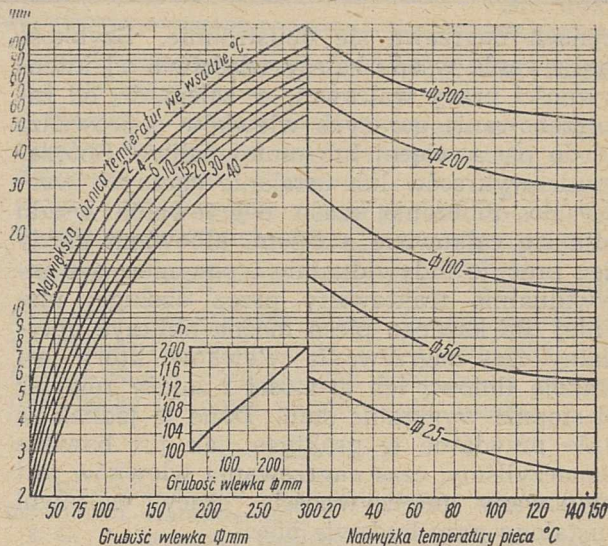
Czas nagrzewania t , h	Temperatura pieca, °C			W % przy nagrzewaniu, jeśli zgorzelina się nie tworzy		
	1150	1250	1350	1150	1250	1350
0,5	465	545	620	95	92	81
1,0	455	525	595	93	88	83
3	435	490	530	89	82	74
6	420	460	490	86	77	69
9	410	440	460	84	74	64
12	400	425	440	82	71	61

sługiwaną się równaniem (26). Tablica 11 zawiera dane orientacyjne, ponieważ zależnie od wypełnienia pieca zmienia się stosunek φ , co z kolei wraz z warunkami spalania i przenikania ciepła wywiera decydujący wpływ na współczynnik a .

Omówione tu sposoby obliczania czasu nagrzewania wsadu, jako zbyt skomplikowane, nie nadają się do użytku w ruchu, podajemy więc dwa nomogramy (rys. 4 i 5) dla najczęściej zdarzających się wypadków nagrzewania ściśle i luźno leżących wlewków stalowych. Za pomocą tych nomogramów, zestawionych według tablic W. Heiligenstaedta na podstawie różnych danych z pomiarów na paruset piecach, można szybko z wystarczającą dokładnością obliczyć czas nagrzewania wlewków stalowych i potrzebną temperaturę pieca grzewczego. Zakłada się jedynie znajomość grubości wlewka, gatunku stali, najwyższej dopuszczalnej różnicy w temperaturach wlewka (wygrzanie wlewka) i sposobu ułożenia w piecu. Na przykład: wlewki ze stali miękkiej grubości 100 mm mają być nagrzane do temperatury 1250 °C, przy



Rys. 4. Nomogram do obliczania czasu ogrzewania wsadu w piecach grzewczych i temperatury pieca dla wlewków leżących ściśle obok siebie na trzonie pieca



Rys. 5. Nomogram do obliczania czasu ogrzewania wsadu w piecach grzewczych i temperatury pieca dla wlewków leżących luźno na trzonie pieca

czym największa dopuszczalna różnica temperatur wynosi 20 °C. Obliczyć czas nagrzewania oraz potrzebną temperaturę pieca. Jeśli wlewki leżą ściśle obok siebie odczytujemy z rys. 4 czas nagrzewania t wynosi 79 minut. Temperatura pieca powinna wynosić $1250 + 37 = 1287$ °C. Jeśli wlewki leżą luźno, czas nagrzewania jest krótszy i wynosi (rys. 5) 12 minut. Temperatura pieca powinna być o 150 °C wyższa od temperatury ogrzewania wlewków, czyli wynosi $1250 + 150 = 1400$ °C.

Czas nagrzewania stali twardych i stopowych należy przedłużyć n -krotnie, przy czym wielkość n należy również odczytać z nomogramów rys. 4 i 5. Jeszcze raz podkreślamy, że podane czasy nagrzewania i temperatury należy uważać za średnie. Specyficzne warunki miejscowe mogą skrócić lub przedłużyć czas nagrzewania wlewków.

4. Nagrzewanie wsadu w piecach przepychowych

Nagrzewanie wlewków w piecach przepychowych różni się oczywiście pod względem charakteru procesu od nagrzewania wsadu w piecach grzewczych o wsadzie nieruchomym. Uwidocznia się to w obliczeniach, które są z natury rzeczy bardziej skomplikowane.

W zależności od budowy pieca wsad jest nagrzewany jednostronnie lub obustronnie. Wlewki wchodzi do pieca zimne lub gorące. Gorące wlewki ze stalowni mają nierównomierną temperaturę; temperatura ich powierzchni jest o paręset stopni niższa od temperatury wnętrza.

Nowoczesne piece przepychowe buduje się jako piece trójstrefowe o wysokim sklepieniu w środkowej (grzewczej) strefie (dla wyzyskania promieniowania gazu i płomienia) i o stosunkowo niskim sklepieniu w strefie wyrównawczej. Wlewki spoczywające na chłodzonych

szynach nagrzewa się obustronnie. Szybkość nagrzewania wsadu zależy właściwie od intensywności pracy walcowni; w zależności od zapotrzebowania gorących wlewków doprowadza się do pieca więcej lub mniej paliwa. Sporządzanie wykresów lub ustalanie ogólnych wzorów do obliczania czasu nagrzewania wsadu mają się całkowicie z celem, albowiem każdy piec pracuje indywidualnie i powinien być indywidualnie traktowany przez obsługę; niemniej dla każdego pieca można obliczyć optymalny czas nagrzewania wlewków, który jest funkcją liniową ich grubości i zależy również od stopnia wygrzania stali. Dane te jednak są mało przydatne w praktyce, jak już bowiem zaznaczyliśmy, czas nagrzewania wlewków jest regulowany intensywnością pracy walcowni i ustalony przy budowie pieca.

5. Nagrzewanie wsadu w piecach wglębnych

Obliczenia czasu nagrzewania wlewków w piecach wglębnych są jeszcze trudniejsze od obliczeń czasu nagrzewania wlewków w piecach przepychowych, wlewki bowiem stoją w nierównych odstępach od siebie i od ścian pieca. Temperatury ich powierzchni są oczywiście różne, wskutek czego i współczynniki a muszą być różne dla każdej ściany wlewka. Poza tym do pieców wglębnych wkłada się wlewki gorące, o temperaturze powierzchni nieraz znacznie niższej od temperatury wnętrza. Wskutek otwierania zasuw sklepienia zmieniają się również warunki nagrzewania. Temperatura spalin mimo najdokładniejszego wyregulowania palników nie będzie nigdy nawet w przybliżeniu jednostajna w całym piecu. Czas nagrzewania wsadu musi być wskutek tego ustalony doświadczalnie. Orientacyjne dane można uzyskać w drodze obliczeń teoretycznych, uważając stojące wlewki za walce nagrzewane ze wszystkich stron o odpowiednio przyjętej średniej temperaturze początkowej wlewka.

Nieco łatwiej jest obliczyć czas nagrzewania zimnych wlewków w studzienkach grzewczych. Mniejsze wymiary sprzyjają ustaleniu się w przybliżeniu jednakowej temperatury w całej studziencie w danej chwili, a ponieważ wlewek jest otoczony ze wszystkich stron powierzchniami grzewczymi, więc i wyniki obliczeń są dokładniejsze.

6. Wygrzewanie wsadu

Wsad jest należycie wygrzany, gdy różnica w temperaturach jego powierzchni i wnętrza jest możliwie jak najmniejsza. Należyte wygrzewanie wsadu ma ogromne znaczenie dla jego dalszej przeróbki plastycznej (zapotrzebowanie mocy przy walcowaniu). Poza tym uzysk półfabrykatów jest przy należytych wygrzaniu wlewków zawsze większy, a ich jakość jest lepsza. Lepsze wygrzewanie wsadu połączone jest

jednak z większym zużyciem energii cieplnej, zwiększeniem zgaru i nierzadko z większymi kosztami inwestycyjnymi, jeśli np. chcemy polepszyć wygrzewanie przez celową konstrukcję pieca (projekty nowych pieców).

Miarą stopnia wygrzania wlewka jest stwierdzona w nim największa różnica w temperaturach $\Delta \vartheta_{w \max}$. W celach porównawczych wprowadza się niekiedy tzw. względny stopień wygrzania tj. stosunek różnicy $\Delta \vartheta_{w \max}$ do grubości wlewka $2X$. Jest to uzasadnione tym, że grube wlewki trudniej jest wygrzać, a najwyższa dopuszczalna różnica w temperaturach grubych wlewków jest w praktyce znacznie większa niż różnica w temperaturach wsadu cienkiego.

Stopień wygrzania wsadu określili niezależnie od siebie E. Helweg [3] i W. Heiligenstaedt [4]. Jakkolwiek obie prace dotyczą w zasadzie nagrzewania wlewków w piecach przepychowych, można jednak z pewnymi zastrzeżeniami oprzeć się na nich i w innych wypadkach nagrzewania. E. Helweg powiązał matematycznie stopień wygrzania wsadu $\Delta \vartheta_{w \max}^{\circ}\text{C}$ z szybkością nagrzewania jego powierzchni $\Delta \vartheta_0 = \text{C}/\text{h}$, grubością wlewka $2X$, m i współczynnikiem przewodnictwa temperatury (przewodnictwa termometrycznego) a , m^2/h .

Dla jednostronnego nagrzewania wsadu podaje on wzór

$$\Delta \vartheta_{w \max} = \frac{(2X)^2}{2a} \Delta \vartheta_0 \text{ } ^{\circ}\text{C} \quad (28)$$

(oznaczenia jak wyżej). Wygrzewanie wsadu jest więc tym lepsze, im wolniej nagrzewa się jego powierzchnia. Mimo tak prostego związku trudno jest w praktyce zmierzyć $\Delta \vartheta_{w \max}$ ponieważ $\Delta \vartheta_0$ odnosi się do czystej, wolnej od zgrzeli powierzchni metalu.

W. Heiligenstaedt natomiast zestawia szereg wykresów podając związek czasu nagrzewania, grubości wlewka i stopnia wygrzania. Ponieważ wykresy te, praktycznie biorąc, są równoznaczne z rys. 4 i 5, rezygnujemy z ich umieszczenia. Widać z nich, że $\Delta \vartheta_{w \max}$ rośnie coraz wolniej z czasem nagrzewania wlewka, szybko natomiast z jego grubością. Za pomocą wykresów W. Heiligenstaedta można — w przeciwieństwie do wzoru E. Helwega — określić a priori bez przeprowadzenia jakichkolwiek pomiarów stopień wygrzania wlewków. Pomiaru sprawdzające przeprowadzone w kilkudziesięciu piecach potwierdziły zgodność obu metod w granicach błędów pomiarowych.

Zarówno $\Delta \vartheta_{w \max}$ jak i $\frac{\Delta \vartheta_{w \max}}{2X}$ rosną [5] wraz z temperaturą nagrzewania i osiągają dla stali, z wyjątkiem dla stali szybko tnącej, maksimum przy 700 do 1000 $^{\circ}\text{C}$. Co więcej, okazuje się, że dla niektórych stali niskostopowych $\frac{\Delta \vartheta_{w \max}}{2X}$ jest większe w tych samych warunkach niż dla zwykłej miękkiej stali węglowej. Spostrzeżenia te są zgodne z faktem, że stal szybko tnąca i w ogóle stale wysokostopowe, nagrzewają się powoli, zwłaszcza poniżej 600 $^{\circ}\text{C}$, mają bowiem niski współczynnik przewodnictwa ciepła. Szybkie

nagrzewanie spowodowałyby pęknięcie wlewków. Nagrzewając te gatunki stali wkładamy je do zimnego pieca. W takich warunkach $\vartheta_{w \max}$ musi być niskie. Spostrzeżenie dotyczące stali niskostopowych ($Ni < 3,8$, $Cr < 1\%$) pozwala wyrazić przypuszczenie, że szybkości ogrzewania tych stali można nieco zwiększyć (w praktyce do szybkości nagrzewania stali węglowych).

Stopień wygrzania wlewków jest znacznie lepszy, gdy nagrzewanie jest wielostronne. Przy obustronnym nagrzewaniu wlewków, np. w piecach przepychowych, nagrzewanie od spodu powinno być równie intensywne jak z góry. Jeśli wlewki, praktycznie biorąc nagrzewają się w piecu tylko jednostronnie, doskonałym środkiem do poprawienia stopnia ich wygrzania jest powszechnie stosowane obracanie, co skraca również wybitnie czas nagrzewania.

Przez odpowiednią budowę pieca $\Delta\vartheta_{w \max}$ można zmniejszyć. Chodzi tu przede wszystkim o umożliwienie wielostronnego nagrzewania wsadu. Jeśli idzie o piece przepychowe, wystarczy, jak już nadmieniliśmy, wzmoczenie nagrzewania od dołu, tak aby jego udział procentowy w ogólnym oddawaniu ciepła zbliżył się do 50%. Jest to połączone z dużymi trudno-

ściami konstrukcyjnymi, które jednak zostały już przewycięzone.

Należy tu jeszcze zwrócić uwagę na związek między względnym wygrzaniem wsadu a wydajnością pieca. Ponieważ czas nagrzewania wsadu rośnie szybko z jego grubością, a maleje w miarę jak wzrasta $\Delta\vartheta_{w \max}$, to chcąc utrzymać względne wygrzanie wlewków $\frac{\Delta\vartheta_{w \max}}{2X}$ przy przejściu na grubszy wsad, trzeba się liczyć ze spadkiem wydajności pieca (kg/m^2h). Nie można zatem porównywać wydajności pieców nie znając grubości nagrzewania wsadu.

Literatura

1. W. Heiligenstaedt. Obliczenia cieplne pieców przemysłowych. Katowice 1952.
2. G. P. Iwancow. Nagrzewanie metalu. Katowice 1952.
3. E. Helweg. Temperaturfeld und Wärmebehandlung einer beheizten Platte. Arch. Eisenhüttenw. 1953/4, str. 293 — 300.
4. W. Heiligenstaedt. Temperatur und Durchwärmung des Gutes im Stossofen. Arch. Eisenhüttenw. 1936/7, str. 131 — 138.
5. F. Wesemann. Die Bedeutung der Durchwärmung für Bau und Betrieb von Stossofen. Stahl und Eisen 1937, str. 261 — 269 i 1937, str. 296 — 300.

Inż. STANISŁAW PAWŁOWSKI

669. 18. 013. 5 : 666. 763. 4 : 666. 912. 5

Dolomit spieczony (prażony) dla hutnictwa stali

Procesy zachodzące podczas wypalania dolomitu i ich znaczenie dla jakości produktu. — Własności dolomitu spiekane go i wymagania stawiane przez przemysł hutniczy. — Uwagi dotyczące przemysłowej produkcji dolomitu spieczonego.

Dolomit spieczony jest prócz wyrobów magnezytowych jednym z głównych zasadowych materiałów ogniotrwałych stosowanych do budowy i napraw pieców martenowskich i elektrycznych. Duże znaczenie ma jakość tego produktu. Dobry dolomit spieczony zapewnia długą pracę trzonu pieca, nie dopuszcza do niespodziewanych uszkodzeń i częstych napraw, zmniejsza liczbę przestojów, a tym samym umożliwia uzyskanie większej produkcji i lepszej jakości stali. Jakość dolomitu spieczonego zależy przede wszystkim od odpowiedniego doboru surowca oraz odpowiednich warunków wypalania i spiekania.

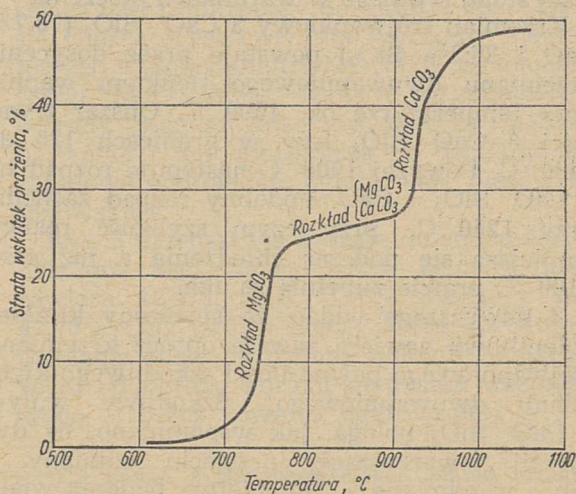
Przemiany zachodzące podczas wypalania dolomitu

Proces wypalania dolomitu składa się z przemian fizycznych i chemicznych przebiegających w dwóch zasadniczych etapach: dekarbonizacji i spiekania.

Teoretyczna temperatura dekarbonizacji dolomitu, czyli temperatura rozkładu zawartych w nim węglanów wapnia i magnezu waha się według Le Chateliera [1] w granicach 765 do 895 °C. W praktyce temperatury dysocjacji skały dolomitowej leżą w znacznie szerszym przedziale. Z rys. 1 [2] można odczytać, że

dolomit zaczyna się rozkładać przy temperaturze nieco wyższej niż 600 °C a końcowa faza rozkładu przypada na ok. 950 °C.

Końcowy produkt dekarbonizacji dolomitu stanowi mieszanina tlenków wapnia i magnezu, zanieczyszczona występującymi w złożu tlenkami (głównie SiO_2 , Fe_2O_3 i Al_2O_3). Czyste tlenki CaO i MgO tworzą wysokoogniotrwałą mieszaninę, posiadającą jedną eutektykę (58,2% CaO , 41,8% MgO) o temperaturze topnienia 2360 °C.



Rys. 1. Krzywa dysocjacji dolomitu

Tlenki wapnia i magnezu nie tworzą z sobą żadnych związków [3].

Ogrzewając dolomit powyżej temperatury dekarbonizacji otrzymujemy dolomit spieczony. Zależnie od rodzaju surowca i zawartości topników (głównie Fe_2O_3 i Al_2O_3) dolomit spieka się przy temperaturach 1400 do 1750 °C. Podczas spiekania zachodzi wiele reakcji chemicznych; powstają nowe minerały, eutektyki i roztwory stałe możliwe w ramach co najmniej 5-składnikowego układu $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Szczegółowa analiza tego układu stanowi zbyt szerokie i zawiłe zagadnienie, aby ją omawiać na tym miejscu. Wydaje się, że zamieszczone niżej ogólniejsze omówienie przemian fizyko-chemicznych dostatecznie wyjaśni zjawisko spiekania się dolomitu.

Przy temperaturach spiekania, tzn. powyżej 1400 °C, tworzą się nowe związki chemiczne o temperaturach topnienia leżących w zakresie 1415 do 1533 °C. Powstaje więc faza ciekła stanowiąca decydujący czynnik w procesie spiekania każdego materiału.

Do łatwo topliwych połączeń należy zaliczyć przede wszystkim brownmileryt ($4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) o temperaturze topnienia 1415 °C, żelazian dwuwapniowy ($2 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), dysocjujący przy 1455 °C na CaO i stop oraz glinian trójwapniowy ($3 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), zachowujący się podobnie jak $2 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ przy 1535 °C. Krzemionka tworzy z CaO początkowo $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, który przy istnieniu nadmiaru CaO przechodzi w krzemian trójwapniowy $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Obydwie reakcje przebiegają w fazie stałej.

Krzemian dwuwapniowy $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (65,1% CaO i 34,9% SiO_2) występuje w odmianach α , α' , β , β' i γ . Charakterystyczne dla tego minerału jest przejście przy 675 °C odmiany β lub przechłodzonej odmiany α w odmianę γ . Podczas przemiany zmniejsza się znacznie ciężar właściwy krzemianu (z 3,28 lub 3,27 na 2,97), na skutek czego objętość zwiększa się o 10%. Zjawisko to związane jest z rozsypaniem się materiału. Dotychczas nie udało się otrzymać czystego $\gamma - 2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ w postaci stopu trwałego w warunkach otoczenia.

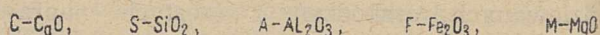
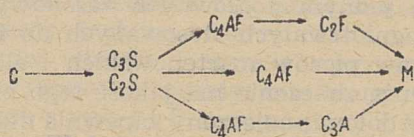
Krzemian trójwapniowy $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (73,7% CaO i 26,3% SiO_2) powstaje przez dosycenie krzemianu dwuwapniowego tlenkiem wapnia przy temperaturze ok. 1500 °C. Obszar trwałości $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ leży w granicach 125 do 1900 °C. Powyżej 1900 °C następuje rozpad na $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaO}$. Podobny rozpad zachodzi przy 1250 °C, przy czym szybkość reakcji zmniejsza się podczas chłodzenia a już przy 1100 °C prawie zupełnie zanika.

Z powyższego widać, że spieczony klinkier dolomitowy zawiera zawsze oprócz krzemianu trójwapniowego pewne ilości szkodliwego krzemianu dwuwapniowego. Szkodliwy wpływ $2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ polega, jak wspomniano, na dyspersji towarzyszącej przejściu odmiany β lub α w odmianę γ . Długoletnie badania wielu uczonych dowiodły, że odmianę $\beta - 2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

można stabilizować nieznacznym (0,5 do 1,0%) dodatkiem Cr_2O_3 , P_2O_5 , As_2O_5 , V_2O_5 , B_2O_3 lub MnO . Na tej zasadzie oparta jest produkcja tzw. dolomitu stabilizowanego. Jeżeli spieczony klinkier dolomitowy zawiera mało SiO_2 , powstaje nieznaczna ilość $\beta - 2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Jego przejście w odmianę γ utrudnione jest po części przez działanie naturalnych domieszek stabilizatorów (głównie MnO), a po części przez cementujące działanie zakrzepłej fazy ciekłej. Należy podkreślić, że może to zachodzić tylko w razie nieznacznych zanieczyszczeń skały dolomitowej krzemionką, wystarczającej zawartości topników i dostatecznie wysokiej temperatury spiekania warunkującej oprócz powstawania fazy ciekłej również nasycenie krzemianu dwuwapniowego tlenkiem wapnia na $3 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. W przeciwnym razie, zwłaszcza gdy krzemionka występuje w dolomicie w postaci skupień (przerosty, kawerny), powstaje w strefie chłodzenia pieca nadmierna ilość pyłu ($\gamma - 2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), a sam klinkier traci własności mechaniczne wskutek rozsadzania odłamków od wewnątrz, przy czym zwiększa się automatycznie ich porowatość i zmniejsza ciężar objętościowy.

Ostatni z tlenków omawianego tu układu $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, tj. tlenek magnezu, nie tworzy podczas spiekania dolomitu żadnych połączeń i zachowuje postać peryklazu.

Na podstawie tej krótkiej charakterystyki przemian zachodzących w czasie spiekania dolomitu, jak również rozważań Rigby'ego, Richardsona i Balla [4] można ułożyć ogólny schemat reakcji tworzenia się głównych minerałów klinkieru dolomitowego:



Przebieg reakcji powstawania wymienionych w schemacie minerałów zależy od stosunku molarnego $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3}$

gdy $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} < 1$ tworzy się C, C_3S , C_2S , C_4AF , C_3A i M,

gdy $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1$ tworzy się C, C_3S , C_2S , C_4AF i M,

gdy $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} > 1$ tworzy się C, C_3S , C_2S , C_4AF , C_2F i M

Należy dodać, że przy wypalaniu i spiekaniu dolomitu nie osiąga się całkowitej równowagi, wymienione połączenia nie tworzą się zatem ilościowo. Oprócz tego między powstającymi minerałami a CaO i MgO tworzą się roztwory stałe i eutektyki. Wziąwszy pod uwagę proces spiekania, należy wymienić układy [5]:

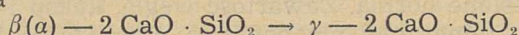
$MgO - 4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ o punkcie eutektycznym przy $1350^\circ C$

$CaO - 4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ o punkcie eutektycznym przy $1394^\circ C$

$3 CaO \cdot SiO_2 - 4 CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ o punkcie eutektycznym przy $1347^\circ C$

Dolomit spieczony pod wpływem wilgotnego powietrza rozsypane się wskutek uwodnienia wolnego CaO; w mniejszym stopniu uczestniczy w tym MgO. Zjawisko to przy składzie chemicznym zwykłego dolomitu spieczonego jest nieuniknione, gdyż nawet w razie najodpowiedniejszego układu topników — tak jeśli idzie o produkcję klinkieru, jak i o jego zastosowanie w piecu martenowskim, pozostaje ok. 30% wolnego CaO, który wcześniej czy później ulega hydratacji pod wpływem wilgoci atmosferycznej i rozsypane się.

Jak widać, dolomit spieczony rozsypane się z dwóch przyczyn, których przy produkcji zwykłego klinkieru dolomitowego nie można wyeliminować, gdyż wynikają z natury surowca. Rozsypanie się klinkieru wskutek przejścia



można znacznie ograniczyć przez dobór surowca o odpowiednio małej i jak najrównomierniej rozłożonej zawartości SiO_2 . Oprócz tego surowiec powinien umożliwiać powstawanie dostatecznie dużej ilości fazy ciekłej, która hamuje dyspersję $\gamma - 2 CaO \cdot SiO_2$, a zarazem — dzięki temu samemu działaniu mechanicznemu — przedłuża trwałość i odporność dolomitu spieczonego na wpływy atmosferyczne. Trzeba pamiętać, że nadmierna ilość powstającej fazy ciekłej znacznie zmniejsza mechaniczną wytrzymałość materiału przy wysokich temperaturach. Ilość topników tworzących podczas spiekania fazę ciekłą powinna być dość znaczna, nie może wszakże przekraczać granicy uwarunkowanej ogniotrwałości spieczonego klinkieru pod obciążeniem. Zagadnienie to będzie szerzej omówione w następnym punkcie.

Własności dolomitów spieczonych używanych w hutnictwie

Przy ocenie własności dolomitów spieczonych do celów hutniczych należy brać pod uwagę zarówno wymagania hutnictwa stali jak i czynniki związane z technologią produkcji klinkieru dolomitowego. W obu przypadkach rozwiązania należy szukać przede wszystkim w drodze do-

Tablica 1

Charakterystyka składu chemicznego dolomitów spieczonych według GOST 309-41

Składniki, %	Klasy	
	I	II
MgO, co najmniej	32	28
SiO_2 co najwyżej	9	12
Straty prażenia co najwyżej	2	1,5

boru surowca o odpowiednim składzie chemicznym warunkującym technicznie osiągalną temperaturę spiekania, na co pewien wpływ wywiera również wielkość spiekanych odłamków i czas spiekania.

Hutników interesuje przede wszystkim skład chemiczny i własności mechaniczne klinkieru, których ocenę umożliwi stopień spieczenia wyrażany najczęściej ciężarem objętościowym. Wymagania hutników charakteryzuje w sposób krótki i zwięzły norma radziecka (GOST 309-41), według której do celów stalowniczych można używać tylko dolomitu, który w stanie spieczonym (prażonym) zawiera co najmniej 28% MgO i wykazuje ogniotrwałość zwykłą co najmniej $1770^\circ C$. Norma dzieli dolomity na dwie klasy, których charakterystykę zawiera tabl. 1.

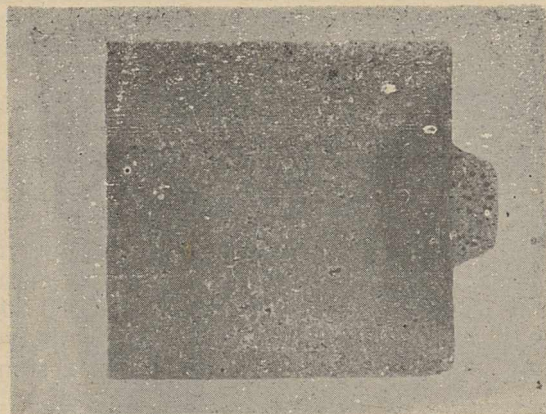
Wymagania naszego hutnictwa są nieco większe, zwłaszcza co do zawartości SiO_2 , która w produkcie spieczonym nie powinna przekraczać 5%. Z punktu widzenia hutnictwa stali ograniczenie to nie ma uzasadnienia. Ustalając powyższą liczbę kierowano się zapewne odpornością dolomitu na żużel i wpływ płynnej stali.

Należy tu przypomnieć, że zarówno dolomit jak i żużel martenowski należą do jednej grupy materiałów zasadowych, o dość znacznie zbliżonym współczynniku zasadowości, przy czym wszystkie tlenki (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO) są w obu przypadkach nasycone tlenkiem wapnia. Reakcje chemiczne między tego rodzaju substratami przebiegają w bardzo ograniczonym stopniu i korozja dolomitu nawet o większej zawartości SiO_2 jest nieznaczna. Najlepszym tego dowodem mogą być wyniki badania odporności wyrobów magnezytowych i dolomitowych na działanie zasadowego żużla martenowskiego (rys. 2 i 3).¹⁾ W obu przypadkach stosowano żużel martenowski o zasadowości 2,4 i składzie chemicznym: 16,19% SiO_2 , 17,73% Fe_2O_3 oraz 1,36% CaO.

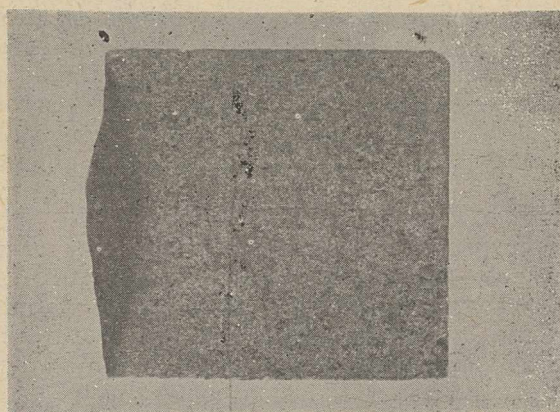
Rys. 2 przedstawia korozję materiału magnezytowego (magnezyt austriacki) ograniczającą się jedynie do nieznacznej strefy infiltracji żużla. Jest to zasadniczo wchłanianie tlenków żelaza przez mikropory peryklazu, gdzie tworzy się charakterystyczny dla wyrobów magnezytowych wysokoogniotrwały ($1770^\circ C$) magnezjoferryt $MgO \cdot Fe_2O_3$. Należy przypomnieć, że wyroby magnezytowe uważane są ogólnie za najlepszą i najodporniejszą na działanie żużla zasadową wykładzinę ogniotrwałą pieców martenowskich.

Rys. 3 przedstawia korozję dolomitu wskutek działania tego samego żużla. Badany dolomit zawiera 12,4% SiO_2 , 3,58% $Fe_2O_3 + Al_2O_3$, 42,75% CaO i 38,80% MgO. Obraz korodującego działania żużla na badany dolomit niewiele się różni od obrazu korozji materiału magnezytowego. Oprócz również ograniczonej w swym

¹⁾ Z badań F. Nadachowskiego. Zakład ceramiczny I. M.



Rys. 2. Badanie odporności na działanie żużla metodą pastylkową. Przekrój kształtki magnezytowej (3,08 % SiO_2 , 6,06 % Fe_2O_3 , 1,49 % Al_2O_3 , 2,45 % CaO , 86,40 % MgO). Żużel martenowski o stopniu zasadowości 2,4. Temperatura pomiaru 1550 °C (3 godz)



Rys. 3. Badanie odporności na działanie żużla metodą pastylkową. Przekrój kształtki z dolomitu stabilizowanego (12,4 % SiO_2 , 3,58 % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$, 42,75 % CaO , 33,80 % MgO). Żużel martenowski o stopniu zasadowości 2,4. Temperatura pomiaru 1550 °C (3 godz)

zasięgu strefy infiltracji można zauważyć nieznacznie korozję właściwą, wyrażającą się przejściem niewielkiej ilości dolomitu do ciekłej fazy żużla. W porównaniu z innymi materiałami zasadowymi, np. z forsterytem (rys.4), korozja dolomitu o dość znacznej zawartości SiO_2 (12,4%) jest bardzo ograniczona i praktycznie biorąc nie powinna zagrażać trwałości i odporności tego materiału w piecu martenowskim.

Inny rodzaj korozji możliwej w piecu martenowskim, tj. korozja wskutek działania płynnej stali jest również ograniczona, gdyż w reakcji wymiany CaO z krzemianów wapnia zawartych w dolomicie może brać udział tylko tlenek żelaza Fe_2O_3 , który na granicy dolomitu (trzon pieca) i płynnej stali może powstawać w niewielkich ilościach tylko w pierwszej fazie użytkowania nowego trzonu. Powstaje wówczas nieznaczna ilość łatwo topliwych żelazianów wapnia.

Ponieważ sam skład chemiczny nic nie mówi o stopniu spieczenia klinkieru, co wydaje się bardzo istotne jeżeli idzie o ocenę jakości produktu, gdyż dolomit dobrze spieczony, jeśli na-

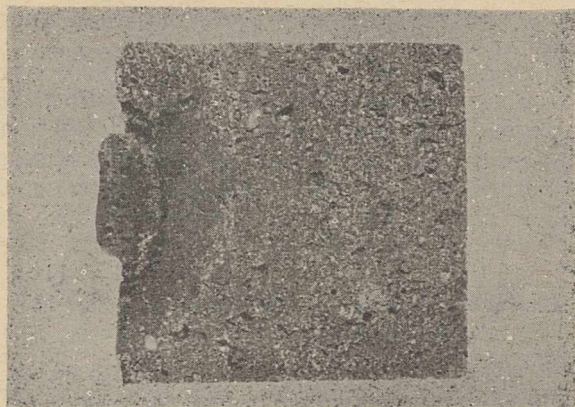
wet ma gorszy skład chemiczny, wykazuje zazwyczaj lepsze własności od dolomitu słabo spieczonego o przewidzianym normą składzie, należy przy ocenie dolomitu spieczonego przyjmując również ciężar objętościowy jako kryterium stopnia spieczenia. Według Chestersa [5] ciężar objętościowy wypalanych dolomitów waha się w granicach 1,82 do 3,10 g/cm^3 . Dolomit można uważać za spieczony, gdy jego ciężar objętościowy wynosi co najmniej 2,60 g/cm^3 . Ciężar objętościowy dobrze spieczonych dolomitów powinien wynosić ok. 3 g/cm^3 .

Inne kryterium spieczenia stanowi czas rozsypania się klinkieru pod wpływem działania wilgoci zawartej w powietrzu atmosferycznym. Dobrze spieczony dolomit nie powinien w tych warunkach rozsypany się wcześniej niż po upływie 60 do 90 dni. Kontrola jakości produktu tym sposobem nie ma oczywiście praktycznego znaczenia i jako obowiązujący należy przyjąć sposób Chestersa.

Dostarczany hutom klinkier dolomitowy powinien wykazywać odpowiednie uziarnienie, określone normą. Zawartość węgla, koksu i obcych minerałów nie powinna przekraczać 1%, a ilość niedopałów w I gatunku powinna być ograniczona do 3%, w II gatunku do 6%.

Jeżeli idzie o proces spiekania, dzieli się dolomity zależnie od składu chemicznego i temperatury spiekania. Co się tyczy chemicznego składu surowca, uwagę należy zwracać przede wszystkim na zawartość topników, a zwłaszcza na ilość Fe_2O_3 i Al_2O_3 . Potapienko [6] podaje zależność temperatury spiekania od zawartości topników (tabl. 2). Tablica 3 zawiera podobną klasyfikację opracowaną przez Szymborskiego i Pawłowskiego [7] na podstawie badania krajowych dolomitów hutniczych; klasyfikacja ta jest bardzo zbliżona do klasyfikacji Potapienki. Niederleuthner [1] podaje zestawienie analiz chemicznych surowych dolomitów, które najlepiej nadają się do spiekania (tabl. 4).

Wysoki stopień spieczenia przy technicznie dostępnych temperaturach oraz wymagany



Rys. 4. Badanie odporności na działanie żużla metodą pastylkową. Przekrój kształtki forsterytowej (27,77 % SiO_2 , 6,75 % Fe_2O_3 , 1,25 % Al_2O_3 , 1,35 % CaO , 62,30 % MgO). Żużel martenowski o stopniu zasadowości 2,4. Temperatura pomiaru 1550 °C (3 godz)

Tablica 2
Zależność temperatury spiekania od zawartości $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ według Potapienki

$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ %	Temperatura spiekania °C
powyżej 3	1460
2 ÷ 3	1560
1 ÷ 2	1650
poniżej 1	powyżej 1700

Tablica 3
Zależność temperatury spiekania od składu chemicznego dolomitów surowych według Szymborskiego i Pawłowskiego

Klasa	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$ %	$Fe_2O_3 + Al_2O_3 + SiO_2$ %	Temperatura spiekania °C
I	poniżej 1	poniżej 2	powyżej 1700
II	1 ÷ 2	1 ÷ 3	1650
III	2 ÷ 3	3 ÷ 5	1550
IV	3 ÷ 5	5 ÷ 7	1500
V	powyżej 5	powyżej 7	1450

Tablica 4
Skład chemiczny dolomitów surowych najlepiej nadających się do produkcji dolomitu spieczonego, %

Dolomity	Zachodnio-niemieckie Zakłady Wapiennicze w Kolonii	Wartości średnie	USA
$CaCO_3$	55,33	—	—
CaO	—	30,0	28,0 ÷ 35,0
$MgCO_3$	42,07	—	—
MgO	—	17,0 ÷ 20,0	15,0 ÷ 20,0
SiO_2	—	0,75 ÷ 1,75	1,0 ÷ 5,0
Al_2O_3	0,86	1,0 ÷ 4,0	0,5 ÷ 3,0
Fe_2O_3	0,34	—	0,7 ÷ 5,7
CO_2	—	46,0 ÷ 48,0	43,0 ÷ 46,0

obecnie przez hutników skład chemiczny wykazują dolomity kwalifikujące się do III i IV klasy ogólnej klasyfikacji dolomitów krajowych (tabl. 3), tj. dolomity surowe zawierające od 2 do 5% podstawowych topników $Fe_2O_3 + Al_2O_3$. Większa zawartość topników znacznie pogarsza własności mechaniczne klinkieru przy wysokich temperaturach, powstaje bowiem nadmierna ilość fazy ciekłej, która znacznie obniża punkt mięknięcia materiału.

Wobec ujemnego wpływu nadmiaru SiO_2 na przebieg procesu spiekania (rozsypywanie się klinkieru wskutek dyspersji $\gamma - 2 CaO \cdot SiO_2$ i powstawanie nadmiernej ilości pyłu) zawartość krzemionki, zwłaszcza jeżeli ta występuje w postaci skupień, tj. siatkowych żył, przerostów lub kawern, nie powinna przekraczać 2,5% [8]. W razie większej zawartości SiO_2 surowiec musi zawierać również dużo $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ (powyżej 5%), aby tworzący się stop mógł mechanicznie cementować rozsypujący się krzemian dwuwapniowy. Duża zawartość topników obniża wprawdzie temperaturę spiekania,

zarazem jednak — jak już wspomniano — obniża punkt mięknięcia materiału.

Do produkcji dolomitu spieczonego należy używać surowca zawierającego poniżej 2,5% SiO_2 , w żadnym zaś razie nie wolno używać surowca o większej zawartości krzemionki, jeśli ta występuje w skupieniach rozsianych po całym złożu albo jeśli większej jej zawartości towarzyszy brak topników ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$ poniżej 2%). Są to zasadnicze powody, dla których produkcję dolomitów spieczonych do celów stalowni należy opierać na surowcu o małej zawartości krzemionki.

Przemysłowa produkcja dolomitu spieczonego

Do produkcji dolomitu spieczonego stosuje się u nas przeważnie piece szybowe. W ostatnich latach zastosowano do tego celu również piec obrotowy, który dostarcza dolomitu spieczonego wysokiej jakości (c. obj. 3,15 g/cm³), prawie zupełnie nie zawierającego niedopałów. Ogólnie biorąc, najlepszy dolomit spieczony otrzymuje się z pieców obrotowych, bardzo mało ustępuje mu w dobroci produkt zmechanizowanych pieców szybowych, znacznie natomiast gorszy jest produkt pieców szybowych obsługiwanych ręcznie.

Produkcja dolomitu spieczonego wymaga stałej kontroli technicznej pieca, procesu technologicznego oraz jakości surowca i produktu.

Co się tyczy pieców, uwagę należy zwracać na wykładzinę ogniotrwałą, wystarczająco duży podmuch i ilość powietrza oraz na szczelność dolnych części pieca, tj. automatycznych śluz lub drzwi do ręcznego odbierania spieczonego

Tablica 5
Bilans cieplny (technicznie osiągalny) procesu spiekania dolomitów w piecach szybowych i obrotowych

Zapotrzebowanie ciepła	Piec obrotowy		Piec szybowy	
	kcal kg dolomitu spieczonego	%	kcal kg dolomitu spieczonego	%
Teoretyczne ciepło wypalania i spiekania	720	53,5	720	67,4
Straty ciepłe w wychodzącym materiale	17	1,3	17	1,7
Straty ciepłe w uchodzących spalinach	170	13,1	151	14,2
Straty ciepłe przez przewodnictwo, konwekcję i promieniowanie	400	29,8	150	13,9
Straty ciepłe w pyłe wskutek niedopałania paliwa itp. (reszta)	30	2,3	30	2,8
Razem	1337	100,0	1068	100,0

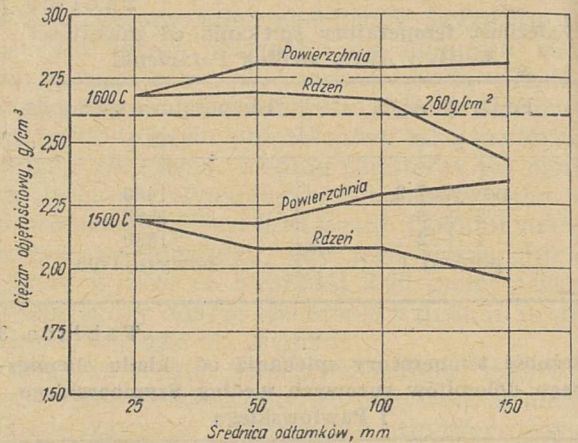
materiału. Piece do spiekania dolomitu powinny mieć ogniotrwałe wyłożenie z materiału zasadowego, co zapobiega nadmiernej i szybkiej korozji obmurza. Najlepszym materiałem są niewątpliwie wyroby magnezytowe niewrażliwe na zmiany temperatury. W razie ich braku stosuje się przeważnie kształtki z dolomitu smołowanego lub taką samą ubijaną masę. Bardzo dobre są wprowadzone u nas ostatnio wyroby magnezytowo-forsterytowe. Można przypuszczać, że bardzo dobrze będą pracowały również kształtki z wprowadzanego obecnie dolomitu stabilizowanego. Należy unikać wyrobów szamotowych, które przy wyższych temperaturach (1400 do 1500 °C) intensywnie reagują ze spiekającym dolomitem.

Ciśnienie dmuchu powietrza w piecach szybowych powinno wynosić około 300 mm słupa wody, a ilość powietrza powinna być ściśle obliczona w stosunku do ilości spalanego koksu. Nadmiar powietrza powinien wynosić 1,2 do 1,5.

Technicznie osiągalny bilans cieplny procesu spiekania dolomitu w piecach szybowych i obrotowych podano w tabl. 5 [9]. Praktyczne zużycie ciepła do spiekania dolomitu w czynnych dziś piecach obrotowych wynosi około 2200 kcal/kg spieczonego materiału (około 30% pyłu węglowego), w zmechanizowanych piecach szybowych około 1500 kcal/kg (około 25% koksu), a w ręcznie obsługiwanych piecach szybowych około 2100 kcal/kg (około 31% koksu). Spiekanie dolomitów przy zastosowaniu paliw stałych powoduje zanieczyszczenia wypalonego produktu popiołem. Przeciętnie przechodzi do materiału spieczonego około 2,5% popiołu. Na skutek tego zawartość topników i zanieczyszczeń w dolomicie spieczonym wzrasta średnio o 0,3% Fe_2O_3 , 0,8% Al_2O_3 i 1,2% SiO_2 . Składniki te koncentrują się w kilkumilimetrowej warstwie powierzchniowej zmieniając jej skład chemiczny w znacznym stopniu. Z tym wiąże się zjawisko rozsypywania się produktu reakcji popiołu i do-

Tablica 6
Wydajność krajowych pieców szybowych do produkcji dolomitu spieczonego przy użyciu koksu jako paliwa.
Temperatura wypalania 1500 °C

		Piec		
		1	2	3
Charakterystyka pieca:				
średnica, m		1,5	2,1	3,2
wysokość, m		5,5	7,5	12,0
przekrój, m ²		1,77	3,46	8,05
objętość, m ³		9,75	26,00	96,60
Ciężenie dmuchu, mm słupa wody		150	250	300
Obsługa		ręczna	ręczna	mechaniczna
Wydajność	t/m ³ . 24 h	1,12	1,23	0,95
	t/m ² . h	0,26	0,38	0,47



Rys. 5. Stopień spiekania dolomitu zależnie od średnicy odłamek

lomitu wskutek powstawania $\gamma - 2 CaO \cdot SiO_2$. Zjawisko to występuje szczególnie jaskrawo przy 1400 do 1500 °C. Przy wyższych temperaturach (1600 °C) powstaje więcej fazy ciekłej ($3 CaO \cdot Al_2O_3$), która cementuje mechanicznie rozsypujący się krzemian dwuwapniowy i tym samym zapobiega łuszczeniu się powierzchni odłamek.

Dalsze badania wpływu popiołu z koksu [8] prowadzą do wniosku, że powierzchniowa infiltracja popiołu nie podwyższa stopnia spiekania dolomitu, a nawet nieznacznie go obniża. Należy zatem stwierdzić, że paliwo w postaci węgla lub koksu źle wpływa zarówno na proces spiekania jak i na jakość produktu. Fakt ten przemawia za stosowaniem paliwa gazowego (gaz czadnicowy, kokсовy, ziemny).

Na przebieg procesu spiekania dodatnio wpływa regularne zasypywanie surowego wsadu. Piec powinien być stale wypełniony do najwyższego osiągalnego poziomu. Dlatego — pominiwszy piece obrotowe — najsprawniej pracują zmechanizowane piece szybowe. Z pieców szybowych obsługiwanych ręcznie należy odbierać spieczony materiał co 1,5 lub co 2 godz. W takich samych okresach należy zasypywać surowy materiał. Sposób ten zapobiega powstawaniu niebezpiecznych narostów oraz zawisów i zbliża proces do ciągłego, co znacznie przyczynia się do zwiększenia wydajności pieców. Piec powinien być pod stałą kontrolą techniczną; w sposób ciągły należy kontrolować co najmniej ciśnienie dmuchu, ilość powietrza oraz temperaturę spalin i odbieranego materiału. Według Comtea [10] suma strat cieplnych pieca szybowego pracującego bez kontroli wynosi 79,5%, natomiast bilans cieplny takiego samego pieca pracującego pod kontrolą wykazuje sumę strat cieplnych wynoszącą tylko 44,3%.

Wydajność pieców szybowych do spiekania dolomitu podano w tabl. 6.

Surowiec powinien mieć odpowiedni skład chemiczny (klasy III i IV, tabl. 3) i nie powinien zawierać zanieczyszczeń w postaci innych minerałów, jak kwarc, kalcyt, gips lub wapień dolo-

mityczny. Oprócz czystości szczególnej uwagi wymaga granulacja surowca wsadowego. Na podstawie dość wnikliwych badań [8] stwierdzono, że całkowite spieczenie dolomitu (powierzchni i rdzenia odłamka) w ciągu 2 do 4 godz (czas przebywania materiału w strefie spiekania) można uzyskać w razie uziarnienia mniejszego niż 100 mm. Twierdzenie to uzasadnia rys. 5, na którym przedstawiono zależność między uziarnieniem a stopniem spieczenia (ciężarem objętościowym) powierzchni i rdzenia odłamka dolomitu spiekającego się przy 1600 °C. Wykresy wykazują wyraźną rozbieżność między ciężarem objętościowym rdzenia odłamków a ciężarem objętościowym ich powierzchni. Podobne wykresy dotyczą również dolomitów spiekających się przy niższych temperaturach.

Dostateczny przepływ gazów w piecu szymbowym zapewnia stosowanie frakcji powyżej 25 mm. Idealny sposób spiekania stanowi wypalanie zwężonych zakresów granulacji, np. 25 do 50 mm, 50 do 75 mm i 75 do 100 mm w osobnych piecach. W ten sposób można znacznie zwiększyć wydajność całego zespołu pieców prażalni.

Kontrola jakości produktu powinna obejmować oprócz własności określonych normą rów-

niez ciężar objętościowy, jako jedyne wyraźne kryterium stopnia spieczenia. Stopień spieczenia można wyrażać bądź tylko ciężarem objętościowym, który powinien wynosić co najmniej 2,60 g/cm³, bądź ułamkiem, którego licznik stanowi największy osiągalny ciężar objętościowy dolomitów spieczonych (3,25 g/cm³), a mianownik — oznaczony ciężar objętościowy badanego produktu. W tym przypadku stopień spieczenia powinien być wyższy od 0,80.

Literatura

1. R. Niederleuthner. Unbildsame Rohstoffe keramischer Massen, Lipsk 1928.
2. F. Harders, H. Grewe. Stahl u. Eisen 1950, str. 134.
3. G. A. Rankin, F. E. Wright. J. Amer. Cer. Soc. 1915, str. 1.
4. G. R. Rigby, M. H. Richardson, F. Ball. Trans. Brit. Cer. Soc. 1947, str. 313.
5. D. H. Chesters. Ognieupory w staleplawilnom proizvodstwie (tłum. z ang.), Moskwa 1948.
6. R. P. Budnikow. Technologie kjeramiki i ognieuporow. Moskwa 1950.
7. W. Szymborski, S. Pawłowski. Sprawozdanie I. M. nr 204 (1951).
8. S. Pawłowski. Sprawozdanie I. M. nr 344 (1952).
9. W. Anselm. Radex-Rundschau 1950, str. 3.
10. J. Comte. Revue des materiaux 1950, str. 417.

NOWOŚCI Z DZIEDZINY HUTNICTWA

MATERIAŁY OGNIOTRWAŁE

Reakcje zachodzące między różnymi typami materiałów ogniotrwałych przy wysokich temperaturach

Piece przemysłowe budowane są najczęściej z kilku typów materiałów ogniotrwałych. Materiały te dobiera się według ich specyficznych własności, tak aby jak najlepiej odpowiadały warunkom panującym w poszczególnych częściach pieca. Znajomość reakcji, które zachodzą przy temperaturach roboczych na powierzchni styku różnych gatunków cegieł ogniotrwałych, może być bardzo pomocna w praktyce hutniczej. Wyniki systematycznych badań nad tym zagadnieniem ogłoszono niedawno w prasie amerykańskiej.¹⁾ Podajemy je poniżej w obszernym streszczeniu.

Uwagi ogólne. Reakcje chemiczne występują na granicy styku materiałów ogniotrwałych różnych typów przy temperaturach odpowiadających temperaturom topnienia mieszanin eutektycznych głównych składników tych materiałów. Tak np. temperatura eutektyczna w układzie Al₂O₃ - SiO₂ odpowiada 1545 °C, MgO - SiO₂ 1543 °C, MgO - Al₂O₃ - SiO₂ 1345 °C; w porównaniu z temperaturami eutektycznymi tych stosunkowo łatwo topliwych mieszanin, temperatura eutektyczna między MgO a Al₂O₃ jest wysoka, wynosi bowiem 1925 °C.

Niezależnie od reakcji między tlenkami stanowiącymi główne składniki poszczególnych gatunków materiałów ogniotrwałych, wewnątrz każdego ogniotrwałego tworzywa już wcześniej powstają pewne ilości fazy ciekłej, w której gromadzi się większość zanieczyszczeń znaj-

dujących się w materiale. Ta faza ciekła wywiera często znacznie większy wpływ na wzajemne reakcje między odmiennymi gatunkami wyrobów niż stopy eutektyczne utworzone na granicy ich styku.

Przy danej temperaturze fazy ciekłe wewnątrz rozmaitych tworzyw ogniotrwałych różnią się ilością, składem i lepkością. W miarę wzrostu temperatury zwiększa się ilość ciekłego stopu i staje się on zwykle bardziej płynny.

Faza ciekła o małej lepkości może spływać w dół (pod działaniem siły ciężkości) oraz dyfundować w innych kierunkach i przechodzić na sąsiednie cegły (pod wpływem sił włoskowatych w porach).

Jaki jest ogólny przebieg tych przemian w różnych gatunkach wyrobów ogniotrwałych? W materiałach szamotowych ciekły stop powstaje już powyżej 1000 °C, ale jego lepkość w szerokim zakresie temperatury jest tak duża, że zachowuje się on niemal jak ciało stałe.

Również w ceglach krzemionkowych wywiązuje się przy temperaturach roboczych pewna ilość fazy ciekłej. Wzrasta ona znacznie powyżej 1600 °C, przy czym stop staje się na tyle płynny, że z łatwością dyfunduje we wszystkich kierunkach pod działaniem sił włoskowatych.

Cegły chromitowe składają się głównie z wysokoogniotrwałych spineli (Mg, Fe)O · (Cr, Al, Fe)₂O₃, osadzonych w spoiwie łatwiej topliwych krzemianów magnezu. Przy wysokich temperaturach krzemiany te topią się i tworzą łatwo płynne ciecze.

W materiałach chromitowo-magnezytowych część tlenku magnezu reaguje z częścią krzemianów magne-

¹⁾ L. A. Mc Gill i J. Spotts Mc Dowell. Reaction Temperatures Between Refractories, Am. Ceram. Soc. Bull. 1951, str. 425.

Tablica 1

Przybliżony skład chemiczny badanych cegieł¹⁾

Oznaczenie	Typ cegły	Skład chemiczny %							
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Cr ₂ O ₃	inne tlenki
1	Szametowa wysokiej jakości	54,0	39,0	2,3					4,7
2	Mulitowa (70% Al ₂ O ₃)	23,2	69,8	3,5					3,5
3	Korundowa (90% Al ₂ O ₃)	8,5	90,0	ślady					1,5
4	Krzemionkowa	96,3	0,8	0,6		2,2			0,2
5	Chromitowa	4,5	28,0		14,5		18,0	34,0	1,0
6	Magnezytowa	4,0	1,5		3,0		87,0	ślady	4,5
7	Forsterytowa	33,0	1,5		9,0		53,0	1,5	2,0
8	Chromitowo-magnezytowa wypalana	6,0	12,5		14,5	1,3	35,3	30,1	0,2
9	Chromitowo-magnezytowa chemicznie wiązana	2,4	9,6		14,6	1,0	45,3	21,6	5,6

1) Zawartość składników w pozycjach nie wypełnionych podana jest łącznie w rubryce „inne tlenki”. Podstawowy skład chemiczny cegieł 8 i 9 jest przeciętnie spotykanym składem typowym, ponieważ w oryginalnym artykule brak ich składów chemicznych.

Tablica 2

Reakcje cegieł chromitowo-magnezytowych chemicznie wiązanych z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą chromitowo-magnezytową chemicznie wiązana	Temperatura reakcji, °C			
	1500	1600	1650	1700
1	0	S	S ¹⁾	
2	0	S	S ²⁾	N ³⁾
3	0	O ⁴⁾	S ⁵⁾	S
4	0	S ⁶⁾	S ⁷⁾	
7	0	0	S	S ⁸⁾

1) Cegła chromitowo-magnezytowa lekko wgłębiona w szametową.

2) Cegła chromitowo-magnezytowa lekko wgłębiona w mulitową.

3) Cegła chromitowo-magnezytowa lekko wgłębiona w mulitową (ok. 3 mm).

4) Cegła korundowa silnie zabarwiona.

5) Cegły lekko zlepione.

6) Zmianie uległa jedynie cegła krzemionkowa, której powierzchnia pokryła się szkliwem do głębokości ok. 1,5 mm.

7) Cegła chromitowo-magnezytowa wgłębiona w krzemionkową (ok. 0,8 mm).

8) Cegła chromitowo-magnezytowa lekko wgłębiona w forsterytową.

zu, dając wysokoogniotrwały minerał forsteryt. W związku z tym ilość powstającej w tym tworzywie fazy ciekłej jest zazwyczaj znacznie mniejsza niż w ceglach czysto chromitowych.

W wyrobach magnezytowych ilość ciekłych stopów tworzących się przy wysokich temperaturach zależy od wzajemnego stosunku ilościowego zawartych w tworzywie domieszek CaO, SiO₂ oraz Al₂O₃.

Metodyka badań i wyniki. W celu przestudiowania reakcji zachodzących przy wysokich temperaturach między różnymi gatunkami materiałów ogniotrwałych, przeprowadzono serię prób laboratoryjnych, do których użyto prostek o wymiarach 229 × 115 × 64 mm. Połówki prostek różnych gatunków, umieszczone jedna na drugiej, ogrzewano w piecu gazowym do tempera-

Tablica 3

Reakcje cegieł forsterytowych z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą forsterytową	Temperatura reakcji, °C			
	1500	1600	1650	1700
1	S	N	N	
2		O ¹⁾	S ²⁾	N ³⁾
3		O ⁴⁾	S ⁵⁾	N ³⁾
4	O	S	S ⁷⁾	N ³⁾
5	O ³⁾	S ¹⁰⁾	S	
6			O	N ¹¹⁾
8			O	O
9			O	S ¹²⁾

1) W pewnych warunkach ruchowych zaobserwowano niszczącą reakcję.

2) Cegła forsterytowa lekko zeszkłona na powierzchni styku.

3) Utworzenie się wielkich ilości stopu; cegła mulitowa wgłębiona w forsterytową (ok. 25 mm).

4) Cegła forsterytowa lekko zeszkłona na powierzchni styku; korundowa zabarwiona.

5) Obie cegły zeszkłone na powierzchni styku.

6) Cegła korundowa wgłębiona w forsterytową (ok. 1,5 mm).

7) Cegła forsterytowa lekko wgłębiona w krzemionkową.

8) Powierzchnia zetknięcia obu cegieł uległa zeszkleniu.

9) Cegła forsterytowa zabarwiona na powierzchni styku.

10) Cegły lekko zlepione.

11) Cegła magnezytowa wgłębiona w forsterytową (ok. 1,5 mm).

12) Cegła chromitowo-magnezytowa lekko wgłębiona w forsterytową.

tur 1400, 1600 i 1700 °C przy stałym wzroście temperatury w atmosferze utleniającej. Temperaturę końcową utrzymywano przez 5 godz. Każdą próbę wykonywano 2 razy, zmieniając położenie badanych prostek, aby określić, czy wywiera ono wpływ na przebieg obserwowanych reakcji.

Skład chemiczny badanych materiałów podano w tabl. 1. Wyniki właściwych badań zestawiono w tabl.

Tablica 4

Reakcje cegieł magnezytowych z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą magnezytową	Temperatura reakcji °C				
	1400	1500	1600	1650	1700
1	S	N ¹⁾	N ²⁾		
2	O	S)	S	S ⁴⁾	N ⁵⁾
3	O	O	S ⁶⁾	N ¹⁾	N ²⁾
4	O	S ⁹⁾	N ¹⁾		
5			O	B	S
7				O	O
8				O	O

1) Utworzenie się lekko płynnego żuźla.

2) Około połowa cegły szamotowej ożuzłowana i stopiona.

3) Cegły zlepione.

4) Cegła magnezytowa lekko wgłębiona w mulitową.

5) Obie cegły ożuzłowane na powierzchni styku na głębokość ok. 3 mm.

6) Cegła korundowa lekko wklęsnięta na powierzchni styku.

7) Powierzchnia cegły korundowej silnie wklęsła; cegła magnezytowa uległa jedynie lekkiej zmianie barwy na powierzchni styku.

8) Lekkie spęczenie cegły korundowej na powierzchni styku; cegła magnezytowa lekko wgłębiona w korundową.

9) Cegła magnezytowa lekko wgłębiona w krzemionkową.

10) Obie cegły silnie ożuzłowane na powierzchni styku.

11) Cegła magnezytowa wgłębiona w forsterytową (ok. 1,5 mm).

Tablica 5

Reakcje cegieł mulitowych (70% Al₂O₃) z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą mulitową (70% Al ₂ O ₃)	Temperatura reakcji, °C			
	1500	1600	1650	1700
1			O	
4		S	S ¹⁾	2)
5	O ³⁾	S	S)	
6	S ¹⁾	S	S ⁶⁾	N ⁷⁾
7		O ³⁾	S	N ²⁾
8	O	B	S	N ¹⁰⁾
9	O	S	S ¹¹⁾	N ¹²⁾

1) Zmianie uległa cegła krzemionkowa; cegły lekko zlepione.

2) Przy temperaturze 1680 °C reakcja nie miała jeszcze charakteru niszczącego.

3) Cegła mulitowa zabarwiona na powierzchni zekłnięcia.

4) Zmianie uległa cegła mulitowa.

5) Cegły zlepione.

6) Cegła magnezytowa lekko wgłębiona w mulitową.

7) Obie cegły ożuzłowane na powierzchni styku na głębokość ok. 3 mm.

8) W pewnych warunkach ruchowych zaobserwowano niszczącą reakcję.

9) Utworzenie dużych ilości stopu; cegła mulitowa wgłębiona w forsterytową (ok. 25 mm).

10) Utworzenie pewnej ilości stopu; cegła chromitowo-magnezytowa wgłębiona w mulitową (ok. 1,5 mm).

11) Cegła chromitowo-magnezytowa lekko wgłębiona w mulitową.

12) Cegła chromitowo-magnezytowa wgłębiona w mulitową (ok. 3 mm).

Tablica 6

Reakcje cegieł chromitowych z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą chromitową	Temperatura reakcji, °C			
	1500	1600	1650	1700
1	0	S	S ¹⁾	
2	0	S	S ²⁾	
3			O ³⁾	B S
4			0	S
6			0	B S
7	O ⁴⁾	S ⁵⁾	S	

1) Cegła chromitowa wgłębiona w szamotową.

2) Zmianie uległa cegła mulitowa.

3) Cegły lekko zlepione, cegła korundowa zabarwiona na powierzchni styku.

4) Zmiana barwy cegły forsterytowej na powierzchni styku.

5) Cegły lekko zlepione.

Tablica 7

Reakcje cegieł szamotowych wysokiej jakości z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą szamotową	Temperatura reakcji, °C			
	1400	1500	1600	1650
2				O
3				O
4		S ¹⁾	N ²⁾	N ¹⁾
5	O	O ⁴⁾	B	S ³⁾
6	S	N ⁵⁾	N ⁷⁾	
7	O	S	N	N
8		O	B	S
9		O	B	S ⁸⁾

1) Cegły lekko zlepione.

2) Cegły silnie zlepione, szamotowa lekko wgłębiona w krzemionkową.

3) Jak wyżej (na 3 do 6 mm).

4) Zmiana barwy cegły szamotowej na powierzchni styku.

5) Cegła chromitowa lekko wgłębiona w szamotową.

6) Utworzenie się lekko płynnego stopu.

7) Około połowy cegły szamotowej uległo ożuzłowaniu i stopieniu.

8) Cegła chromitowo-magnezytowa lekko wgłębiona w szamotową.

Tablica 8

Reakcje cegieł chromitowo-magnezytowych (wypalanych) z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą chromitowo-magnezytową (wypalaną)	Temperatura reakcji, °C			
	1500	1600	1650	1700
1	O	B	S	
2	O	S	S	N ¹⁾
3	O	O ²⁾	O	S
4	O	S ³⁾	S)	
6			O	O
7	O	O	O	O

1) Cegła chromitowo-magnezytowa wgłębiona w mulitową (ok. 1,5 mm).

2) Cegła korundowa zabarwiona na powierzchni styku.

3) Zmianie uległa cegła krzemionkowa.

Tablica 9

Reakcje cegieł krzemionkowych z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą krzemionkową	Temperatura reakcji, °C			
	1500	1600	1650	1700
1	S ¹⁾	N ²⁾	N ³⁾	5)
2	O	S	S ⁴⁾	
3		O ⁶⁾	S ⁷⁾	
5		O	S	
6	S ⁸⁾	N ⁹⁾		
7	O	S	S ¹⁰⁾	N
8	O	S ¹¹⁾	S	
9	O	S ¹²⁾	S ¹³⁾	

- 1) Cegły lekko zlepione.
- 2) Cegły silnie zlepione, szamotowa lekko wgłębiona w krzemionkową.
- 3) Cegły silnie zlepione, szamotowa wgłębiona w krzemionkową (3—6 mm).
- 4) Cegły lekko zlepione; zmianie uległa cegła krzemionkowa.
- 5) Przy temperaturze 1680 °C reakcja nie miała jeszcze charakteru niszcącego.
- 6) Cegła krzemionkowa lekko zeszlona na powierzchni styku.
- 7) Jak wyżej (nieco silniej).
- 8) Cegła magnezytowa lekko wgłębiona w krzemionkową.
- 9) Obie cegły silnie ożużlowane na powierzchni styku.
- 10) Cegła forsterytowa lekko wgłębiona w krzemionkową.
- 11) Zmianie uległa tylko cegła krzemionkowa.
- 12) Cegła krzemionkowa zeszlona na powierzchni styku.
- 13) Cegła chromitowo-magnezytowa nie zmieniona, wgłębiona w krzemionkową (ok. 0,8 mm).

2—10, określając intensywność zaobserwowanych procesów słowami: „Brak reakcji“ (O), „Bardzo słaba reakcja“ (B), „Słaba reakcja“ (S) i „Reakcja niszcząca“ (N).

Nie należy zapominać, że zgromadzony w warunkach laboratoryjnych materiał doświadczalny może dać jedynie ogólne wskazówki co do zachowania się badanych

Tablica 10

Reakcje cegieł korundowych (90% Al₂O₃) z innymi typami materiałów ogniotrwałych

Typ cegły w kontakcie z cegłą korundową (90% Al ₂ O ₃)	Temperatura reakcji, °C			
	1500	1600	1650	1700
1			O	
4			B ¹⁾	
5		O	B	S
6	O	S ²⁾	N ⁴⁾	N ⁵⁾
7		O	B ⁶⁾	N ⁷⁾
8		O	S	S
9		O ⁸⁾	B	S

- 1) Cegła krzemionkowa zeszlona na powierzchni styku.
- 2) Cegły lekko zlepione, korundowa zabarwiona na powierzchni styku.
- 3) Cegła magnezytowa nie zmieniona, korundowa lekko wklęsnięta na powierzchni styku.
- 4) Powierzchnia cegły korundowej silnie wklęsła, cegła magnezytowa uległa jedynie lekkiej zmianie barwy na powierzchni styku.
- 5) Lekkie spęczenie cegły korundowej na powierzchni styku.
- 6) Powierzchnie obu cegieł zeszlone.
- 7) Cegła korundowa wgłębiona w forsterytowa (ok. 1,5 mm).
- 8) Cegła korundowa zabarwiona na powierzchni styku.

cegieł w warunkach ruchowych. W piecu przemysłowym, prócz znacznie dłuższego czasu działania wysokiej temperatury, występują dodatkowo wpływy żużli, par i gazów redukujących, a ponadto cegła ogniotrwała podlega nieraz dość znacznym ciśnieniom. Czynniki te składają się bez wątpienia na obniżenie granicznej temperatury, przy której dane dwa gatunki wyrobów podlegają szkodliwej wzajemnej reakcji. Oprócz tego ściany pieców przemysłowych ogrzewane są tylko jednostronnie, co sprawia, że znaczna część cegły pracuje przy temperaturze niższej niż podczas badań laboratoryjnych.

F. Nadachowski

WALCOWNICTWO

Nowe konstrukcje samotoków

Znany kilka rodzajów konstrukcji samotoków. Najczęściej rolki samotoków są wykonane z żeliwa lub stalowa, rzadziej natomiast z blachy. Ostatnio zastosowano z dużym powodzeniem produkcję rolek samotoków ze stalowych rur.¹⁾ W artykule tym podane są dwa rozwiązania konstrukcyjne dotyczące rolek samotoków transportowych.

W celu porównania dawnych konstrukcji z nowymi podano na rys. 1 rolę dawniej konstrukcji przeznaczoną do samotoku walcarki blach średnich. Rolka ta składa się ze stalowej beczki z zalanymi czopami. Waży ona około 1750 kg.

Wykonanie rolki jest kosztowne i połączone z dużymi trudnościami, odlew taki jest bowiem zbyt duży, aby można go formować maszynowo, wskutek czego wykonanie modelu i formy znacznie podraża koszty produkcji. Z kolei odlew czyści się, obcina nadlew, a następnie obrabia mechanicznie, przy czym grubość skrawanej warstwy dochodzi do około 20 mm.

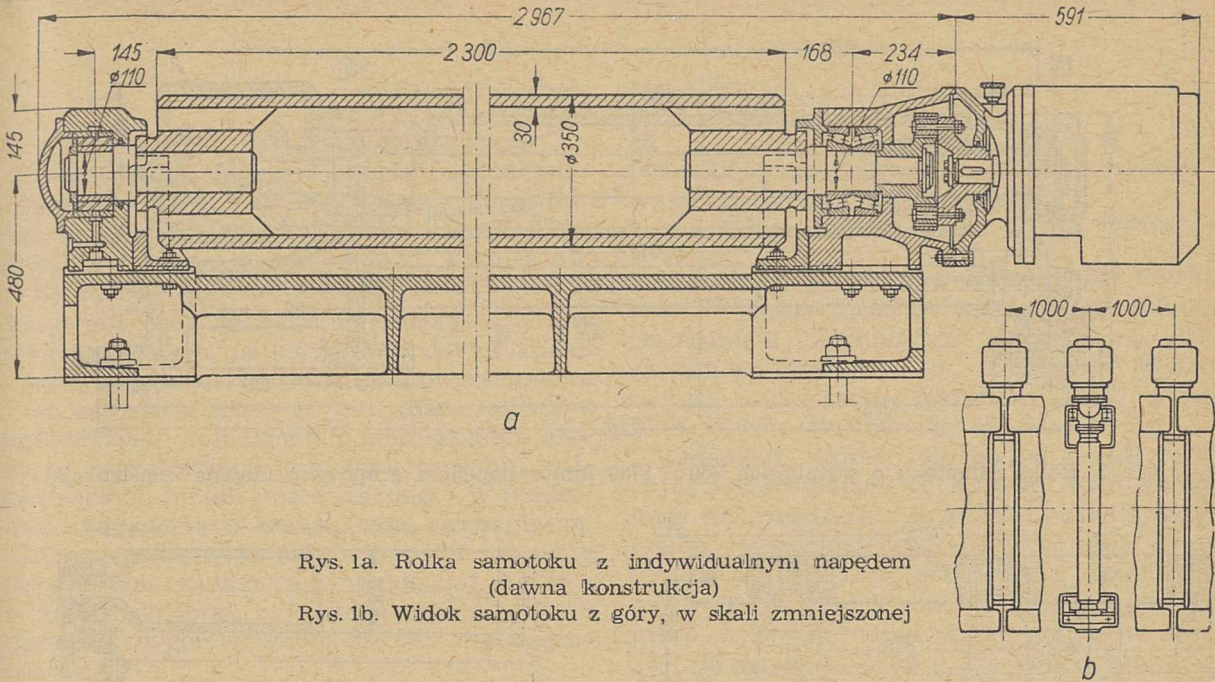
Ścianki odlewu są zawsze różnej grubości i dlatego rolka musi być wyważana, co osiąga się przez naspanie mniejszych lub większych nakładek na wewnętrznej powierzchni rolki. Podczas pracy samotoku nakładki te bardzo często odrywają się i wpadając między zęby przekładni niszczą je.

Zbyt kosztowną produkcją rolek stalowych zmusiła konstruktorów do szukania nowych rozwiązań.

Przykładem nowej konstrukcji jest rys. 2 przedstawiający rolę samotoku transportowego z indywidualnym napędem wykonaną z grubościenną walcowaną stalową rurą. Wymiary rolki: 250 × 1100 mm.

Rura stalowa miała jako półprodukt ściśle określoną długość. Końce tej rury zostały na drodze przeróbki plastycznej wykształcone w formie czopów do łożysk i koła zębatego. Przy przeróbce plastycznej pozostawiono pewne minimalne naddatki (ok. 5 mm) na

¹⁾ Wiestnik Maszynostrojennija 1951, str. 18.



Rys. 1a. Rolka samotoku z indywidualnym napędem (dawna konstrukcja)
 Rys. 1b. Widok samotoku z góry, w skali zmniejszonej

obróbkę mechaniczną, co znacznie skróciło czas skrawania w porównaniu z obróbką rolek stalowych. Również wyważanie rolek w przypadku produkcji z rur stalowych okazało się zbyteczne.

Dalszymi zaletami nowej konstrukcji są:

1. mniejsza średnica rolki, co pozwoliło znacznie zmniejszyć ciężar całego urządzenia,
2. możliwość zmiany odlewanej ramy fundamentowej na spawaną, co również obniża całkowity ciężar,
3. koszt produkcji rolek samotoku na drodze obróbki plastycznej jest znacznie mniejszy niż ich odlewanie ze staliwa,
4. nowa konstrukcja jest prostsza i składa się z mniejszej liczby części, dzięki czemu cykl produkcyjny rolek ulega znacznemu skróceniu,
5. w nowej konstrukcji zastosowano silnik o mocy 2 kW i $n = 970$ obr./min, co w porównaniu z dawnym silnikiem o $n = 135$ obr./min dało duże oszczędności w roboczogodzinach.

Dane charakterystyczne nowej konstrukcji:

stosunek przekładni reduktora	8,8
szybkość obwodowa samotoków w m/sek	1,74
liczba obrotów rolki/min	132,7
liczba obrotów silnika/min	970
moc silnika w kW	2

Drugie rozwiązanie konstrukcyjne dotyczy samotoku transportowego z napędem grupowym.

Aby należycie rozumieć zalety nowego samotoku podano na rys. 3 dawną konstrukcję samotoku przeznaczonego do transportu gorących wlewków płaskich w walcowni blach średnich i cienkich.

Konstrukcje tych samotoków były bardzo różne, trudne w wykonaniu, a przy uruchomieniu produkcji seryjnych natrafiano na duże trudności.

Podstawowymi częściami składowymi samotoku przedstawionego na rys. 3 są: rama fundamentowa 1, rolka o wymiarach 350×1780 mm 2 i napęd 3. Zarówno rama fundamentowa jak i rolka wykonane są ze staliwa.

Rama samotoku składa się z czterech części połączonych z sobą poprzeczkami. W kierunku poprzecznym rama usztywniona jest poprzeczkami i stalowymi rurami rozporowymi 4.

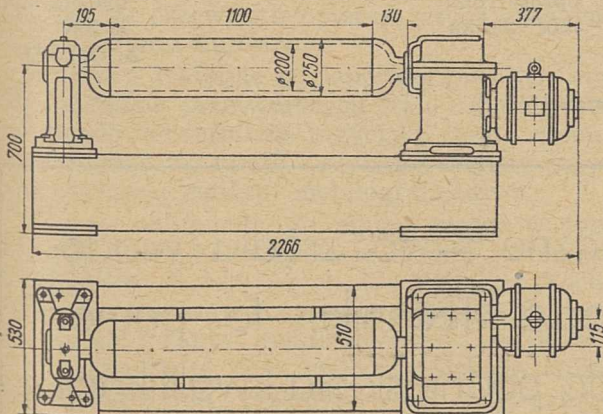
Kadłub reduktora przykryty jest żeliwną pokrywą 5. Rolki samotoku są wewnątrz puste. Wał rolki umieszczony jest pionowo w formie odlewniczej. Zalewa się go staliwem, tak że po odlewie tworzy on jedną całość z rolką.

Rolki napędza silnik przez dwustopniowy reduktor kół zębatych oraz wał z kołami stożkowymi.

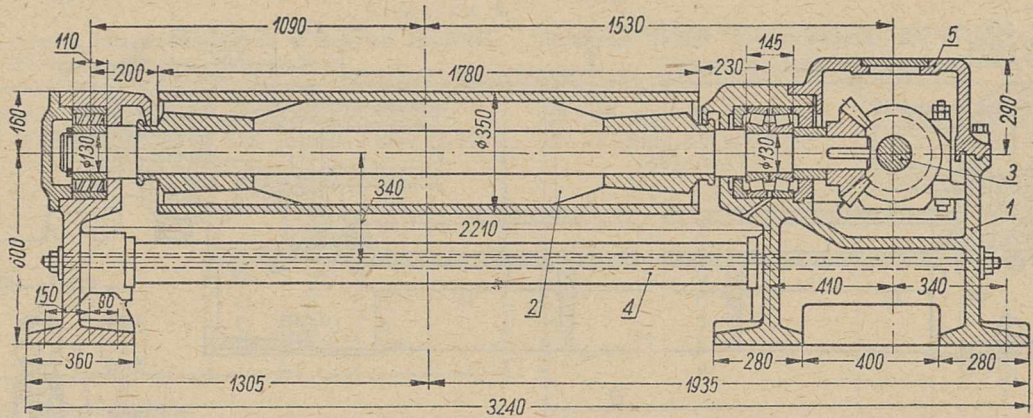
Dane charakterystyczne dotyczące samotoku podanego na rys. 3:

maksymalny ciężar transportowanego wlewka	3,5 t
szybkość przesuwu (wlewków na samotoku)	1,5 m/sek
odległość między rolnkami	750 mm
długość samotoku (odległość między osiami skrajnych rolek)	10 500 mm

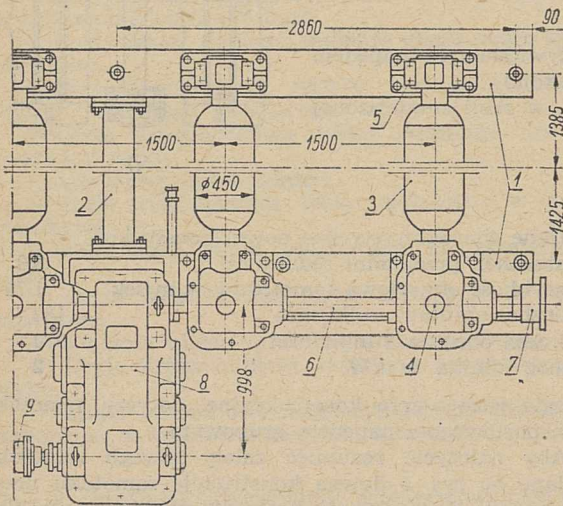
Wszystkie części samotoku są odlewane, co znacznie utrudnia produkcję rolek i czyni ją bardzo drogą.



Rys. 2. Rolka samotoku o wymiarach 250×1100 mm z indywidualnym napędem (nowa konstrukcja)



Rys. 3. Rolka samotoku o wymiarach 350 × 1780 mm z napędem grupowym (dawna konstrukcja)

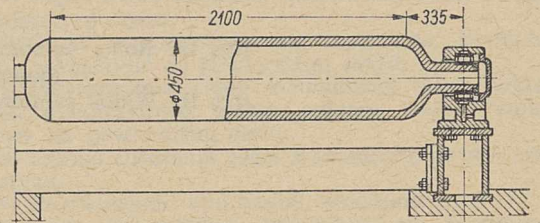


Rys. 4. Część samotoku transportowego z napędem grupowym (nowa konstrukcja)

Chcąc zaradzić złu, opracowano nową konstrukcję samotoków transportowych z napędem grupowym pokazaną na rys. 4.

Konstrukcja ta składa się z ramy fundamentowej 1 usztywnionej poprzeczkami 2, rolek 3, przekładni kół zębatach stożkowych 4, łożysk 5, wału 6, sprzęgła 7, przekładni kół zębatach czołowych 8 oraz wału silnika 9.

Rama samotoku jest spawana. Wykonana jest ze zwykłej walcowanej stali i składa się z dwóch belek połączonych z sobą poprzeczkami z rur, które na koń-



Rys. 5. Przekrój poprzeczny samotoku

cach są zaopatrzone w pierścienie z otworami w celu przymocowania do belek za pomocą śrub.

Skrzynki reduktorów oraz kadłuby łożysk wykonane są z żeliwa. Konstrukcja ich jest bardzo prosta, dzięki czemu można stosować przy ich wykonaniu formowanie maszynowe.

Rys. 5 przedstawia rolkę samotoku wykonaną z grubościenną walcowaną rurą stalową, której końce wykształcone są przez kucie jako czopy do łożysk i koła zębatego.

Wykonując rolki samotoków według konstrukcji podanej na rys. 4 i 5 uzyskuje się znacznie krótszy czas produkcji, która prócz tego jest tańsza i prostsza.

Dane charakterystyczne dla konstrukcji podanej na rys. 4:

maksymalny ciężar transportowanego wlewka	4,1 t
szybkość przesuwu wlewków na samotoku	2,57 m/sek
odległość między rolkami	1500 mm
obroty rolki	109 obr./min
moc silnika	56 kW.

A. Galanty

Książki i czasopisma techniczne — to źródła wiadomości o najnowszym postępie techniki, to pomoc w pracy zawodowej, środek do podniesienia kwalifikacji, droga do awansu

WŚRÓD KSIĄŻEK

Elektrolityczne polerowanie szlifów metalograficznych. Mgr inż. Kazimierz Mandybur i mgr inż. Jerzy Ogerman. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 75, rys. 55, tabl. 15, cena 9 zł.

Elektrolityczna metoda polerowania szlifów metalograficznych, jakkolwiek od dawna znana za granicą, jest jeszcze mało rozpowszechniona w laboratoriach naszych hut oraz zakładów przetwórczych stali i metali nieżelaznych. Metoda ta, niezastąpiona przy wykonywaniu szlifów miękkich metali, ma duże zalety w porównaniu z używaną u nas metodą mechaniczną, z zadowoleniem więc należy powitać wydanie owej broszury, zwłaszcza że w polskiej literaturze technicznej brak było dotąd prac popularyzujących przygotowywanie szlifów metalograficznych.

Autorzy, nie zapuszczając się głębiej w teoretyczne wywody, omówili na wstępie zalety procesu elektrolitycznego polerowania i dzieje jego rozwoju, podając zarazem szczegółowy opis stosowanych przez nich w normalnej pracy laboratoryjnej urządzeń tudzież niektórych aparatów używanych za granicą.

Treść broszury stanowi dokładne rozpatrzenie czynników wpływających na wynik polerowania i wyszczególnienie stosowanych elektroli- tów jak również krytyczne omówienie jego zależności od polerowanego materiału (różne gatunki stali oraz niektóre metale nieżelazne i ich stopy).

Broszura, o której mowa, ma dużą wartość użytkową dla pracowników laboratoriów metalograficznych. Znajdą w niej oni wiele cennych wskazówek ułatwiających zainstalowanie w ich pracowniach stosunkowo prostego urządzenia oraz należyte jego wykorzystanie. Wskazówki te, dotyczące zarówno doboru najodpowiedniejszego dla danego celu elektrolitu jak i warunków samego polerowania, mają tym większą wartość, że przeważnie opierają się na własnym doświadczeniu autorów.

Broszura trafiając do laboratoriów hut czy też zakładów przetwórczych stali i metali nieżelaznych niewątpliwie przyczyni się do spopularyzowania tej taniej i szybkiej metody przygotowywania szlifów metalograficznych.

Należy nadmienić, że mniej więcej w tym samym czasie ukazała się w druku, staraniem i nakładem Państwowych Wydawnictw Technicznych, broszura inż. Janusza Dobrowolskiego pt. „Polerowanie elektrolityczne“, w której autor omawia tę samą metodę, jednakże raczej w zastosowaniu przemysłowym, poświęcając niewiele miejsca samemu polerowaniu szlifów metalograficznych.

Obie te broszury wzajemnie się uzupełniają, dając łącznie ogólniejsze pojęcie o pożyteczności

i możliwościach używania opisanej metody do wykończania powierzchni metali.

Wł. Haczewski

II Kongres Inżynierów i Techników Polskich oraz III Walny Zjazd Delegatów NOT. Naczelna Organizacja Techniczna i Centralna Rada Związków Zawodowych. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format 21 × 27 cm, str. 160, fot. 50, cena w opr. 3 zł.

Zadaniem, którego się podjął zespół redakcyjny opracowujący tę książkę, było szczegółowe sprawozdanie z przebiegu obrad i przytoczenie wszystkich przemówień oraz głosów dyskusyjnych, aby przedstawić czytelnikom możliwie jak najdokładniej bilans dorobku Kongresu, który się odbył w Warszawie w dniach 28 i 29 września 1952 r. Na końcu książki zamieszczono liczne fotografie, bądź poszczególnych mówców, bądź fragmentów sali obrad, bądź wreszcie wspaniałych budowli socjalistycznych powstających dzięki twórczym wysiłkom polskich inżynierów, techników i robotników.

Książka zawiera teksty następujących kolejnych przemówień: przemówienia Prezydenta Bolesława Bieruta o roli inteligencji technicznej w budownictwie socjalistycznym, przemówienia wygłoszonego przez prof. Witolda Wierzbickiego podczas otwarcia obrad Kongresu, przemówienie przewodniczącego Kongresu ministra Bolesława Rumińskiego, referat wiceprzewodniczącego Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego ministra Eugeniusza Szyra, referat przewodniczącego CRZZ Wiktora Kłosiewicza tudzież artykuł zastępcy prezesa Rady Ministrów Stefana Jędrzychowskiego pt. „Nasze wielkie budowle — duma i chluba narodu“.

Następnie zostały przytoczone w całości wypowiedzi uczestników Kongresu biorących udział w dyskusji a w streszczeniu wypowiedzi nie wygłoszone, wreszcie podsumowanie obrad Kongresu przez min. B. Rumińskiego oraz tekst listu uczestników Kongresu do Prezydenta Bolesława Bieruta i rezolucję II Kongresu Inżynierów i Techników Polskich.

Druga część książki przynosi sprawozdanie z III Walnego Zjazdu Delegatów NOT obejmujące zagajenie wygłoszone przez prezesa NOT min. B. Rumińskiego, referat sprawozdawczy sekretarza generalnego NOT, streszczenie dyskusji i skład osobowy nowych władz NOT.

Przejrzysty układ treści, trafny dobór ilustracji i urozmaicony układ graficzny czynią z omawianej tu przez nas książki cenną pozycję, stanowiącą dla licznych rzesz polskich inżynierów i techników, którzy nie brali udziału w Kongresie, nader interesującą i pożyteczną lekturę.

Ze względu na niezwykłą doniosłość Kongresu dla dalszego rozwoju naszej techniki i naszego przemysłu książka dająca wierny obraz przebiegu Kongresu powinna się znaleźć we wszystkich bibliotekach zakładów przemysłowych czy też instytucji naukowych oraz w bibliotekach wszystkich polskich inżynierów i techników.

A. Ligocki

Energetyka w hutnictwie. Stefan Kowalski. Państwowe Wydawnictwo Popularno-Naukowe „Wiedza Powszechna”. Warszawa 1952. Str. 79, rys. 47, cena 6 zł 75 gr.

Tendencje popularyzacyjne w dziedzinie nauk technicznych są dziś bardzo silne zarówno w ZSRR jak i na Zachodzie. Idzie o to, aby fachowcom i szerokim rzeszom niefachowców dać przystępnie wyłożony, właściwy i prawdziwy pogląd na pewien określony dział techniki.

Ponieważ hutnictwo żelaza należy do największych konsumentów energii, słusznie w okresie jego potężnej rozbudowy w Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej poruszone zostało przez autora omawianej tu książki zagadnienie gospodarki energetycznej w hutnictwie. Na wstępie swej broszury autor charakteryzuje pracę głównych wydziałów nowoczesnej huty surowcowej o pełnym cyklu produkcyjnym, a następnie rozpatruje, w jaki sposób rozwój historyczny hutnictwa wywoływał po każdym wielkim wynalazku z zakresu procesów hutniczych radykalne zmiany również w gospodarce energetycznej hut. Jednocześnie i postępy w dziedzinie ogólnej energetyki (zwłaszcza wprowadzenie napędu parowego i elektrycznego) wywarły olbrzymi wpływ na rozwój samego hutnictwa. Na tym ogólnym tle autor wprowadza czytelników w zagadnienia gospodarki gazowej i elektrycznej w hutach. W końcowych rozdziałach książki analizuje on możliwości wyzyskania ciepła odpadowego w hutnictwie i podkreśla racjonalny rozwój gospodarki energetycznej w ustroju socjalistycznym w porównaniu z rozwojem jej w ustroju kapitalistycznym.

W „Energetyce w hutnictwie” zbyt mało miejsca poświęcono omówieniu właściwego tematu. Czytelnik nie znajduje w tej książce obrazu całości gospodarki energetycznej hut żelaza. W szczególności książeczka za mało uwzględnia rolę innych rodzajów energii (para, dmuch, woda), mocne powiązanie z sobą wszelkich nośników energii oraz konieczność stworzenia właściwych buforów energetycznych jak również wybitnie skojarzony charakter gospodarki energetycznej hut z energetyką całego kraju. Co gorsza, w książce znajduje się dość dużo mylnych informacji dotkliwie pomniejszających jej wartość. Tak np. prażenie rud (str. 7) usuwa nie tylko wilgoć i wodę higroskopijną, lecz rozkłada węglany i usuwa siarkę. Strumień gazów przepływający przez wielki piec ulega zasadniczym zmianom chemicznym, a nie przechodzi po prostu przez całą wysokość pieca (str. 9).

Wielki piec nie przetwarza 80% energii cieplnej zawartej w koksie na energię zawartą w gazie wielkopieczowym (str. 29), lecz tylko 50 — 60%. W książce o energetyce nie należy podawać wartości opałowej gazów w „Kaloriach na m³” (str. 30). Normalny gaz czadnicowy ma znacznie niższą wartość opałową niż 2000 kcal/Nm³ (str. 30). Gaz wielkopieczowy nie może być spalany bez innych domieszek we wszystkich piecach (str. 32). Czas koksovania wynosi w warunkach polskich więcej niż 13 — 18 godzin (str. 34). Wbrew twierdzeniom autora wypowiedzianym przez niego na str. 39 napęd parowy jest najbardziej wskazany dla turbodmuchaw wielkopieczowych i dla ekshaustorów w koksowni. Koryta wsadowe w stalowni nie są żeliwne (str. 56). Nowoczesne piece przepychowe wykazują znacznie większą sprawność niż 10 — 30% (str. 69). Zgniatacz nie walcuje wlewków na kęsy (str. 15).

Część rysunków, np. rys. 1, 20, 31 i 40, nie odpowiada potrzebom czytelników tego rodzaju książek, gdyż są one albo zbyt skomplikowane, albo też nie ilustrują we właściwy sposób omawianych urządzeń.

Z. Warczewski

Kurs technologii budowy maszyn. (Kurs technologii maszynostrojennia.) Prof. dr nauk technicznych A. Sokołowski. Przetłumaczył z języka rosyjskiego inż. mgr Marian Rogoziński. Część I. Ogólne zagadnienia technologii obróbki mechanicznej. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format B5, str. 430, rys. 200, tabl. 31, cena 49 zł.

Niezbędnym warunkiem prawidłowego rozwoju przemysłu jest opanowanie procesów produkcyjnych i jednocześnie uwzględnienie postępu zarówno w metodach produkcji jak i w organizacji. Z warunku tego wynika konieczność dokładnej znajomości istoty procesów produkcyjnych i zasad ich opracowywania zależnie od wielkości produkcji, jej rodzaju, posiadanych środków, zastosowanej metody obróbki itp. Sprawa postawienia na odpowiednim poziomie technologii i postępu technicznego w zakładach przemysłowych należy do zadań pionu technologicznego a osiągnięcie dodatnich wyników uzależnione jest od inicjatywy kierownictwa i od kwalifikacji personelu nabywającego je w szkołach, na kursach i dzięki studiowaniu literatury technicznej.

Omawiana tu przez nas książka jest rzadkością, gdy idzie o wszechstronne oświetlenie i ujęcie zagadnienia w ramach jednej pracy. Tematem jej jest najważniejsza część procesu produkcyjnego, mianowicie proces technologiczny, a zwłaszcza obróbka skrawaniem. W pracy tej znajdujemy poza tym wiele definicji, które powinny się przyczynić do ustalenia terminów używanych w technologii.

W rozdziale pierwszym autor zapoznaje czytelnika z zasadniczymi pojęciami związanymi z procesem produkcyjnym, jak operacja, zabieg i czynność, podając ogólne zasady opracowywa-

nia procesów technologicznych tudzież opis dokumentacji technologicznej i instrukcyjnej. Po scharakteryzowaniu procesów typowych rozważa on najpierw postępowanie przy typizacji procesów a następnie zagadnienia, z którymi ma do czynienia technolog przy opracowywaniu procesów technologicznych, a więc technologii i konstrukcji, łączenia i dzielenia operacji oraz kolejności obróbki. Zasady te zostały przedstawione w sposób jasny i zwięzły; podkreślono przy tym znaczenie racjonalizacji konstrukcji z punktu widzenia technologii, np. przez normalizację części i zespołów. Mówiąc o wydajności obróbki autor zalicza do ważnych środków mających na celu powiększenie tej wydajności stosowanie tzw. koncentracji mechanicznej i technologicznej (jednoczesnej obróbki kilku narzędziami). Przykładem konstrukcji obrabiarek dla skoncentrowanych operacji jest obrabiarka Mult-au-Matic.

W rozdziale drugim autor zdefiniował warunki, którym powinien czynić zadość prawidłowo zaprojektowany proces technologiczny, streszczające się w zapewnieniu żądanej jakości wyrobów, osiągnięciu dużej wydajności maszyn oraz pracy ludzi i w ekonomicznej produkcji. Co się tyczy związku między czasem obróbki mechanicznej a wydajnością, dokonana tu została szczegółowa analiza czynników wpływających na skrócenie czasu maszynowego i pomocniczego, jak organizacja stanowiska pracy, centralne ostrzenie narzędzi i wprowadzenie wielowarsztatowości. W charakterystyce pracy wielowarsztatowej autor podkreślił związek owej pracy z automatyzacją, poświęcając jej obszerniejszy ustęp. Następnie poruszył on wpływ rodzaju produkcji (jednostkowa, seryjna, masowa) na proces technologiczny; porównanie różnych rodzajów produkcji autor przedstawił w postaci tablicy. Szczegółowemu omówieniu poddał on także produkcję potokową i zasady jej organizacji. Tu również znajduje czytelnik opis kilku metod służących do oceny ekonomicznej strony procesu technologicznego. Zakończenie tego rozdziału stanowi sprawa doboru obrabiarek do produkcji tudzież podkreślenie korzyści uzyskiwanych przez zastosowanie obrabiarek zespołowych, kombajnów i obrabiarek przenośnych.

W rozdziale trzecim rozpatrywane jest interesujące zagadnienie sztywności układu obrabiarka — narzędzie — przedmiot. Po opisanie środków stosowanych w celu uzyskania większej sztywności poszczególnych elementów wspomnianego wyżej układu, autor przytacza wzór na wyznaczenie sztywności i podaje konkretne przykłady rachunkowe. Z kolei został omówiony wybór warunków skrawania zależnie od sztywności układu wpływającej na jakość i dokładność obróbki. Podane też zostały wzory do obliczania wielkości posuwu i czasu obróbki jednostki powierzchni zależnie od sztywności obrabiarek. Obszerniejszy ustęp poświęcił autor drganiom występującym podczas skrawania.

Rozdział czwarty zapoczątkowuje zagadnienie dokładności obróbki. Uwzględniono tu kształt, wymiary i wzajemne rozmieszczenie części tudzież przyczyny niedokładności obróbki, jak niedokładność samej obrabiarki, narzędzia i przyrządów oraz odkształcenie układu obrabiarka — narzędzie — przedmiot. Obszernie została potraktowana w tym rozdziale kwestia chropowatości powierzchni (kryteria gładkości, metody pomiaru gładkości i normy GOST dotyczące klasyfikacji gładkości powierzchni). Dalej znajduje czytelnik omówienie wpływu metody obróbki na stan warstwy powierzchniowej.

Rozdział piąty zawiera przedstawienie błędów obróbki oparte na rachunku prawdopodobieństwa i opis metod stosowanych do określania tych błędów. Następnie została wyjaśniona zależność między dokładnością a kosztem obróbki i wreszcie podane zostały zasady nastawiania obrabiarek oraz narzędzi i kontroli ustawienia według sztuk próbnych i uniwersalnych przyrządów pomiarowych. W zakończeniu tego rozdziału znajdujemy opis przyrządów do pomiarów obrabianego przedmiotu podczas samej obróbki.

W rozdziale szóstym autor rozpatrzył zagadnienie doboru podstaw konstrukcyjnych oraz technologicznych i zapoznał czytelnika z rodzajami tych podstaw i z ich znaczeniem w procesie obróbki mechanicznej. Po przeanalizowaniu sprawy ustawienia obrabianego przedmiotu autor przechodzi do geometrycznej analizy procesu technologicznego. W ustępie tym zapoznajemy się z przeliczaniem wymiarów w wypadkach zmiany podstaw, z obliczaniem dokładności wzajemnego położenia kilku powierzchni przedmiotu i wreszcie z obliczaniem naddatków na obróbkę. W końcu rozdziału autor podał schemat opracowania procesu technologicznego tudzież wskazówki dotyczące sporządzania planu obróbki w wypadkach, gdy ustalenie prawidłowego planu wymaga dużego nakładu pracy i wysokich kwalifikacji personelu. Zagadnienie to zostało wyjaśnione na licznych przykładach.

Rozdział siódmy (ostatni) zawiera zasady ustalania naddatków na obróbkę i charakterystykę wpływu ich wielkości na wydajność i ekonomiczną stronę obróbki. Na końcu podał autor tablice naddatków materiałowych dla odlewów, odkuwek i półfabrykatów z materiałów walcowanych.

W swym wszechstronnym i szczegółowym wykładzie o procesach technologicznych autor pominął zagadnienie biur technologicznych, z których organizacją, zakresem i wewnętrznym podziałem pracy czytelnik chętnie by się zapoznał. To samo dotyczy wzorów dokumentacji (przewodnik, karta technologiczna i karta instrukcyjna) przedstawionych jedynie w sposób opisowy. Poza tym zbyt słabo został podkreślony wpływ nowoczesnych metod obróbki na proces technologiczny oraz na koszt wytwarzania ściśle związane z zastosowaną technologią.

Kwestia sztywności układu obrabiarka — przedmiot — narzędzie została oświetlona zarówno jeżeli chodzi o sztywność części jak i o sztywność stykową. Autor podkreślił, iż sztywność zespołów można przez staranny montaż znacznie powiększyć, czego w praktyce naszej przeważnie nie bierze się pod uwagę.

Tłumaczenie książki jest poprawne, jej strona graficzna zasługuje na pochwałę.

W. Dukiet

Napęd elektryczny. *Zygmunt Gogolewski*, profesor Politechniki Śląskiej. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format B5, str. 391, rys. 352, tabl. 14, cena 53 zł.

Książka prof. Gogolewskiego, przeznaczona dla inżynierów i studentów szkół wyższych, podzielona jest na 31 rozdziałów traktujących o ogólnych warunkach pracy napędu, stanach przejściowych napędów, metodach obliczania napędów, o silnikach prądu stałego i zmiennego itd. Do napędów autor zalicza również urządzenia rozruchowe, regulacyjne i zabezpieczające oraz urządzenia, które zwiększają bezpieczeństwo pracy podczas obsługi napędów.

Szczególnie cenne są rozdziały, w których autor omawia tematy niemal niespotykane w naszym piśmiennictwie elektrotechnicznym. Tak np. w rozdziale czwartym autor analizuje cieplną stałą czasu silnika wykazując, jak ważna jest znajomość tej wielkości, gdy dobieramy silnik dla danego napędu. Niestety, w katalogach silników nie są podawane stałe czasu.

W rozdziale dziesiątym znajdujemy bardzo interesujące rozważania o stanach przejściowych w napędach silnikami z charakterystyką bocznikową. Wyprowadzone wzory matematyczne podbudowane podstawami fizycznymi zjawisk elektromagnetycznych występujących w stanach przejściowych pozwalają na dokładniejsze poznanie pracy silników. Dla czytelników rozdział ten byłby przejrzystszy, gdyby w tekście zostały podane wykresy oscylograficzne stanów przejściowych.

W rozdziale piętnastym rozpatrywane są zabezpieczenia silników. Zagadnienie to, pozornie

znane każdemu elektrykowi, wymaga specjalnego omówienia ze względu na ogromną liczbę silników pracujących dla gospodarki państwowej. W polskiej literaturze technicznej nieraz już poruszana była sprawa zabezpieczenia generatorów w elektrowniach, sieci elektrycznych i innych dużych obiektów elektrycznych, jednakże zabezpieczenie silników średniej i małej mocy traktowano dotąd powierzchownie i szablonowo. Praktyka wykazuje, że palenie się silników przedstawia poważną pozycję strat w gospodarce państwowej i że straty te można znacznie zmniejszyć stosując odpowiednie zabezpieczenia silników. Autor wykazuje, że silnik nieprzegrzewany powinien pracować około 25 lat bez przewinięcia. Okres ten wynosi wszakże niekiedy zaledwie kilka miesięcy, często na skutek zakorzenionego mniemania, że bezpieczniki topikowe stanowią wystarczające zabezpieczenie dla silników. Tymczasem według przepisów PNE przeciążalność bezpieczników dochodzi do 50% i więcej przez okres 1 godziny. Takich przeciążeń normalny silnik nie znieś bez nadwężenia izolacji.

Rozdział o zabezpieczeniach silników powinien być rozszerzony i wydany w postaci broszury dostępnej dla ogółu elektryków zatrudnionych w przemyśle.

Autor zwęził zagadnienie zabezpieczeń silników pomijając zabezpieczenia silników o dużej liczbie załączeń, zabezpieczenia różnicowe itp. W książce należałoby poświęcić więcej miejsca regulatorom i wzmacniakom maszynowym, jak amplidyny i rotorole, gdyż wzmacniaki maszynowe są w przemyśle coraz częściej instalowane a w języku polskim nie ma odpowiedniej literatury.

Ostatnie rozdziały swej książki przeznaczył autor na przegląd napędów specjalnych występujących w różnych przemysłach. Liczne przykłady w tekście obrazują praktyczny sposób wykorzystania wzorów matematycznych.

Książka prof. Gogolewskiego jest bardzo cennym nabytkiem naszej literatury technicznej pozwalającym inżynierom na pogłębienie ich wiadomości o napędach elektrycznych.

Wi. Karbownicki

Książka techniczna —

to codzienne pomocnicze narzędzia pracy

NOTATKI BIBLIOGRAFICZNE

Chłodnictwo. Prof. dr inż. Bohdan Stefanowski. Wydanie trzecie. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format B5, str. 367, rys. 276 oraz 4 wykresy poza tekstem, tabl. 70, cena 60 zł.

Treść. Wiadomości ogólne. — Teoria chłodziarek. — Konstrukcja chłodziarek. — Chłodzenie powietrza, cieczy i gazów oraz wyrób lodu. — Plan krążenia czynnika chłodniczego i układ przewodów. — Ochrona od strat zimna. — Chłodziarki w pracy. — Zastosowanie chłodnictwa. — Projektowanie urządzeń chłodniczych. — Obliczenia chłodnicze.

Trzecie wydanie wybornego klasycznego dzieła prof. Stefanowskiego uwzględniające najnowsze zdobycze techniki chłodzenia i mrożenia, która osiągnęła już wysoki stopień doskonałości i nadal stale a zarazem w szybkim tempie się rozwija, ukazało się we właściwym czasie, albowiem chłodnictwo stanowi w Planie 6-letnim Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej bardzo ważną pozycję. Znalazło ono nader rozległe zastosowanie między innymi w następujących dziedzinach przemysłu, wytwórczości i życia w ogóle: w przemyśle mięsny i rybnym, w młeczarstwie, maślarstwie, serowarstwie, jajczarstwie, sadownictwie, ogrodnictwie przemysłowym, piwowarstwie, w przemyśle chemicznym, rafineriach nafty i olejów mineralnych, górnictwie, budownictwie, w magazynowaniu oraz transporcie lądowym i morskim łatwo psujących się produktów spożywczych, w wytwórniach sztucznego lodu i lodów jadalnych, w laboratoriach i pracowniach naukowych, w zakładach medycyny sądowej i szpitalnictwie, klimatyzacji powietrza i lodowiskach, w gospodarstwie domowym itd.

Książka prof. Stefanowskiego została wydana z wielką pieczołowitością. Szczegółowy spis treści i tablic, skorowidz rzeczowy i żywa pagina w dużej mierze ułatwiają czytelnikowi znalezienie interesującego go tematu.

Szlifowanie bezkłowe. Mgr inż. Jan Tuszyński. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1953. Format A5, str. 110, rys. 106, tabl. 5, cena 5 zł 60 gr.

W książeczce tej, przeznaczonej dla wykwalifikowanych szlifierzy, mistrzów i techników, podano podstawowe wiadomości z zakresu szlifowania bezkłowego, budowy oraz pracy szlifierek bezkłowych i omówiono wady szlifowania bezkłowego tudzież sposoby ich unikania.

Piece koksownicze i ich obsługa. Inż. Tadeusz Kozłowski. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 95, rys. 37, cena 8 zł.

Treść. Krótki rys historyczny rozwoju techniki koksowania i konstrukcji pieców. — Nowoczesne piece koksownicze. — Maszyny, urządzenia pomocnicze i osprzęt pieców koksowniczych. — Obsługa i eksploatacja pieców koksowniczych.

Jest to bardzo wartościowa książeczka przeznaczona dla wykwalifikowanych robotników oraz niższego i średniego dozoru technicznego w koksowniach. Może ona być również bardzo pomocna uczniom szkół zawodowych przemysłu koksochemicznego.

Przygotowanie wsadu węglowego do pieców koksowniczych. Dr inż. Julian Nadziakiewicz. Państwowe

Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 57, rys. 15, cena 6 zł.

Treść. Wstęp. — Węgiel koksujący. — Dobór węgla do mieszanek wsadowych. — Przygotowanie mieszanek wsadowych. — Obsługa przenośników łańcuchowych. — Uruchomianie, zatrzymywanie i obsługa urządzeń węglowni. — Przepisy bezpieczeństwa pracy w węglowni. — Pobieranie prób węgla w koksowni.

Książeczka napisana jest w sposób jasny i może stanowić cenną pomoc dla niższego i średniego personelu technicznego oraz dla wykwalifikowanych robotników koksowni.

Szkody górnicze. Tomasz Klenczar. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Wydanie drugie, poprawione, z uzupełnieniem T. Kochmańskiego. Katowice 1952. Format A5, str. 224, rys. 74, tabl. 6, cena 14 zł.

Książka ta, ujmująca całokształt zagadnień dotyczących szkód górniczych wywołanych podziemnymi robotami górniczymi, przeznaczona jest dla inżynierów i techników przemysłu węglowego oraz rzeczoznawców zagadnień szkód górniczych.

Miatałurgia czuguna. (Metalurgia surówki.) N. I. Krasawcew. Moskwa 1952. Str. 639, rys. 290, tabl. 80, cena w opr. 8 zł.

Jest to wyborny, obszerny, nowoczesny podręcznik dla studentów wyższych uczelni technicznych, opinowany przez prof. dra A. D. Gotliba i prof. dra A. N. Pochwisniewa a opracowany do druku pod redakcją prof. dra A. P. Lubana.

Walcowanie stali. (Prókatka stali.) M. Ł. Zaroszczyński. Przełożył z języka rosyjskiego inż. Bogdan Marzęcki. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format B5, str. 390, rys. 287, tabl. 91, cena 82 zł.

Książka zawiera opisy procesów walcowania kęsisk kwadratowych, kęsisk płaskich i kęsów, sżyń i kształtowników ciężkich, prętów i kształtowników lekkich, walcówki, wstęg na rury zgrzewane i bednarki, stali jakościowych, blach grubych i cienkich, produkcji obręczy i kół oraz rur bez szwu i rur spawanych. W poszczególnych rozdziałach książki podano też niezbędne wiadomości o urządzeniach pomocniczych walcowni, kalibrowaniu walców, nagrzewaniu wlewków, wykończeniu szyn itd.

Poradnik technika normowania pracy. (Sprawocznik normirowszczyka.) W. W. Kieriekiesz i W. W. Waletow. Zeszyt 3. Normowanie czasu na roboty kowalskie. (Normowanie kuznieczno-sztampowocnych robot.) Przetłumaczył z języka rosyjskiego inż. Józef Weber. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format B5, str. 88, kart 55, tabl. 7, cena w opr. kart. 12 zł 50 gr.

Książka zawiera praktyczne wskazówki z zakresu normowania czasu pracy w warsztatach przemysłu metalowego. W trzecim jej zeszytce podano materiał dotyczący normowania czasu na roboty kowalskie. „Poradnik” przeznaczony jest dla zakładowych techników normowania czasu pracy i może być pomocny pracownikom biur projektów oraz wykładowcom i studentom wyższych i średnich uczelni technicznych.

PRZEGLĄD CZASOPISM

Prace Instytutu Metalurgii. Rok 1952, nr 6. L. Kozłowski. Pomiary przenikalności magnetycznej i natężenia koercyjnego sztabkowych prób materiałów magnetycznie miękkich. — M. Czyżewski, F. Byrtus i Z. Kling. Węgle płomienne jako środek odchudzający uszlachetnione mieszanki węglowe. — J. Chodorowski. Zależność między kruchością odpuszczania a korozją międzykrystaliczną i równomierną dla stali konstrukcyjnych — manganowej TM1 i manganowo-krzemowej TMS1. — M. Orman i E. Zembala. Technologia produkcji metalicznego baru.

Wiadomości Hutnicze. Rok 1953, nr 1. Inż. Wł. Sabela. Siarka w procesie produkcji surówki wielkopiecowej. — Inż. J. Zięba. Próby obniżania zasadowości żużla podczas pracy pieca martenowskiego. — Inż. T. Mazanek. Co to jest stal półspokojona? — Inż. St. Rurański. Krajowa Narada Remontowa. — Inż. J. Olszewski. Nowoczesna technika w górnictwie rudnym ZSRR. — Inż. L. Andrejew. Hartowanie wykrojów walców żeliwnych. — Inż. J. Banaś. Wymiana ciepła.

Prace Instytutu Odlewnictwa. Rok 1952, nr 4. K. Hess, J. Marcinkowski i Z. Grodziński. Poduszanie mas formierskich promieniami podczerwonymi. — R. Krzeszewski. Wpływ ilości i rodzaju modyfikatora na strukturę i niektóre własności żeliwa. — J. Piaskowski. Badania nad otrzymywaniem żeliwa sferoidalnego z żeliwiaka. — M. Misiąg. Porównywalność wyników próby udarności żeliwa szarego.

Przegląd Odlewnictwa. Rok 1953, nr 1. Inż. J. Lutosławski. U progu czwartego roku Planu 6-letniego. — Inż. K. Gierdziewicz. Jakie osiągnięcia odlewników radzieckich powinniśmy jak najszybciej zastosować w odlewnictwie krajowym (artykuł dyskusyjny). — Inż. R. Krzeszewski. Przyczynki do zagadnienia klasyfikacji żeliwa szarego. — Inż. J. Horoszko. Oczyszczarka łańcuchowo-wirnikowa. — Inż. A. Jankowski, inż. J. Górczyński, inż. M. Pachowski, A. Bargieł i Fr. Kocur. Pierwsze doświadczenia przemysłowe w produkcji odlewów z żeliwa sferoidalnego otrzymywanego z żeliwiaka (dokończenie). — Inż. St. Pelczarski. Słownictwo techniczne. Otwarcie dyskusji na temat słownictwa odlewniczego.

Przegląd Mechaniczny. Rok 1953, nr 10. Prof. inż. J. Kunstetter. Zarys historii budowy silników Diesla w ZSRR. — Inż. St. Kozakiewicz. Noże ceramiczne z materiałów syntetycznych. — Mgr K. Wiśniewski. Prawa przypadkowości w zastosowaniu praktycznym (dokończenie). — Inż. Zb. Górny. Żeliwo w zastosowaniu na panewki łożysk ślizgowych (dokończenie). — Nr 11. Zeszyt ten poświęcony jest w całości zagadnieniom mechaniki precyzyjnej i konstrukcji drobnych,

metrologii technicznej i automatyki. Zawiera on między innymi artykuły: inż. P. Kosieradzkiego pt. „Materiały stosowane w mechanice precyzyjnej“, inż. J. Felsza pt. „Uwagi o metodach zabezpieczania elementów mierników przed korozją“, notatkę P. K. (według artykułu dra inż. H. Kalpersa) pt. „Przeciwkorozyjna ochrona przedmiotów stalowych przez fosfatazację“.

Mechanik. Rok 1952, nr 11. S.K. Nalutowywanie płyt z węglików spiekanych przy pomocy prądów wysokiej częstotliwości. — Recenzje o książkach: J. Gałaja i D. Gurewicz pt. „Walcowanie blach na zimno“ oraz prof. inż. Fr. Stauba pt. „Zastosowanie mikroskopu do badania stali“. — Nr 12. Prof. dr inż. W. Moszyński. W sprawie metodyki nauczania rysunku technicznego. — Inż. Z. Marciniak. Procesy przeróbki plastycznej. — Inż. M. Chrzanowski. Odtwarzanie wad metalu metodą ultradźwięku.

Wiadomości PKN. Rok 1952, nr 11. Dr inż. Z. Rauszer. W obliczu międzynarodowej normalizacji postanowień prawnych o jednostkach miar. — Prof. dr inż. W. Moszyński. Techniczne układy jednostek miar MKSA i KCS. — Inż. A. T. Troskołański. Pompy i urządzenia do podnoszenia cieczy. Projekt klasyfikacji pojęć i normalizacji słownictwa. — Mgr K. Wiśniewski. O punkcie przegięcia charakterystyki alternatywnego pojedynczego planu badania. — Inż. J. Ordon. Uwagi na marginesie projektu normy PN/C-01350 „Podstawowe procesy inżynierii chemicznej. Pojęcia i symbole“. — J. Zimny. W sprawie słownictwa hutniczego w dawnych wiekach. — Inż. A. T. Troskołański. Sp. dr inż. Zdzisław Erazm Rauszer. — M. Dembowska. Sp. doc. dr Adam Łysakowski. — *Przegląd Językowy Normalizacji nr 11* (O ostatnich nowościach słownicznych w elektryce. — W sprawie pisowni nazw jednostek naukowych. Artykuł dyskusyjny. — Trudności językowe w transporcie samochodowym. — „Kontener“ czy skrzynia transportowa). — Nr 12. W.K. Międzynarodowa klasyfikacja dziesiąta. — *Przegląd Językowy Normalizacji nr 12* (Czytając książki techniczne... — Nazwiska obce w normach. — Rozmowy z czytelnikami). Rok 1953, nr 1. Dr Z. Rauszer. O reformie kalendarza. — A. L. Gładkość powierzchni i dokładność obróbki. — J. B. Przenośne przyrządy ręczne o napędzie mechanicznym. — A. L. Normalizacja państwowa i wewnętrzna. — Sw. Normalizacja stali w Niemczech. — *Przegląd Językowy Normalizacji nr 1* (Pokłosie naszej pracy. — W sprawie poprawności językowej pism urzędowych. — Od przesłanek technicznych do wniosków językowych. — Z zagadnień językowych w technice. — Wyraży — wyrazisty, wyrazność — wyrazistość. — Rozmowy z czytelnikami.).

Artykuły drukowane w Hutniku są wyrazem indywidualnych poglądów autorów, które nie zawsze pokrywają się z zapatrywaniami Redakcji lub Wydawcy.

WYDAWCA: PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE. REDAGUJE KOMITET REDAKCYJNY. REDAKTOR NACZELNY: INŻ. TADEUSZ MALKIEWICZ. SEKRETARZ REDAKCJI: MIRANDA CIACIUCHOWA. CZŁONKOWIE KOMITETU REDAKCYJNEGO: INŻ. JANUSZ CHMIELEWSKI, INŻ. TADEUSZ PALMRICH, INŻ. STANISŁAW PRZEGALIŃSKI, INŻ. STEFAN WRÓBLEWSKI.

Konkurs na recenzję książki technicznej

W walce o nową, przyspieszającą postęp książkę techniczną — twórcza krytyka w formie recenzji wspomaga, ułatwia, udoskonala pracę autora i wydawcy oraz zwiększa czytelność piśmiennictwa technicznego.

Zarówno w samej książce, jak w jej ocenie powinny być uwzględnione przede wszystkim: najnowsze zdobycze polskiej myśli technicznej naszych uczonych, racjonalizatorów, wynalazców, nowatorów, olbrzymie osiągnięcia przodującej nauki i techniki radzieckiej rewolucjonizującej metody pracy ludzkiej, dorobek techniczny krajów demokracji ludowej, krytycznie ocenione prace z dziedziny techniki w innych krajach oraz powiązanie treści i ujęcia z praktyką ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb czytelnika — robotnika.

Dotychczasowy stan recenzji omawiających krytycznie wydawaną w Polsce książkę techniczną nie jest zadowalający zarówno pod względem ilościowym jak i jakościowym.

Dążąc do pobudzenia ruchu recenzyjnego i wzmocnienia pracy twórczej w tym zakresie Państwowe Wydawnictwa Techniczne (PWT) ogłaszają konkurs na najlepsze recenzje książek technicznych, wydanych przez PWT.

Warunki konkursu

1. Recenzja powinna dotyczyć wydanej przez PWT książki, oryginalnej lub tłumaczonej, z wyłączeniem instrukcyj oraz prac badawczych instytutów naukowo-badawczych.
2. Przedmiotem konkursu są podpisane recenzje, opublikowane w czasopismach wydanych za rok 1953, mianowicie:
 - 2.1. w czasopismach technicznych wydawanych przez Naczelną Organizację Techniczną (NOT) i PWT — wszystkie wydrukowane recenzje, bez specjalnych zgłoszeń,
 - 2.2. w innych czasopismach — po zgłoszeniu do PWT egzemplarza czasopisma z wydrukowaną recenzją, z zaznaczeniem na egzemplarzu: „Konkurs na recenzję”.
3. Przy ocenie recenzji brane będą pod uwagę przede wszystkim następujące kryteria:
 - 3.1. twórcza krytyka i ocena treści recenzowanej książki, a w szczególności następujących jej cech:
 - 3.1.1. walory ideologiczne,
 - 3.1.2. przydatność i aktualność tematu dla potrzeb gospodarki narodowej,
 - 3.1.3. oryginalność ujęcia i opracowania tematu,
 - 3.1.4. poprawność opracowania tematu (zgodność ze współczesną nauką, jasność ujęcia i wyczerpanie, układ itd.),
 - 3.1.5. dostosowanie ujęcia tematu do poziomu czytelnika, dla którego przeznaczono książkę, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb robotnika,
 - 3.1.6. poprawność słownictwa technicznego,
 - 3.1.7. celowość, trafność i poprawność zilustrowania treści rysunkami, fotografiami, wykresami,
 - 3.2. twórcza krytyka i ocena wykonania edytorskiego recenzowanej książki, a w szczególności następujących elementów:
 - 3.2.1. układ typograficzny,
 - 3.2.2. szata zewnętrzna,
 - 3.2.3. poprawność wykonania technicznego,
 - 3.3. poprawność opracowania recenzji,
 - 3.4. okres czasu, jaki dzieli ukazanie się książki od ogłoszenia recenzji.

4. W skład Sądu Konkursowego wchodzi przedstawiciele:

Naczelnej Organizacji Technicznej,
Centralnego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznej,
Państwowych Wydawnictw Technicznych.

5. Wyniki konkursu ogłoszone będą do dnia 30 czerwca 1954 roku.
6. Autorom najlepszych recenzji zostaną przyznane następujące nagrody:

nagroda pierwsza	zł 2000
dwie nagrody drugie po	zł 1500
trzy nagrody trzecie po	zł 1000

7. Jeśli na podstawie oceny Sądu Konkursowego zajdzie potrzeba podziału każdej z przewidzianych nagród albo zmniejszenia ogólnej liczby nagród, to Państwowe Wydawnictwa Techniczne zastrzegają sobie prawo dokonania takiej zmiany.

Wszelkich dodatkowych wyjaśnień dotyczących konkursu udziela Dział Informacji i Propagandy PWT, Warszawa, ul. Mazowiecka 2/4, tel. 749-92 do 98.

Państwowe Wydawnictwa Techniczne

Państwowe Wydawnictwa Techniczne

polecają książki z dziedziny hutnictwa, odlewnictwa i z dziedzin pokrewnych wydane w 1952 r.

- AKIMOW G. W.: Podstawy nauki o korozji i ochronie metali, tłum. z ros. M. Orman, 1952, str. 359, zł 56.—
- ANNIŃSKI B. A.: Mechanizacja transportu w hutach żelaza, tłum. z ros. B. Mączewski-Rowiński i Wł. Pawłowicz, 1952, str. 175, zł 26.—
- AGROSKIN A. A., CZYZEWSKI N. P.: Koksownictwo, tłum. z ros. B. Kołomyjski, 1952, str. 392, zł 48.—
- BALICKI S.: Łożyskowe stopy bezcynowe, 1952, str. 67, zł 8.—
- BARBASZIN N. N., CZUNAJEW M. W.: Formierstwo, tłum. z ros. M. Godlewski, 1952, str. 145, zł 5.50
- BOBEK K., METZGER W., SCHMIDT F.: Lekkie konstrukcje stalowe w budowie maszyn, tłum. z niem. E. Sledziwski, 1952, str. 112, zł 9.—
- BRODZIAK T.: Techniczne normowanie pracy dla warsztatów mechanicznych w przykładach, 1952, str. 127, zł 13.—
- DUBICKI G. M., IZRAILEWICZ Ł. A.: Obliczanie układów wlewowych form odlewniczych przy pomocy nomogramów, tłum. z ros. K. Hess, 1952, str. 33, zł 5.—
- GALLAJ J., GÓREWICZ D.: Walcowanie blach na zimno, tłum. z ros. W. Nowakowski i A. Stanisławski, 1952, str. 167, zł 16.—
- HEILIGENSTÄDT W.: Obliczenia ciepłe pieców przemysłowych, tłum. z niem. K. Juzoń i J. Fabian, 1952, str. 328, zł 33.50 (w oprawie).
- IWANCOW G. P.: Nagrzewanie metalu (teoria i metody obliczeń), tłum. z ros. K. Piliński, 1952, str. 176, zł 18.—
- KALATA CZ.: Żeliwo, 1952, str. 152, zł 13.—
- KAMIŃSKI ZB.: Suszenie form i rdzeni w odlewniach, 1952, str. 160, zł 10.—
- KOSTYLEW N. A.: Zarys teorii procesu wielkopiecowego, tłum. z ros. L. Zawadzki, 1952, str. 348, zł 57.—
- KUCZEWSKI W.: Metalurgia żelaza, tom I — Część ogólna, 1951, str. 184, zł 30.—, tom II — Proces wielkopiecowy, 1952, str. 239, zł 38.—, tom III — Procesy stalowniciane, 1952, str. 215, zł 33.—
- MANDYBUR R., OGERMAN J.: Elektrolityczne polewanie szlifów metalograficznych, 1952, str. 74, zł 9.—
- MARKUSZEWICZ M., HAAS J.: Wady hutniczych wyrobów stalowych, 1952, str. 223, zł 80.— (w oprawie).
- PAWŁOW M. A.: Obliczanie namiarów wielkopiecowych, tłum. z ros. K. Klukowski, 1952, str. 260, zł 36.—
- Poradnik koksochemika (praca zbiorowa pod red. T. Kozłowskiego), tom I, zeszyt I — Dział ogólny, zeszyt 2 — Dział technologiczny — Koksownictwo, 1951, str. 640, zł 100.—, tom II, zeszyt I — Dział technologiczny — Gazownictwo, 1951, str. 30, zł 45.—, zeszyt II — Wytłewanie, 1952, str. 744, zł 49.—
- RUSSJAN S.: Normowanie techniczne w odlewnictwie, tłum. z ros. M. Skarbiński, 1952, str. 168, zł 30.—
- STAUB FR., PACHOWSKI M.: Odlewnictwo żeliwa, 1952, str. 227, zł 15.—
- ŚWIĘCICKI T.: Cynkowanie żelaza w ciekłym cynku, 1952, str. 127, zł 20.—
- SZCZAWIŃSKI ST.: Metale nieżelazne i ich stopy w odlewnictwie 1952, str. 215, zł 29.—
- WERTZ Z.: Badanie płasków i mas formierskich, 1952, str. 71, zł 6.50
- WIELICHOW P.: Montaż konstrukcji stalowych, tłum. z ros. W. Sochacki, 1952, str. 235, zł 18.50
- WITKOWSKI T.: Staliwo, 1952, str. 71, zł 12.—
- WOŁOSZYN S.: Wykaz materiałów stosowanych do wyrobu urządzeń odpornych na korozję, 1952, str. 142, zł 14.—
- WUSATOWSKI Z.: Podstawy procesu walcowania, 1952, str. 259, zł 25.50 (w oprawie)
- ZAPAŁOWICZ W.: Liny stalowe suwnic hutniczych, 1952, str. 56, zł 3.50
- ZAROSZCZYŃSKI M.: Walcowanie stali, tłum. z ros. B. Marzęcki, 1952, str. 390, zł 82.—
- ZDUNKIEWICZ M.: Walcowanie stali na zimno, 1952, str. 251, zł 29.— (w oprawie).

BIBLIOTEKA PLANU 6-LETNIEGO

- BARTOSZEWICZ S.: Materiały budowlane w Planie 6-letnim, 1951, str. 71, zł 5.50
- BRYJAK E., ZACHARZEWSKI B.: Metalurgia proszków w Planie 6-letnim, 1951, str. 109, zł 8.—
- FROMER R.: Leśnictwo w Planie 6-letnim, 1951, str. 72, zł 6.—
- GEHORSAM Z.: Komunikacja kolejowa w Planie 6-letnim, 1952, str. 72, zł 6.—
- GOLAŃSKI H.: Wyższe szkolnictwo techniczne w Planie 6-letnim, 1952, str. 107, zł 12.—
- JAROSZYŃSKI M.: Gospodarka komunalna w Planie 6-letnim, 1951, str. 78, zł 6.—
- KAMIENNY M.: Przemysł rybny w Planie 6-letnim, 1951, str. 72, zł 10.—
- KNYSZ J.: Przemysł elektrotechniczny silnoprądowy w Planie 6-letnim, 1951, str. 87, zł 13.50
- KRZYWICKI E.: Przemysł skórzany w Planie 6-letnim, 1951, str. 80, zł 4.50
- LUTOSŁAWSKI J.: Odlewnictwo w Planie 6-letnim, 1952, str. 134, zł 10.—
- ŁASKOW J.: Energetyka w Planie 6-letnim, 1952, str. 145, zł 12.—
- MINORSKI S.: Komunikacja lotnicza w Planie 6-letnim, 1951, str. 44, zł 3.—
- MUSZYŃSKI Z.: Wynalazczość pracownicza w Planie 6-letnim, 1952, str. 42, zł 3.—
- Niektóre kierunki rozwoju techniki w Planie 6-letnim, praca zbiorowa pod red. I. Bursztyna, 1952, str. 194, zł 12.—
- OSMYCKI A.: Łączność w Planie 6-letnim, 1952, str. 75, zł 5.—
- RABSZTYN J.: Przemysł węglowy w Planie 6-letnim, 1951, str. 95, zł 6.50
- RIEDEL A.: Drogi wodne w Planie 6-letnim, 1952, str. 67, zł 6.—
- SCHABIŃSKI S.: Przemysł drzewny w Planie 6-letnim, 1951, str. 80, zł 7.50
- SECOMSKI K.: Inwestycja w Planie 6-letnim, 1951, str. 78, zł 4.—
- SZPILEWICZ A.: Koksochemia w Planie 6-letnim, 1951, str. 75, zł 10.—
- TOPOLSKI F.: Budownictwo przemysłowe w Planie 6-letnim, 1952, str. 144, zł 8.—
- TYBOR I.: Przemysł włókienniczy w Planie 6-letnim, 1952, str. 144, zł 11.—
- WIŚLICKI A.: Mechanizacja budownictwa w Planie 6-letnim, 1952, str. 150, zł 13.—
- WOJNAR J.: Przemysł naftowy w Planie 6-letnim, 1951, str. 67, zł 4.50