

A 1108 u 63

HUTNIK

2

1953



CZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE POŚWIĘCONE ZAGADNIENIOM HUTNICTWA
WYDAWCA: PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE - KATOWICE

T R E Ś C

	Str.
W. MOSZYŃSKI. Własności mechaniczne normalnych węglowych stali konstrukcyjnych jako zmienne losowe	41
E. BRYJAK. Badania dylatometryczne nad spiekaniem srebra	49
Z. RYCHLIK. Automatyka pieców martenowskich	56
NOWOŚCI Z DZIEDZINY HUTNICTWA	63
WŚRÓD KSIĄŻEK	75
NOTATKI BIBLIOGRAFICZNE	78
PRZEGLĄD CZASOPISM	80



СОДЕРЖАНИЕ

В. МОШИНЬСКИ. Механические свойства обыкновенных конструкционных углеродистых сталей как переменные выборочного отбора проб
Э. БРЫЯК. Дилатометрические исследования при спекании серебра
З. РЫХЛИК. Автоматическое управление мартеновскими печами
НОВОСТИ ИЗ ОБЛАСТИ МЕТАЛЛУРГИИ
КРИТИКА
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ
ОБЗОР ЖУРНАЛОВ

CONTENTS

W. MOSZYŃSKI. Mechanical properties of standard structural carbon steels taken as chance laws
E. BRYJAK. Dilatometric investigations on sintering of silver
Z. RYCHLIK. Automatic control of open hearth furnaces
METALLURGICAL NEWS
CURRENT LITERATURE
BIBLIOGRAPHICAL NOTES
REVIEW OF PERIODICALS

ADRES REDAKCJI I ADMINISTRACJI: KATOWICE, UL. STAWOWA 19. TEL. 324-44/45
KOLPORTAŻ: PPK „RUCH“ KATOWICE, UL. REWOLUCJI PAŹDZIERNIKOWEJ 16. Tel 375-43

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

KONTO PKO KATOWICE 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
№ zamówienia 7810 — 31. 12. 52 r. — Druk ukończono w lutym 1953 r. R-4-10208
Drukarnia: Robotnicza Spółdzielnia Wydawnicza „Prasa“, Katowice ul. Sobieskiego 9/11.

Prof. dr inż. WACŁAW MOSZYŃSKI

K. D. 669. 14. 018. 29 : 620. 17 : 539. 4/5 : 519. 2

Własności mechaniczne normalnych węglowych stali konstrukcyjnych, jako zmienne losowe

Wyznaczanie dolnej i górnej granicy mechanicznych własności materiału wyrobów hutniczych oraz ich wymiarów, bez bliższego określenia, jak granice te należy rozumieć, dziś już nie wystarcza. — Powinno się ponadto znać rozkład owych wielkości, będących zmiennymi losowymi oraz prawdopodobieństwo nieprzekraczania każdej z tych granic, aby móc prawidłowo stosować owe wyroby dla celów konstrukcji i trafnie określać współczynniki bezpieczeństwa. — Sposób wyznaczania granic owych zmiennych oraz ich interpretowanie wymagają normalizacji. — Właściwe rozwiązanie tej sprawy i oparcie kontroli wyrobów hutniczych na danych statystycznych przyczyni się do podniesienia jakości tych wyrobów i do znacznych oszczędności ich materiału.

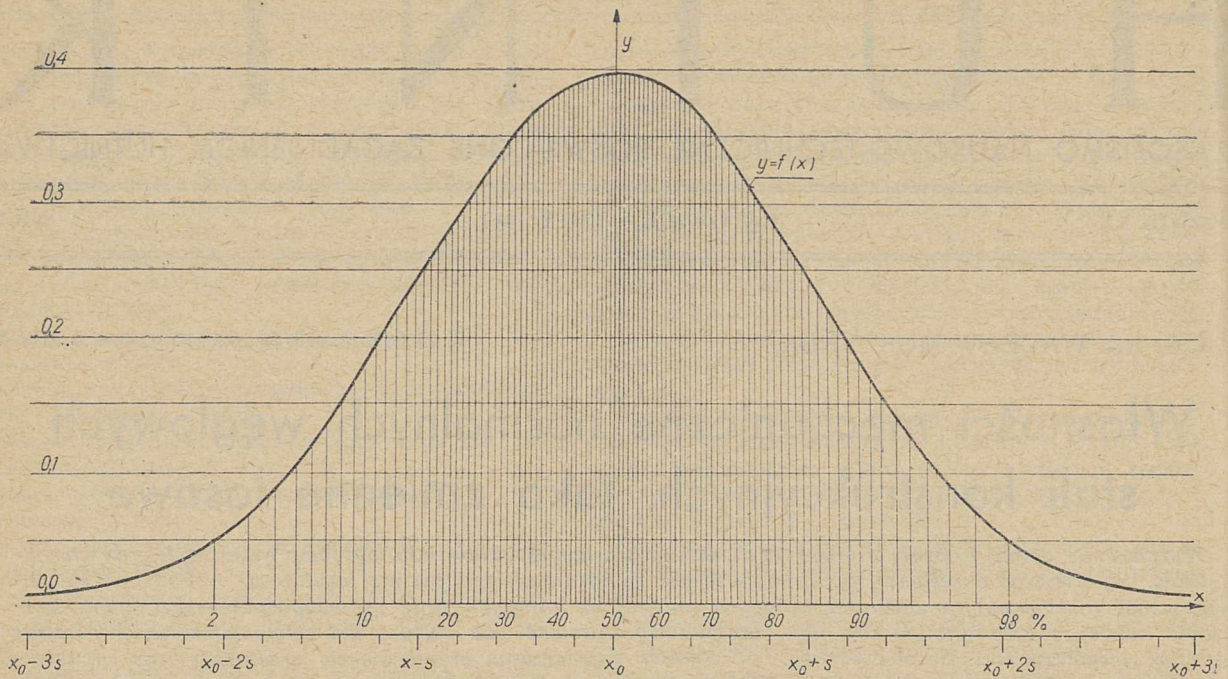
1. Od dawna przywykliśmy do tego, iż na wielu odcinkach techniki różne, ważne dla nas wielkości określamy ilościowo przy pomocy granic. Cała niemal wytwórczość maszynowa opiera się dzisiaj na tolerancyjnie wymiarowanych rysunkach wykonawczych, przynajmniej w odniesieniu do roboczych powierzchni przedmiotów. Jednak wymiary swobodnych powierzchni różnych składowych części konstrukcyjnych również toleruje się dość często. Dotyczy to w pierwszej linii wszelkich wyrobów hutniczych, jak kształtowniki, pręty, rury itd. Normy ich określają więc nie tylko ich wymiary nominalne, ale i dopuszczalne od nich odchyłki wymiarowe. Poza wymiarami — przy pomocy wartości granicznych określa się zawsze własności mechaniczne materiałów, z jakich huty wykonywują swe wyroby, przy czym najczęściej określa się tylko jedną ich granicę, dolną, która nie może być przekroczona w dół. Jedy- nym wyjątkiem jest wytrzymałość doraźna R , której obie granice są ustalone przez normy, mimo iż do górnej jej granicy nie przywiązuje się większego znaczenia wobec jednoczesnego sprawdzania nie przekraczania w dół dolnej granicy wydłużenia.¹⁾

2. Określając jednogranicznie lub dwugranicznie wymiary wyrobów hutniczych oraz własności mechaniczne materiałów, z jakich są one zrobione, uczyniliśmy swego czasu duży krok na przód. Pozwoliło to bowiem ująć obliczeniem zarówno graniczne ciężary konstrukcji, jak też ich graniczną wytrzymałość. Zwyczajowo przyjęło się, iż w obliczeniach wytrzymałościowych przyjmowano nominalne, czyli w zasadzie średnie wymiary poprzecznych przekrojów prętów i kształtowników, oraz dolne granice wytrzymałości doraźnej R' lub granicy plastyczności Q' ,

oczywiście przy uwzględnieniu odpowiednio obranych współczynników bezpieczeństwa. Współczynniki te miały stwarzać zapas wytrzymałości konstrukcji w przypadku możliwych przeciążeń oraz wahań wymiarów przekroju. Różnica między rzeczywistą wartością wytrzymałości materiału, a przyjętą w obliczeniach jej dolną granicą stwarza, przeciętnie rzecz ujmując, dodatkowy zapas bezpieczeństwa, którym dotychczas nie interesowano się, podobnie jak nie interesowano się rozkładem wartości wytrzymałości lub wymiarów w ich polu tolerancyjnym. Dziś jednakowoż coraz częściej stwierdzamy, iż ten sposób ujmowania sprawy już nie wystarcza i że powinno się móc ilościowo określić prawdopodobieństwo, iż w żadnej części konstrukcji naprężenia nie przekroczą ich rzeczywistej dopuszczalnej wartości, (a więc np. rzeczywistej granicy plastyczności, jeżeli chodzi o konstrukcję poddane obciążeniom stałym), a nie określonej przez normę, jej dolnej wartości. Do tego jednak konieczna jest zna-

¹⁾ Obie te granice mogą być podane bezpośrednio, np. $37 \div 45 \text{ kG/mm}^2$ lub $42 \div 50 \text{ kG/mm}^2$, albo w postaci dwumianu, np. $41 \pm 4 \text{ kG/mm}^2$ lub $46 \pm 4 \text{ kG/mm}^2$. Obydwa sposoby równoważne, jeżeli ujmowane są jednakowo dokładnie; jednak w związku z dalszą treścią pierwszy sposób uznać należy za bardziej celowy; jako średnią wartość wytrzymałości doraźnej przy rozciąganiu przyjmujemy nie średnią arytmetyczną wartości granicznych, lecz ich średnią geometryczną.

Zdarza się, iż przepisy odbioru przewidują zmienne granice wydłużenia nie tylko w zależności od grubości badanego materiału, ale i od rzeczywistej, stwierdzonej przy próbie rozciągania, wytrzymałości doraźnej. Zachodzi to np. w odniesieniu do blach kotłowych. W tych przypadkach byłoby rzeczą celową określać ilościowo doraźną wiązkość materiału. (por. „Przegląd mechaniczny“ 1951 r. str. 5).



Rys. 1

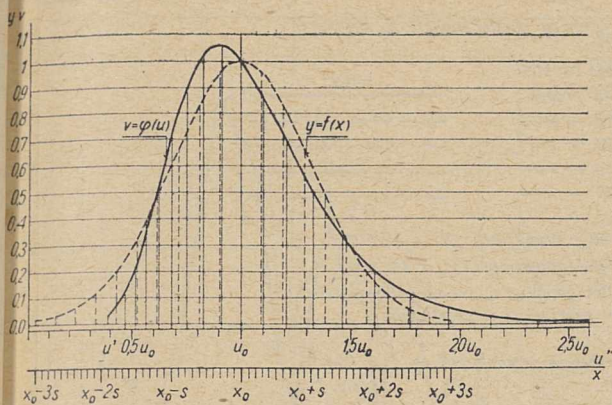
jomość rozkładu wartości owej wielkości Q . Wyznaczyć go możemy opierając się na statystycznych wynikach bieżących kontrolnych prób wytwarzanych materiałów.

3. W przypadkach, gdy wartość x zmiennej zależy od bardzo wielu wzajemnie niezależnych i nie dających się wyodrębnić przyczyn, z których żadna nie dominuje wyraźnie nad innymi, przyjmuje się najczęściej tzw. rozkład normalny, któremu odpowiada znana krzywa Gaussa $y = f(x)$. Ma ona kształt symetrycznego pagórka, którego linia zarysu po obydwóch jego stronach asymptotycznie zbliża się do osi odciętych Ox , wierzchołek jej zaś wyznacza średnią wartość x_0 zmiennej (rys. 1). Krzywa Gaussa jest niewątpliwie dobrym modelem rozkładu wszelkich zmiennych losowych, jak je ogólnie nazywamy, jeżeli jednakowo wielkie w swej wartości bezwzględnej odchylenia od wartości średniej x_0 , dodatnie i ujemne, są jednakowo prawdopodobne. Jeżeli jednak chodzi o wielkości, które z natury rzeczy nie mogą być ujemne, mogą zaś, przynajmniej teoretycznie, przyjmować dowolnie duże wielkości dodatnie, można oczekiwać, iż zachodzić będzie to samo prawdopodobieństwo uzyskania wartości $x_{0/q}$ zmiennej, co i $q \cdot x_0$, gdzie q jest odchyleniem względnym. Do wielkości takich zaliczyć możemy zarówno wymiary wyrobów hutniczych, jak też ich własności mechaniczne R , Q i inne. Jeżeli więc rozpatrujemy jakąś odmianę stali konstrukcyjnej, której średnia wytrzymałość doraźna R_0 wynosi np. $40,8 \text{ kG/mm}^2$, to można oczekiwać tego samego prawdopodobieństwa uzyskania przy próbach rzeczywiście stwierdzonej jej wytrzymałości np. $\frac{40,8}{1,1} = 37,1 \text{ kG/mm}^2$, co i $1,1 \cdot 40,8 = 44,9 \text{ kG/mm}^2$, a nie co i $44,5 \text{ kG/mm}^2$, jak to uzyskalibyśmy przy rozkładzie symetrycznym, zgodnym z prawem rozrzutu Gaussa. Różnica

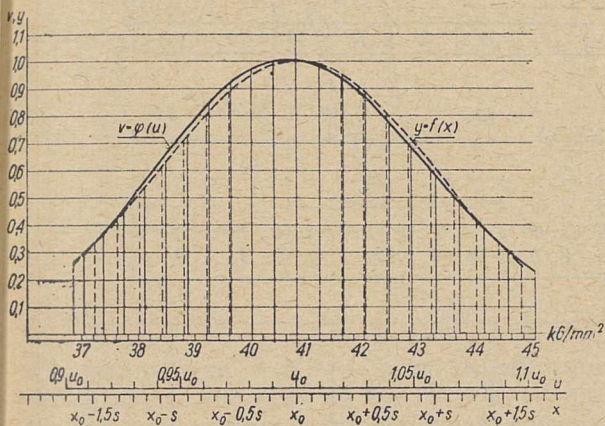
między tymi wynikami jest wprawdzie niewielka, jest jednak istotna, zwłaszcza przy dużych odchyleniach względnych, wynoszących 1,2 i więcej. Omówiony tu niesymetryczny rozkład zmiennej losowej nazywamy *logarytmonormalnym*.²⁾ Odpowiada mu krzywa $v = \varphi(u)$ w postaci niesymetrycznego pagórka, łagodniej opadającego w kierunku osi odciętych. Widzimy ją na rys. 2 przeciętną linią ciągłą na tle symetrycznej linii Gaussa narysowanej linią kreskową. Różnice między obiema krzywymi są bardzo duże, gdyż dla wykazania charakterystycznej budowy krzywej niesymetrycznej przyjęto bardzo duży rozrzut zmiennych u oraz x . Przy niezbyt wielkich rozrzutach różnice między krzywymi rozkładów logarytmonormalnego i normalnego są znacznie mniejsze. Rys. 3 przedstawia linią ciągłą teoretyczny logarytmonormalny rozkład doraźnej wytrzymałości R kG/mm² stali 015. Jak widzimy, asymetria krzywej $v = \varphi(u)$ byłaby wręcz niedostrzegalna, gdyby nie narysowano jej na tle symetrycznej krzywej Gaussa $y = f(x)$, przeciętną linią kreskową.

4. Przyjęcie logarytmonormalnego, zamiast normalnego, rozkładu zmiennych losowych, wchodzących do wytrzymałościowych obliczeń konstrukcji inżynierskich lub maszynowych, ma doniosłe znaczenie, gdyż znakomicie ułatwia obliczanie ich współczynników bezpieczeństwa. Było więc rzeczą konieczną sprawdzić doświadczalnie, czy założenie to odpowiada rzeczywistości. W tym celu rozpatrzono wyniki badań 775 próbek pięciu odmian stali węglowej dla celów kolejnictwa, dokonanych w jednej z naszych hut w okresie 1. X. 48 do 31. III. 49; mię-

²⁾ Albowiem logarytmy liczbowych wartości zmiennej miałyby rozkład normalny.



Rys. 2



Rys. 3

dzy nimi było: 248 próbek stali 015 (R37-45 A25%), 152 próbek stali 025 (R42 — A25%), 180 próbek stali 035 (R50-60 A16-22%), 119 próbek stali 050 (R65 A12%) i 76 próbek stali 065 (R80 A10%). Badania te obejmowały pomiary granicy plastyczności Q , wytrzymałości doraźnej R , jedno i drugie z dokładnością do 0,1 kg/mm^2 , wydłużeń A_5 i A_4 , oraz przewężenia C , wszystko z dokładnością do 0,1%.³⁾ Rys. 4 i 5 przedstawiają surowe wyniki tych prób w odniesieniu do wartości Q i R , przy założeniu stopniowania ich co 2 kg/mm^2 .⁴⁾ Wykresy te jakkolwiek łatwe w budowie, dają tylko ogólną orientację co do rozkładu Q i R , nie są jednak ze sobą bezpośrednio porównywalne, i to dla dwóch przyczyn: z racji odmiennych ilości próbek różnych odmian stali, oraz z powodu przyjęcia niezmiennego stopniowania zmiennej — co 2 kg/cm^2 , co stanowi stopniowanie 10% — przy $Q = 20 \text{ kg/cm}^2$, 5% — przy Q i R równych 40 kg/mm^2 i 2,5% — przy $R = 80 \text{ kg/mm}^2$.

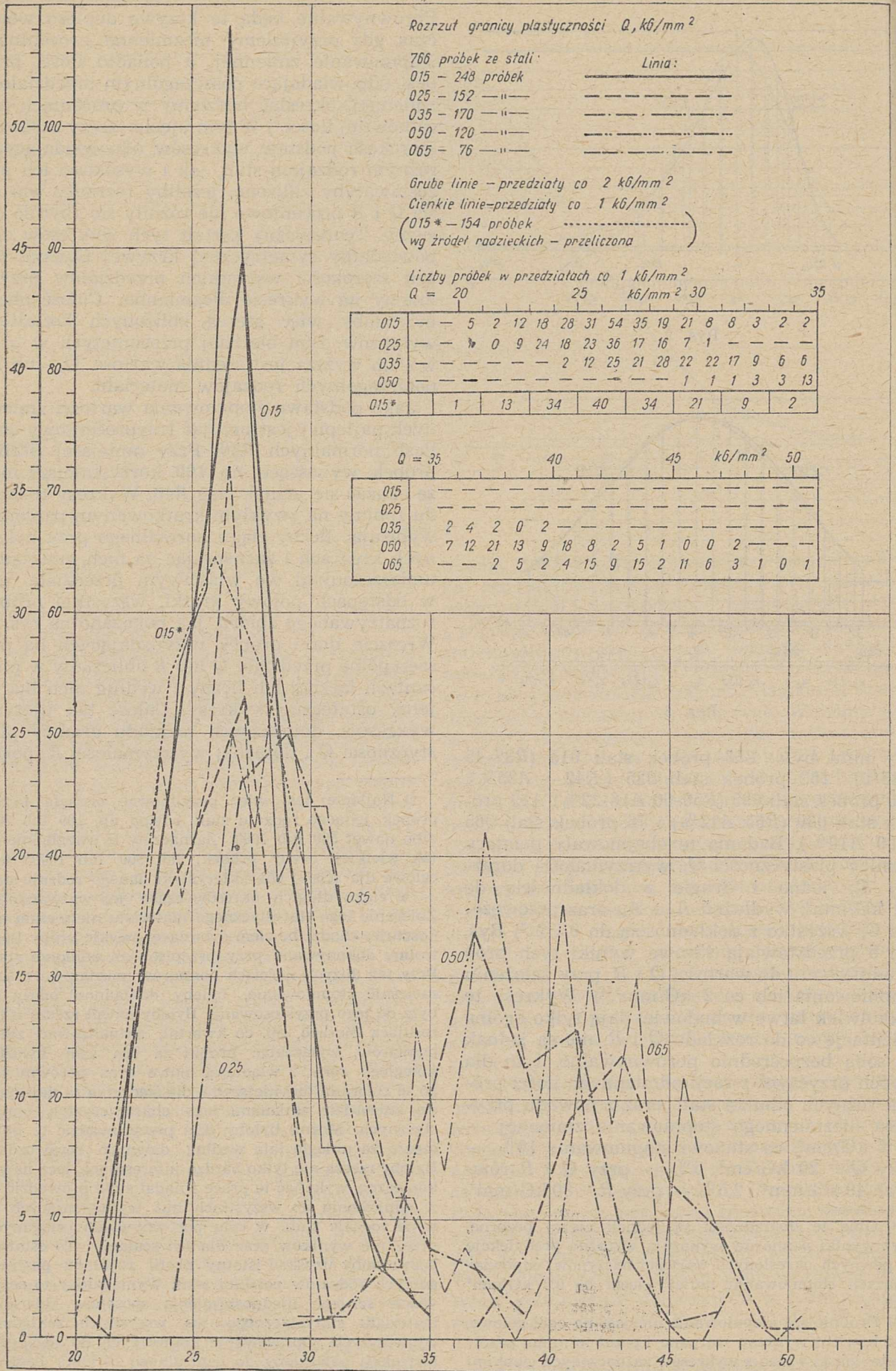
³⁾ Obie te dokładności są jednak raczej pozorne, gdyż wyniki pomiarów wykazują wyraźną predylekcję do pewnych określonych wartości odczynów, odpowiadających stopniowaniu mniej więcej co 0,3 kg/mm^2 i 0,5%.

⁴⁾ Drobniejsze stopniowanie nie jest na ogół celowe, daje bowiem wykresy szarpane i przez to mniej przejrzyste, jak to widać z wykresów zaznaczonych cienkimi liniami. —

Porównywalne będą te krzywe dopiero wówczas, gdy przyjmiemy niezmiennie procentowe stopniowanie zmiennej, a ponadto ilości próbek, odpowiadające poszczególnym przedziałom zmiennej, określać będziemy w procentach ich całkowitej ilości.⁵⁾ W tym ujęciu rzeczy zarówno szerokość podstaw wykresów odpowiadających różnym rodzajom stali, jak i wysokości ich pozostawałyby zbliżone, jeżeliby rozrzuty wartości Q i R procentowo nie różniły się zbyt od siebie. Teoretyczny kształt tych wykresów odpowiadałby symetrycznej krzywej Gaussa, jeżeli szerokości wszystkich przedziałów przyjmujemy na wykresie niezmiennie. Całość obejmowałaby więc szereg zbliżonych kształtem wykresów, tym bardziej przesuniętych w prawo, im wyższa jest średnia wartość Q_0 lub R_0 poszczególnych rodzajów materiału.

Jako podstawę stopniowania wartości zmiennych najlepiej jest przyjąć trzyprocentowy ciąg liczb normalnych R80. Przy mniejszej liczbie próbek, wynoszącej np. 100, korzystniejszy może okazać się jednak ciąg R40. Wykresy rozkładu robimy na zwykłym kratkowym papierze, wypisując liczby ciągu normalnego przy kolejnych kreskach i zaznaczając na nich punktami, umieszczonymi we właściwym przedziale, np. w odstępach połowy kratki, wszystkie próbki rozpatrywanego zbioru, jak pokazano na rys. 6. Wreszcie ilości próbek przypadających na poszczególne przedziały Q lub R obliczamy w procentach łącznej ich liczby i według nich budujemy ostateczne wykresy. Całość tak ujętych wykresów, dotyczących rozkładu granicy plastyczności Q i doraźnej wytrzymałości R , poka-

⁵⁾ Najlepiej jest więc przyjmować okrągłą liczbę próbek jednego rodzaju stali, równą np. 100 lub 200, albo nawet 500 lub 1000. Zaznaczmy iż uwzględnienie tak wielkiej liczby próbek, jak 500 lub 1000, jest celowe dla ścisłej charakterystyki danego rodzaju stali — w ciągu długich okresów czasu jej wytwarzania. Zbieranie tego statystycznego materiału nic zresztą nie kosztuje, chodzi bowiem o bieżące, zwykłe próby kontrolne, dokonywane przy przepisowym odbiorze stali. Przy tak dużych ilościach pomiarów można z korzyścią zacieśnić stopniowanie, byleby dokładność odczytów była do tego przystosowana. Byłoby nawet rzeczą interesującą bieżąco, np. co kwartał, aktualizować zbiór pomiarów, wyłączając próbki za ten sam kwartał ubiegłego roku i włączając nowe oraz porównywać go ze zbiorami dawniejszymi, dla śledzenia za dającymi się stwierdzić zmianami jego charakterystyk statystycznych. Można byłoby dziś przeprowadzić te obliczenia za ubiegłe lata według dawnych sprawozdań. Byłoby rzeczą nie tylko bardzo interesującą, lecz nawet konieczną, wykonać tę pracę i nadal stale prowadzić — w odniesieniu do wszystkich hut wytwarzających te same rodzaje stali, w celu porównywania osiągniętych przez nie wyników oraz dla ich scalania. To ostatnie pozwoliłoby uzyskać istotny profil rozkładu poszczególnych rodzajów *polskiej stali*. Wymagałoby to oczywiście ścisłego ujednostajnienia sposobów zbierania materiału statystycznego we wszystkich zakładach wytwórczych. Opracowanie koniecznych do tego celu instrukcji należałoby do centralnego ośrodka badawczego całego hutnictwa.



Rozrzut granicy plastyczności $Q, \text{kg/mm}^2$

766 próbek ze stali

015 - 248 próbek

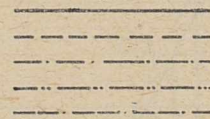
025 - 152 " "

035 - 170 " "

050 - 120 " "

065 - 76 " "

Linia:



Grube linie - przedziały co 2 kg/mm^2

Cienkie linie - przedziały co 1 kg/mm^2

(015* - 154 próbek wg źródeł radzieckich - przeliczona)

Liczby próbek w przedziałach co 1 kg/mm^2

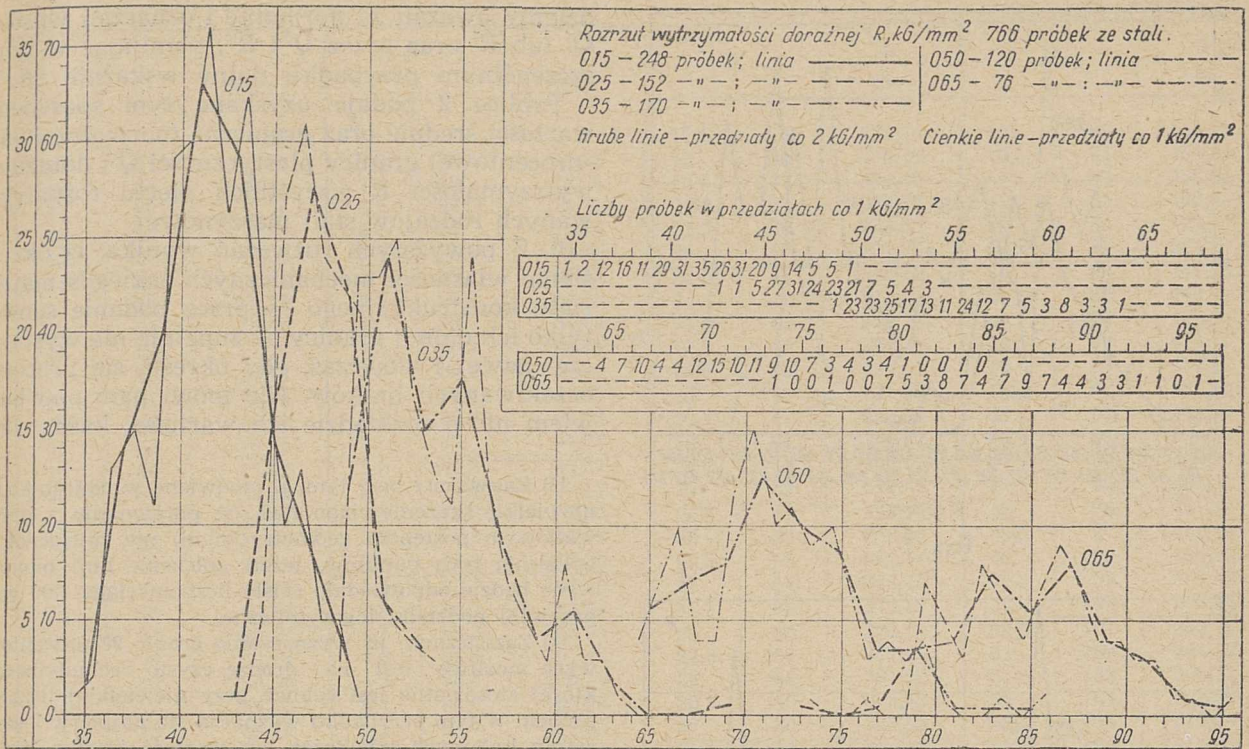
$Q = 20 \quad 25 \quad 30 \quad 35$
 kg/mm^2

015	5	2	12	18	28	31	54	35	19	21	8	8	3	2	2
025	0	9	24	18	23	36	17	16	7	1					
035				2	12	25	21	28	22	22	17	9	6	6	
050									1	1	1	3	3	13	
015*	1	13	34	40	34	21	9	2							

$Q = 35 \quad 40 \quad 45 \quad 50$
 kg/mm^2

015															
025															
035	2	4	2	0	2										
050	7	12	21	13	9	18	8	2	5	1	0	0	2		
065		2	5	2	4	15	9	15	2	11	6	3	1	0	1

Rys. 4



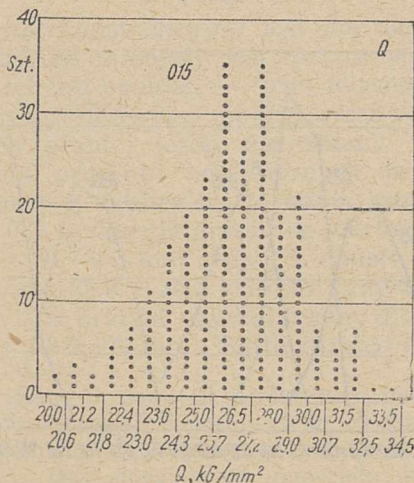
Rys. 5

zana jest na rys. 7 i 8 — przy stopniowaniu według ciągu R80 oraz na rys. 9 i 10 — przy stopniowaniu według ciągu R40. Jak widzimy, różniąc się w szczegółach, wykresy te zachowują ogólne podobieństwo.⁶⁾

5. Dokładna analiza tych wykresów wykazała, iż rozkłady granicy plastyczności i wytrzymałości doraźnej badanych stali konstrukcyjnych są

⁶⁾ Przyjęcie ciągu R80 (lub R40) powoduje nieznaczne skażenie wykresu, spowodowane zaokrągleniami liczb normalnych. Można tego uniknąć przyjmując dla granic przedziałów wartości bardziej dokładne (według ostatniej kolumny tablicy PN/02100), np.: 19,95 — 20,54 — 21,14 — 21,75 — 22,39 — 23,04 — 23,71 itd. —

istotnie logarytmnormalne.⁷⁾ Najprościej analizę tę możemy wykonać przy pomocy siatki laplaso-logarytmicznej, którą możemy łatwo wykonać na kalce, robiąc z niej pozytywne odbitki świetlne. Nie wchodząc w szczegóły jej budowy⁸⁾ zaznaczymy, iż podziałkę rzędnych budujemy według tablicy 1, podającej odległości jej poziomych kresek liczone w obie strony od środkowej linii wykresu odpowiadającej wartości 50%.⁹⁾ Na dolnej i górnej osi odciętych odkładamy jednakowe podziałki logarytmiczne o dość dużym module, np. $m = 500 \text{ mm}$.¹⁰⁾ Kreski pionowe ciągniemy według tej podziałki, jak pokazano na rys. 11, albo też według ciągu liczb R80, jeżeli według niego też stopniowaliśmy wartości Q i R wyznaczając częstości ich rozkładu (rys. 6). Na kolejnych pionowych kreskach wykresu odkładamy łączne sumy procentowo liczonej ilości próbek, które wykazały wartości Q lub R większe lub równe wartościom odpowiadającym danym kreskom. Łącząc tym sposobem wyznaczone punkty uzyskalibyś-



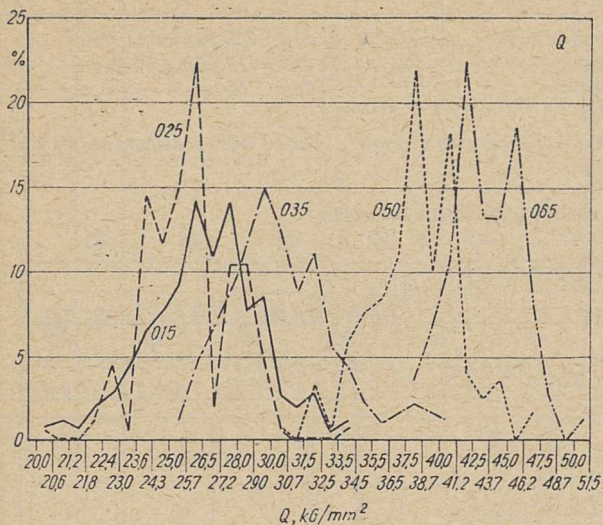
Rys. 6

⁷⁾ Analiza ta jest przeprowadzona w artykule za-tytułowanym: „O rozkładach logarytmnormalnych i ich zastosowaniach technicznych“, ogłoszonym w zeszycie 4 „Wiadomości PKN“, 1952 r., str. 269.

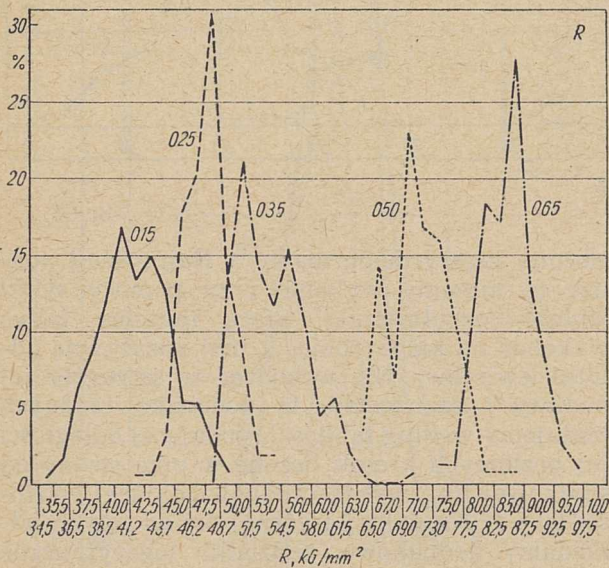
⁸⁾ Por. artykuł prof. J. Oderfelda: „Wykreślenie przedstawienie rozkładu normalnego i logarytmnormalnego“, „Wiadomości PKN“, 1952 r., str. 279.

⁹⁾ Dzieląc pole krzywej Gaussa (rys. 1) przy pomocy pionowych kresek na wąskie paski o powierzchni równej 0,01 łącznego pola krzywej, uzyskalibyśmy na jej osi odciętych podziałkę rzędnych omawianej siatki.

¹⁰⁾ Tablica 1 podaje odległości kresek i tej podziałki wielkości Q i R przy powyższym module $m = 500 \text{ mm}$.



Rys. 7



Rys. 8

my łamaną linię, niewiele różniącą się od prostej.¹¹⁾

Prowadząc na wykresie interpolacyjną linię prostą tak, by jak najmniej odchyłała się od wyznaczonych punktów, zastępujemy rzeczywisty rozkład zmiennej najbliższym mu teoretycznym rozkładem logarytmnormalnym. Prosta ta wyznacza nam wprost średnie wartości Q_0 i R_0 , odczytywane na środkowej linii wykresu, odpowiadającej rzędnej 50% oraz dowolnie rozumiane granice, odpowiadające założonym teoretycznym wartościom braków. Możemy więc np. przyjąć 5% braków (po każdej stronie obszaru rozrzutu), podając granice dolne Q'_{95} lub R'_{95} , albo górne Q''_{95} lub R''_{95} . Wartości tych granic należałoby odczytać na wykresie na liniach odpowiadających wartościom 5% i 95%. Lepiej jest jednak zasadniczo przyjmować nie po 5%, lecz po 2% braków, gdyż obliczeniowo jest to wygodniejsze w zastosowaniach praktycznych. Możemy nawet umówić się (jest to nasza propozycja), że odpowiadające temu granice bę-

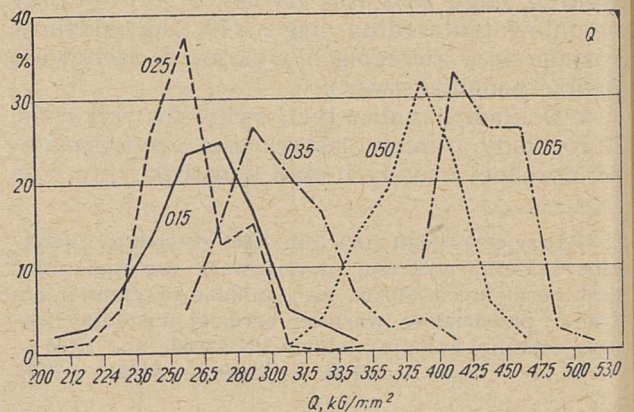
dziemy uważali za normalne i oznaczali wprost Q' lub R' oraz przez Q'' i R'' , pomijając w tym szczególnym przypadku dolny wskaźnik 98.¹²⁾

Tablica 2 podaje uzyskane tym sposobem wartości średnie oraz graniczne (normalne i 95-procentowe) granicy plastyczności Q i doraźnej wytrzymałości R wszystkich pięciu rozpatrywanych rodzajów stali maszynowej.

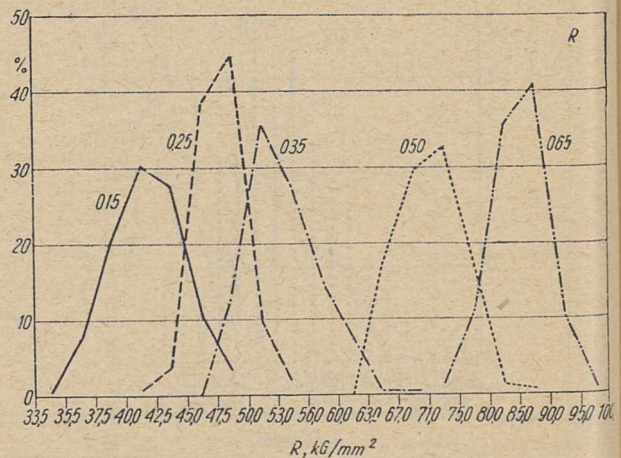
6. Z powyższych rozważań wynika, iż określenie własności mechanicznych jakiegos materiału konstrukcyjnego — przez podanie samej tylko ich dolnej granicy — zupełnie nie wystarcza nawet i wówczas, gdy określa się procent oczekiwanych braków. Nie mówi nam ono bowiem nic o rozkładzie ich wartości, każdy zaś

11) Zauważmy przy tym, iż omówione w odnośniku 6 niewielkie skażenie ciągu R80, (w porównaniu z prawidłowym postępcm geometrycznym) nie zniekształci położenia tych punktów, jeżeli położenie linii pionowych będzie odpowiadało ściśle liczbom ciągu R80 wg przyjętej podziałki logarytmicznej.

12) Zaznaczmy, iż wyznaczanie granic 98-procentowych możliwe jest na drodze czysto rachunkowej, której stosowanie jest celowe przy niewielkiej liczbie próbek. W tym przypadku wyznacza się najpierw logarytmny kolejnych wielkości, ich wartość średnią, średnie odchylenie kwadratowe i (odpowiadające 2,027 ≈ 2-krotnemu przesunięciu), normalne granice (98-procentowe), które po spotęgowaniu dają nam szukane granice.



Rys. 9



Rys. 10

Tablica 1

S		s	S		s	N		n	N		n
%		mm	%		mm			mm			mm
50		0,00				17,5	35	272,04	40	80	451,55
49	51	1,25	7,5	92,5	71,98	18	36	278,15	40,5	81	454,25
48	52	2,51	7	93	73,79	18,5	37	284,10	41	82	456,91
47	53	3,76	6,5	93,5	75,71	19	38	289,89	41,5	83	459,54
46	54	5,25	6	94	77,75	19,5	39	295,53	42	84	462,14
45	55	6,28	5,5	94,5	79,91	20	40	301,03	42,5	85	464,71
44	56	7,55	5	95	82,25	20,5	41	306,39	43	86	467,25
43	57	8,82	4,5	95,5	84,78	21	42	311,63	43,5	87	469,71
42	58	10,09	4	96	87,56	21,5	43	316,74	44	88	472,24
41	59	11,37	3,8	96,2	88,73	22	44	321,73	44,5	89	474,70
40	60	12,17	3,6	96,4	89,94	22,5	45	326,61	45	90	477,12
39	61	13,96	3,4	96,6	91,25	23	46	331,38	45,5	91	479,52
38	62	15,28	3,2	96,8	92,63	23,5	47	336,05	46	92	481,90
37	63	16,59	3	97	94,07	24	48	340,62	46,5	93	484,24
36	64	17,92	2,8	97,2	95,57	24,5	49	345,10	47	94	486,57
35	65	19,27	2,6	97,4	97,17	25	50	349,49	47,5	95	488,86
34	66	20,62	2,4	97,6	98,90	25,5	51	353,79	48	96	491,14
33	67	22,00	2,2	97,8	100,73	26	52	358,00	48,5	97	493,39
32	68	23,39	2	98	102,70	26,5	53	362,14	49	98	495,62
31	69	24,79	1,9	98,1	103,78	27	54	366,20	49,5	99	497,82
30	70	26,22	1,8	98,2	104,89	27,5	55	370,18	50	100	500,00
29	71	27,67	1,7	98,3	106,00	28	56	374,10	50,5	101	502,16
28	72	29,15	1,6	98,4	107,40	28,5	57	377,94	51	102	504,30
27	73	30,64	1,5	98,5	108,50	29	58	381,72	51,5	103	506,42
26	74	32,17	1,4	98,6	109,86	29,5	59	385,43	52	104	508,52
25	75	33,73	1,3	98,7	111,29	30	60	389,08	52,5	105	510,60
24	76	35,32	1,2	98,8	112,84	30,5	61	392,67	53	106	512,66
23	77	36,94	1,1	98,9	114,50	31	62	396,20	53,5	107	514,69
22	78	38,61	1	99	116,34	31,5	63	399,67	54	108	516,71
21	79	40,33	0,9	99,1	118,25	32	64	403,09	54,5	109	518,72
20	80	42,09	0,8	99,2	120,50	32,5	65	406,46	55	110	520,70
19	81	43,90	0,7	99,3	122,75	33	66	409,77	55,5	111	522,66
18	82	45,77	0,6	99,4	125,67	33,5	67	413,04	56	112	524,61
17	83	47,71	0,5	99,5	128,67	34	68	416,26	56,5	113	526,54
16	84	49,73	0,45	99,55	130,63	34,5	69	419,43	57	114	528,45
15	85	51,83	0,4	99,6	132,50	35	70	422,55	57,5	115	530,35
14	86	54,03	0,35	99,65	135,00	35,5	71	425,63	58	116	532,23
13	87	56,32	0,3	99,7	137,50	36	72	428,67	58,5	117	534,10
12	88	58,75	0,25	99,75	140,58	36,5	73	431,66	59	118	535,94
11	89	61,32	0,2	99,8	144,00	37	74	434,62	59,5	119	537,78
10	90	64,09	0,18	99,82	145,50	37,5	75	437,53	60	120	539,59
9,5	90,5	65,53	0,16	99,84	147,30	38	76	440,41	60,5	121	541,40
9	91	67,03	0,14	99,86	149,30	38,5	77	443,25	61	122	543,18
8,5	91,5	68,61	0,12	99,88	152,00	39	78	446,05	61,5	123	544,96
8	92	70,27	0,1	99,9	155,30	39,5	79	448,82	62	124	546,71

s — odległości kresok podziałki Laplace'a liczone od linii środkowej (S = 50 %). Wartości S poniżej 2 % i powyżej 98 % potrzebne są do ściślejszej analizy rozkładów, o czym będzie mowa w późniejszym artykule.

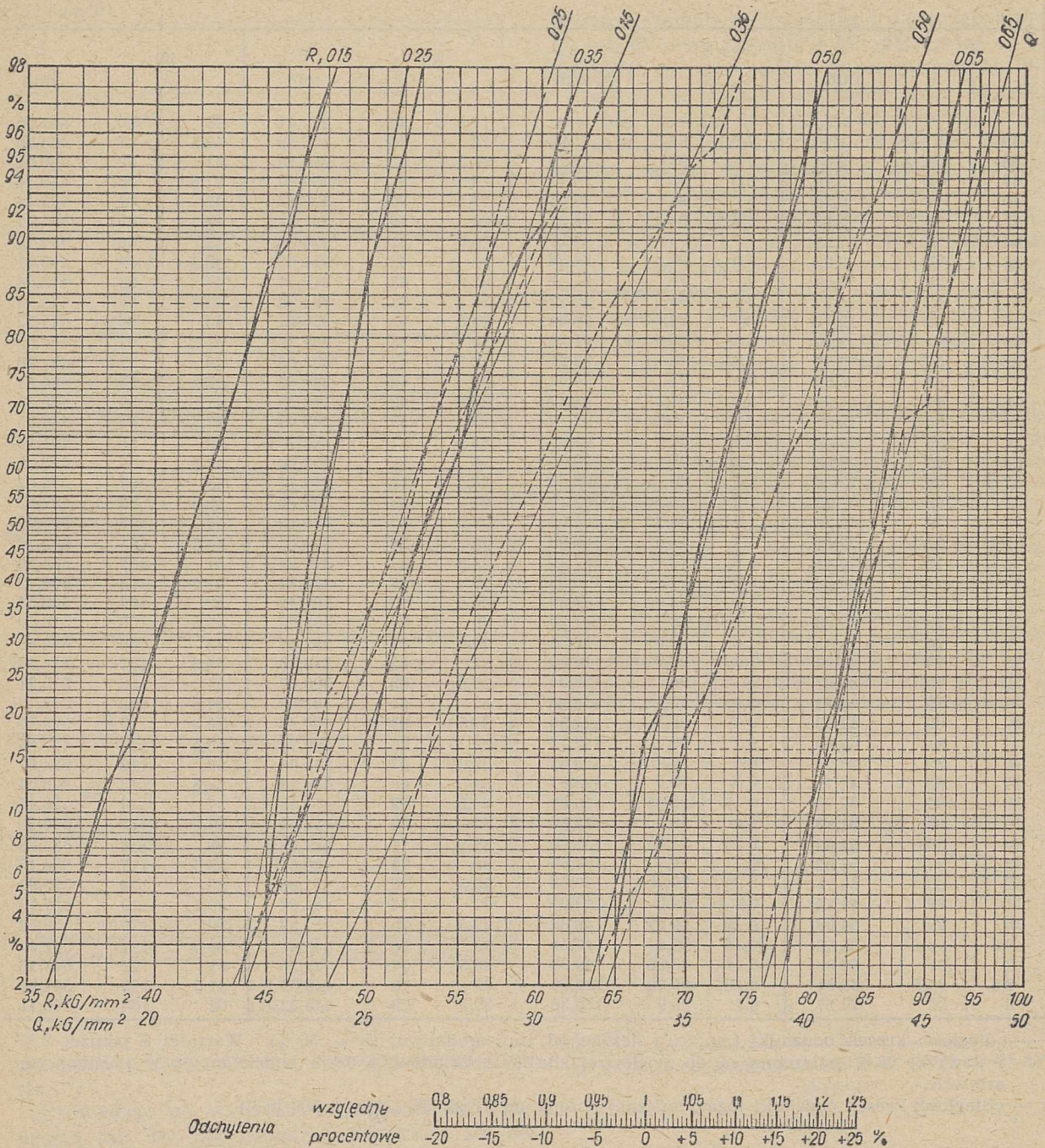
n — odległości kresok podziałki logarytmicznej liczone od kreski N = 1 (n = 500 lg N).

materiał konstrukcyjny jest dla nas tym cenniejszy, im mniejszy jest rozrzut jego wytrzymałości lub ogólniej — jego własności mechanicznych.¹³⁾ Również nie wystarcza podanie obydwóch granic, jeżeli nie znamy związanego z nimi procentu oczekiwanych braków. Jak widzimy z tablicy 2, ta sama partia próbek stali 035 wykazuje graniczne wartości Q równe 24,0 ÷ 36,7 kG/mm² przy 2 % obustronnych braków oraz 25,0 ÷ 35,2 kG/mm² przy 5 % braków. Przy 10 % braków uzyskalibyśmy dla niej liczby 27,0 ÷ 33,9 kG/mm². Są to różnice bardzo isto-

tnie. Należy więc nie tylko podawać procent obustronnych braków, ale należy jego wartości znormalizować, aby dane dotyczące tych samych materiałów były ze sobą bezpośrednio porównywalne, bez dodatkowych przeliczeń. Dlatego też wyżej zaproponowaliśmy przyjęcie 2 % braków dla wyznaczania granic normalnych. Te granice możemy istotnie uważać za *praktyczne granice* obliczeniowe, czego nie można byłoby powiedzieć o granicach 95-procentowych, a tym bardziej 90-procentowych.

Podając obie normalne granice Q' i Q'' lub R' i R'' dla danego rodzaju stali, znamy w przybliżeniu rozkład tych wielkości, a więc w szczególności ich *wartości średnie* $Q_0 = \sqrt{Q' \cdot Q''}$ i $R_0 = \sqrt{R' \cdot R''}$ oraz tzw. *względne normalne odchylenia graniczne* $g_Q = \sqrt{Q''/Q'}$ i $g_R = \sqrt{R''/R'}$. Można powiedzieć, iż *średnie wartości określają*

¹³⁾ Mamy tu na myśli nie określoną ilość materiału, np. pochodzącego z danego wytopu, co dałoby znacznie mniejsze rozrzuty (stanowiące również ciekawy temat badań), lecz dany rodzaj materiału uzyskiwanego z wielu wytopów, w różnych czasach i nawet w wielu hutach (por. zakończenie odnośnika 5).



Rys. 11

wytrzymałość danego materiału, a względne normalne odchylenia graniczne określają jego jakość. Jest ona tym wyższa, im odchylenie to jest mniejsze i bliższe jedności. Jeżeli zdołamy wyeliminować lub złagodzić niektóre z przyczyn, powodujących rozrzut własności mechanicznych wytwarzanych przez nas materiałów i tą drogą obniżyć ich względne normalne odchylenie graniczne g_0 , np. z 1,20 do 1,1 będzie to — praktycznie biorąc — równoważne zwiększeniu ich wytrzymałości o $\sim 10\%$. Otóż pierwszym warunkiem, jaki należy spełnić, dążąc do podniesienia jakości materiału, jest jej właściwa kontrola ujęta sposobem statystycznym. Z tablicy 2 widzimy np., iż jakość rozpa-

trywanych pięciu rodzajów stali jest bardzo różna, ponieważ normalne względne odchylenia graniczne g_0 wahają się od 1,136 do 1,237, a g_R — od 1,092 do 1,168. Wskazuje to na duże możliwości poprawy jakości niektórych rodzajów materiału. Bez oparcia się na danych statystycznych podobne porównanie jakości tych kilku rodzajów stali byłoby niemożliwe.

7. Zobaczmy, jak rzeczy te przedstawiają się na tle obowiązującej u nas normy PN/H-84020-Stal węglowa konstrukcyjna. Własności mechaniczne stali normalnej jakości podane są w tablicy 3. Nie wiemy jednak, jak należy rozumieć graniczne wartości wytrzymałości do-
 różnej R_r oraz dolne granice — granicy pla-

Tablica 2

Stal	Liczba badanych próbek	Granica plastyczności Q kG/mm ²				Wytrzymałość doraźna R kG/mm ²			
		Q ₀	Q (98%)	Q ₉₅ (95%)	gQ	R ₀	R (98%)	R ₉₅ (95%)	gR
015	248	26,6	21,8 ÷ 32,5	22,5 ÷ 31,2	1,221	41,6	35,8 ÷ 48,4	36,8 ÷ 47,0	1,163
025	152	25,8	22,0 ÷ 30,3	22,7 ÷ 29,3	1,173	47,8	43,8 ÷ 50,2	44,5 ÷ 51,3	1,092
035	180	29,7	24,0 ÷ 36,7	25,0 ÷ 31,2	1,237	53,6	46,0 ÷ 62,8	47,3 ÷ 61,0	1,168
050	120	37,9	32,2 ÷ 44,7	33,2 ÷ 43,2	1,216	71,5	63,5 ÷ 80,8	65,0 ÷ 79,0	1,128
065	76	43,1	38,0 ÷ 49,0	38,8 ÷ 47,7	1,136	85,0	77,5 ÷ 93,4	79,0 ÷ 91,7	1,098

Tablica 3

Stal	R _r kG/mm ²	R ₀ kG/mm ²	Q _r kG/mm ² mm
010	34 ÷ 42	37,8	19
015	37 ÷ 45	40,8	21
025	42 ÷ 52	46,7	23
035	50 ÷ 60	54,7	27
045	60 ÷ 70	64,8	30
055	70 ÷ 85	77,2	35
065	80 ÷ 95	87,2	40

styczności Q_r¹⁴) Dane te pozwalają jedynie obliczyć orientacyjne wartości średnie wytrzymałości doraźnej R₀. Jest to oczywiście niewystarczające. W jakim więc kierunku powinna pójść ewolucja normy? Należy dążyć do podania normalnych granic zarówno wytrzymałości doraźnej R' i R'', jak i plastycznej Q' i Q'' (przy 2-procentowych obustronnych brakach).¹⁵) Do

¹⁴) Widzimy, iż operowanie granicami wartości zmiennych sprawia, iż termin — granica plastyczności — staje się niewygodny, tym bardziej, iż rozróżnia się ponadto górną i dolną granicę plastyczności — w znaczeniu zupełnie innym, niż to rozumiemy tutaj. Zachodzi pytanie, czy nie można byłoby dla wielkości Q przyjąć nazwy — *wytrzymałość plastyczna*? Byłoby to ujęcie identyczne do innych rodzajów wytrzymałości: doraźnej, zmęczeniowej i rozdzielczej. Podobnie można byłoby nazwać *wytrzymałością płynięcia* to, co dziś nazywamy wytrzymałością na granicy pełzania.

¹⁵) Nie poruszamy tu bezwarunkowej konieczności wprowadzenia do norm danych dotyczących wytrzymałości zmęczeniowej, i to również określonej przez normalne jej granice, dla wszystkich stali konstrukcyjnych stosowanych w budowie maszyn.

tego zaś trzeba zebrać obfity materiał statystyczny. Więcej nawet — materiał ten, jak wiemy już, musi być stale zbierany i odświeżany. Obok krzywych ilościowego wzrostu produkcji — powinny być bieżące prowadzone krzywe rozkładu podstawowych własności mechanicznych, przy wyraźnie zaznaczonym dążeniu do zacieśnienia ich, tzn. do zmniejszenia ich podstawy i zwiększenia ich wysokości.¹⁶) Mówiliśmy już, iż będzie to równoważne podnoszeniu jakości produkcji.

Wszystko to dotyczy również innych wielkości, określających ilościowo jakość wyrobów hutniczych, w pierwszej linii — wymiarowych odchyłek prętów i kształtowników oraz zmienności ich ciężarów jednostkowych. Wprawdzie normy nasze podają odchyłki dopuszczalne od wymiarów nominalnych, dane te są jednak bardzo ogólnikowe i niewystarczające oraz również brak jest wyjaśnień, jak należy je rozumieć. Podobnie rzecz się ma z ciężarami prętów i kształtowników. I tu konieczne jest zebranie obfitego materiału statystycznego i dalsze nieustanne jego zbieranie dla celów bieżącej kontroli jakości wyrobów, przy jednoczesnym dążeniu do zmniejszenia rozrzutu sprawdzanych wielkości. Tą drogą nie tylko zdołamy dać konstruktorom do ręki właściwe narzędzie pracy, ale przyczynimy się do wydatnego podniesienia jakości naszych materiałów konstrukcyjnych, umożliwiając tym samym poważne oszczędności ich spożycia.

¹⁶) Albo też zmniejszenia odchylenia od pionu linii zastępczych na wykresie laplaso-logarytmicznym (rys. 11).

Inż. EDMUND BRYJAK

K. D. 669. 22 — 492. 2 : 621. 775. 75 : 620. 181. 428. 4

Badania dylatometryczne nad spiekaniem srebra

Pomiary dylatometryczne na sprasowanym surowym proszku srebrowym. — Charakter przebiegu krzywych rozszerzalności można wytłumaczyć zawartością gazów w prasówkach. — Gazy są trojkiego pochodzenia. Przy niższych temperaturach wydzielają się gazy zamknięte mechanicznie podczas prasowania. — Gazy wydzielające się przy 350 do 600 °C są gazami adsorbowanymi i pochodzącymi z rozkładu powłok tlenkowych. — Trzeci rodzaj gazów, to gazy rozpuszczone w metalu lub zamknięte w submikroporach. Wydzielają się przy temperaturze 700 do 850 °C.

Sprasowane proszki metaliczne, tzw. prasówki, stanowią układy niestale. Prasówki ulegają podczas obróbki cieplnej, tj. spiekania, przemianom, które zależą od rozmaitych czynników. Należą do nich pochodzenie proszku, metoda jego wytwarzania, wielkość i kształt ziarn oraz

ich rozkład w proszku, zawartość adsorbowanych lub rozpuszczonych gazów, zawartość tlenków, ciśnienie prasowania, szybkość i czas nagrzewania, tudzież temperatura i atmosfera spiekania. Proszki metali zawierają w stanie surowym, zależnie od metody wytwarzania, mniej-

sze lub większe ilości adsorbowanych gazów, powierzchniowych warstw tlenkowych i tlenków, pary wodnej (wilgoci), wodoru, azotu itp. Dlatego też jedną z głównych zasad technologii metalurgii proszków jest redukcja, to jest wyżarzanie proszków w atmosferze redukującej, najczęściej wodoru, przed dalszą ich przeróbką.

Szczególnie dużą zawartością okludowanych gazów odznaczają się proszki uzyskane przez wytrącenie z roztworu wodnego ich soli mniej szlachetnymi metalami i odczynnikami redukującymi lub proszki wytworzone metodą elektrochemiczną.

Proszki takie sprasowane w stanie surowym i później spiekane wykazują charakterystyczne zachowanie się. W zależności od ciśnienia i temperatury spiekania może wystąpić w prasówkach wzrost gęstości spowodowany skurczem lub spęgnięciem, tj. rozluźnienie się spieku.

W celu stwierdzenia zmian wymiarów, zwłaszcza długości prasówki podczas spiekania, stosuje się różne metody. Dużym uznaniem cieszy się metoda dylatometryczna; stosuje się do niej dylatometr rejestrujący fotograficznie.

Z wykresu rozszerzalności oblicza się współczynniki rozszerzalności, które są stałymi fizycznymi. Wykres wykazuje, gdy idzie o metale lite, rozszerzalność proporcjonalną do temperatury i wykrywa anomalie, które są wynikiem takich zjawisk, jak odprężanie i rekrytalizacja krystalitów, przemiany alotropowe itp. Podobnie jest przy prasówkach, które składają się z wielkiej ilości małych ziarn metalu. Spieki i prasówki podlegają podczas nagrzewania tym samym prawom co metale lite. Wykres rozszerzalności spiekanych prasówek wykazuje ponadto pewne istotne i charakterystyczne anomalie spowodowane przyczynami wymienionymi wyżej.

Cel pracy. Celem pracy było zbadanie wpływu zawartych w proszkach gazów, tlenków itp. na zachowanie się prasówki z proszku srebra podczas spiekania na podstawie wykresu rozszerzalności wykazującego charakterystyczny przebieg. Do tego celu użyto proszku srebra wytrąconego z kwaśnego roztworu soli srebrowej za pomocą granulek cynku elektrolitycznego. Proszki wytworzone tym sposobem cechuje duża zawartość okludowanych gazów [1]. Wybrano metal bardziej szlachetny, aby ograniczyć zawartość tlenków. Drobny proszek srebrowy jest jednak również pokryty błoną tlenku srebra.

Badaniami dylatometrycznymi procesu spiekania i wpływem gazów zawartych w prasówkach na przebieg spiekania zajmowało się wielu metalurgów. Wł. Trzebiatowski [2] badał miedź i złoto, G. F. Hüttig i W. Hennig [3] ołów, H. Silbereisen [4] żelazo, P. Duwez i H. Martens [5], B. Jordan i P. Duwez [6], R. Kamm, M. A. Steinberg i J. Wulff [7] miedź, ale szczególnie dużo zagadnień wyjaśnili E. Raub i W. Platte [8], badając spiekanie proszków srebra. Praca niniejsza nawiązuje głównie do

badania Rauba i Plattego i stwarza pewne nowe punkty widzenia.

Dane doświadczalne. Użyto proszku srebra wytrąconego z roztworu wodnego soli, który zawierał 99,5% Ag, 0,1% Cu i 0,2% Zn; reszty 0,2% nie oznaczano. Małe ilości zanieczyszczeń miedzią i cynkiem ogółem 0,3%, jak już wykazali Raub i Platte, nie wpływają na wykres rozszerzalności, toteż bliżej zajmować się nimi nie będziemy. Poszczególne ziarna tworzyły większe lub mniejsze aglomeraty, trudno więc określić wielkość pojedynczego ziarna. Analiza sitowa proszku wykazała następujący rozkład ziarnistości: 16,3% powyżej 0,32 mm, 27,3% powyżej 0,20 mm, 10,2% powyżej 0,15 mm, 24,6% powyżej 0,091 mm, reszta poniżej 0,091 mm. Gęstość zasypu wynosiła 1,25 g/cm³, a gęstość zasypu z usadem 1,51 g/cm³.

Proszek srebrowy prasowano jednostronnie w hartowanej matrycy stalowej o średnicy 10 mm. Do prasowania używano maszyny do badania wytrzymałości 35 t z zakresami 3,5, 17,5 i 35 t, firmy Losenhausen, model 1941. Stosowano ciśnienia 0,2 t/cm² do 25 t/cm². Ilość proszku zasypywanego do matrycy dawkowano w taki sposób, aby wysokość prasówek wynosiła ok. 3 mm.

Z powodu wielkiej plastyczności proszku srebrowego i liczbowo małego stosunku wysokości prasówek do przekroju można założyć, że rozkład gęstości był w nich mniej więcej jednaki. Na cylinderkach wykonano pomiar twardości Brinella używając aparatu Briviskop firmy Reichert. Prasówki prasowane pod niskimi ciśnieniami były za miękkie do pomiaru twardości. Gęstość oznaczono na wadze analitycznej mierząc ubytek ciężaru próbki po zanurzeniu w wodzie. Prasówki prasowane pod ciśnieniem do ok. 5 t/cm² wydzielały podczas pomiaru powietrze i dlatego wartości te są jedynie przybliżone.

Z cylindrycznych prasówek o średnicy 10 mm wycięto prostopadle do kierunku prasowania próbki 5 mm długości i 4 mm szerokości. Wysokość próbek była równa wysokości prasówek. Długość prasówek mierzono śrubą mikrometryczną przed spiekaniem i po nim z dokładnością 0,01 mm. Próbki otrzymane pod ciśnieniem powyżej 1 t/cm² miały długość 5 mm, próbki otrzymane pod ciśnieniem poniżej 1 t/cm² miały 2 mm długości z powodu zbyt wielkiego ich skurczu.

Przebieg spiekania rejestrowano przy 200-krotnej przekładni optycznej dylatometrem HTV systemu Bollenratha firmy Leitz [9], szybkość ogrzewania wynosiła ok. 4 °C/min. Szybkość ogrzewania w braku automatycznego regulatora regulowano ręcznie na podstawie uprzednio wywzorcowanej krzywej. Wskutek tego podczas nagrzewania mogły zachodzić pewne małe wahania szybkości. Ogrzewania pieca zaprzestawano po uzyskaniu temperatury 820—870 °C. Chłodzenie próbki i rejestracja jego krzywej odbywało się wraz z chłodzeniem

pieca. Próbkę spiekano w próżni rzędu 0,2 — 0,5 mm Hg, uzyskanej za pomocą olejowej pompy rotacyjnej Leybolda. Oś temperatur i dylatacyj wywzorcowano chroninem (stopem o ściśle określonym współczynniku rozszerzalności), który jednocześnie służył przy pomiarach za próbkę porównawczą rysującą oś temperatur. Łącznie zdjęto ok. 150 wykresów rozszerzalności. Gdy chodziło o proszki z tej samej serii, uzyskano wyniki powtarzalne.

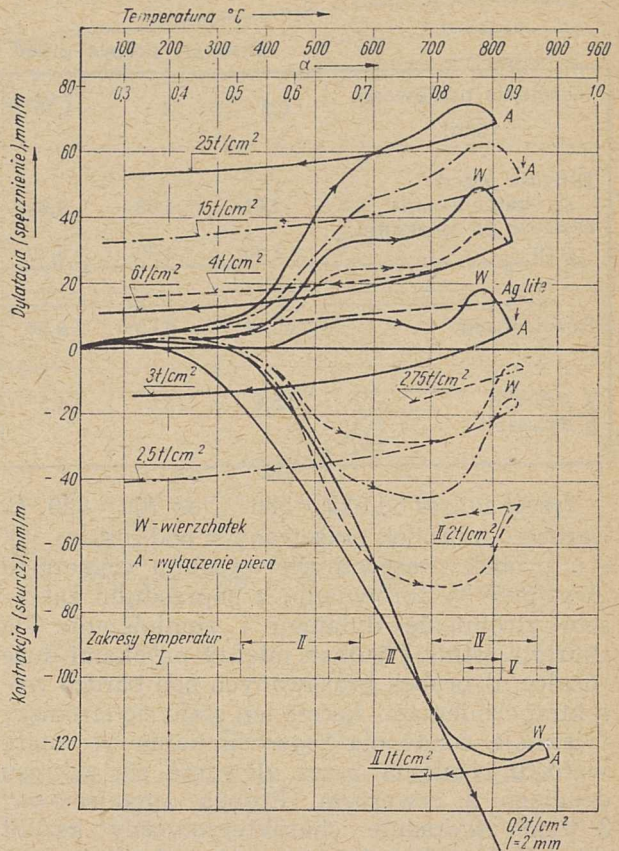
Do badań użyto proszku z dwu serii (I i II). Wykres rozszerzalności próbki II różni się nieco pod względem ilościowym od próbki I, zachowując wszakże ten sam charakterystyczny przebieg. Kilka próbek spiekano w powietrzu pod normalnym ciśnieniem.

Wyniki badań. Gęstości i twardości Brinella próbek po sprasowaniu, lecz przed spiekaniem podano w tabl. 1.

Twardość Brinella próbek po spiekaniu wynosiła 25 — 28 H_B . Wymiary długości przed pomiarem dylatometrycznym i po pomiarze prowadzonym do temperatury 800 — 870 °C przez 3,5 godz są podane w tabl. 2 i służą do celów porównawczych.

Rys. 1 zawiera przegląd wykresów rozszerzalności próbek prasowanych pod ciśnieniami od 0,2 do 25 t/cm². Stosunek użytych ciśnień wynosi więc 1 : 125. Pod osią temperatury narysowano w myśl propozycji G. H. Hüttiga [10] współczynnik α , tj. iloraz bezwzględnej temperatury spiekania przez bezwzględną temperaturę topnienia metalu. Zakresy temperatur, o których będzie mowa poniżej zostały narysowane pod osią temperatur. Rys. 1 przedstawia jedynie małą część materiału doświadczalnego.

Wykresy rozszerzalności można podzielić na 4 typy. Do typu pierwszego można zaliczyć próbki prasowane pod ciśnieniami niższymi niż 1 t/cm², drugi to próbki prasowane pod ciśnieniem od 1 — 2,75 t/cm², trzeci — próbka 3 t/cm², czwarty — próbki prasowane pod ciśnieniem wyższym niż 3 t/cm². Pierwszy typ daje wykres bez anomalii. Jest to typowy wykres postępu spiekania: skurcz wzrasta w miarę wzrostu temperatury. Drugi typ odznacza się już charakterystycznymi anomaliami: po początkowo silnym skurczu występuje zwolnienie zakończone gwałtowną dylatacją, która znowu przechodzi w skurcz. Czwarty typ wykazuje przebieg zasadniczo przeciwny poprzedniemu; charakteryzuje go gwałtowna dylatacja w dwóch stadiach,



Rys. 1. Wykresy rozszerzalności próbek srebra prasowanych pod ciśnieniem od 0,2 do 25 t/cm² z proszku surowego

która dopiero po osiągnięciu maksimum przechodzi w skurcz. Trzeci typ zajmuje miejsce pośrednie między drugim a czwartym.

Każdy z wykresów można podzielić na 5 zakresów temperatur (rys. 1):

Pierwszy zakres od 20 do 350 °C wykazuje rozszerzalność zbliżoną do srebra litego. Współczynnik rozszerzalności jest nieco większy, mniejszy lub równy współczynnikowi rozszerzalności litego srebra, zależnie od ciśnienia prasowania.

Drugi zakres rozciąga się od 350 do 520 ÷ 580 °C, przy czym niższa temperatura odnosi się do próbek prasowanych pod wysokim ciśnieniem i na odwrót. Próbkę prasowaną pod wysokim ciśnieniem wykazują gwałtowną dylatację, pod niskim — silny skurcz. Jest tu widoczna wybitna zależność tych zjawisk od ciśnienia.

Tablica 1

Gęstość i twardość Brinella

Ciśnienie prasowania t/cm ²	0,2	1	2	4	10	15	20	25
Gęstość, g/cm ³	5 ¹⁾	9 ¹⁾	10 ¹⁾	10,1 ¹⁾	10,40 ±0,22	10,45 ±0,02	10,46 ±0,02	10,48 ±0,02
Twardość H_B	—	—	30— 37	50— 60	80— 90	90— 100	100	100— 115

1) Próbkę silnie porowate i dlatego wartości przybliżone.

Tablica 2

Długości próbek przed spiekaniem i po spiekaniu

Ciśnienie prasowania t/cm ²	0,2	1	1,75	2,5	2,75	3	5	15	25
Długość przed spiekaniem, mm	2,01	4,98	4,92	5,03	5,00	4,95	5,05	5,00	5,00
Długość po spiekaniu n.m	1,50	4,30	4,70	4,90	5,01	5,01	5,19	5,19	5,24
Różnica, mm	-0,51	-0,68	-0,22	0,13	0,01	0,06	0,14	0,19	0,24
% skurczu % dylatacji	25,4	13,6	4,5	2,6	0,2	1,2	2,8	3,8	4,8

Trzeci zakres od $520 \div 580^\circ\text{C}$ do $700 \div 820^\circ\text{C}$. Zarówno u próbek prasowanych pod niskim, jak i u próbek prasowanych wysokim ciśnieniem występuje w porównaniu z poprzednim zakresem zwolnienie dylatacji i zmniejszenie się skurczu. Istnieją jednak między próbkami duże różnice. U próbek prasowanych pod bardzo wysokimi ciśnieniami zakres ten staje się stromszy i istnieje tendencja jego zanikania w miarę wzrostu ciśnienia przez zlewanie się zakresu drugiego z czwartym. Próbka „prześciowa“ 3 t/cm^2 wykazuje charakterystyczny kształt „siodelkowaty“, który przy niższych ciśnieniach jest już całkiem wyraźny. Przy ciśnieniach poniżej 1 t/cm^2 „siodelko“ zanika.

Czwarty zakres od $700 \div 820^\circ\text{C}$ do $750 \div 870^\circ\text{C}$ wykazuje powtórny gwałtowną dylatację i to niemal u wszystkich próbek. Dylatacja osiąga swe maksimum w wierzchołku W.

Od tego maksimum zaczyna się piąty zakres, a mianowicie skurcz wszystkich próbek. Znamienne jest to, że wierzchołek ten leży u próbek prasowanych pod wysokimi ciśnieniami przy niższych temperaturach (750°C), a u próbek prasowanych pod niskimi ciśnieniami przy wyższych temperaturach (870°C). Rozpiętość temperatur jest bardzo znaczna, wynosi bowiem 120°C . Wylączenie pieca zaznaczono na wykresach literą A.

Na rys. 2 (a i b) próbowano ująć wysokość poszczególnych charakterystycznych odcinków R, S, T, O, W w zależności od ciśnienia. Rys. 2b podaje znaczenie tych odcinków wymierzonych na wykresie (mm). Na podstawie otrzymanych wartości sporządzono wykres 2a. Odcinki R, S, T, są w dużym stopniu zależne od ciśnienia prasowania i w pewnych zakresach wykresu wykazują proporcjonalność do ciśnienia, które odnosi się zarówno do skurczu jak i do dylatacji. Nachylenie krzywych R, S, T staje się dla wysokich ciśnień coraz mniejsze; mają one charakter asymptotyczny. Całkowicie odmienny obraz dają krzywe dla wartości O i W. Krzywa W charakteryzuje pewne maksimum przy ok. $2,25\text{ t/cm}^2$, które opada, wykazując dla wszystkich ciśnień wyższych niż 9 t/cm^2 stałą wartość. Krzywa O znajduje się do ok. $3,5\text{ t/cm}^2$

poniżej osi ciśnienia (skurcz), później zaś wznosi się, łagodnie zlewając się z krzywą W.

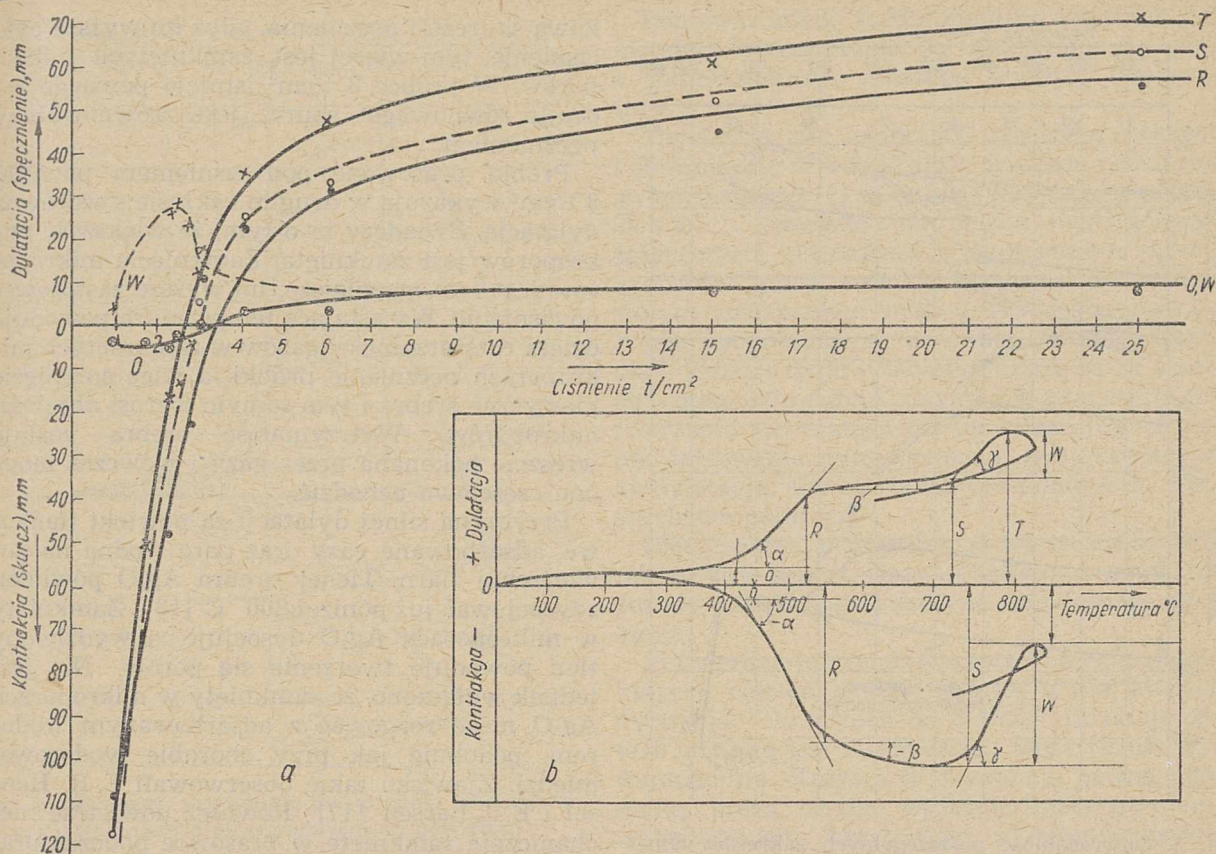
W celu zbadania odwracalności krzywych dylatacji w poszczególnych zakresach temperaturowych przeprowadzono kolejne ogrzewanie i studzenie próbek w dylatometrze (rys. 3). Można zauważyć, że wykresy studzenia, np. aA, bB, dD, eE są identyczne z krzywymi ogrzewania, np. Oa, Ba, Dd, Ee. Sumowanie poszczególnych częściowych wykresów rozszerzalności daje w wyniku obraz odpowiadający wykresom przedstawionym na rys. 1, np. dla 25 t/cm^2 . Na rys. 3 narysowano wypadkową krzywą kreskowaną którą dla tego aby nie komplikować rysunku odsunięto nieco od wykresów częściowych.

Aby ustalić wpływ wyżarzania proszku w wodorze, poddawano proszek przez 10 min jego działaniu przy $200, 430$ i 600°C . Rys. 4 przedstawia poszczególne wykresy rozszerzalności prasówek w zależności od temperatury wyżarzania.

W celu stwierdzenia wpływu ciśnienia atmosferycznego wykonano kilka wykresów w powietrzu pod normalnym ciśnieniem (rys. 5).

Omówienie wyników. Twardość prasówek wzrasta wraz z ciśnieniem, osiągając $110 H_B$, a więc staje się wyższa od twardości zgniecionego srebra litego, która wynosi 85 do $90 H_B$ [11]. Stwierdzono to już uprzednio na prasówkach miedzi [2], których twardość była również większa od twardości zgniezionej litej miedzi. Uzyskane podczas omawianych badań wartości są jednak znacznie niższe od wartości podanych przez Kikuchiego [12], który przy ciśnieniu 15 do 19 t/cm^2 otrzymał aż 150 do $160 H_B$. Porównanie obu wyników jest o tyle niemożliwe, że Kikuchi nie podaje, jakimi rodzajami proszków się posługiwał. Próbki po ostudzeniu wraz z piecem od 800 do 850°C wykazały zgodnie z wynikami Kikuchiego twardości 25 do $28 H_B$.

Gęstości próbek wzrastają w miarę wzrostu ciśnienia i już przy 2 t/cm^2 osiągają 10 g/cm^3 , tj. 95% gęstości metalu litego, a przy ciśnieniach wyższych niż 10 t/cm^2 osiągają $10,46\text{ g/cm}^3$, tj. ok. $99,5\%$ gęstości metalu litego. Świadczy to



Rys. 2. Zależność poszczególnych odcinków dylatacyjnych od ciśnienia

o dobrej plastyczności i prasowalności proszku srebra. Ten sam wynik otrzymali R. Kieffer i W. Hotop [13].

Metoda dylatometryczna wykazała swą przydatność do badania procesu spiekania. Już w 1934 r. Wł. Trzebiatowski [2] wykazał, że wykresy rozszerzalności prasówek z proszków złota i srebra mają różny wygląd w zależności od stosowanych ciśnień. Spęcznienie próbek prasowanych pod wysokimi ciśnieniami wytłumaczył Wł. Trzebiatowski zawartością adsorbowanych gazów, jak wodór, azot, oraz para wodna. Również M. J. Balszin [14] stwierdził podczas spiekania prasówek miedzi o różnej porowatości skurcz lub spęcznienie. Proszki metali nie zawierające gazów nie pęcznią, a ich wykres rozszerzalności nie wykazuje anomalii [3, 4, 5, 6]. Badania E. Rauba i W. Plattego [8] wykazały wielki wpływ gazów zawartych w prasówkach srebrnych na przebieg wykresu rozszerzalności.

Omawiane tu badania w zasadzie są zgodne z wynikami E. Rauba i W. Plattego [8], są jednak szersze i ujmują zagadnienie zawartości gazów w proszkach z nowych punktów widzenia. Wymienieni badacze wspominają, nie podając wszakże rodzaju atmosfery spiekania o wykresach odpowiadających rys. 1, które uzyskiwali jedynie sporadycznie, podczas gdy w niniejszych badaniach występują one stale.

Ciśnienie prasowania wywiera dominujący wpływ na przebieg wykresu rozszerzalności.

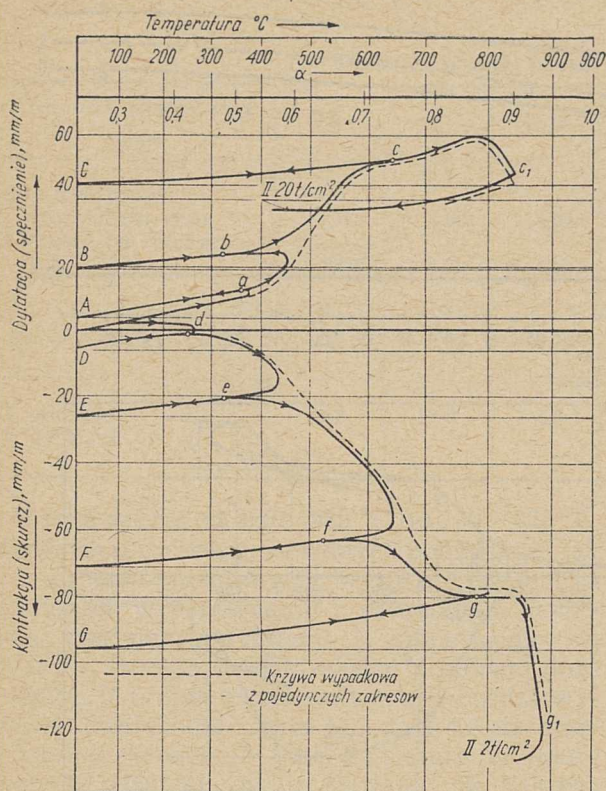
Wielkość skurczu czy spęcznienia podaje procentowo tabl. 2. Jak widać, zmiany wymiarowe są znaczne.

Dla uzyskania powtarzanych wyników należy się posługiwać tylko proszkami z jednej serii.

Wpływ zawartych w prasówce gazów jest tak znaczny, że anomalie dylatacyjne przesłaniają w próbkach nieznaczne przemiany spowodowane rekryształizacją, odprężeniem kryształów itp., które normalnie uwiarydlałyby się u próbek o małej zawartości gazów [3, 4]. Z tego też powodu nie można obliczyć współczynnika rozszerzalności próbek, które w miarę postępu spiekania podlegają spęcznieniu lub skurczowi.

Spiekanie następuje przy próbkach prasowanych pod niskimi i średnimi ciśnieniami już przy 100 do 200 °C. Przy wyższych ciśnieniach dylatacja próbek jest nieco większa od dylatacji srebra litego, co przypisuje się mechanicznie zamkniętym podczas prasowania gazom [7]. Zależnie od użytego ciśnienia u wszystkich próbek występuje w zakresie drugim między 300 do 400 °C albo gwałtowna dylatacja-pęcznienie (próbki powyżej 3 t/cm²), albo silny skurcz (próbki poniżej 3 t/cm²), które kończą się przy 520 do 580 °C.

A. Butts i G. R. van Duzee [15] stwierdzili, że zgrzewanie się srebra następuje szybko przy 200 do 400 °C. Poniżej 200 °C jest ono znikome. Zgrzewanie się następuje przy tym niższej tem-



Rys. 3. Odwracalność poszczególnych zakresów temperatur na wykresie rozszerzalności

peraturze, im wyższe jest ciśnienie wywarte na dwie stykające się z sobą powierzchnie srebra.

Skurcz próbek prasowanych pod ciśnieniem niższym niż 3 t/cm^2 jest spowodowany zgrzewaniem się — spiekaniem poszczególnych ziarn proszku, prasówki wykazują bowiem jedynie 50 do 95% gęstości metalu litego. Struktura prasówki jest jeszcze dość luźna, istniejące pory gazowe i adsorbowane gazy mają jeszcze dużo kanalików, którymi mogą się rozprzestrzeniać i swobodnie uchodzić na zewnątrz. Wzrastające ciśnienie prasowania zamyka coraz silniej kanałiki, tworząc mikropory. Podczas spiekania gazy, adsorbowane gazy i powłoki tlenkowe znajdujące się w mikroporach nie mogą w drugim zakresie temperatur swobodnie uchodzić. Im wyższe jest ciśnienie prasowania próbki, przy tym niższej temperaturze następuje zgrzewanie się ziarn srebra i tym ściślej zostają zamknięte mikropory. Mikropory stają się porami zamkniętymi [8]. W drugim zakresie odbywa się pewnego rodzaju wyścig między uchodzeniem gazów jeszcze otwartymi kanalikami a zamykaniem się jeszcze otwartych mikroporów wskutek większej szybkości zgrzewania spowodowanej wyższą temperaturą i wysokim ciśnieniem. Zamknięte w mikroporach gazy, rozszerzając się w miarę wzrostu temperatury, powodują pęcznienie próbki tym większe, im wyższe było zastosowane ciśnienie.

Skurcz próbek prasowanych pod ciśnieniem niższym niż 3 t/cm^2 maleje wraz ze wzrostem ciśnienia. Krzywa drugiego zakresu jest wypad-

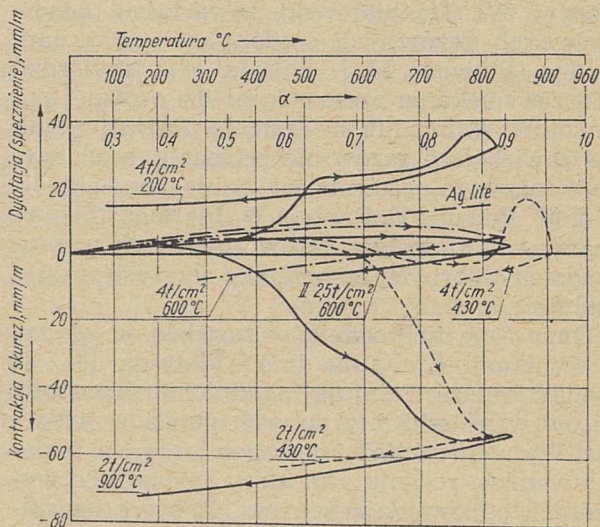
kową skurczu i pęcznienia, gdyż im wyższe było ciśnienie, tym więcej jest zamkniętych mikroporów. W próbce 3 t/cm^2 istnieje pewnego rodzaju równowaga: skurcz jest zrównoważony pęcznieniem.

Próbki prasowane pod ciśnieniem powyżej 3 t/cm^2 wykazują w drugim zakresie gwałtowną dylatację. Świadczy to o tym, że większość mikroporów jest zamknięta. Zamknięcie mikroporów jest tym mocniejsze, im wyższe zastosowano ciśnienie. Wzrastająca temperatura powoduje dzięki rozszerzalności gazów w zamkniętych mikroporach pęcznienie próbki, a więc spłynięcie plastyczne srebra i tym samym wzrost objętości mikroporów. Wytrzymałość srebra zostaje wreszcie pokonana przez gazy i wówczas mogą one częściowo uchodzić.

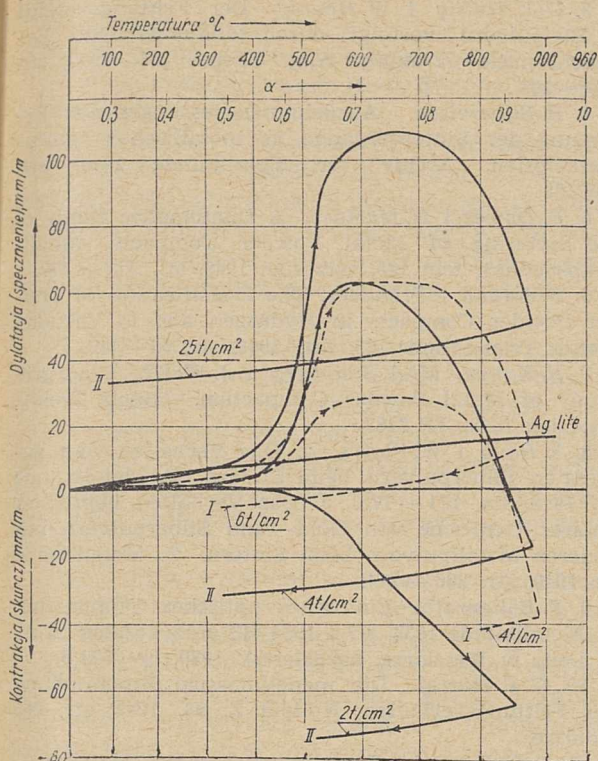
Przyczyną silnej dylatacji są powłoki tlenkowe, adsorbowane gazy oraz para wodna na powierzchni ziarn. Tlenek srebra Ag_2O powinien zdysocjować już poniżej 200°C [16]. Zamknięty w mikroporach Ag_2O dysocjuje, a wydzielony tlen powoduje tworzenie się porów. Nie jest jednak wyłączone, że zamknięty w mikroporach Ag_2O może reagować z adsorbowanym wodorem, podobnie jak przy chorobie wodorowej miedzi. Zjawisko takie obserwowali F. R. Hensel i E. J. Larsen [17]. Również powietrze mechanicznie zamknięte w prasówce podczas prasowania wywiera pewien wpływ na dylatację, jest on jednak w porównaniu do wymienionych już przyczyn minimalny, jak wykazały badania R. Kamma, M. A. Steinberga i J. Wulffa [7].

Proszki srebra wytworzone innymi sposobami, nie posiadające rozwiniętej powierzchni, nie wykazują gwałtownej dylatacji w zakresie drugim, np. proszki srebra wytworzone przez piłowanie srebra litego [8].

Trzeci zakres od $520 \div 580^\circ\text{C}$ do $720 \div 820^\circ\text{C}$ wykazuje u próbek poniżej 3 t/cm^2 zwolnienie skurczu, a u próbek powyżej 3 t/cm^2 zmniejszenie się dylatacji. Zakres ten jest przygotowa-



Rys. 4. Wpływ wyżarzania proszku srebrowego w wodrze przy 200, 430 i 600°C na wykres rozszerzalności prasówek



Rys. 5. Wykresy rozszerzalności próbek spiekanych pod ciśnieniem atmosferycznym w powietrzu

niami do zakresu czwartego. Charakteryzuje go umiarkowane wydzielanie się reszty gazów z mikroporów lub początkowo minimalne wydzielanie się gazów z submikroporów.

Czwarty zakres charakteryzuje powtórna gwałtowna dylatacja, praktycznie biorąc, u wszystkich próbek. Dylatacja ta jest większa u próbek prasowanych pod niższym ciśnieniem. Wierzchołek tej dylatacji W (rys. 1) jest wybitnie zaznaczony. Temperatura wierzchołka jest u próbek poniżej 3 t/cm² wyraźnie przesunięta do wyższych temperatur, a dla wysokich ciśnień do niższych temperatur. Np. dla 25 t/cm² leży przy ok. 750, a dla 2 t/cm² przy 850 °C. Przyczyną tej dylatacji-pęcznienia są również gazy, ale innego pochodzenia. Podczas gdy przyczyną pęcznienia w drugim zakresie były mikropory pochodzące od powierzchni ziarn, to w czwartym zakresie są nią gazy; powłoki tlenkowe nie znajdują się na nich, lecz wewnątrz krystalitów w postaci rozpuszczonej lub submikroporów. Przez mikropory rozumiemy tylko pory powstałe wskutek prasowania proszków, spowodowane zjawiskami powierzchniowymi, natomiast submikropory są to pory znajdujące się wewnątrz krystalitów. Powstanie submikroporów jest ściśle związane z metodą wytwarzania proszku srebra. Pory te tworzą się głównie podczas procesu spiekania.

Wykresy rozszerzalności: E. Rauba i W. Platrego dla piłowanego srebra i R. Kamma, M. A. Steinberga i J. Wulffa [7] dla proszku miedzi, wykazują podobne anomalie rozszerzalności spowodowane submikroporami.

Ponieważ każde ziarno metalu i krystalit jest metalem litym, przeto do uwolnienia się gazu z submikroporów potrzeba wyższej temperatury.

Tendencja do zanikania trzeciego zakresu i zlewanie się w jedną całość drugiego i czwartego zakresu (rys. 1) są dobrze widoczne u próbki 25 t/cm². Zjawisko to można wytłumaczyć zgnieceniem krystalitów, a tym samym submikroporów przez wysokie ciśnienie, a zarazem silnym zaciskaniem mikroporów. Oba rodzaje porów upodobniają się do siebie, tworząc mikropory jednego typu. Ciśnienia niższe są za słabe, aby zniszczyły submikropory lub przyczyny ich tworzenia się, dlatego też im niższe jest ciśnienie prasowania, tym wyraźniej jest akcentowana dylatacja, a wierzchołek przesunięty do wyższych temperatur.

Piąty zakres, począwszy od wierzchołka, charakteryzuje skurcz. Gazy utrudniające spiekanie zostały już usunięte i zaczyna się właściwe spiekanie.

Potwierdza to rys. 2. Krzywa O wykazuje dla których ciśnień istnieje skurcz, a dla których dylatacja. Dla ciśnień od 8 t/cm² dylatacja dla tego odcinka jest niezmienna i teoretycznie wytłumaczalna. Krzywa W wykazuje pewną anomalię, którą można wyjaśnić rozkruszeniem-splaszczaniem krystalitów i submikroporów przez wysokie ciśnienia. Ścianki otaczające submikropory stają się przeto cieńsze i rozprężające się gazy łatwiej się rozrywają. Im niższe jest ciśnienie, tym więcej submikroporów pozostaje nie zgniecionych i stąd maksimum wykresu W. W próbkach prasowanych pod bardzo niskimi ciśnieniami rzędu 1 t/cm² i niżej istnieją również submikropory w postaci niemal nienaruszonej, lecz wskutek silnego skurczu dylatacja jest mniej widoczna lub całkowicie wyrównana przez skurcz. Krzywe R, S, T nie wykazują anomalii i teoretycznie można je wytłumaczyć.

Odwracalność poszczególnych zakresów przedstawia rys. 3. Każda nowa krzywa ogrzewania pokrywa się ze swą poprzednią linią studzenia i nawiązuje prawie idealnie do następnego zakresu temperatur. Świadczy to o tym, że poszczególne zakresy dylatacyjne są ściśle związane z określonymi zakresami temperatur.

Rys. 1 i 3 przedstawiają wykresy rozszerzalności próbek sporządzonych przez prasowanie surowego proszku srebrowego, a rys. 4 wpływ wyżarzania proszku srebrowego przy 200, 430 i 600 °C w wodorze przed prasowaniem na wykres rozszerzalności. Temperatury dobrano do poszczególnych zakresów wykresu rozszerzalności (rys. 1). Redukcja proszku przy 200 °C nie wywiera przy wyższych ciśnieniach widocznego wpływu. Redukcja przy 430 °C zmienia już zasadniczo wykres rozszerzalności. Charakterystyczna gwałtowna dylatacja drugiego zakresu zanika, gwałtowny skurcz został przesunięty do zakresu wyższych temperatur. Widać tu wpływ wodoru, który zdążył już przy tej temperaturze usunąć adsorbowane gazy znajdujące

się na powierzchni ziarn proszku. Przyczyny wywołujące powstawanie mikroporów zostały usunięte, lecz czwarty zakres powodowany submikroporami jest jeszcze nienaruszony. Wyżarzanie w wodorze przy 600 °C wywołuje zanik czwartego zakresu. Świadczy to o tym, że wódór dociera do wnętrza krystalitów i usuwa przyczyny tworzące submikropory. Wykres rozszerzalności utracił wszelkie podobieństwo do wykresów przedstawionych na rys. 1 i upodobnił się do wykresu srebra litego, różniąc się od niego jedynie skurczem.

Przedstawione na rys. 5 wykresy rozszerzalności próbek mają tylko jedną gwałtowną dyatację, która jest bardziej stroma i wyższa. Widoczny wpływ wywiera tu ciśnienie atmosferyczne i sama atmosfera powietrzna. Istniejące już przy temperaturze pokojowej na ziarnach srebra błonki tlenkowe zostają przez nagrzewanie w powietrzu wzmocnione. Powyżej temperatury dysocjacji termicznej tlenku srebra rozpuszcza ono tlen, który przy wyższych temperaturach zostaje znowu wydzielony [18]. Tym się tłumaczy przebieg dyatacyjny próbek spiekanych w powietrzu.

Poczuwam się tu do miłego obowiązku podziękowania prof. drowi Wł. Trzebiatowskiemu za przedyskutowanie ze mną wyników niniejszej pracy, za Jego krytyczne uwagi i udzielone mi cenne wskazówki.

Literatura

1. R. J. Jaffee i H. P. Nielsen. Platinum — tungsten alloys. a. Metals Tech., sierpień 1948, TP 2420, b. Metals Transactions, tom 185, 1949, str. 858.
2. Wł. Trzebiatowski. a. Ueber Verfestigungserscheinungen an gepressten Metallpulvern. Z. Physikal. Chem., dział B, tom 24, 1934 str. 75 — 86, b. Zur Frage der elektrischen Leitfähigkeit synthetischer Metallkörper, Z. Physikal. Chem., dział B, tom 24, 1934, str. 87 — 97.

3. G. F. Hüttig i W. Hennig. Der Frittungsverlauf in Bleipulvern verfolgt durch dilatometrische Beobachtungen. Z. anorg. Allg. Chem., 251, 1943, str. 260 — 269.

4. H. Silbereisen. Ausdehnungsmessungen zur Erfassung der Sintervorgänge an metallischen Sinterwerkstoffen. Archiv für Metallkunde 1948, str. 305/308.

5. P. Duwez i H. Martens. A Dilatometric Study of the Sintering of Metal Powder Compacts. Metals Transactions, tom 185, wrzesień 1949, str. 571 — 577.

6. B. Jordan i P. Duwez. The Densification of Copper Powder Compacts in Hydrogen and in Vacuum. Metals Transactions 185, luty 1949, str. 96 — 99.

7. R. Kamm, M. A. Steinberg i J. Wulff. Lead-grid Study of Metal Powder Compaction. Metals Techn., grudzień 1948, TP 2487.

8. E. Raub i W. Platte. a. Das Verhalten vom gepressten Silberpulvern beim Sintern. Z. Metallkunde 40, 1949, str. 171 — 175. b. Das Verhalten gepresster binärer Gemische von Gold- und Silberpulvern mit anderen Metallpulvern beim Sintern. Z. Metallkunde 40, 1949, str. 206 — 214.

9. F. Bollenrath. Ein neues optisches Dilatometer. Z. Metallkunde 1933, H7 i 1934 H3 oraz katalog firmy E. Leitz w Wetzlarze, październik 1939, nr 7623 b.

10. G. F. Hüttig. Die modellmäßige Beschreibung des Frittungsverlaufes. Kolloid Z. 98, 1942, str. 263 i dalsze.

11. C. G. Goetzel. Treatise on Powder Metallurgy, tom II, str. 590 — 591. Nowy Jork 1950.

12. R. Kikuchi. Sci. Rep. Tohoku Univ. 26, 1937, str. 125/41 (R. Kieffer i W. Hotop „Metalurgia proszków i materiały spiekane).

13. R. Kieffer i W. Hotop. Metalurgia proszków i materiały spiekane. Katowice, 1951.

14. M. J. Balszin. Poroszkowe materiałowiedzenie. Moskwa 1948.

15. A. Butts i G. R. van Duzee. Trans. Electrochem. Soc. 74, 1938, 327.

16. H. Remy. Lehrbuch der Anorg. Chemie, tom II, str. 401 — 402. Lipsk 1942.

17. F. R. Hensel i E. J. Larsen. Trans. Am. Inst. Mining Met. Engrs 161/569, 1945 (C. G. Goetzel. Treatise on Powder Metallurgy, tom II). Nowy Jork 1950.

18. E. Raub. Degussa Metall-Berichte, Frankfurt nad Menem 1941, str. 33 — 34.

Inż. ZBIGNIEW RYCHLIK

K. D. 669. 183. 21 : 331. 875

Automatyka pieców martenowskich

Zagadnienie właściwej pracy energetycznej pieca. — Sprawność energetyczna pieca. — Pomiar ciepła pieca jako podstawowe wskaźniki jego pracy energetycznej. — Automatyzacja pracy pieca i jej wpływ na wzrost wydajności i ekonomiczności agregatu. — Warunki sprawnego działania automatyki. — Automatyczna regulacja ciśnienia w przestrzeni roboczej pieca. — Automatyczna regulacja temperatury sklepienia. — Automatyczna zmiana kierunku przepływu spalin i gazów. — Automatyczna regulacja procesu spalania.

Piec martenowski jest agregatem cieplnym o wewnętrznym spalaniu. Cały proces stalowniczy zachodzący wewnątrz pieca odbywa się głównie kosztem energii cieplnej dostarczanej z zewnątrz.

Większość pieców europejskich jest opalana paliwem gazowym. ZSRR, USA i Anglia jako

kraje bogate w paliwa płynne stosują również ten rodzaj paliwa do opalania pieców.

Z paliw gazowych używa się w stalowniach:

1. gazu czadnicowego,
2. gazu koksowego (w nowszych piecach oczyszczony gaz koksowy karburuje się w celu lepszego świecenia płomienia),

3. gazu ziemnego,
4. mieszanki gazów: wielkopieczowego, koksowego i czadnicowego (tzw. dwugaz lub trójgaz).

Każdy z tych gazów ma inną wartość opałową, a nawet — praktycznie biorąc — wartość opałową tego samego gazu ulega znacznym zmianom, gdy odbywa się wytop. Wpływa to oczywiście na proces stalowniany i utrudnia utrzymanie stałego natężenia cieplnego podczas wytopu.

Dopływ ciepła do kąpeli następuje przez promieniowanie i konwekcję. Ilość ciepła dostarczana przez konwekcję zależy w dużym stopniu od szybkości i gęstości przepływających gazów. Wzrost szybkości zwiększa wartość współczynnika przechodzenia ciepła α ; wzmożone ścieranie materiałów pieca ogranicza tę szybkość.

Ilość ciepła wymieniona przez promieniowanie między masą przepływających gazów a kąpielą stalową i obmurzem zależy w myśl równania Nusselta, m. in. od różnicy czwartych potęg bezwzględnych temperatur gazów i kąpeli lub ścian. Im wyższa zatem jest temperatura gazów, tym większe jest natężenie cieplne promieniowania.

Spaliny opuszczając piec mają wysoką temperaturę (w szczylnym i dobrym piecu temperatura spalin tuż za regeneratorami wynosi 800 do 900 °C). Pomimo częściowej regeneracji ciepła spalin przez przepuszczanie ich między kratownicami regeneratorów, skutkiem czego ciepło oddane przez spalinę w regeneratorach odbierają z kolei gazy wchodzące do pieca i temperatura spalania w piecu rośnie, strata w spalinach dochodzi do 50% ciepła dostarczonego w gazie do pieca.

Sprawność cieplna pieca, tzn. stosunek ilości ciepła potrzebnego do wyprodukowania stali do całkowitej ilości dostarczonego ciepła, zależy w głównej mierze od różnicy między temperaturami płomienia i powierzchni kąpeli. Na sprawność tę wpływa również rodzaj gazu, a raczej własności promieniowania płomienia danego gazu, natężenie cieplne, stan pieca i przebieg procesu metalurgicznego.

Sprawność cieplna pieca martenowskiego jest nieduża. Główne straty ciepła to:

1. strata w spalinach,
2. strata promieniowania do otoczenia przez ściany i okna wsadowe,
3. straty w ciągach i regeneratorach.

Według danych z literatury [7] straty te wynoszą dla średniego pieca martenowskiego 44,2, 18,6 i 16,4%.

Do porównań poszczególnych pieców nie używa się jednak pojęcia sprawności cieplnej, gdyż jej określenie wymaga sporządzenia bilansu cieplnego pieca. Zamiast niej stosuje się wskaźnik zużycia energii cieplnej na tonę wyprodukowanej stali. Wskaźnik ten — zależnie od typu pieca — jest rozmaity i waha się w granicach od $2,7 \cdot 10^6$ kcal/t stali dla małych pieców do

$1,2 \cdot 10^6$ kcal/t stali dla dużych. W literaturze przytacza się nawet dla pieców z całkowitą automatyzacją wartość $1,1 \cdot 10^6$ kcal/t stali.

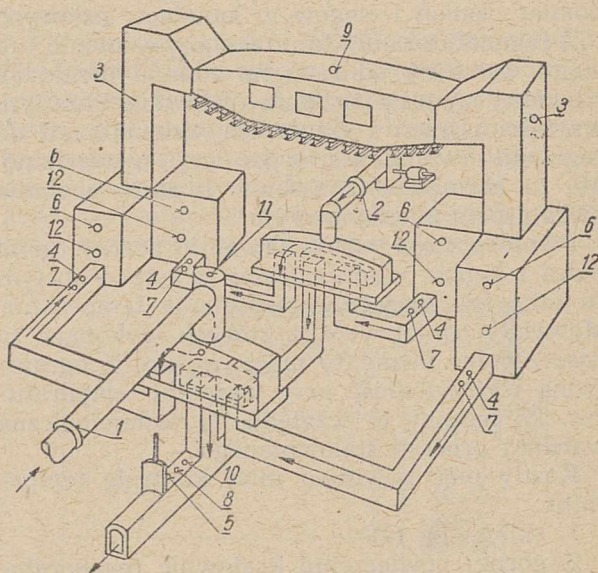
Krótki przegląd pracy cieplnej pieca wykazuje ważność właściwej i racjonalnej gospodarki energetycznej w stalowni. Energetyk powinien być stałym doradcą stalownika. W celu zwiększenia sprawności cieplnej pieca i obniżenia wskaźników zużycia energii cieplnej należy prowadzić stałe pomiary wszelkich parametrów czynników dopływających do pieca i opuszczających piec. W ten sposób uzyskuje się optymalne wskaźniki, na których podstawie można piec prowadzić najekonomiczniej.

Zasadniczo pomiary cieplne dokonywane podczas pracy pieca martenowskiego obejmują:

1. pomiary związane z kontrolą spalania,
2. pomiary temperatur.

Rys. 1 przedstawia rozmieszczenie punktów pomiarowych w piecu martenowskim opalanym gazem czadnicowym.

Pomiary związane z kontrolą spalania. Specyficzne warunki pracy pieca martenowskiego utrudniają nastawienie i kontrolę spalania. Zazwyczaj mierzy się natężenie przepływu gazu (1) i powietrza (2) oraz wykonuje analizę spalin (3, 4 i 5). Na drodze gazu i spalin w piecu zachodzą straty. Następuje zassanie zimnego powietrza przez nieszczelności zaworów rozrządzących, okien wsadowych i regeneratorów tudzież przez nieszczelności kanałów spalinowych.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów pomiarowych w piecu martenowskim opalanym gazem czadnicowym

1 — punkt pomiarowy natężenia przepływu gazu; 2 — punkt pomiarowy natężenia przepływu powietrza do spalania; 3 — punkt poboru spalin z główki pieca; 4 — punkt poboru spalin z kanałów za regeneratorami; 5 — punkt poboru spalin w głównym przewodzie kominowym; 6 — punkt pomiaru temperatury górnej powierzchni kratownic regeneratorów pirometrami; 7 — punkt pomiaru temperatur spalin i gazów w kanałach za regeneratorami termoparami; 8 — punkt pomiaru temperatury spalin w głównym kanale kominowym termoparami; 9 — punkt pomiaru temperatury sklepienia pirometrem; 10 — punkt pomiaru ciągu kominowego; 11 — punkt pomiaru ciśnienia dolotowego gazu czadnicowego; 12 — punkt pomiaru ciśnienia i ciągów w regeneratorach

Nawet gdy wewnątrz pieca na wysokości około połowy okien wsadowych utrzymuje się ciśnienie równe 0 mm słupa wody, to płomień w górnej części okien wsadowych wybija się a dołem wchodzi dzikie powietrze.

Wiele hut stosuje pomiar ilości gazu i powietrza, aby uzyskać dane porównawcze o zużyciu paliwa przez poszczególne piece.

Analiza spalin mimo stałych zmian powodowanych zasysaniem dzikiego powietrza, chwilowym przechodzeniem z kąpeli tlenku węgla oraz wahaniami wartości opałowej świeżego gazu jest nieodzownym środkiem kontroli i prowadzenia pieca. Próby spalin pobierane w głównym przewodzie kominowym (5) nie dają należytego pojęcia o spalaniu, gdyż w składzie spalin występują zaburzenia na skutek zasysania dzikiego powietrza oraz sporadycznego dopływu świeżego gazu i powietrza z zaworów rozrządnych podczas zmiany kierunku przepływu gazów. Przy poborze prób spalin z kanałów za regeneratorami można jednocześnie sprawdzać szczelność pieca przez zestawienie wyników w tym samym czasie pobranych analiz z kanału za regeneratorem (4) i z głowicy pieca (3).

Najlepszą podstawą do kontroli spalania w piecu martenowskim jest zawartość O_2 w spalinach, uzupełniona zawartością CO i H_2 . Ścisłe określenie optymalnej zawartości O_2 jest niemożliwe, gdyż teoretyczny skład spalin ulega zmianom. Umożliwia to dopiero dłuższa obserwacja danego pieca [6].

Z kontrolą spalania łączy się bezpośrednio pomiar ciśnień i ciągów w kanałach gazowych i za regeneratorami. Zaburzenia w ciśnieniu lub ciągu wskazują od razu na zmianę przekroju kanałów, czy też zażuzlenie kratownic. Poza tym wartości ciśnień i ciągów są wskaźnikami do regulacji otwarcia zasuw gazowej i powietrznej. Ma to szczególne znaczenie w razie opalania pieca gazem mieszkankowym.

Pomiary temperatur. Trwałość górnej części pieca i komór regeneratorów zależy w dużym stopniu od właściwego rozkładu temperatur. Materiały ogniotrwałe, z których wykonane są poszczególne elementy pieca, wykazują ograniczoną wytrzymałość przy wysokiej temperaturze, koniecznej ze względu na technologiczne warunki procesu stalownianego.

Każdy piec powinien mieć kontrolę temperatur:

1. sklepienia (9),
2. górnej powierzchni kratownic regeneratorów (6),
3. spalin w kanałach za regeneratorami (7) oraz
4. spalin w głównym kanale kominowym (8).

Ciągły pomiar temperatury górnych powierzchni kratownic regeneratorów, dokonywany za pomocą pirometrów całkowitego opromieniowania, jest dla obsługi pieca wartościowym wskaźnikiem do wyboru odpowiedniej chwili zmiany zaworów gazowych i powietrznych. W tym wypadku zmiana nie odbywa się w sztywnych ra-

mach czasu (np. co 20 min), lecz zależnie od temperatury górnej powierzchni kratownic. Należy zauważyć, że opóźnienie wskazań pirometru całkowitego opromieniowania jest bardzo małe, a promieniowanie komór regeneratorów jest bardzo bliskie promieniowania ciała czarnego.

Pirometr całkowitego opromieniowania służy do pomiaru temperatury sklepienia. Ze względu na wysokie temperatury w przestrzeni roboczej pieca, soczewki pirometru powinny być zabezpieczone przed szkodliwym działaniem płomienia strumieniem czystego powietrza, a rura wierzcha musi być chłodzona.

Temperaturę spalin w kanałach za regeneratorem oraz w głównym kanale kominowym mierzy się termoparami. Pomiar tych temperatur jest jednym ze wskaźników pracy pieca i regeneratorów. Na przykład w razie nieszczelności gazowego zaworu rozdzielczego raptowny wzrost temperatury spalin w kanale kominowym od razu sygnalizuje obsłudze to zaburzenie.

Rozwój techniki pomiarowej nasunął myśl samoczynnego sterowania pracą agregatu za pomocą impulsów idących od mierzonych wielkości.

Samoczynna regulacja pieców martenowskich jest trudniejsza niż samoczynna regulacja innych agregatów cieplnych. Niestalność ruchu, okresowo powtarzające się zmiany kierunku przepływu gazów i spalin, wahania w składzie gazu i spalin oraz nieszczelności utrudniały przez dłuższy czas pomyślne rozwiązanie problemu automatyki pieca martenowskiego. Trudności przełamano dopiero w ostatnim piętnastolecu. Obecnie coraz więcej hut wprowadza w swych stalowniach urządzenia do samoczynnej regulacji cieplnej pieców martenowskich. Zastosowanie automatycznej regulacji cieplnej pieca martenowskiego umożliwia całkowite wyzyskanie zdolności produkcyjnej agregatu, ekonomiczne zużycie paliwa i utrzymanie parametrów cieplnych na żądanej wysokości oraz zwiększa pewność ruchu.

Literatura zagraniczna [1, 2, 4, 5] zgodnie podkreśla zalety zastosowania automatycznej regulacji pracy pieców martenowskich.

Zainstalowanie automatyki na dwóch piecach Kuznieckiego Kombinatu Metalurgicznego przyniosło:

- wzrost wydajności od 6,9 do 11,3%,
- zmniejszenie się zużycia paliwa od 15,3 do 15,9%,
- przedłużenie średniego czasu pracy sklepienia pieca (niezależnie od wzrostu intensywności wytopów) o 10 do 19%.

Podobne wyniki dało zastosowanie samoczynnej regulacji w piecach martenowskich Magnitogorskiego Kombinatu Metalurgicznego, a mianowicie:

- zużycie paliwa zmniejszyło się średnio o 5,8%,
- wydajność wzrosła o 3%,
- zużycie materiałów ogniotrwałych zmalało o 13,3%.

Zadanie automatycznego sterowania polega na samoczynnym utrzymywaniu wielkości charakterystycznych dla przebiegu procesu, jak temperatury, ciśnienie i skład spalin na określonym z góry poziomie.

Wielkość podlegająca regulacji nosi nazwę wielkości regulowanej (w Polsce dotychczas nie ustalono słownictwa dotyczącego regulacji i automatyzacji).

Pierwszym warunkiem do samoczynnej regulacji pieca martenowskiego jest daleko idące ograniczenie nieszczelności góry i dołu pieca. Szczelne muszą być zawory, zasuwy, obmurze i zamknięcia okien wsadowych.

Automatyka wymaga dobrze skonstruowanego i właściwie zbudowanego pieca. Symetryczność obciążenia cieplnego obu stron regeneratorów oraz ich podobna pojemność cieplna jest nieodzownym warunkiem należytego funkcjonowania urządzeń do samoczynnej zmiany kierunku przepływu gazów (rewersji) opartej na pomiarach temperatur w regeneratorach.

Jeżeli ciągły pomiar danego parametru (np. ciśnienia pod sklepieniem) przy nieprzerwanym ruchu pieca jest dostatecznie pewny, impuls pochodzący od pomiaru może służyć za źródło do samoczynnej regulacji tego parametru.

W obecnym stadium rozwoju automatyzacji pracy cieplnej pieca martenowskiego można samoczynnie regulować:

1. ciśnienie w przestrzeni roboczej pieca,
2. temperaturę sklepienia,
3. zmianę kierunku przepływu gazów i spalin (rewersję),
4. proces spalania.

Jeżeli samoczynna regulacja obejmuje jedynie część wymienionych wyżej czynników, mówimy o częściowej automatyzacji procesu. Zautomatyzowanie regulacji wszystkich parametrów określamy jako całkowitą automatyzację.

Każde urządzenie do samoczynnej regulacji składa się z następujących elementów:

1. przyrządu pomiarowego lub punktu pomiarowego umieszczonego w bezpośredniej styczności z regulowaną wielkością (jak np. temperatura umieszczona w komorze regeneratora lub pirometr skierowany na sklepienie pieca);
2. przyrządu (regulatora), którego zadaniem jest utrzymywanie wartości mierzonego parametru na żądanej wysokości (jak np. termostator nastawiony na daną temperaturę);
3. urządzenia (silnika) sterującego położeniem elementu regulującego natężenie regulowanego przepływu lub dopływu, medium (jak np. silnik elektryczny wraz z zasuwą na przewodzie gazowym, regulujący przez zmianę położenia zasuwy natężenie dopływu gazu do pieca w zależności od temperatury sklepienia).

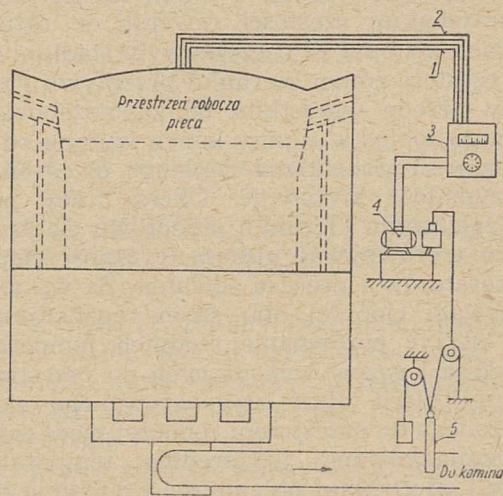
Przekazywanie impulsu od regulatora do urządzenia sterującego może się odbywać mechanicznie (rzadko), elektrycznie lub pneuma-

tycznie. Dlatego też mówimy o sterowaniu elektrycznym lub pneumatycznym.

Samoczynna regulacja ciśnienia w przestrzeni roboczej pieca polega na utrzymywaniu pod sklepieniem stałego ciśnienia rzędu 0,4—1,8 mm słupa wody. Impuls ciśnienia z przestrzeni roboczej pieca pobiera się na sklepieniu, mniej więcej w odległości 1 m od tylnej ściany pieca ponad otworem spustowym. Obok przewodu impulsowego (2) przeprowadzony jest równoległe do niego przewód kompensacyjny (1). Oba przewody, impulsowy i kompensacyjny, są doprowadzone do czułego ciśnieniomierza (3). Mikromanometr ten musi być czuły na różnice ciśnień rzędu 0,1 mm słupa wody. Jeżeli ciśnienie w przestrzeni roboczej pieca różni się od założonego ciśnienia, mikromanometr włącza elektromagnetyczny kontakt, który z kolei uruchamia silnik elektryczny (4) poruszający zasuwę kominową (5). Każda wyżka lub niżka ciśnienia w piecu w stosunku do założonego powoduje za pośrednictwem mikromanometru, elektromagnetycznych kontaktów, silnika elektrycznego i zasuwy kominowej, zwiększenie się lub zmniejszenie się przelotu kanału kominowego, które w wyniku wyrównuje ciśnienie w przestrzeni roboczej pieca. Jeżeli różnica między ciśnieniem roboczym i założonym jest nieznaczna (rzędu 0,05 — 0,12 mm słupa wody), impuls elektryczny do uruchomienia zasuwy kominowej jest krótkotrwały i przerywany. W razie większej różnicy ciśnień impuls sterujący jest ciągły, aż do wyrównania ciśnienia w piecu.

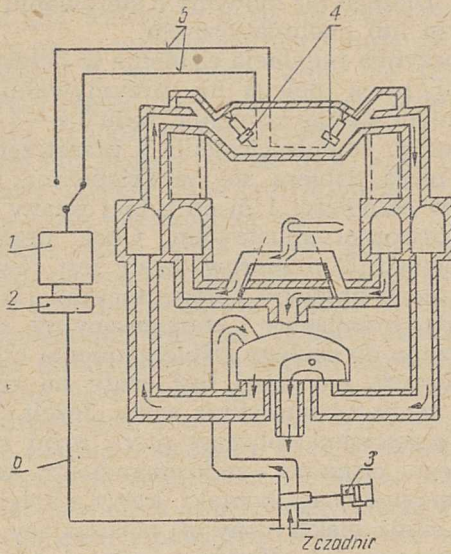
Pomiar temperatury sklepienia dokonywany pirometrami całkowitego opromieniowania i rejestrowany za pomocą samopiszącego potencjometru jest wskazaniem dla obsługi pieca; wykres temperatury sklepienia stanowi prócz tego cenny dokument dla kontroli stalowni.

Jeden z systemów automatyki wyzyskuje pomiar temperatury sklepienia do regulacji do-



Rys. 2. Schemat automatycznej regulacji ciśnienia w przestrzeni bocznej pieca martenowskiego

1 — przewód kompensacyjny; 2 — przewód impulsowy; 3 — regulator ciśnienia w piecu; 4 — silnik sterujący zasuwą kominową; 5 — zasuwa kominowa



Rys. 3. Schemat automatycznej regulacji temperatury sklepienia

1 — regulator temperatury sklepienia z rejestracją; 2 — regulator natężenia przepływu gazu czadnicowego; 3 — serwowymiar wraz z zaworem gazowym na głównym przewodzie gazowym; 4 — pirometr całkowitego opromieniania skierowany na sklepienie pieca; 5 — przewody kompensacyjne; 6 — przewód impulsu sterującego zaworem gazowym

plywu gazu i powietrza do pieca. Zmiana natężenia dopływu gazu wpływa na zmianę temperatury sklepienia. Regulator temperatury sklepienia (1) jest połączony z regulatorem ilości gazu (2), przymykającym zawór gazowy (3), gdy sklepienie osiągnie żadaną wartość temperatury. Regulacja natężenia dopływu gazu może być sprzężona z regulacją ilości powietrza potrzebnego do spalania [8]. W ten sposób uzyskuje się nie tylko utrzymanie właściwej temperatury sklepienia, ale równocześnie i regulację procesu spalania.

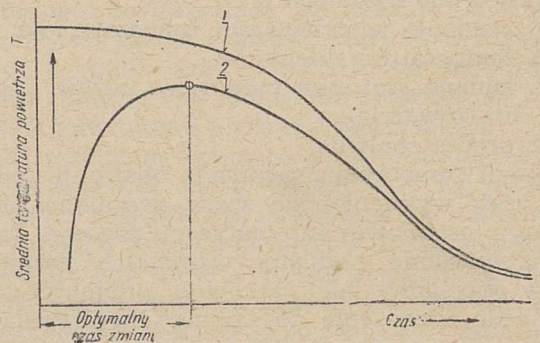
Dalszym elementem automatyki jest samoczynne przerzucanie zaworów rozrządu gazu i powietrza. Automatyczne sterowanie kierunkiem przepływu gazów i spalin należy oprzeć na optymalnej częstotliwości rewersji w różnych okresach wytopu. W początkowym stadium wytopu częstość zmian kierunku przepływu gazów zależy przede wszystkim od zapotrzebowania ciepła do topienia, a przy końcu wytopu od intensywności przenikania ciepelnego, co ogranicza wytrzymałość kratownic. Okres pracy pieca przy założonym kierunku przepływu ciepła powinien wyrównywać niesymetryczność cieplną regeneratorów i procesu spalania. Za wskaźnik równowagi cieplnej obu stron regeneratorów może służyć porównanie średnich temperatur powietrza i gazów wchodzących do przestrzeni roboczej pieca. Ilość zregenerowanego ciepła wnoszonego do przestrzeni roboczej pieca zależy od wzmiankowanej już średniej temperatury gazów i od cieplnej pojemności kratownic podczas ich ochładzania.

Maksymalny strumień zregenerowanego ciepła otrzymujemy przy częstej rewersji, lecz każda zmiana kierunku przepływu gazów łączy

się ze stratą ciepła do otoczenia oraz stratą kominową nie spalonego paliwa. Ujawszy w matematyczną zależność zregenerowane ciepło, straty przy zmianie kierunku przepływu gazów i czas trwania zmiany, a jednocześnie zakładając pewne uproszczenia, można określić optymalny czas trwania zmiany [5]. Wynosi on zgodnie z tymi założeniami $20 \div 30$ min na początku wytopu, a $8 \div 12$ min podczas wykończenia.

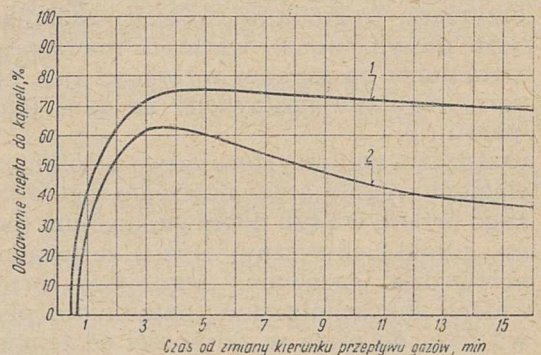
Niedokładności w budowie kratownic, różny stopień ich zużycia i zażużlowania oraz różnice w ilościach dzikiego powietrza zasysanego przez nieszczelności w regeneratorach i kanałach powodują, że warunki pracy regeneratorów nie są jednakowe. Różnice powinny być kompensowane we właściwy sposób różnym czasem pracy poszczególnych regeneratorów. Skądinąd konieczna jest odpowiednia stałość pracy układu; przy ciągłej regulacji częstość zmian kierunku przepływu gazów i spalin nie powinna się zbyt wahać.

Istnieje kilka systemów samoczynnej zmiany kierunku przepływu gazów i spalin. Kryterium przytoczonego poniżej podziału jest źródło impulsu do automatycznego przekładania zaworów powietrznych i gazowych. Zgodnie z tym mówimy o automatycznym rozrządzie według: czasu, temperatury u dołu kratownic regeneratorów powietrznych mierzonych termoparami, tempe-



Rys. 4. Zależność między temperaturą powietrza podgrzanego w regeneratorach a okresem czasu między zmianami kierunku przepływu gazów (według Larsena i Shenka)

1 — krzywa teoretyczna (idealna); 2 — krzywa rzeczywista



Rys. 5. Zależność między ilością dostarczonego do kąpielii ciepła a czasem od chwili zmiany kierunku przepływu gazów (według Greena i Vollratha)

1 — początek wytopu; 2 — koniec wytopu

ratury górnej powierzchni kratownic regeneratorów powietrznych mierzonych pirometrami, różnicy temperatur mierzonych termoparami u dołu kratownic regeneratorów powietrznych i różnicy temperatur górnych powierzchni kratownic regeneratorów mierzonych pirometrami.

Przy analizie poszczególnych systemów automatycznego rozrządu ważny jest charakter wskazań elementów pomiarowych, które są jednocześnie źródłami impulsu do przerzucania zaworów. W wymienionych wyżej systemach elementami tymi są: przekaźnik czasowy, termopary lub pirometry całkowitego opromieniania.

Działanie przekaźnika czasu jest zupełnie niezależne od pracy pieca. Impuls biegnie stale w określonym z góry czasie. Ten system automatycznego rozrządu nie jest zadowalający, gdyż obserwacja i utrzymywanie właściwej temperatury sklepienia oraz kratownic regeneratorów pozostawia się nadal obsłudze pieca, jak przy ręcznym sterowaniu.

Wskazania termopar i związane z tym siły termoelektryczne zależą od temperatury ośrodka gazowego i temperatury cegieł kratownic. Temperatury te ulegają szybkim zmianom i często się od siebie różnią. Nie bez znaczenia jest również pojemność cieplna samej termopary tudzież jej osłony. Dlatego też wskazania termopar są dość znacznie opóźnione.

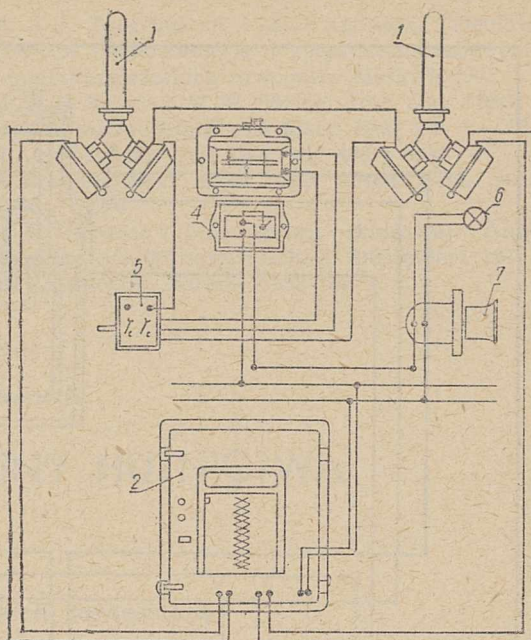
Reakcje pirometrów całkowitego opromieniania na zmiany temperatury są prawie natychmiastowe, system więc oparty na pirometrach cechuje szybkość działania i czułość.

Za granicą dokonano wielu prób poszczególnych systemów jako źródeł impulsów do automatycznego rozrządu.

System sterowania według ustalonej bezwzględnej wielkości temperatury jest niepewny, gdy rośnie natężenie cieplnego strumienia gazów przechodzących przez regeneratory, wówczas bowiem coraz bardziej przyspiesza on zmiany, tak że może nawet dojść do ciągłego przerzucania zaworów. Lepszy jest system sterowania zmianami zaworów według różnicy temperatur. Istnieją dwa rozwiązania:

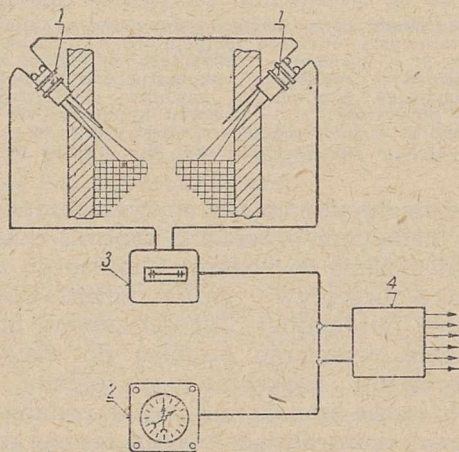
1. impuls do przerzucania zaworów gazowych i powietrznych daje różnica temperatur u dołu kratownic regeneratorów zmierzona termoparami,
2. impuls daje różnica temperatur górnej powierzchni kratownic regeneratorów zmierzona pirometrami.

Na skutek znacznej pojemności cieplnej kratownic regeneratorów automatyczny rozrząd oparty na pomiarze różnicy temperatur u dołu regeneratorów reaguje z dużym opóźnieniem na zmiany cieplne zachodzące wewnątrz regeneratorów, co może spowodować okresowe naruszenie równowagi cieplnej pieca. Aby zabezpieczyć konieczne skrócenie czasu zmiany przy końcu wytoku w systemie automatycznego rozrządu według założonej różnicy temperatur, zastosowano wielozakresowy opornik pozwalający



Rys. 6. Schemat automatycznego sterowania zaworami rozrządczymi według różnicy w temperaturach dołu regeneratorów powietrznych

1 — termopary; 2 — rejestrator temperatur; 3 — termoregulator i przekaźnik impulsu do przerzucania zaworów gazowych i powietrznych; 4 — przekaźnik; 5 — przekaźnik połączenia termopar w zależności od kierunku przepływu przez regenerator (spaliny lub powietrze); 6 — żarówka kontrolna; 7 — syrena

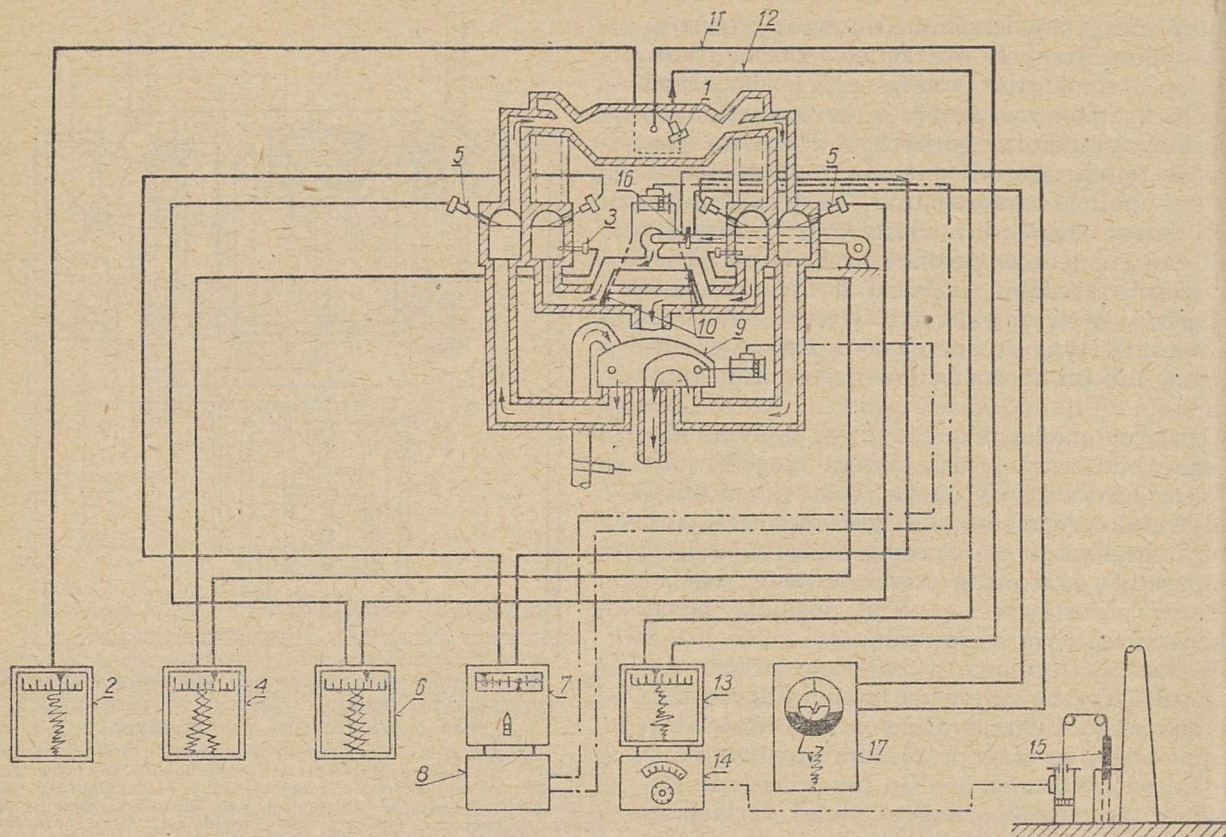


Rys. 7. Schemat sterowania zaworami rozrządczymi według różnicy w temperaturach górnej powierzchni kratownic regeneratorów powietrznych

1 — pirometry całkowitego opromieniania; 2 — przyrząd kontroli czasu trwania jednej zmiany; 3 — termoregulator; 4 — przekaźnik impulsu do przerzucania zaworów gazowych i powietrznych

zmieniać częstość zmiany kierunku przepływu gazów i spalin. Rys. 6 przedstawia układ sterowania zaworami rozrządczymi według różnicy temperatur u dołu kratownic regeneratorów powietrznych.

Sterowanie według różnicy temperatur górnej powierzchni kratownic regeneratorów mierzonych pirometrami uważa się obecnie za najlepszy system automatycznego rozrządu zaworów. W celu zapobieżenia zbyt częstej lub zbyt rzadkiej zmianie zaworów system ten łączy się



Rys. 8. Schemat urządzeń częściowej automatyki 50-tonowego pieca martenowskiego opalanego nieoczyszczonym gazem czadnicowym

1 — pirometr całkowitego opromieniowania mierzący temperaturę sklepienia; 2 — rejestrator temperatury sklepienia; 3 — termopary mierzące temperaturę dołu regeneratorów powietrznych; 4 — rejestrator temperatury dołu regeneratorów; 5 — pirometry całkowitego opromieniowania mierzące temperaturę górnej powierzchni kratownic regeneratorów; 6 — rejestrator temperatur górnej powierzchni kratownic; 7 — termoregulator; 8 — przełącznik impulsów do samoczynnego przetrzucia zaworów powietrznych i gazowych; 9 — rozrządczy zawór gazowy; 10 — rozrządczy zawór powietrzny; 11 — przewód impulsowy do pomiaru ciśnienia w przestrzeni roboczej pieca; 12 — przewód kompensacyjny; 13 — mikromanometr rejestrujący; 14 — regulator ciśnienia i przełącznik impulsu do sterowania zasuwą kominową; 15 — zasuwka kominowa; 16 — zwężka do pomiaru natężenia przepływu powietrza; 17 — rejestrująca waga pierścieniowa

z równoległe pracującym przyrządem kontroli czasu. Zadaniem przyrządu kontroli czasu jest niedopuszczanie do podania impulsu do zmiany kierunku przepływu gazów przed upływem ustalonej minimalnej długości zmiany oraz samodzielnego wysyłanie impulsu do zmiany po przekroczeniu maksymalnego okresu, jeżeli w tym czasie impuls nie został podany przez urządzenie kontrolujące różnicę temperatur powierzchni kratownic. Rys. 7 przedstawia układ sterowania według różnicy temperatur górnej powierzchni kratownic regeneratorów powietrznych.

Soczewki pirometrów całkowitego opromieniowania (1) służących za źródła impulsu do rozrządu gazów należy chronić przed zapyleniem, np. za pomocą strumienia oczyszczonego powietrza pod ciśnieniem około 100 mm słupa wody. Zapylenie nie chronionych soczewek pirometrów następuje bardzo szybko i powoduje zniekształcenie (obniżenie) wskazań pirometrów w stosunku do rzeczywiście istniejących w regeneratorach temperatur. Może wówczas nastąpić przegrzanie komory regeneratora. W takich wypadkach przyrząd kontroli czasu zmian (2) powinien samoczynnie zmieniać kierunek przepływu gazów i spalin.

Dalszym punktem samoczynnej regulacji pieca martenowskiego jest regulacja procesu spalania. W procesie martenowskim potrzeby samego procesu stalownianego wymagają również starannej uwagi jak zagadnienia czysto energetycznego spalania.

Poprzednio została omówiona samoczynna regulacja spalania przy regulacji temperatury sklepienia. Drugi system polega na ciągłej analizie spalin i utrzymywaniu w nich optymalnej zawartości tlenu. Trudne warunki poboru spalin, uciążliwa konserwacja analizatorów ciągłych oraz nieuniknione po dłuższej pracy pieca nieszczelności budzą wątpliwość co do opłacalności tego systemu.

Przy zastosowaniu do opalania pieca dwulub trójgazu stosuje się samoczynną regulację wartości opalowej mieszanki gazowej przez zmianę stosunku objętościowego poszczególnych gazów wchodzących w skład mieszanki.

W 1942 r. w USA jedynie 15% zautomatyzowanych pieców martenowskich miało samoczynną regulację spalania.

Rys. 8 przedstawia schemat urządzeń częściowej automatyki 50-tonowego pieca martenowskiego opalanego gazem czadnicowym gorącym (nie czyszczonym). Piec ten ma samo-

czynną regulację ciśnienia w przestrzeni roboczej oraz automatyczne przerzucanie zaworów powietrznych i gazowych.

Każdy system samoczynnej regulacji, całkowitej czy też częściowej, powinien umożliwiać natychmiastowe przejścia na sterowanie ręczne.

Literatura

1. G. R. Bashforth. The manufacture of Iron and Steel. T. II. Steel production. Londyn 1951.

2. A. J. Toperwierch i M. J. Szerman. Tjeplotiechniczieskije izmjeritelielnyje i riegulirujuszczije pribory na mietalurgiczeskich zawodach. Moskwa 1951.

3. R. H. Baulk i M. W. Thring. Iron and Steel 1946.

4. Guttmann. Stahl und Eisen 1949, str. 8—18.

5. A. J. Lerner. Stal 1947, str. 496 i nast.

6. B. von Sothen. Stahl und Eisen 1934, str. 437 do 446.

7. K. Rummel i inni (praca zbiorowa). Anhaltzahlen für die Wärmewirtschaft. Düsseldorf 1947.

8. Zb. Rychlik, Hutnik 1953, nr 1.

NOWOŚCI Z DZIEDZINY HUTNICTWA

RUDY

Wzbogacenie rud w ciężkich zawiesinach

W ostatnich latach w ZSRR i w krajach zachodnich znalazł szerokie zastosowanie sposób bardzo wydajnego wzbogacania użytecznych kopalni w ciężkich sztucznych zawiesinach.

W naszym przemyśle jeszcze się tej metody nie stosuje, chociaż nie brak u nas ubogich rud cennych metali, wymagających racjonalnego przygotowania do różnych procesów dalszej przeróbki. Z literatury wynika, że zakłady, w których wprowadzono tę metodę, przerabiają tysiące ton rudy dziennie, uzyskując doskonałe wyniki.

Sposób rozdzielania użytecznych minerałów od skały płonnej w ciężkich cieczach jest prosty; stosuje się go powszechnie w laboratoriach. Zasadę procesu można poznać na przykładzie bromoformu, ciężkiej cieczy o gęstości 2,9. W cieczy tej ziarna rudy o ciężarze właściwym większym od 2,9 toną, natomiast ziarna o ciężarze mniejszym od 2,9 wypływają na powierzchnię i mogą być łatwo oddzielone. Pomimo prostoty tej metody — jeśli idzie o zastosowanie w skali laboratoryjnej, wprowadzanie jej do przemysłu natrafiło na dosyć poważne trudności, albowiem ciężka ciecz stosowana do rozdzielania minerałów powinna mieć dość dużą gęstość, a zarazem możliwie jak najmniejszą lepkość, nie może być nawet w najmniejszym stopniu trująca, a wreszcie musi być tania.

Wymagania fizyko-chemiczne najlepiej spełniałyby związki chemiczne, ale dosyć wysoka cena uniemożliwia stosowanie ich do tego celu.

Zagadnienie zostało właściwie rozwiązane dopiero po wynalezieniu ciężkich sztucznych zawiesin wodnych. Zawiesiny takie, sporządzone z dobrze sproszkowanego magnetytu lub barytu, są pod względem własności najbardziej zbliżone do oryginalnych cieczy ciężkich. Materiałami obecnie najczęściej używanymi do tego celu są galena, magnetyt i żelazokrzem.

Galena o ciężarze właściwym 7,6, rozdrobniona w 70—80% do ziarnistości około 0,04 mm, daje zawiesiny o gęstości około 3 i odpowiednio małej lepkości. Flotacyjny sposób regeneracji galeny i jej niska cena sprawiły, że znalazła ona dość szerokie zastosowanie. Wadą galeny jest jej łatwa ścieralność, która powoduje powstawanie dużej ilości bardzo drobnych ziarenek, zwiększających lepkość zawiesiny.

Magnetyt nadaje się do sporządzania zawiesin służących do wzbogacania węgla, mniej do wzbogacania rud, z powodu mniejszego ciężaru właściwego (5,2).

Galenę coraz częściej zastępuje się żelazokrzemem o zawartości 15—18% Si. Materiał ten jest znacznie twardszy, ma duży ciężar właściwy, wynoszący około 6,5 i również daje zawiesinę o gęstości około 3. Poza tym żelazokrzem można łatwo regenerować sposobem magnetycznym i przechowywać przez dłuższy czas bez obawy, że się utleni. Dzięki tym zaletom jest magnetyt jednym z najodpowiedniejszych środków do zagęszczenia, ma jednak również wadę, gdyż jest trudny do rozdrobnienia. Najczęściej rozdrabniają go specjalne fabryki, które dostarczają zakładom przeróbki gotowy materiał o żądanej ziarnistości.

Podobnie jak żelazokrzem mogą być również stosowane odpowiednio przygotowane opiłki żelazne. Na koniec należałoby jeszcze wymienić mieszaninę składającą się z żelazokrzemu i magnetytu, która ma się odznaczać dobrymi własnościami.

Sporządzanie zawiesin nie przedstawia specjalnych trudności. Na przykład żelazokrzem o zawartości 15 do 18% Si i o składzie ziarnowym wykazującym

1,6% ziarn o średnicy około 0,17 mm,

26,7% ziarn o średnicy około 0,14 mm,

20,7% ziarn o średnicy około 0,07 mm,

51,0% ziarn o średnicy około 0,04 mm,

miesza się z wodą w odpowiednim stosunku ciężarowym, który zależy od wymaganej gęstości zawiesiny. Ze wzoru (1), w którym γ_1 oznacza gęstość zawiesiny, γ_2 ciężar właściwy środka zagęszczającego, W objętość zawiesiny, można wyliczyć ilość środka zagęszczającego G :

$$G = \frac{W \cdot \gamma_2 (\gamma_1 - 1)}{\gamma_2 - 1} \quad (1)$$

Ilość potrzebnej do tego celu wody wynosi

$$B = W - \frac{G}{\gamma_2} \quad (2)$$

Zawiesinę przygotowuje się zwykle w większej objętości ze względu na straty, które powstają podczas rozdzielania na skutek przyczepiania się zagęszczacza do wzbogaconego materiału i niedokładnego przemycania wodą.

Aby móc sporządzoną zawiesinę zastosować do wzbogacania, trzeba znać jej zasadnicze własności: gęstość, trwałość i lepkość.

Gęstość określa się wagowo w nader prosty sposób, praktykowany powszechnie w laboratoriach. Kolbę

miarową objętości 1 l waży się najpierw pustą, następnie napełnioną wodą, a potem zawiesiną i wylicza gęstość ze wzoru na ciężar właściwy. Trwałość mierzy się wysokością słupa czystej wody, który powstaje nad zawiesiną umieszczoną w zwykłym cylindrze miarowym. Oznaczenie lepkości, która decyduje o ostrości rozdzielenia minerałów od skały płonnej, można przeprowadzić metodą Gincwietmieta [1] w urządzeniu specjalnie przystosowanym do tego celu. Za pomocą tej metody można wyliczyć wartość lepkości w poisach. Z wystarczającą do celów technicznych dokładnością można oznaczać wartość lepkości względnej, która jest ilorazem czasu wypływania badanej zawiesiny i wody z naczynia o kształcie stożkowym, objętości 8 l.

W czasie procesu wzbogacania należy dość często określać lepkość, gdyż stopniowe zanieczyszczenie zawiesiny drobnymi ziarnkami rudy lub itu powoduje wzrost lepkości. Lepkość świeżej zawiesiny żelazokrzemowej o gęstości 2,7 wynosi około 2,68 centypoistów.

Wyniki wzbogacania w ciężkich cieczach zależą oczywiście również od własności wzbogacanego materiału, wielkości wprysnąć minerałów użytecznych w skałę płonnej, jej porowatości i właściwości powierzchniowych.

Najlepiej nadaje się do wzbogacania tą metodą ruda, która w zawieszynie o odpowiednio dobranej gęstości, na skutek dość znacznych różnic w ciężarach właściwych, rozdziela się nie tworząc tzw. produktu pośredniego. Takich pomyslnych wypadków jest jednak bardzo mało i w praktyce przy wzbogacaniu tą metodą należy liczyć się z powstawaniem produktów pośrednich albo nawet z pozostawieniem wartościowych składników w odpadzie.

Konstruowanie urządzeń przystosowanych do prób laboratoryjnych nie przedstawia większych trudności. Można do tego celu stosować z powodzeniem zwykłe naczynia blaszane pojemności kilku litrów o kształcie konicznym. Urządzenia przemysłowe są bardziej skomplikowane i właściwe ich rozwiązanie konstrukcyjne rozstrzyga nieraz o ekonomiczności procesu. Napoty-

kano tutaj różne trudności, z których najbardziej kłopotliwe było utrzymanie gęstości zawiesiny w rozdzielaczu na stałym poziomie. Trudność ta była zarazem jedną z głównych przyczyn, które opóźniły zastosowanie metody wzbogacania w ciężkich zawieszinach w przemyśle.

Celem bliższego zapoznania czytelnika ze sposobem wzbogacania rud w ciężkich zawieszinach, na rys. 1 pokazano schemat aparatury doświadczalnej zainstalowanej w zakładzie w Ramsbeck [2] w Niemczech. Urządzenie to umożliwia przerabianie dwóch ton rudy Zn-Pb na godzinę.

Całość aparatury składa się z pięciu zasadniczych części:

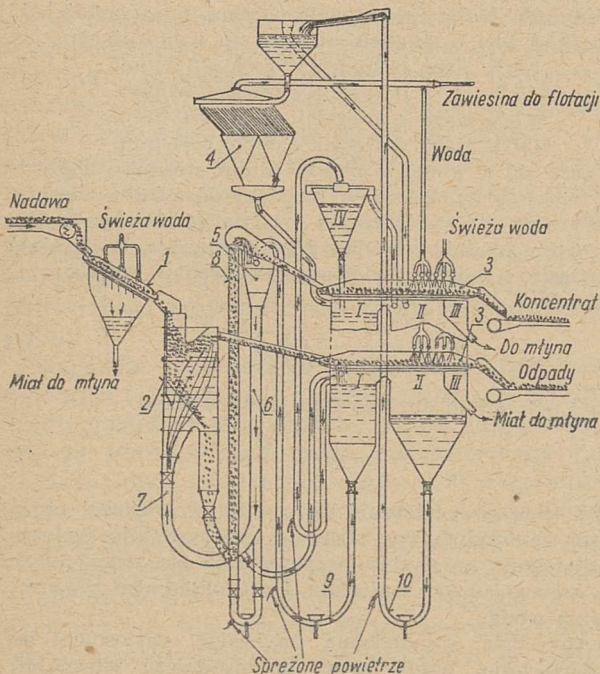
1. sita z natryskiem wodnym do oczyszczania nadawy,
2. naczynia konicznego (rozdzielacza) do oddzielenia rudy od skały płonnej w ciężkiej zawieszynie,
3. sita z natryskiem wodnym do odmywania koncentratu i odpadu od zawiesiny,
4. odstojnika dla rozcieńczonej zawiesiny,
5. zbiornika wyrównawczego.

Tok pracy przedstawia się następująco: Materiał rozdrobniony w granicach 10 do 40 mm, doprowadza się za pomocą przenośnika na sito wibracyjne 1, gdzie otrzymuje silny natrysk wodny, oczyszczający go od gliny i drobnych ziarenek. Ciśnienie wody w natryskach wynosi 0,5—2 ata, zużycie 30 m³ na godzinę. Oczyszczona w ten sposób ruda spada po pochylni do rozdzielacza 2, wypełnionego zawiesziną galeny i zasilanego za pośrednictwem rur 6 i 7, zamkniętych sitem. W rozdzielaczu odbywa się podział rudy na frakcję lżejszą, unoszącą się na powierzchni (odpad), i cięższą, opadającą na dno (koncentrat). Odpad razem z przelewem (zawiesina krąży) przedostaje się na sito 3. Koncentrat z dna rozdzielacza zostaje wyniesiony przez strumień sprężonego powietrza, włączanego do rury 3, na sito umieszczone nad zbiornikiem 5. Ciężka zawiesina, która wydostała się tu z koncentratem, splywa z powrotem przez ten zbiornik do rozdzielacza, a koncentrat posuwa się po pochylni na sito 3. Na sito 3 odpady wynoszą również zawiesinę, która splywa do zbiornika I, a z niego rurą 9 zasysana jest do zbiornika 5, skąd wraca do rozdzielacza 2. Zawiesina ze zbiornika 5 zasila również rurę 8, w której unoszony jest koncentrat. Na sitach ponad zbiornikami II i III odpady i koncentrat przemywane są wodą. Rozcieńczona zawiesina ze zbiornika II przepompowana zostaje przez rurę 10 do odstojnika 4, gdzie rozdziela się na warstwy czystej wody i zawiesiny. Część zawiesiny z odstojnika w razie potrzeby odprowadzana jest do komór flotacyjnych w celu regeneracji galeny. Z odstojnika 4 zawiesina wędruje do zbiornika I, a woda zasila natryski. Zużycie wody do mycia koncentratu i odpadu wynosi 25—30 m³ na godzinę. Spłukana zawiesina jest znacznie rozcieńczona; zawiera ona 100—150 g materiału stałego na 1 l.

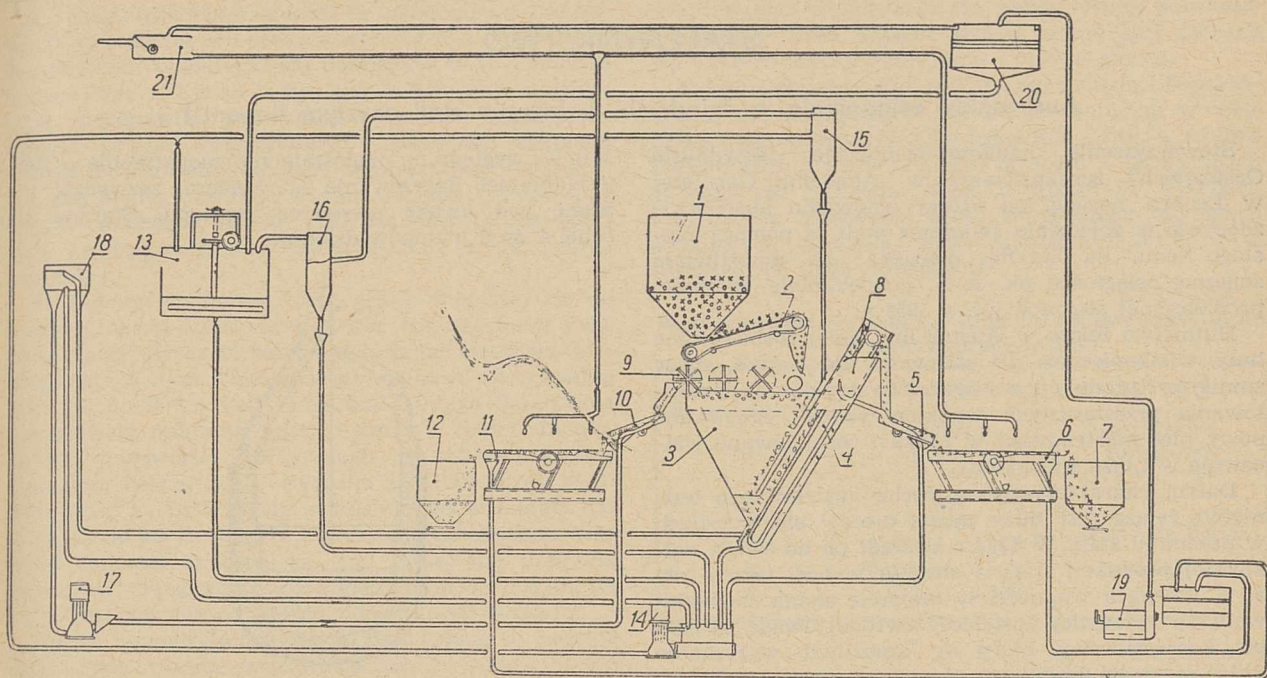
Straty galeny skutkiem niedokładnego przemywania są małe i wynoszą zaledwie 80 g na tonę przerabianej rudy. Zawartość zbiornika III, tzn. frakcję rudy, która przedostała się przez sito 3, miele się, a potem poddaje selektywnej flotacji Pb-Zn.

Ze zbiornika IV doprowadza się zawiesinę o właściwej gęstości, gdyż zawiesina będąca w obiegu ulega w czasie pracy rozcieńczeniu i musi być zasilana świeżą.

W czasie postoju urządzenia zawiesina znajduje się w rozdzielaczu 2 i zbiorniku I. Uruchomienie aparatury wymaga około 20 minut. Omówiona aparatura jest przykładem urządzenia doświadczalnego, które przy wstępnych badaniach złoży oddaje znaczne usługi.



Rys. 1. Schemat urządzenia Humboldta do wzbogacania rud w ciężkich zawieszinach



Rys. 2. Schemat urządzenia do wzbogacania rud w ciężkich zawiesinach firmy Huntington-Heberlein

1 — zasobnik na rudę; 2 — przenośnik taśmowy; 3 — rozdzielacz; 4 — przenośnik kubełkowy; 5 — sito oddzielające ciężką zawiesinę; 6 — sito do przemywania; 7 — zbiornik na koncentrat; 8 — odbieralnik do ciężkiej zawiesiny; 9 — bębny obrotowe do usuwania odpadu; 10 — sito oddzielające ciężką zawiesinę; 11 — sito do przemywania; 12 — zbiornik na odpad; 13 — zbiornik na ciężką zawiesinę; 14 — pompa podnosząca ciężką zawiesinę; 15 — zbiornik do kontroli zawiesiny nr 1; 16 — zbiornik do kontroli zawiesiny nr 2; 17 — pompa do krążenia zawiesiny; 18 — zbiornik do wyrównywania poziomów; 19 — pompa do rozcieńczonej zawiesiny; 20 — zagęszczacz; 21 — zbiornik na wodę

Rys. 2 przedstawia angielskie urządzenie przemysłowe firmy Huntington-Heberlein [3] pracujące za pomocą zawiesiny żelazo-krzemowej. Podobnie jak w urządzeniu przedstawionym na rys. 1, wyróżnić w nim można dwa zupełnie różne obiegi zawiesiny. Pierwszy ma na celu właściwe rozdzielanie składników użytecznych od skały płonnej, drugi służy do zmywania zawiesiny z koncentratu i odpadów. Sam proces wzbogacania ma przebieg analogiczny do wyżej omówionego. Do wynoszenia koncentratu zastosowano przenośnik kubełkowy 4, a do usuwania odpadu bębny obrotowe 9, zaopatrzone w odpowiednie łopatki. Na uwagę zasługuje ostatni bęben, który został tak skonstruowany, aby razem ze skałą płonną można było odprowadzać ściśle określoną ilość ciężkiej zawiesiny, regulowaną według potrzeby. Podkreślić bowiem należy, że ciężka zawiesina ma tendencję do osadzania się w rozdzielaczu, w kierunku od powierzchni ku dołowi. Bęben ten ma również za zadanie usuwać rozcieńczoną warstwę zawiesiny, tworzącą się u góry, którą następnie doprowadza się do dolnej części rozdzielacza, aby usunąć zwiększenie gęstości, które się tam wytworzyło. Urządzenie to zostało opatentowane pod nazwą „Medium Equalisation“ (wyrównanie ośrodka); jego szczegóły są trzymane w tajemnicy i nie zostały uwidocznione na schemacie. Cała wartość wynalazku polega na tym, że umożliwia on utrzymywanie prawie jednolitej gęstości zawiesiny w obrębie całego rozdzielacza (w rzeczywistości różnica w gęstości u dołu i u góry rozdzielacza wynosi zaledwie 0,01 do 0,02).

Opisane urządzenia, jak już wspomniano, pracują za pomocą zawiesin sporządzonych z galeny lub żelazokremu. Z biegiem czasu zawiesiny ulegają zanieczyszczeniu na skutek niedokładnego przemywania nadawy i ścierania się środka zagęszczającego. Może to spowodować zwiększenie się lepkości i w konsekwencji niedokładne rozdzielanie minerałów. Aby temu zapobiec,

oczyszcza się zawiesinę za pomocą nowego dodatkowego obiegu regenerującego. Sposób najczęściej stosowany polega na przepuszczaniu zawiesiny przez sита wibracyjne o odpowiednio dobranych wielkościach otworów, zatrzymując większe ziarna piasku i innych zanieczyszczeń. Dalsze oczyszczanie odbywa się w klasyfikatorach i komorach flotacyjnych. Urządzenia przeznaczone do tego celu czynne są okresowo. W razie stosowania żelazokremu jako środka zagęszczającego, regeneracja jest znacznie prostsza. Duże korzyści odają tu magnetyczne własności magnetytu, które się wyzyskuje przepuszczając zawiesinę przez aparaty magnetyzujące i demagnetyzujące.

Istnieje jeszcze cały szereg innych ciekawych i bardzo wydajnych urządzeń do wzbogacania rud w ciężkich zawiesinach, które omówione zostaną w jednym z następnych zeszytów. Tu warto nadmienić, że proces ten przynosi wiele korzyści, gdyż umożliwia dość ostre oddzielenie użytecznych minerałów od skały płonnej, swobodne regulowanie gęstości zawiesiny. W razie zmiany składu nadawy oraz ciągłe usuwanie koncentratu i odpadu. Poza tym środki używane do sporządzania ciężkich zawiesin są tanie, a ich straty nieznaczne. Koszt utrzymania zakładu o stosunkowo dużej zdolności przerobczej jest niewielki. Proces może zastąpić mniej poręczne maszyny osadowe i dostarczać bogatych koncentratów.

Literatura

1. S. I. Mitrofanow. Issledowanije rud na obogati-most'. Moskwa 1950, str. 72.
2. G. S. Salzmann. Zeitschrift für Erzbergbau und Metallhüttenwesen, 1951, zeszyt 1, str. 7.
3. G. Bellavita. Moderni processi per la concentrazione gravimetrica dei minerali, Luglio 1948.

K. Pinkas

STALOWNICTWO

Austriackie osiągnięcia w dziedzinie świeżenia stali czystym tlenem¹⁾

Stowarzyszenie naukowo-techniczne „Eisenhütte Oesterreich” zorganizowało w Akademii Górniczej w Leoben naradę, na której omówiono austriackie zdobycze w dziedzinie świeżenia stali za pomocą czystego tlenu. Są one tak poważne, że umożliwiają znaczne, osiągające ok. 28 %, powiększenie zdolności produkcyjnej stalowni już w 1953 r.

Hutnictwo żelaza w Austrii ma lepiej rozbudowane huty wielkopieczowe niż stalownie. Po wojnie, chcąc zmniejszyć produkcję surówki, przystąpiono do demontowania przestarzałych wielkich pieców, zbudowano nowy piec martenowski w Linzu i rozbudowano walcownie w Linzu i Donawitz.

Dalszą charakterystyczną cechą austriackiego hutnictwa żelaza jest duży udział pieców elektrycznych w produkcji stali. W 1944 r. doszedł on do 34,7 % całkowitej produkcji stali, a obecnie wynosi jeszcze ok. 20 %. Rosnące trudności w imporcie złomu spowodowały, że stalownicy austriaccy zwrócili uwagę na proces konwertorowy, który by umożliwił wyzyskanie dużej zdolności produkcyjnej wielkich pieców, a jednocześnie nie wymagałby sprowadzania złomu. Brak odpowiedniej bazy surowcowej i wzgląd na gorszą jakość stali z konwertora podsunęły stalownikom myśl zastosowania tlenu o czystości ok. 99 % do świeżenia stali. Rozpoczęte w 1949 r. w hucie Linz próby świeżenia w konwertorze surówki o składzie 3,7 do 4,3 % C, 0,2 do 1,0 % Si, 1,6 do 3,0 % Mn, 0,08 do 0,20 % P i mniej niż 0,08 % S przez dmuchanie tlenem na kapiel metalową dowiodły, że surówkę taką można wyświeżyć na stal bez dodatkowego doprowadzenia ciepła z zewnątrz. Na skutek tego postanowiono prowadzić ten proces na skalę przemysłową w hutach Donawitz i Linz w dwóch konwertorach o pojemności 5 i 15 t.

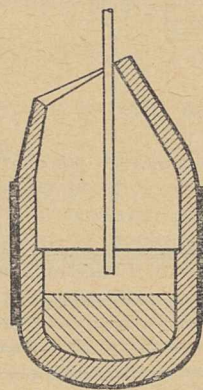
Stwierdziwszy w ciągu dwuletniej pracy dużą równomierność warunków prowadzenia wytopu, dobrą jakość produkcji i ekonomiczność procesu, postanowiono zbudować duże stalownie — o produkcji 150 000 i 180 000 t stali surowej rocznie — pracujące za pomocą czystego tlenu. Buduje się je wraz z wytwórniami tlenu w Donawitz i Linzu; po uruchomieniu, które ma nastąpić w 1953 r. będą dawały 21,8 % krajowej produkcji stali.

Opis procesu świeżenia stali tlenem

Proces w Linzu i Donawitz prowadzono w zasadowo wyłożonym konwertorze z dennicą bez dysz. Tlen dostarczano do konwertora z góry za pomocą specjalnej dyszy (rys. 1). Końcówka dyszy, wykonana z miedzi, była dobrze chłodzona wodą. Dyszę ustawiano ponad zwierciadłem kąpieli i wdmuchiwało przez nią tlen o ciśnieniu wahającym się w szerokich granicach. Tę nową metodę wytwarzania stali nazwano „procesem LD”.

Początkowe próby robiono w Linzu, w odpowiednio przebudowanym dwutonowym konwertorze Tropenasa. Uzyskawszy pomyślny wynik podjęto serię prób w 5-tonowym konwertorze w Donawitz i w 15-tonowym konwertorze w Linzu. Wykonano kilkaset wytopów, które dały kilka tysięcy ton stali, prowadząc jednocześnie szczegółowe badania jej własności (patrz wy-

żej). Ze względu na niedostateczne zaopatrzenie w tlen, utrudniające nagrzewanie konwertora, zazwyczaj nie brano pod uwagę pierwszego wytopu. Starano się robić 4 do 8 wytopów dziennie.



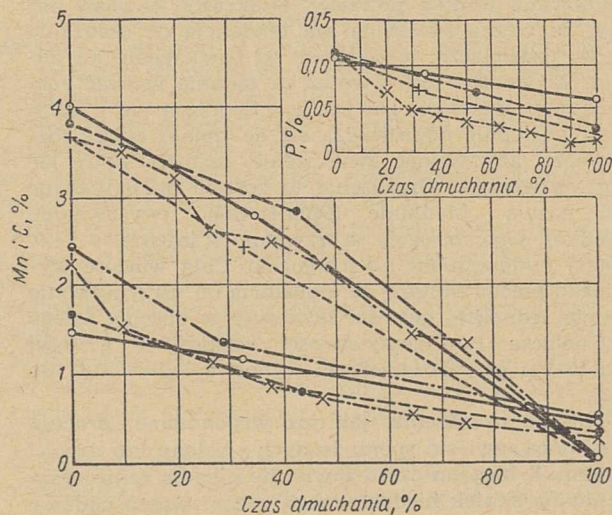
Rys. 1. Schemat konwertora z dyszą do procesu LD

Czas dmuchania przy wytopach w 2-tonowym konwertorze wynosił od 24 do 30 min, natomiast w 5-tonowym najczęściej tylko 20 do 24 min, a w 15-tonowym początkowo 20 do 25 min, później 18 do 20 min.

Przebieg wytopu LD jest podobny do przebiegu zwykłego wytopu konwertorowego. W procesie występują znaczne rezerwy ciepła, więc dla chłodzenia kąpieli dodaje się 17 do 27 % złomu, tzn. w przybliżeniu taką samą jego ilość, jaką się wytwarza podczas dalszej przeróbki stali.

Na tonę płynnej stali dodawano 40 do 60 kg wapna, co odpowiada około 80 do 120 kg żużla na jedną tonę stali.

W Donawitz pobierano surówkę z mieszalnika, natomiast w Linzu — w braku mieszalnika — aby zapobiec dużym wahanom jej składu brano ją do czterech następujących po sobie wytopów z kadzi surówkowej. Przy próbach w dwutonowym konwertorze surówkę topiono w 5-tonowym piecu łukowym lub żeliwiaku.



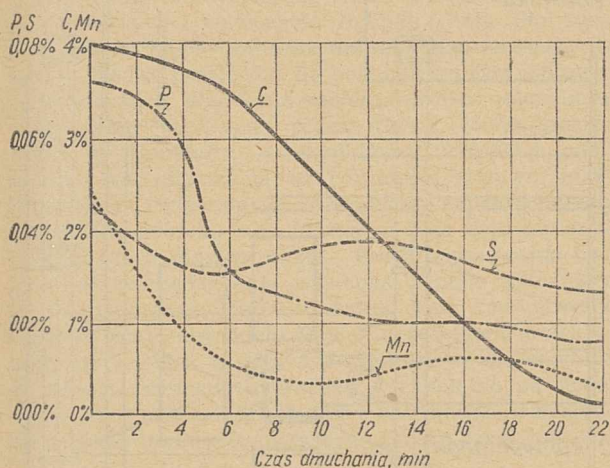
Rys. 2. Przebieg wypalania domieszek w 15-tonowym konwertorze w Linzu

¹⁾ Według artykułów O. Cuscoleca, H. Trenklera, K. Rösnera, W. Kühnelta i H. Hautmanna, ogłoszonych w Stahl u. Eisen z 1952 r. nr 17, str. 989 — 1018.

Przebieg utleniania domieszek ustalono na podstawie prób pobieranych podczas wytopu. Rys. 2 przedstawia przebieg wypalania się domieszek w 15-tonowym konwertorze w Linzu, a rys. 3 w 5-tonowym konwertorze w Donawitz. Jak widać, wypalanie węgla przebiegało prawie prostoliniowo. Zawartość manganu wykazuje zrazu silny spadek, zmniejszający się znacznie pod koniec wytopu. Fosfor zaczyna się wypalać bardzo wcześnie. Można stąd wnioskować, że żużel staje się bardzo prędko rzadkoplłynny, a więc silnie reakcyjny.

W 5-tonowym konwertorze żelazo utleniało się do 8 minuty przy czym tworzyły się większe ilości FeO, które sprzyjały szybkiemu upłynnianiu się żużla wapiennego. W tym okresie żużel zawierał maksymalną ilość (25 do 30 %) FeO. Podczas dalszego dmuchania następowała redukcja żelaza z żużla w takim stopniu, że przy zawartości 0,07 % węgla w stalowej kąpieli zawartość FeO w żużlu wynosiła zaledwie 10 do 12 %. Zawartość Fe₂O₃ w żużlu wzrastała od 8 minuty od 2,5 % aż do 5,5 % w żużlu końcowym. Ostatecznie więc żużel końcowy zawierał na ogół mniej niż 15 % Fe. Zawartość manganu w żużlu końcowym dochodziła do 18 % Mn, zależnie od składu chemicznego surowki.

Dymy wydobywające się z konwertora są początkowo gęste i ciemne, brązowe od tlenków żelaza, potem stają się rzadsze i jaśniejsze i na końcu dmuchania znikają całkowicie. Ilość dymów jest stosunkowo niewielka. Z dymem ucieka około 17 kg pyłu na tonę stali; pył ten składa się w 65 % z żelaza i manganu.



Rys. 3. Przebieg wypalania domieszek w 5-tonowym konwertorze w Donawitz

Sposób wykończania wytopu przejęto z praktyki konwertorowej. Dmuchiwanie wykończające nie jest potrzebne, gdyż opadnięcie płomienia wskazuje całkiem wyraźnie końcowy punkt procesu świeżenia. Po zniknięciu płomienia wydobywającego się z gardzieli zamyka się dopływ tlenu i wyjmuje się dyszę z konwertora. Po przechyleniu konwertora splywa większa część żużla. Przy wytopach stali nawęglanych i uspokojonych pozostały żużel zagęszcza się wapnem tak, że stal wolna od niego splywa do kadzi, do której dodano odtleniaczy. Przy wytopach nieuspokojonych miękkich stali żużla nie zagęszcza się, a stal spuszcza się do kadzi bez dodawania jakiegokolwiek odtleniacza. Przetlenienie kąpieli nie może nastąpić dzięki wydzielaniu się dużych ilości tlenu węgla, aż do końca procesu świeżenia. Następuje więc samo odtlenienie kąpieli za pomocą węgla zawartego w stali. Między miejscem, w którym wpada strumień tlenu do kąpieli a innymi jej częściami istnieje duży spadek koncen-

tracji węgla. Wydzielanie się tlenu węgla powoduje gwałtowny ruch kąpieli, dzięki czemu stal zawiera stosunkowo bardzo mało tlenu i innych gazów.

Skład chemiczny stali wytapianej metodą LD przedstawia się następująco: zawartość manganu w większości wytopów waha się między 0,20 a 0,60 %, fosforu między 0,020 a 0,040 %, siarki do 0,020 % w wytopach 15-tonowych i między 0,020 a 0,030 % w wytopach 5-tonowych. Zawartość azotu w próbnym wytopach 5-tonowych wynosiła zazwyczaj około 0,004 % a w 15-tonowych 0,005 do 0,006 %.

Tablica 1
Wpływ zawartości azotu w dmuchu na zawartość azotu w stali w procesie LD

N ₂ w dmuchu %	Zawartość azotu w stali w %	
	konwertor 2-tonowy	konwertor 15-tonowy
25	0,016	0,010 do 0,017
6	0,013	
4	0,010 do 0,013	
3	0,006 do 0,009	
2	0,006 do 0,008	0,008

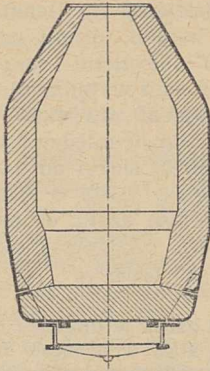
Tablica 2
Procentowy skład żużla w procesie LD

Składnik	Wytopy 5-tonowe	Wytopy 15-tonowe
SiO ₂ %	12 ÷ 20	10 ÷ 18
CaO %	27 ÷ 40	30 ÷ 40
MgO %	3 ÷ 7	1 ÷ 5
Mn %	11 ÷ 18	10 ÷ 15
P ₂ O ₅ %	0,6 ÷ 1,5	1 ÷ 1,8

Tablica 3¹⁾
Porównanie bilansu cieplnego 15-tonowego wytopu LD i normalnego wytopu tomasowskiego

Pozycje	Proces LD		Proces tomasowski	
	kcal 10 ³	%	kcal 10 ³	%
Przychód ciepła				
Ciepło spalania	222	44,3	292	44,5
Ciepło tworzenia się żużla	14	2,7	57	8,8
Ciepło surowki	264	53,0	306	46,7
Razem	500	100,0	655	100,0
Rozchód ciepła				
Ciepło stali	360	72,1	360	55,0
Ciepło żużla	56	11,1	102	15,6
Ciepło pyłu	6	1,15	3	0,4
Ciepło spalin	38	7,65	178	27,2
Ogrzanie tlenu do temperatury reakcji	2	0,40	2	0,3
Straty w wodzie chłodzącej	6	1,10	—	—
Inne straty	32	6,5	10	1,5
Razem	500	100,0	655	100,0

¹⁾ Wobec stwierdzenia nieścisłości rachunkowych w artykule oryginalnym, do tablicy tej wprowadzono odpowiednie poprawki.



Rys. 4. Nowy typ konwertora zaprojektowany dla stalowni w Donawitz

Zbadano również wpływ zawartości azotu w dmu-
chu na zawartość azotu w stali. Wyniki przedstawia
tablica 1.

Skład żuźla w procesie LD waha się w granicach
podanych w tabl. 2.

Żużel ten może być wartościowym składnikiem
napiaru wielkopiecowego przy wytapianiu surówki to-
masowskiej, wnosząc do niego znaczną ilość manganu.

W wytopach 2- i 5-tonowych zawartość żelaza
w żużlu wynosiła najczęściej 10 do 15%, natomiast
w wytopach 15-tonowych wahała się między 15 a 20%.
Zawartość wolnego wapna obliczona z wzoru

$CaO_{wolne} = CaO_{alk} - CaO_{CaO \cdot SiO_2} - CaO_{CaO \cdot P_2O_5}$,
była większa w wytopach 15-tonowych (15 do 20%),
a mniejsza w 5-tonowych (między 10 a 15%).

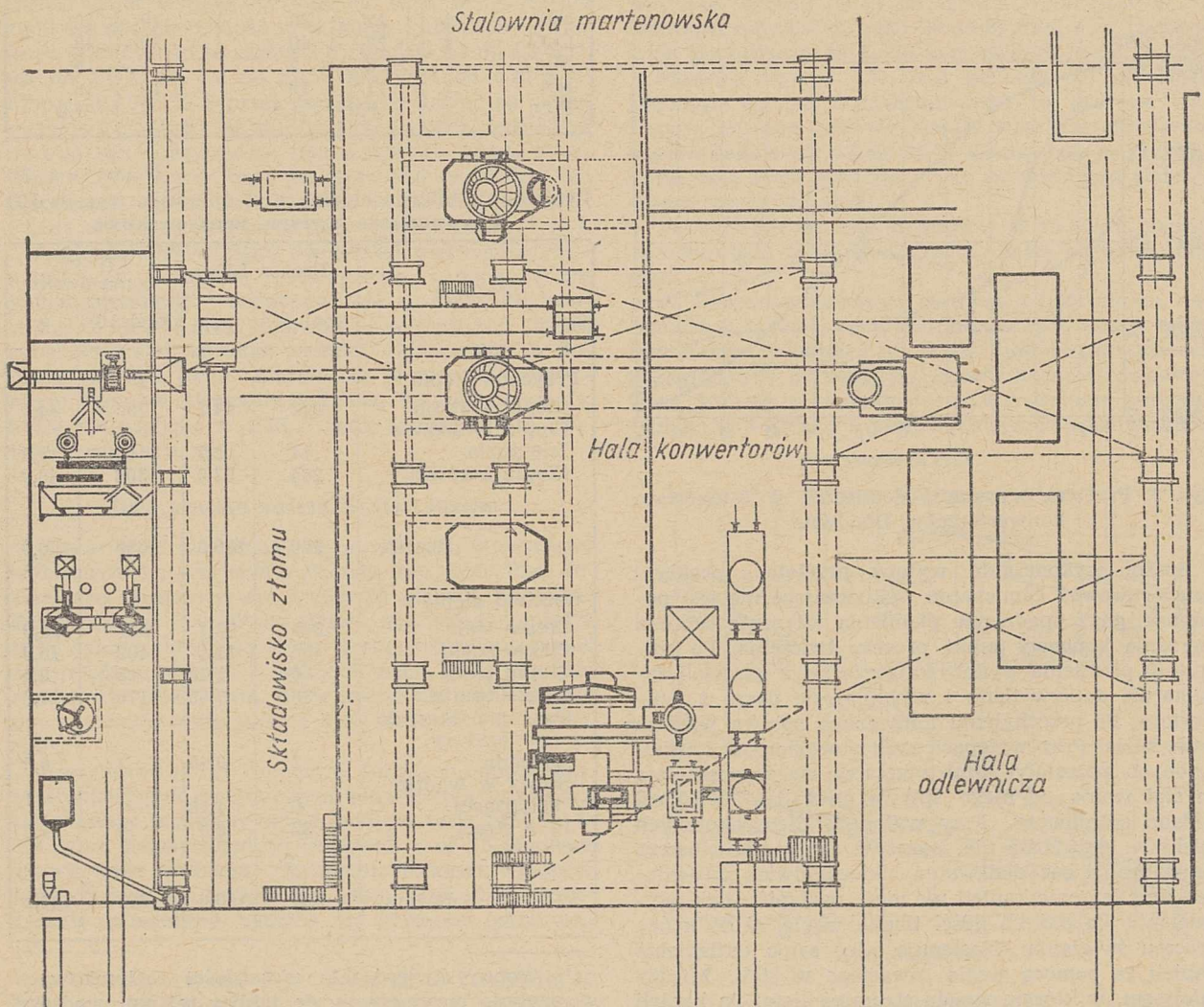
Uzysk wynosił średnio 88,5%; straty na skutek
zgaru wynosiły 7,5%, a straty mechaniczne 4%.

W tabl. 3 zestawiono bilans cieplny procesu LD
i zwykłego procesu tomasowskiego. Liczby kcal od-
noszą się do 1 tony stali.

Sprawność cieplna procesu LD wynosi 72%, procesu
tomasowskiego 55%. Jak z tego wynika, proces LD
wykazuje największą sprawność cieplną wśród wszy-
stkich procesów wytapiania stali.

Zużycie tlenu wahało się między 55 o 57 m³ na 1 t
stali. Wobec teoretycznie obliczonych 53,5 m³ spraw-
ność wynosiła około 95%.

Sam konwertor może być typu symetrycznego (kon-
centrycznego) lub niesymetrycznego (ekscentrycznego).
Szczególnie dużo uwagi poświęcono wyłożeniu kon-
wertora. Ponieważ w Austrii nie ma dolomitu dobrej
jakości, stosowano magnezyt lub dolomit magnezytu-
czny. Podczas doświadczeń wypróbowano zarówno
magnezyt smołowany pod postacią masy do ubijania
i cegieł prasowanych, jak i różne cegły magnezytowe.
W strefie najsilniejszego zużycia się wyłożenia,
a więc w strefie kąpieli stalowej oraz w dnie kon-
wertora, stosowano z powodzeniem cegły magnezytowe
odporne na zmiany temperatury. Dla ułatwienia
i przyspieszenia napraw części wyłożenia w strefie
kąpieli metalowej zaprojektowano nowe konwertory
z odejmowaną dolną częścią, podobnie jak w zwykłym



Rys. 5. Rozplanowanie stalowni w Linzu

konwertorze. Rys. 4 przedstawia symetryczny konwertor z odejmowaną dolną częścią.

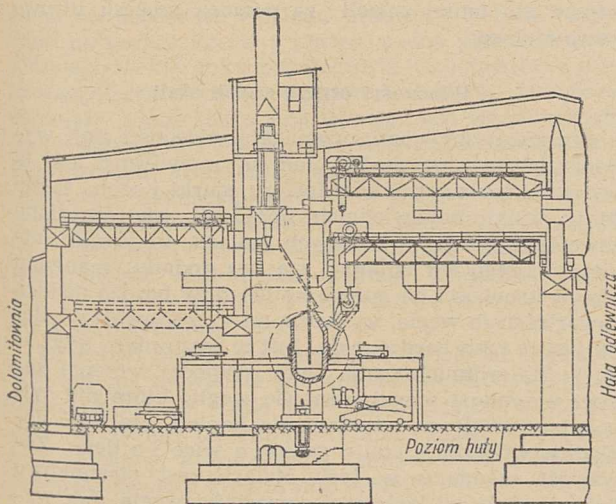
Z prób wynika, że zużycie wyprawy wynosi 12 do 17 kg ogniotrwałego materiału na tonę stali. Jest ono większe niż zużycie dolomitu w konwertorach tomasowskich, które wynosi około 12 kg na tonę stali, lecz jest dużo mniejsze niż zużycie wyłożenia w piecach martenowskich.

Nowe stalownie w Linzu i Donawitz

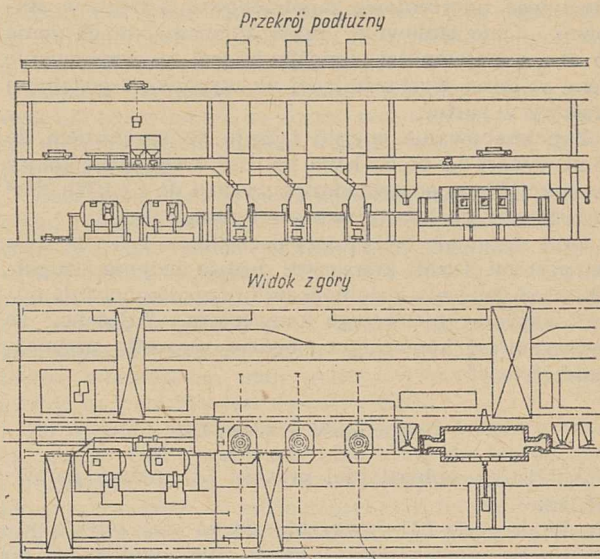
Budowana stalownia Vereinigte Oesterreichische Eisen- und Stahlwerke (VOEST) w Linzu o wydajności 150 000 t będzie przedłużeniem istniejącej stalowni martenowskiej. Rozplanowanie stalowni przedstawia rys. 5. Do stalowni martenowskiej, która kończy się na górnej krawędzi rysunku, dotyka hala konwertorów z trzema konwertorami typu LD o pojemności 25 t. Zakończenie hali stanowi 1000-tonowy mieszalnik. Na prawo od konwertorów znajduje się hala odlewnicza stalowni martenowskiej, a na lewo składowisko złomu.

Rys. 6 przedstawia przekrój poprzeczny hali konwertorów tej stalowni. Konwertory są typu niesymetrycznego bez odejmowanego dna, przechyłane hydraulicznie. Ładowanie surówki oraz głównej ilości złomu do przechylonego konwertora odbywa się z pomostu wsadowego od strony hali odlewniczej za pomocą suwnicy surówkowej lub wsadzarki. Tlen doprowadza się wysuwalną rurą zaopatrzoną w dyszę chłodzoną wodą; dopływ tlenu i wody chłodzącej znajduje się u góry ponad konwertorem. Żużel wciąga się do wozów żużlowych i wywozi na zewnątrz hali. Stal spuszcza się do kadzi umieszczonej pod konwertorem na wózku. Wózek przejeżdża do hali odlewniczej stalowni martenowskiej, skąd każdą zabiera suwnica odlewnicza.

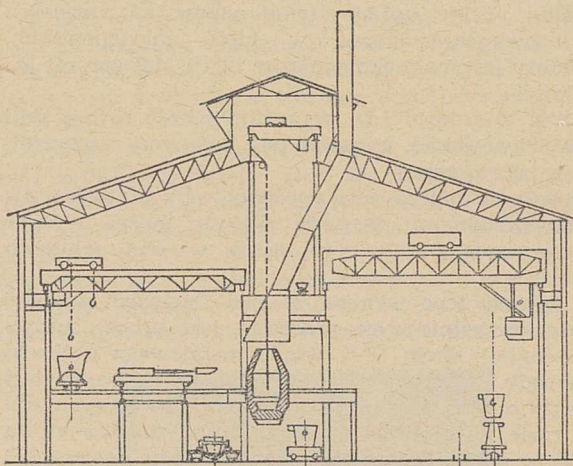
Stalownia budowana przez Alpine Montangesellschaft w Donawitz, o wydajności 180 000 t stali rocznie, jest oddzielona od istniejącej stalowni martenowskiej. Przewidując rozbudowę, zaprojektowano hale w ten sposób, aby można w nich było umieścić również piece martenowskie. Przez usytuowanie hali piecowej pomiędzy halą wsadową a halą odlewniczą umożliwiono ustawienie w jednej linii konwertorów i pieców martenowskich. Rys. 7 przedstawia przekrój podłużny i widok z góry nowej stalowni w Donawitz. W jednym szeregu ustawione są kolejno od lewej strony dwa mieszalniki po 500 t pojemności, a następnie trzy 25-tonowe konwertory. Dalsza część hali nie



Rys. 6. Przekrój poprzeczny przez halę konwertorową stalowni w Linzu



Rys. 7. Nowa stalownia w Donawitz



Rys. 8. Przekrój poprzeczny przez stalownię w Donawitz

będzie obecnie budowana; w przyszłości mogą w niej znaleźć pomieszczenie zarówno konwertory, jak i piece martenowskie o największych wymiarach (na rysunku pokazano 160-tonowy piec martenowski). Rys. 8 przedstawia przekrój poprzeczny przez część konwertorową hali stalowniczej.

Płynną surówkę i główną ilość złomu ładuje się suwnicą surówkową lub wsadzarką, przechylając konwertory ku pomostowi wsadowemu, natomiast spust stali następuje od strony hali odlewniczej; dlatego konwertory w tej stalowni powinny być typu symetrycznego. Żużel ściąga się do wozków żużlowych. Stal spuszcza się do kadzi i przewozi wózkami pod suwnicę w hali odlewniczej. Hala ta urządzona jest podobnie jak w stalowniach martenowskich i przystosowana do odlewania na wózkach.

Najważniejszymi urządzeniami pomocniczymi są w obu stalowniach wytwórnie tlenu. Zarówno w Donawitz jak i w Linzu mają one wydajność około 2000 m³ tlenu na 1 godz. W Linzu zastosowano urządzenie Lindego-Fränkla, wytwarzając tlen o czystości co najmniej 98%, natomiast wytwórnia w Donawitz (firmy Messer) dostarcza tlenu o czystości 99,5%.

Między wytwórnią tlenu a stalownią umieszczone są zbiorniki wyrównawcze, które mają za zadanie wy-

równywać uderzeniowe zapotrzebowanie tlenu w stalowni. Obie stalownie mają zbiorniki na ciśnienie 25 at, o pojemności umożliwiającej magazynowanie tlenu w ilości wystarczającej na wypadek 3-godzinnej przerwy w ruchu.

Zapotrzebowanie energii łącznie ze sprężaniem do 25 at wynosi 0,8 do 0,9 kWh na Nm³. Ostateczne koszty produkcji tlenu odpowiadają zużyciu 1 do 1,1 kWh/Nm³ ze względu na koszty napraw i materiału.

Obie stalownie będą miały początkowo tylko po dwa konwertory. Drugi konwertor będzie jedynie uzupełniał produkcję w czasie napraw i przygotowywania nowej wyprawy pierwszego konwertora. Założono, że wytrzymałość konwertora będzie wynosiła przynajmniej tydzień.

Opłacalność procesu LD

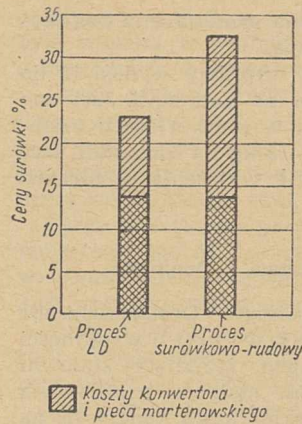
Analizując opłacalności procesu LD, należy pamiętać, że:

1. W procesie LD przerabia się na stal zwykłą surowkę martenowską, która nie nadaje się do procesu konwertorowego.
2. Proces zużywa zaledwie około 22 % złomu, tj. tyle, ile wynoszą własne odpady przy przeróbce stali. Takie zużycie złomu odpowiada procesowi surowkowo-rudnemu w piecu martenowskim, który jest mało ekonomiczny i daje stal gorszej jakości.
3. Stal z procesu LD wykazuje jakość równą stali martenowskiej, a nawet pod pewnymi względami ją przewyższa.

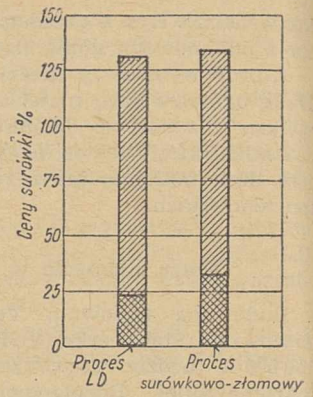
Proces LD należy więc porównywać z procesem surowkowo-rudnym. Ciekawe wnioski można wysnuć z porównania wsadów i uzysków w obu tablicach (tablica 4).

Z bilansu tego wynika, że pod względem kosztów wsadu korzystniejszym procesem jest proces surowkowo-rudny: około 10 % wsadu metalowego pochodzi tu z rudy. Ilość surowki jest mniejsza, a uzysk jest większy o 1 %, chociaż w razie użycia krajowych rud i w razie dużej ilości żużla zachodzi znaczna strata żelaza w żużlu. Ostatecznie koszty wsadu procesu LD przewyższają o 6,5 % koszty wsadu w procesie surowkowo-rudnym.

Dużo lepiej w procesie LD przedstawiają się koszty przerobu (rys. 9). Jeśli nawet koszty transportu mate-



■ Koszty konwertora i pieca martenowskiego



■ Koszty wsadu
■ Koszty przerobu

Rys. 9

Rys. 10

Rys. 9. Koszty przerobu wsadu na stal w procesie LD i w procesie surowkowo-rudnym

Rys. 10. Koszty produkcji jako suma kosztów wsadu i kosztów przerobu w procesie LD i w procesie surowkowo-rudnym

riałów, mieszalnika i hali odlewniczej (zakreskowane podwójnie na rysunku) w obu procesach są jednakowe, to proces LD jest znacznie tańszy. W kosztach prowadzenia pieców najważniejszą pozycję stanowi zużycie paliwa, tlenu i materiałów ogniotrwałych oraz robocizna. Z porównania wynika, że koszty przerobu w procesie LD stanowią jedynie 72 % kosztów przerobu w procesie surowkowo-rudnym.

Koszty produkcji jako sumę kosztów wsadu i przerobu przedstawia rys. 10 (założono, że cena złomu wynosi 3 % ceny surowki). Wykazuje on przewagę procesu LD nad procesem surowkowo-rudnym, gdyż wiadome koszty w pierwszym procesie wynoszą 131 % ceny surowki, a w drugim 133,5 %.

Koszty inwestycyjne w procesie LD są również mniejsze. Budowa stalowni konwertorowej kosztuje na ogół tylko około połowę tego co stalownia martenowska o tej samej wydajności. Koszty budowy wytwórni tlenu zwiększają koszty inwestycyjne do 60 % kosztów stalowni martenowskiej.

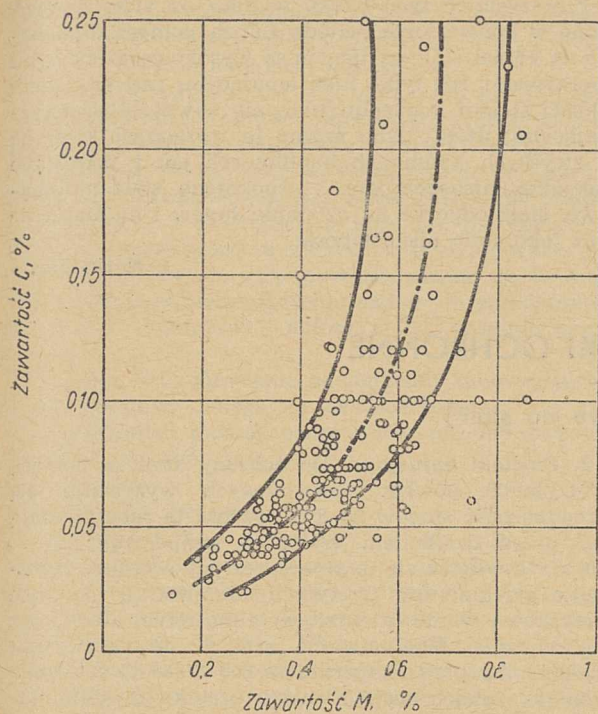
Ostatecznie, wzięwszy pod uwagę wszystkie koszty stwierdzamy, że za pomocą procesu LD można produkować stal taniej aniżeli za pomocą procesu surowkowo-rudnego.

Własności otrzymanych stali

Szerszego omówienia wymagają własności stali wytwarzanej w procesie LD. Jak już mówiliśmy, stal ta wykazuje małe zawartości fosforu, siarki i azotu. Mimo że w braku odpowiednich urządzeń nie określano zawartości tlenu w badanych stalach, to jednak łatwość dobrego ich odlania się bez dodatku manganu i brak kruchości na gorąco nawet przy bardzo niskich zawartościach węgla, wskazują na to, że zawartość tlenu jest w nich bardzo mała. Jest to zrozumiałe, gdyż aż do końca wdmuchiwanie tlenu zachodzi wrzenie kąpieli wywołane wypalaniem się węgla, które nie tylko nie pozwala na przetlenienie kąpieli, ale dość dokładnie wypłukuje stal z gazów, a więc i z tlenu. Zawartość manganu w tych stalach jest stosunkowo duża i zależy od końcowej zawartości węgla. Jak wynika z rys. 11, zawartość manganu waha się zależnie od zawartości węgla w granicach około 0,20 %; za-

Tablica 4
Bilans materiałów na 1 t stali

Materiał	Proces LD	Proces surowkowo-rudny
	kg na 1 t stali	
Surówka	928	795
Złom	220	220
Dodatki stopowe i od-tleniacze	2	5
Żelazo z rudy i zgorze-liny	—	116
Razem wsad metalowy	1150	1136
Wapno i dodatki	(50)	(50)
Płynna stal	1025	1025
Odpady w hali odlew-niczej	25	25
Uzysk wlewków	1000	1000
Uzysk wlewków w pro-cencie wsadu	(87)	(88)



Rys. 11. Zależność między zawartością węgla a zawartością manganu w stali nieuspokojonej bez dodatku żelazomanganu

pewnia ona dobre odlanie stali nieuspokojonej bez odlenienia jej żelazomanganem. Okoliczność ta nie tylko daje oszczędności na żelazomanganie, ale również zapewnia dużą czystość stali LD. Rys. 12 przedstawia przekrój podłużny dwu wlewków o ciężarze 4 t miękkiej nieuspokojonej stali martenowskiej i stali z procesu LD o zawartości 0,08 % C i 0,45 % Mn, odlanych w stalowni w Donawitz. W stali z procesu LD rzuca się w oczy duża ścisłość materiału w dolnej i środkowej części wlewków oraz słabe wykształcenie obu wieńców pęcherzy.

Proces pozwala na wyświeżenie węgla aż do 0,02 %, a manganu poniżej 0,20 %. Stale takie odlewają się również zupełnie dobrze jako nieuspokojone i wykazują doskonałe własności plastyczne na zimno z powodu małej wytrzymałości na rozciąganie.

Ilość wtrąceń niemetalicznych w tych stalach, określona na podstawie wyglądu przekroju ciętych nożycami na gorąco kęsów i platyn, próby przełomu niebieskiego w kierunku poprzecznym i podłużnym i mikroskopowego badania wtrąceń żuźlowych, jest bardzo mała. Także segregacja występująca we wlewkach jest mniejsza niż w stalach martenowskich o podobnym składzie. Własności plastyczne na gorąco są bardzo dobre. Bednarka walcowana z dużej ilości wytopów miała zawsze gładkie krawędzie. Wytrzymałość na rozciąganie jest o około 2 kg/mm² mniejsza niż wytrzymałość stali martenowskich. Własności ciągliwe, a więc wydłużenie i przewężenie są nieco lepsze niż stali martenowskich.

Własności plastyczne na zimno są bardzo dobre ze względu na niewielkie umocnienie występujące przy odkształcaniu. W razie ostrożnego ciągnięcia można drut walcowany o średnicy 5,5 mm ciągnąć na 0,4 mm bez żarzenia pośredniego. Zadnych trudności nie sprawia również cynkowanie drutów.

Badania tłočnosti metodą Erichsena wykazały, że stale LD przewyższają pod tym względem stale martenowskie, zwłaszcza przy niskich zawartościach węgla.

Zależność udarności od temperatury oraz odporność na starzenie stali LD nie różni się zupełnie od tych samych własności stali martenowskich.

Badania wykazały więc, że nieuspokojone stale z procesu LD nie są tylko nie są gorsze pod względem własności mechanicznych od stali martenowskich, ale nawet je przewyższają.

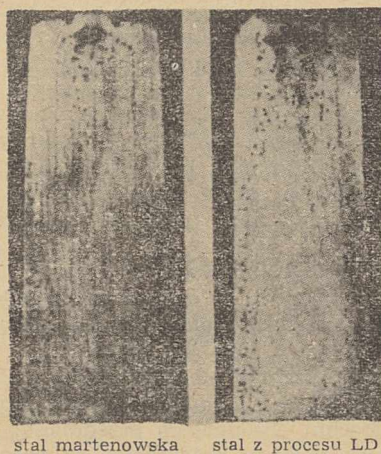
Stale uspokocone również wykazały własności co najmniej równe własnościom stali martenowskich. W stalach konstrukcyjnych uspokoconych krzemem i niewielką ilością manganu stwierdzono wysoki stopień czystości za pomocą próby przełomu niebieskiego, próby toczenia schodkowego i badań mikroskopowych. Mechaniczne własności tych stali są przynajmniej równe własnościom stali martenowskich, a wytrzymałość na pełzanie jest nawet większa.

Ze względu na małą zawartość siarki i fosforu stale te mogą być stosowane jako stale do nawęglania i ulepszenia. Próby hartowności dały wyniki w tych samych granicach co hartowności stali martenowskich. Próby ulepszenia nie wykazały różnic między stalami LD a stalami martenowskimi.

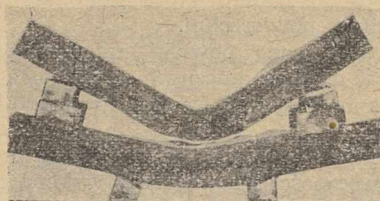
Próby nawęglania metodą McQuaid-Ehna wykazały, że w stalach o zawartości węgla mniejszej niż 0,10 % C pojawiało się ziarno anormalne. Przy zwykłym nawęglaniu w kąpeli solnej lub proszku nawet po wolnym ochłodzeniu struktura strefy nawęglonej była całkiem normalna; także w nieuspokoconych miękkich stalach nie stwierdzono również występowania miękkich płam.

Wytopy stali na szyny wykazały bardzo dobre wyniki prób kafarowych. Rys. 13 przedstawia szynę, która przy ugięciu 300 mm na długości pomiarowej 1 m nie została złamana. Ścieralność i wytrzymałość na zmęczenie szyn ze stali LD była taka sama, jak ścieralność szyn ze stali martenowskiej.

Dalsze badania wykonane w Linzu wykazały, że można wytworzyć stale nieuspokocone z większą od-



Rys. 12. Przekrój podłużny przez dwa wlewków o ciężarze około 4 t z nieuspokojonej miękkiej stali martenowskiej i stali z procesu LD o 0,08 % C i 0,45 % Mn



Rys. 13. Próba kafarowa szyny ze stali LD o wytrzymałości na rozerwanie co najmniej 70 kg/mm²

pornością na starzenie w grubościach do około 30 mm bez stosowania dużych szybkości oziębiania. Stale LD zarówno nieuspokojone jak i uspokojone zawierające glin nie wykazują skłonności do kruchego przełomu. Wyróżniają się one wysoko położoną granicą plastyczności; ze względu na dużą czystość odznaczają się doskonałą zgrzewalnością; odporność na korozję, opór elektryczny właściwy oraz utwardzanie się podczas spawania są takie same jak odpowiednich stali martenowskich. Stali tych można używać do budowy okrętów i kotłów.

Z wszystkich tych badań wynika, że stale wytworzone w konwertorze metodą LD za pomocą dmuchania na kąpiel stalową tlenem są wysokowartościowymi tworzywami, nie tylko nieustępującymi pod względem jakości stalom martenowskim, ale nawet je przewyższającymi; dzięki temu można je wytwarzać zarówno w zwykłych gatunkach handlowych jak i jako stale specjalne: nieuspokojone i uspokojone stale automatowe, stale odporne na działanie ługów i na starzenie oraz jako stale niskostopowe.

J. Natkaniec.

KOROZJA I POWŁOKI OCHRONNE

Powłoki aluminiowe na stali¹⁾

Spośród metalicznych powłok ochronnych szeroko stosowanych w przemyśle do zabezpieczania stali przed działaniem korozji, na pierwszy plan wysuwają się obecnie powłoki aluminiowe.

Powłoki te cechuje wysoka odporność na działanie korozji, głównie atmosferycznej i na działanie wysokiej temperatury. Odporność ta jest wynikiem istnienia na powierzchni aluminium cienkiej, szczelnej i żaroodpornej warstwy tlenkowej, zdolnej do natychmiastowej regeneracji w razie uszkodzenia.

W praktyce stosuje się następujące rodzaje powłok aluminiowych (uszeregowane według malejącego przemysłowego znaczenia):

1. natryskowe,
2. dyfuzyjne,
3. ogniowe,
4. nawalcowane (platery),
5. odlewane,
6. elektrolityczne,
7. uzyskane w parach soli glinu.

1. *Powłoki natryskowe.* Metoda natryskiwania powłoki aluminiowej jest stosunkowo najprostszą. Polega ona na zastosowaniu specjalnie skonstruowanego pistoletu, w którym odpowiednio doprowadzany proszek lub drut aluminiowy ulega stopieniu i rozpyleniu za pomocą sprężonego powietrza lub gazu stosowanego do stapania. Strumień sprężonego powietrza lub gazu przemieszcza rozpylone aluminium na powierzchnię zabezpieczanego przedmiotu, gdzie bardzo drobne kropelki krzepną i mechanicznie wiążą się z natrykiwanym metalem.

Strukturę typowej natryskowej powłoki aluminiowej przedstawia rys. 1. Powłoka jest zbudowana ze spłaszczonych cząsteczek aluminium otoczonych cienką warstwą tlenków. Jak już wspomniano, powłoka wiąże się z powierzchnią zabezpieczonego metalu, tylko mechanicznie, zależy więc niemal wyłącznie od szorstkości powierzchni chronionego przedmiotu.

Aluminiowe powłoki natryskowe są porowate, nie uważa się tego jednak za poważną wadę, ze względu na dość wysoką pozycję aluminium w szeregu napięciowym metali. Powłokę taką można zresztą uszczelnić (co w praktyce bardzo często się stosuje) dodatkową warstwą farby lub lakieru, która doskonale przyczepia się do szorstkiej powierzchni.

Dość poważną wadą powłoki natryskowej jest jej mała zdolność do mechanicznych odkształceń, wskutek czego można ją stosować jedynie do przedmiotów gotowych.

Równomierność grubości powłoki zależy prawie wyłącznie od zręczności i staranności wykonawcy.

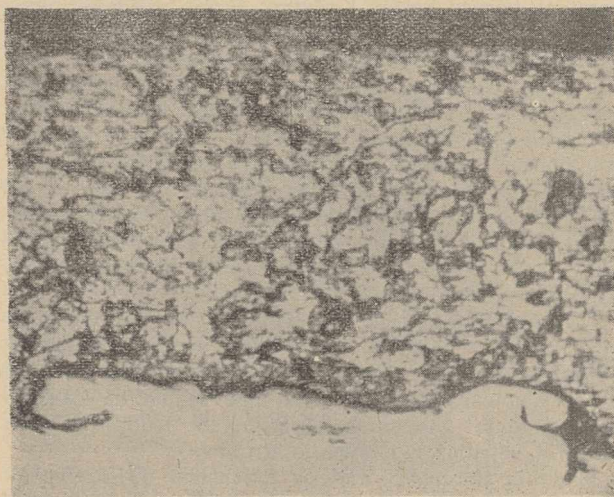
2. *Powłoki dyfuzyjne.* Do ochrony stali za pomocą dyfuzyjnych powłok aluminiowych wyzyskuje się żaroodporność stopów Al-Fe. Powłoki te zabezpieczają stal przed działaniem wysokich temperatur (do ~ 900 °C). Uzyskuje się je albo przez odpowiednie wyżarzanie przedmiotów pokrytych aluminiową powłoką natryskową w nie utleniającej atmosferze, albo przez naglinowanie. Naglinowanie polega na wyżarzaniu przedmiotów przy temperaturze 800 — 950 °C w szczelnych skrzynkach wypełnionych proszkiem aluminiowym i różnymi substancjami dodatkowymi, które przeciwdziałają spiekaniu się proszku oraz ułatwiają uzyskanie dobrych powłok dyfuzyjnych. Przeciw spiekaniu się proszku stosuje się głównie tlenek glinu. Dodatek NH_4Cl ułatwia otrzymanie bardzo równomiernej powłoki.

Przy wyżarzaniu przedmiotów pokrytych powłoką natryskową można uniknąć stosowania atmosfery redukcyjnej za pomocą następujących metod:

a. Utleńaniu powłoki natryskowej zapobiega powleczenie jej cienką warstwą rozcieńczonego roztworu szkła wodnego. Skuteczność tej metody zależy od szybkości ogrzewania przedmiotu do temperatury wyżarzania (600 °C). Szybkość ta powinna być bardzo duża. Wadą tego sposobu jest tworzenie się szklisto-brunatnego żużla, który częściowo stapia się z powłoką, co zmniejsza jej wartość.

b. Farba bitumiczna (zamiast szkła wodnego) skutecznie chroni powłokę natryskową przed dostępem powietrza. Ogrzewanie do temperatury wyżarzania musi być również bardzo szybkie.

c. Powłokę natryskową zabezpiecza przed utlenieniem nieznaczna zawartość pewnych metali odlenia-



Rys. 1. Natryskowa powłoka aluminiowa, pow. $\times 400$

¹⁾ D. P. Moses, G. G. Papham. Metallurgia, t. 45, 1952 nr 268, str. 70 — 74.

jących. Na przykład dodatek 0,75 % kadmu sprzyja powstawaniu dobrych powłok dyfuzyjnych przy wyżarzaniu w lekko utleniającej atmosferze.

3. **Powłoki ogniowe.** Proces ogniowego aluminowania nasuwa duże trudności, wynikające przede wszystkim z konieczności stosowania wysokiej temperatury sięgającej do 740 °C. Przy tej temperaturze stal bardzo szybko się utlenia. Powstająca warstwa tlenków, trudno rozpuszczalna w stopionym aluminium, nie dopuszcza do natychmiastowego tworzenia się prawidłowych powłok aluminowych. Aby powłoka mogła się tworzyć bezpośrednio po wprowadzeniu stalowych przedmiotów do kąpeli aluminowej, należy je odpowiednio przygotować.

Wstępne przygotowanie powierzchni stalowej przed aluminowaniem polega na zastosowaniu:

a. pośrednich powłok ochronnych, nie dopuszczających do utleniania stali.

b. topników,

c. atmosfer ochronnych.

a. **Pośrednie powłoki ochronne.** Najstarsza metoda „Uyeno” polega na pokrywaniu stali powłoką cynową lub cynkową. Zaletą tej metody jest możliwość prowadzenia procesu aluminowania sposobem ciągłym. W tym celu przepuszcza się blachę przez szereg wanien wypełnionych stopionym aluminium. Powłoki w ten sposób utworzone można ulepszać przez walcowanie po przeszczołkowaniu drucianymi szczołkami.

Inna metoda, opracowana przez „Expanded Metal Company”, polega na pokrywaniu stali elektrolityczną powłoką kadmową. W chwili wprowadzenia pokadmowanego przedmiotu do kąpeli aluminowej kadm ulatnia się i na uwolnionej od niego powierzchni tworzy się powłoka aluminowa.

Opisane metody nie gwarantują uzyskania dobrych powłok. Znacznie lepsze rezultaty aluminowania uzyskuje się przez zastosowanie pośrednich powłok miedziowych, takie powłoki aluminowe wykazują jednak mniejszą odporność na korozję i mogą być stosowane tylko w niektórych wypadkach, przy wysokich temperaturach.

b. **Topniki.** Topniki stosowane do procesów ogniowego wytwarzania powłok ochronnych mają usuwać istniejące na powierzchni stali warstwy tlenków, oczyszczać powierzchnię kąpeli w taki sposób, aby stopiony metal mógł natychmiast reagować z powierzchnią wprowadzonej blachy lub taśmy stalowej, a wreszcie chronić zabezpieczony metal przed utlenianiem.

Wymienione własności topników powinny być trwałe, przynajmniej w ciągu określonego (dość długiego jednak) czasu procesu. Wysoka temperatura oraz spoistość warstw tlenków na powierzchni kąpeli aluminowej poważnie utrudniają wybór właściwych substancji.

W praktyce najczęściej stosuje się (według patentu Nilssona) stopioną mieszaninę chlorków metali alkalicznych z kriolitem. Innym skutecznym topnikiem okazał się $ZnCl_2$. Temperatura mieszaniny (topionej w osobnej wannie) musi być wyższa od temperatury kąpeli aluminowej. Aluminowany przedmiot zanurza się na pewien określony czas do topnika i natychmiast po wyjęciu przenosi się do wanny ze stopionym aluminium. Przyczepiona do powierzchni stali cienka warstwa topnika nie powinna skrzepnąć w czasie przenoszenia. W celu ulepszenia procesu stosuje się bardzo często urządzenia, w których nad stopionym aluminium i topnikiem znajduje się ochronna atmosfera wodorowa (metoda Dellgren). W urządzeniach takich aluminowane przedmioty przenoszone są automatycznie z wanny do wanny bez zetknięcia się z powietrzem. Również

chłodzenie przedmiotów odbywa się tutaj bez dostępu powietrza.

Nowoczesny zespół urządzeń do ogniowego aluminowania składa się z dwóch elektrycznych pieców solnych, z których jeden napełniony jest topnikiem, a drugi tymże topnikiem i aluminium. Temperatura kąpeli aluminowej jest utrzymywana na właściwym poziomie za pomocą automatycznie regulowanego ogrzewania prądem elektrycznym, przepływającym między dwoma elektrodami zanurzonymi w topniku. Wanny powinny być wyłożone materiałami ceramicznymi.

Wadą powłok aluminowych wytwarzanych przy zastosowaniu topników jest ich znaczna porowatość oraz występowanie na nich (szczególnie przy ręcznym wytwarzaniu) nieregularnie rozmieszczonych kropel i pasemek skrzepłej mieszaniny aluminium i jego tlenku. Porowatość powłoki jest wynikiem miejscowych skupień nierozpuszczalnych zanieczyszczeń topnika na powierzchni stali, które nie dopuszczają do tworzenia się zwartej powłoki.

c. **Atmosfery ochronne.** Atmosfery ochronne są obecnie coraz chętniej i powszechniej stosowane do procesów aluminowania ogniowego.

Jedną z najstarszych metod (Dellgren) jest metoda ciągłego aluminowania. Taśma lub blacha stalowa przechodzi tutaj kolejno przez kąpiel ołowiu i aluminium. Całość urządzenia umieszczona jest w piecu z ochronną atmosferą. Taśmę przed opuszczeniem agregatu chłodzi się również w atmosferze ochronnej.

Bardzo ciekawy jest proces Finka. Polega on na przeprowadzeniu odtłuszczonej i wytrawionej taśmy stalowej kolejno przez wannę ze stopionym kwasem borowym (temperatura około 600 °C), piec wodorowy i wannę ze stopionym aluminium, zabezpieczonym przed utlenianiem. W piecu wodorowym na skutek wysokiej temperatury ($\sim 900 \div 1000$ °C) tworzy się na powierzchni metalu szczelna warstwa ochronna złożona z kwasu borowego, przy równoczesnym powierzchniowym odwęglaniu. Powierzchnia tak przygotowana jest bardzo aktywna i łatwo pokrywa się powłoką aluminową. Ze względu na wysoką aktywność stali, czas jej przebywania w kąpeli aluminowej musi być bardzo dokładnie kontrolowany. Metoda ta pozwala na aluminowanie drutu sposobem ciągłym z szybkością około 3 do 15 m/min. Nawodorowanie stali nie wpływa ujemnie na jej zachowanie się podczas dalszych normalnych operacji przeróbki (jak np. zginanie).

Najpopularniejszą metodą ogniowego aluminowania w atmosferach ochronnych jest obecnie metoda Sędzimira. Taśma przechodzi tu w sposób ciągły najpierw przez przestrzeń pieca z lekko utleniającą atmosferą (wytwarzaną przez dysocjację amoniaku) o temperaturze 450 do 650 °C. Przy tej temperaturze wszystkie zanieczyszczenia organiczne, olej walcowniczy itp. ulatniają się lub spalają. Równocześnie na powierzchni stali tworzy się bardzo cienka warstwa niebieskiego tlenku żelaza. Tak utleniona taśma przechodzi do redukcyjnej przestrzeni pieca, gdzie przy 850 do 950 °C warstwa tlenku ulega redukcji wodorem. W ostatnim etapie procesu taśma oczyszczona i ochłodzona w atmosferze redukcyjnej wchodzi do wanny wypełnionej stopionym aluminium.

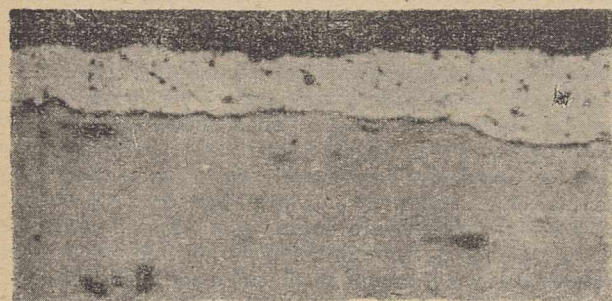
Wadą ogniowych powłok aluminowych, ograniczającą ich obrabialność mechaniczną (głównie zginanie), jest znaczna kruchość, spowodowana obecnością pośredniej warstwy stopowej (rys. 2). O grubości tej warstwy decyduje przede wszystkim czas odbywania się procesu, który dlatego musi być ściśle kontrolowany. Dodatki niektórych metali np. Zn, Cu, Be, Si



Rys. 2. Pękanie powłoki ogniowej pod wpływem zginania (warunki wykonania powłoki: 725 °C, 1 min).
Pow. $\times 300$



Rys. 3. Aluminiowa powłoka ogniowa na żelazie „Armco“, o wysokiej odporności na zginanie.
Pow. $\times 1000$



Rys. 4. Elektrolityczna powłoka aluminiowa

oraz ziem rzadkich do kąpeli aluminiowej nie dopuszczają do tworzenia się grubej warstwy stopowej, a tym samym polepszają odporność powłoki aluminiowej na zginanie. Najbardziej dodatni wpływ wywiera dodatek krzemu, powoduje bowiem utworzenie się bardzo cienkiej i jednorodnej warstwy stopowej, dostatecznie odpornej na zginanie. W procesie Sędzimir

zawartość krzemu w kąpeli aluminiowej dochodzi do 6 ÷ 7 % Si. Otrzymana powłoka (rys. 3) odznacza się wysoką jakością.

4. *Powłoki nawalcowane (plater)*. Platerowanie blach i taśm stalowych aluminium jest stosunkowo proste. Można je wykonywać na zimno i na gorąco.

Niemiecki proces „Feran“ polega na walcowaniu przy 150 °C zimno walcowanej, przeszczotkowanej drucianymi szczotkami blachy aluminiowej, zawierającej nieznaczny dodatek krzemu, z odpowiednio przygotowaną blachą stalową. Walcować można w dwu lub czterokółkowych walcarkach, przy maksymalnym wydłużeniu 40 %. Po przewalcowaniu, dla uzyskania właściwej plastyczności produktu, należy plater wyżarzyc przy 540 °C. Przy wyżarzaniu nie wolno dopuścić do nadmiernego rozrostu warstwy stopowej.

Według Stroupa i Purdyego plater stal-aluminium uzyskać można również przez prasowanie przy 625 °C.

5. *Powłoki odlewane*. Amerykański proces „Al-Fin“ polega na pokryciu części stalowych ogniową powłoką aluminiową (kąpiel aluminiowa zawiera dodatek Si), natychmiastowym umieszczeniu tych przedmiotów w formach piaskowych lub kokilach i uzupełnieniu niewypełnionej przestrzeni w formach płynnym aluminium metodą wtryskową lub przez wlewanie. Ostatnia operacja musi nastąpić natychmiast po wykonaniu powłoki, jeszcze przed jej skrzepnięciem. Proces odbywa się automatycznie w elektrycznych piecach solnych.

6. *Powłoki elektrolityczne*. Elektrolityczne powłoki aluminiowe otrzymuje się albo w kąpielach stopionego chlorku glinu zawierających dodatki chlorków alkali, albo w organicznych elektrolitach zawierających bromek glinu lub wodorek litu. Chemikalia stosowane do sporządzania elektrolitów muszą być wysokiej czystości. Zanieczyszczenia metalami leżącymi w szeregu napięciowym poniżej Al przeszkadzają tworzeniu się powłok.

Powłoki elektrolityczne nie wykazują obecności kruchej warstwy stopowej (rys. 4), dzięki czemu nadają się do głębokiego tłoczenia.

7. *Powłoki uzyskane w parach soli glinu*. Powłoki tego typu uzyskuje się w tzw. procesie Martina przy wyżarzaniu przedmiotów stalowych przy 930 °C w atmosferze par chlorku glinu. Otrzymane powłoki są wyjątkowo cienkie i nie stanowią dostatecznej ochrony przed korozją.

Odporność na działanie korozji omówionych w ustępach 1—7 typów powłok aluminiowych jest na ogół bardzo duża (dotychczas brak jednak dostatecznego materiału porównawczego). Powłoka aluminiowa grubości ~ 0,07 mm wytrzymuje dobrze działanie atmosfery przez pięć lat. W razie korozji w ośrodku zawierającym dużą ilość jonów chlorowych, ochronna warstewka tlenku glinu ulega zniszczeniu i powłoka rozpuszcza się anodowo. W wielu wypadkach lepiej jest stosować ochronną powłokę aluminiową niż cynkową.

W. Drozd.

WŚRÓD KSIĄŻEK

Metalurgia żelaza. *Władysław Kuczewski*, inżynier-metalurg, profesor Politechniki Śląskiej. Tom III. Procesy stalowniane. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format B5, str. 216, rys. 74, tabl. 39, cena 33 zł.

W pierwszym rozdziale trzeciego tomu „Metalurgia żelaza”, poświęconym fizyko-chemicznym podstawom procesów stalownianych, na specjalną uwagę zasługują krzywe prężności dysocjacji tlenków wykreślone na rys. 3 (str. 11) według ścisłego wzoru termodynamicznego K. Kelleya oraz empirycznych wzorów J. Chipmana. Bardzo interesujące jest także stwierdzenie przez prof. Kuczewskiego, że każdy proces metalurgiczny składa się z dwu części: 1) z dysocjacji tlenków i 2) z przejścia tlenu od tlenku o większej prężności dysocjacji — do pierwiastka tworzącego, przy danej temperaturze i danym ciśnieniu, tlenek o mniejszej prężności dysocjacji.

Omawiając w drugim rozdziale rozpatrywanego tu tomu proces tomasowski na silnie zasadowym żużlu autor oparł się na teorii rozтворów i doszedł do zupełnie innych wyników niż te, które bywają zazwyczaj podawane w podręcznikach metalurgii stali. Stwierdził on mianowicie duży błąd popełniany w obliczeniach bilansu cieplnego konwertora Thomasa, w których i ilość ciepła wyzwalanego w konwertorze podczas spalania się w nim węgla i straty ciepłone oceniane były dotychczas zbyt nisko (str. 47 — 50).

Szczegółowe i wyczerpujące przedstawienie wszystkich głównych odmian procesów odbywających się w kwaśnych i zasadowych piecach martenowskich tudzież opisy przebiegu dokonywanych w owych piecach wytopów umożliwiają czytelnikowi trzeciego rozdziału książki prof. Kuczewskiego dokładne poznanie istoty każdego z tych procesów i wybór tego z nich, który w danych warunkach powinien być najodpowiedniejszy. Wśród procesów surówkowo-rudnych godny wyróżnienia jest — zdaniem prof. Kuczewskiego — proces Talbota (str. 79 — 80).

Ostatni podrozdział („Nowe tendencje w procesie martenowskim”) tegoż rozdziału obejmuje rozważania autora o walce z dzikim (fałszywym) powietrzem, silnie obniżającym temperaturę w piecu i przedłużającym czas wytopu oraz o walce z pienieniem się żużla i z wtrąceniami niemetalicznymi jak również o odtlenianiu stali wanadem, odtlenianiu dyfuzyjnym (zwłaszcza za pomocą odtleniaczy zespółowych) i o łączeniu procesów konwertorowych besemerowskich (kwaśnych) z zasadowymi martenowskimi, konwertorowych tomasowskich (zasadowych) z zasadowymi martenowskimi i wreszcie pieca martenowskiego zasadowego z kwaśnym.

Najobszerniejszy jest czwarty rozdział książki. Zawiera on krótki rys historyczny rozwoju procesu martenowskiego, obliczenie kosztów wytwarzania stali, przegląd materiałów ogniotrwałych używanych w stalowniach martenowskich, wywody dotyczące ruchu ciepła w wyprawie pieca martenowskiego, teorię działania nowoczesnych pieców martenowskich i ich bilans cieplny tudzież uwagi o przyczynach powstawania wirowego ruchu gazów i powietrza w topnisku pieca martenowskiego, o ilości ciepła, którą chłonie kąpiel żużlowo-metalowa, o przebiegu temperatury płomienia, powierzchni kąpieli i powierzchni trzonu w zasadowym piecu martenowskim, o wyznaczaniu wysokości sklepienia pieca nad poziomem progów, o odpowiednim doborze chwili wiania płynnej surówki do topniska i o ustaleniu wartości wskaźnika zaczerwienia powierzchni kąpieli na podstawie przesłanek teoretycznych i nomogramów.

Znaczenie teorii rozтворów zostało uwypuklone przez autora ze szczególnym naciskiem w podrozdziale czwartego rozdziału noszącym nagłówek „Zapoznane reakcje termochemiczne procesu martenowskiego”. Temperatury i strumienie gazowe w topnisku, urządzenia pomocnicze pieca martenowskiego, komory żużłowe, regeneratory oraz ich obliczanie, rozrząd gazu i powietrza, kontrola pracy pieca martenowskiego — to tytuły następujących podrozdziałów, w których wielokrotnie powtarza się ważna wskazówka o konieczności dokonywania częstej i właściwej zmiany kierunku płomienia w piecu martenowskim. W końcowym podrozdziale tegoż rozdziału autor zebrał bogaty materiał o rzadziej wysokosprawnych metodach prowadzenia pieców martenowskich i mocno podkreślił doniosłość okresu wrzenia kąpieli stalowej oraz jego przemożny wpływ na jakość stali (str. 201).

Piąty (ostatni) rozdział książki przynosi niedługi, lecz prawdziwie pożyteczny szkic o sposobach odlewania dobrych wlewków stalowych.

Wykład prof. Kuczewskiego, uzupełniony licznymi rysunkami i tablicami, daje w ujęciu autora należyte pogłębienie wielu zagadnień pasjonujących wszystkich naszych hutników i stanowi trwały fundament wiedzy o nowoczesnym stalownictwie. Trzeci tom „Metalurgii żelaza” będzie pomocny nawet zaawansowanym polskim fachowcom-stalownikom, zarówno technologom jak i konstruktorom.

W trzech kolejnych recenzjach („Hutnik” z 1952 r. nr 12, str. 442, z 1953 r. nr 1, str. 33 i zeszyt niniejszy) o trzyltomowej pracy prof. Kuczewskiego staraliśmy się zwrócić uwagę czytelnika na najbardziej znamienne ogniwa przewodnich myśli autora, wytrawnego pisarza-teoretyka (obacz „Literaturę” na str. 142, 143

i 184 pierwszego tomu „Metalurgii żelaza“, na str. 239 drugiego jej tomu i na str. 215 trzeciego tomu) a jednocześnie — co rzadko się zdarza — doświadczony praktyka i nauczyciela, wypowiedzianych przez prof. Kuczewskiego w jego dziele z właściwą mu szlachetną żarliwością i rozmachem, nie rozsadzającym jednak nigdy ram tematu.

Autor włożył w swe dzieło wiele rzetelnego i żmudnego trudu i dobrze się zasłużył polskiemu piśmiennictwu technicznemu, które prócz od dawna już całkowicie wyczerpanego i z natury rzeczny przestarzałego „Wstępu do hutnictwa żelaza“ (1923 r.) pióra prof. inż. Henryka Korwin-Krukowskiego nie mogło się dotąd wykazać żadną inną wartościową pozycją bibliograficzną w zakresie podręczników z dziedziny metalurgii żelaza.

St. Wróblewski

Woda w zakładach przemysłowych. *Władysław Olczakowski i Zdzisław Ficki.* Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa 1952. Format A5, str. 258, rys. 99, tabl. 34, cena 35 zł.

Po „Kontroli ruchu urządzeń do ulepszania wody“ inż. W. Rosnera i „Metodach oczyszczania wody zasilającej kotły parowe“ inż. W. Nowakowskiego Państwowe Wydawnictwa Techniczne wydały trzecią książkę z dziedziny gospodarki wodnej, a mianowicie bardzo wartościowe dziełko inż. W. Olczakowskiego i prof. inż. Z. Fickiego. Nie jest rzeczą przypadku, że zagadnienie wody w zakładach przemysłowych znalazło tak wielostronne opracowanie przez nasze siły fachowe. Szybkie tempo uprzemysłowienia kraju wywołało ogromny wzrost zapotrzebowania wody nie tylko do kotłowni o coraz wyższych ciśnieniach i temperaturach pary, lecz również do urządzeń chłodzących agregaty produkcyjne. Wystarczy przypomnieć, że w hutach tworzywem, które — poza powietrzem — występuje w największych ilościach, jest woda chłodząca wielkie piece, piece martenowskie, piece walcownicze itd.; ponadto kotłownie zużywają znaczne ilości wody dodatkowej, a w nowoczesnych siłowniach hutniczych trzeba doprowadzić duże ilości wody chłodzącej i do kondensatorów.

Pomimo ukazania się wspomnianych wyżej dwu pierwszych prac nasi energetycy odczuwali brak książek omawiających zagadnienia wody w zakładach przemysłowych. Książka inż. Rosnera przynosi podstawowe pojęcia z dziedziny przygotowania wody przemysłowej, ale głównym jej tematem jest kontrola ruchu i niezbędne w tym celu wykonywanie oznaczeń chemicznych. Inż. Nowakowski miał na uwadze przede wszystkim kotłownie jako konsumenta wody. Dopiero inż. W. Olczakowski i prof. Z. Ficki postawili sobie za zadanie tak omówić na poziomie średnim całokształt zagadnienia wody w przemyśle, aby wydziały energetyczne zakładów przemysłowych mogły na podstawie tej nowej książki dać sobie radę z wszelkimi

zagadnieniami ruchowymi gospodarki wodnej. W tym celu w początkowych rozdziałach autorzy przypominają czytelnikowi wiadomości z chemii ogólnej i z chemii fizycznej. Przegląd i charakterystyka zanieczyszczeń wody pozwala z kolei rozpatrzyć w dalszych rozdziałach zagadnienie szkodliwości poszczególnych zanieczyszczeń w kotłach parowych, w parociągach i turbinach. Poddano też analizie zanieczyszczenia w wodzie chłodzącej i omówiono różne sposoby przygotowania tej wody. Znaczna część książki poświęcona jest rozpatrzeniu przygotowania wody dla kotłowni. Oprócz starszych metod bardzo szczegółowo przedstawiono nowsze metody stosowania wymiennicy jonowych i kombinacje tych metod. Ponieważ w nowoczesnych kotłowniach odgazowanie wody zasilającej odgrywa dużą rolę, rozpatrzono i to zagadnienie. Ze względu na kotły wysokopiętne specjalny rozdział zajmuje się usuwaniem krzemionki. Na końcu swego podręcznika autorzy umieścili tablice zawierające najważniejsze stałe fizyczne i chemiczne potrzebne przy obliczeniach dotyczących przygotowywania wody przemysłowej.

Jak widać z tego przeglądu treści, książka o której mowa, jest wybornym źródłem wyczerpujących wiadomości z tej dziedziny gospodarki energetycznej zakładów przemysłowych. Wiele przykładów liczbowych w tekście ilustruje praktyczne zastosowanie podanych wskaźników przy obliczeniach z zakresu przygotowywania wody.

Książka odznacza się jasnością i zwięzłością, brak w niej wszakże krótkiego, przejrzystego zestawienia zalet i wad omówionych metod przygotowywania wody i wytycznych co do wyboru tej lub innej metody. Czytelnik wie, że wybór metody zależy od charakterystyki wody surowej i od przeznaczenia wody przygotowanej, nie wie jednak, co w konkretnych wypadkach wybrać i dlaczego. W książce swej (prócz str. 221) autorzy nie podają źródeł cytowanej literatury technicznej. Przy omawianiu metod przygotowywania wody pominięto wyparki. Odrzucanie szczepienia wody za pomocą H_2SO_4 nie wydaje mi się słuszne (str. 93). Podając skład chemiczny różnych wód, należało bliżej scharakteryzować rolę oddzielnych pozycji i wskazać proste możliwości kontroli otrzymanych wyników (tabl. 7). Nie można mówić o stężeniu „molewym“ jonów (str. 15). Prawo Henry'ego (str. 13) jest słuszne tylko przy stałej temperaturze. Rys. 4 nie zgadza się z tekstem na str. 34. W jakim celu poruszono na str. 131 usuwanie żelaza i manganu metodą biologiczną, choć książka traktuje jedynie o wodzie do celów przemysłowych, pomijając kwestię wody pitnej?

Na podstawie rozważań na str. 20 i 21 czytelnik nie dowiaduje się, że stężenie jonów wodorowych w wodzie chemicznie czystej wynosi 10^{-7} g/l.

W gospodarce wodnej słownictwo nie jest jeszcze dotąd ustalone. Inż. Rosner mówi o „ulepszaniu“ wody, inż. Nowakowski o jej „oczyszczaniu“, a inż. Olczakowski i prof. Ficki o „preparowaniu“. Odpowiednikiem rosyjskiego terminu „obrabotka wody“ lub niemieckiego „Wasseraufbereitung“ jest „przygotowywanie wody“. Nie sądzę aby termin „korygowanie wody“ (str. 94) był właściwy. Zamiast terminu „analiza“ powinno się stosować określenie „skład chemiczny“ (str. 31).

Rysunki wykonano starannie, druk jest jednak tak drobny, że utrudnia korzystanie z książki. Tekst książki zawiera znacznie więcej błędów niż podano w erracie. Tak np. wielkość próbki badanej wody wynosi 100 ml, nie zaś 0,1 ml (str. 27), stężeniu 1 mval/l odpowiada przy miareczkowaniu ilością 1 ml 0,1 *n* roztworu próbka 100 ml, a nie litr badanej wody (tabl. 6, str. 243).

Z. Warczewski

Nasi laureaci. Sylwetki laureatów nagrody państwowej. Dział postępu technicznego. Województwo katowickie 1952. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 156, cena 7 zł.

Jest to praca zbiorowa członków katowickiego Oddziału Związku Literatów Polskich zawierająca dwadzieścia dwa reportaże, opowiadania i nowe szkicujące sylwetki laureatów nagrody państwowej w dziale postępu technicznego.

Z kart książki bije świeży, niczym nie koloryzowany obraz życia i wysiłków ludzi techniki pracujących dla gospodarczej i społecznej przebudowy Polski. Sylwetki zarówno robotników jak i profesorów politechniki urzekają czytelnika swą bezpośredniością i prostotą. W sposób żywy i interesujący zapoznaje ona czytelnika ze znaczeniem dokonanych wynalazków i usprawnień, z trudnościami, które trzeba było pokonać przy realizacji pomysłów.

Choć książka nie zawiera przepisów technologicznych, każdy komu świat techniki nie jest obcy powinien ją przeczytać. O sukcesach laureatów nie decydowała tylko wiedza, lecz jeszcze inne czynniki: upór w poszukiwaniu nowych rozwiązań, umiejętność współpracy z zespołem, wyobraźnia i wiele zalet charakteru i umysłu. Poznanie życia tych, którzy mogą się wykazać poważnymi osiągnięciami, stanie się dla niejednego bodźcem we własnej pracy odkrywczej.

Książka bogato ilustrowana zawiera liczne fotografie nagrodzonych pracowników polskiej techniki. Podana na ostatnich kartach instruk-

cja dotycząca zgłaszania wniosków o przyznanie nagrody państwowej w dziale postępu technicznego stanowi zachętę dla wszystkich, którzy mają warunki uzyskania jej w roku 1953 lub w latach następnych.

K. Słotwiński

Badanie procesu wielkopieczowego. (Issledowanie diomiennogo processa.) A. Luban, prof. dr nauk technicznych. Przetłumaczył z języka rosyjskiego inż. Z. Corradini. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1951. Format A5, str. 212, rys. 62, tabl. 33, cena 30 zł.

Z przedmowy do szóstego wydania (1949 r.) podręcznika metalurgii surówki M. A. Pawłowa dowiadujemy się, że redaktorem owego dzieła był autor książki, o której mowa w niniejszej recenzji, jeden z wybitnych uczniów sędziwego profesora, A. P. Lubana. Już sam ten fakt gwarantuje wysoki poziom naukowy książki A. P. Lubana i duże jej znaczenie praktyczne.

Książka A. P. Lubana, stanowiąca ceną pozycję w literaturze metalurgicznej, ukazała się w przekładzie polskim, który jest na ogół dobry. Nie zmniejszają jego wartości różne drobne, wyszczególnione poniżej, usterki. Na str. 37 w wierszu 5 od dołu ma być „manganawy“, nie „manganowy“; na str. 53 i 54 zamiast „wolnej energii“ powinno być „swobodnej energii“; na str. 79 w wierszu 19 od góry i jeszcze w kilku innych miejscach (np. na str. 93) zamiast terminu „topnienie“ użyto terminu „topienie“; na str. 81 w wierszu 10 od dołu zamiast „topniał“ jest „topił się“; podpis pod rys. 13 powinien być następujący: $CaO : SiO_2 = 1,25$; na str. 107 czytamy: „żużłów“ (wiersz 22 od dołu); na str. 111 (wiersze 11 i 16 od dołu) zamiast „krzemianu żelaza“ powinno być „krzemku żelaza“, a na str. 196 w wierszu 10 od góry wydrukowano 60 °C zamiast 600 °C. Można też wytknąć tłumaczowi używanie terminu „wytop“ w miejscach, w których jest mowa nie o kolejnym spuszczeniu w wielkiego pieca, lecz o wytapianiu surówki w ogóle. Niewłaściwe są również określenia w rodzaju: „badanie wytopu żelazokrzemu“ lub „wyniki techniczne wytopu żelazomanganu“ itp., idzie tu bowiem o „wytapianie żelazomanganu“ (rosyjski wyraz „pławka“ odpowiada terminowi „wytop“, a „wyplawka“ — „wytapianiu“).

W książce A. P. Lubana wielkopieczownik znajdzie niejedną podnieętą zarówno do dociekań teoretycznych jak i do nowych badań w praktyce.

Wł. Kuczewski

NOTATKI BIBLIOGRAFICZNE

Elektrometalurgia stali. Prof. inż. Adam Ludkiewicz. Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych 1950. Skrypt. Format A4, str. IV + 158, rys. 39, tabl. 18, cena 10 zł 20 gr.

Treść. I. Rodzaje pieców elektrostalowniczych i ich charakterystyka. — II. Tworzywa, dodatki stopowe i odtleniacze. — III. Proces zasadowy. — IV. Otrzymywanie stali w piecu kwaśnym.

Metalurgia cynku i kadmu. Wł. Domański i A. Krupkowski. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa 1952. Format B5, str. 503, rys. 142, tabl. 73, cena 38 zł 25 gr.

Treść. Metalurgia cynku (str. 9—468). Uwagi wstępne. — Pirometalurgia cynku. — Hydroelektrometalurgia cynku. — Hydrometalurgia cynku. — Metalurgia kadmu (str. 469—487). Uwagi wstępne. — Otrzymywanie metalu.

Kurs odlewnictwa. Materiały formierskie i ich przeróbka w odlewniach. Kazimierz Gierdziejewski. Wydanie drugie, poprawione i uzupełnione. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1950. Format B5, str. 306, rys. 269, tabl. 71, cena 28 zł.

Praca inż. Gierdziejewskiego zawiera ogólne wiadomości o materiałach formierskich, metodach ich badania, sposobach przeróbki, kontroli i zastosowania w odlewni tudzież opisy maszyn i urządzeń do przeróbki tych materiałów oraz gospodarowania nimi.

Książka nosi charakter poradnika dla inżynierów i techników — odlewników, pracowników laboratoriów badawczych czy też biur konstrukcyjnych i może się również przydać studentom wyższych uczelni technicznych.

Podstawy procesu walcowania. Dr inż. Z. Wusztowski. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format B5, str. 259, rys. 135, tabl. 30, cena w kart. opr. 25 zł 50 gr.

Treść. Zjawiska występujące w metalu plastycznie odkształconym. — Zasady walcowania. — Walce, ich własności oraz obliczanie. — Zasady kalibrowania walców.

Książka zawiera — w zasadzie — całokształt wiadomości teoretycznych o podstawach walcowania metalu ujętych w postaci dla ogółu inżynierów i techników walcowników przystępnej i jednocześnie dla codziennych potrzeb ruchowych wystarczająco ściśle.

Walcowania rur i pierścieni — bardzo słusznie! — w książce nie omówiono.

Liny stalowe suwnic hutniczych. Mgr inż. Wiesław Zapałowicz. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 56, rys. 62, tabl. 9, cena 3 zł 50 gr.

Książeczka inż. Zapałowicza zawiera opisy rodzajów stalowych lin drucianych, sposobów ich obliczania, skrećania, łączenia i konserwacji oraz wiadomości o materiale do wyrobu lin i o wpływie warunków pracy lin na ich wytrzymałość podczas zastosowania do suwnic hutniczych. Została ona napisana głównie na użytek mistrzów, techników i inżynierów zatrudnionych w hutnictwie.

Elektrotermia. Mgr inż. Tadeusz Schwartz. Tom I. Główny Instytut Elektrotechniki. Seria A. Prace oryginalne nr 2. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1950. Format A5, str. XI + 280, rys. 109, tabl. 49, cena 26 zł.

W książce tej, poświęconej usystematyzowaniu podstawowych zagadnień z dziedziny elektrotermii, tj. zastosowania elektryczności do wytwarzania ciepła, opisano sposoby przenoszenia, magazynowania tudzież obliczania ciepła i omówiono straty ciepła, pomiary temperatur, materiały izolujące oraz grzejnictwo oporowe.

Książka odda niewątpliwie duże usługi inżynierom i technikom zatrudnionym w naszym przemyśle elektrotermicznym jak również studentom wyższych uczelni technicznych.

Atlas uzwojeń trójfazowych silników asynchronicznych. Mgr inż. Jan Zembrzusi. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format A4, str. 134, rys. 152, cena 12 zł 50 gr.

Książka ta przeznaczona jest dla techników i monterów zatrudnionych przy naprawach uzwojeń silników. Zawiera ona najczęściej w praktyce spotykane schematy uzwojeń trójfazowych silników asynchronicznych małej i średniej mocy. Podane są w niej schematy rozmaitych rodzajów stojanów i wirników o różnej liczbie żłobków i par biegunów.

Frezy. Konstrukcja. Mgr inż. Eugeniusz Górski. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format B5, str. 192, rys. 232, tabl. 40, cena 18 zł.

Treść. Klasyfikacja frezów. — Konstrukcyjne elementy freza. — Frezy ścinowe. — Frezy zataczane. — Główce frezowe. — Procesy technologiczne przy wykonywaniu frezów.

W książce tej autor omówił geometrię ostrza oraz konstrukcję frezów i głowic frezowych jak również podstawy szybkościowego skrawania przy ujemnych kątach natarcia. Praca inż. Górskiego przeznaczona jest w zasadzie dla inżynierów i techników konstruktorów narzędzi do obróbki skrawaniem.

Obliczanie układów wlewowych form odlewniczych za pomocą nomogramów. (Rasczoty litnikowych sistem pri pomoszczi nomogramm.) G. M. Dubicki i L. A. Izrailewicz. Przełożył z języka rosyjskiego mgr inż. Kazimierz Hess. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 34, rys. 11, tabl. 3, cena 5 zł.

Broszurka ta może się przydać zarówno mistrzom odlewniczym jak i inżynierom. Zawiera ona nomogramy służące do wyznaczania powierzchni poprzecznych przekrojów układów wlewowych dla odlewów żeliwnych i stalowych w zależności od ich rodzaju, ciężaru, grubości ścianek, sposobu zalewania, ciśnienia ferostatycznego w formie i kadzi oraz zmniejszenia się tego ciśnienia podczas zalewania formy. Za pomocą owych nomogramów można szybko dobierać najodpowiedniejsze i najmniejsze wymiary układów wlewowych, co wpływa na zmniejszenie się zużycia metalu i liczby wybraków odlewniczych.

Formierstwo. (Formowocznyje raboty). N. N. Barbaszin i M. W. Czunajew. Przetłumaczył z języka rosyjskiego mgr inż. Michał Godlewski. Pań-

stwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format A5, str. 146, rys. 130, tabl. 8, cena 5 zł 50 gr.

Treść. Wiadomości wstępne. — Bezpieczeństwo pracy w odlewni. — Podstawy materiałoznawstwa. — Maszyny i urządzenia odlewnicze. — Technologia formowania. — Zalewanie form, wybijanie i oczyszczanie odlewów. — Brak odlewniczy. — Organizacja pracy i stanowiska roboczego. — Bezpieczeństwo pracy w zakładzie przemysłowym.

W podręczniku tym, zatwierdzonym przez Centralny Urząd Szkolenia Zawodowego do użytku w zasadniczych szkołach odlewniczych i na kursach szkolenia kadr rzemieślniczych, znajdzie czytelnik opisy sporządzania odlewów podane w sposób przystępny a jednocześnie zgodny z dzisiejszym stanem odnośnej gałęzi wiedzy technicznej.

Stopy cynowe i ich stopy zamienne. (Ołowianistyje brony, babbity pripoi i ich zamieniteli). *A. Smiriagin i A. Szpagin.* Z języka rosyjskiego przełożył inż. Bogusław Dobrzyński. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1951. Format B5, str. 96, rys. 4, tabl. 40, cena 10 zł.

Książka składa się z trzech rozdziałów: w pierwszym z nich podano w zwięzłym ujęciu wiadomości o składzie chemicznym, własnościach fizycznych i chemicznych oraz o możliwościach, warunkach i zakresie stosowania w przemyśle brązów cynowych i ich stopów zastępczych, w drugim — charakterystykę stopów łożyskowych o osnowie cynowej i ołowiowej oraz ich stopów zastępczych, a w trzecim omówiono spoiwa cynowo-ołowiowe i ich stopy zastępcze. Dane te, jak również zamieszczone w książce instrukcje dotyczące sporządzania brązów i mosiądzów specjalnych, wylania panewek łożysk stopami o osnowie cynowej i ołowiowej tudzież spajania spoiwami cynowo-ołowowymi, powinny się przyczynić do rozpowszechnienia wartościowych stopów zastępczych w wielu gałęziach naszego przemysłu hutniczego i maszynowego, a co za tym idzie do osiągnięcia znacznych oszczędności w gospodarce metalami deficytowymi.

Z książki tej mogą się dużo nauczyć zarówno mistrzowie jak technicy i inżynierowie.

Cynowanie na gorąco. (Hot tinning). Praktyczne wskazówki cynowania na gorąco wyrobów metalowych. *W. E. Hoare.* Przetłumaczył z języka angielskiego Konstanty Tarnowski. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1951. Format A5, str. 152, rys. 47, tabl. 6, cena 15 zł.

Treść. Wiadomości wstępne. — Procesy wytwórcze i urządzenia. — Cynowanie stali. — Cynowanie żelaza. — Cynowanie miedzi. — Cynowanie innych metali. — Cynowanie stopami cyny z ołowiem. — Odpadki przy procesie cynowania. — Metody określania grubości i ciągłości powłok cynowych.

Książka nadaje się do użytku mistrzów i techników.

Warunki skrawania metali narzędziami ze stali szybko tnącej. (Rieżimy rieżanija mietalów instrumentami iz bystrorieżuszcziej stali.) *Praca zbiorowa.* Przetłumaczył z języka rosyjskiego mgr inż. Wacław Brodowicz. Opracowanie redakcyjne: redaktor naukowy PWT mgr inż. Kazimierz Ochęduszek. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1952. Format B5, str. 348, tabl. 5, kart 198, dodatki 2, załączniki 2, cena 38 zł 50 gr.

Treść. Przedmowa. — Wstęp. — Dobór i zastosowanie gatunków stali narzędziowych. — Zużycie się czę-

ści skrawającej narzędzi ze stali szybko tnącej. — Parametry geometryczne części skrawającej narzędzi. Trwałość narzędzia. — Dobór i zastosowanie warunków skrawania (dla obróbki jednonarzędziowej). — Normatywy.

W książce podano warunki skrawania narzędziami ze stali szybko tnącej przy obróbce jednym narzędziem metali żelaznych i nieżelaznych oraz lekkich stopów na tokarkach, strugarkach, dłutownicach, frezarkach, wiertarkach, gwinciarce, obrabiarkach do kół zębatych i przeciagarkach. Dane przytoczone w książce są danymi wyjściowymi do wyznaczenia warunków skrawania na obrabiarkach do metali.

Książka przeznaczona jest dla techników normowania czasu tudzież dla osób projektujących plany operacyjne. Może być również pomocna wykładowcom oraz słuchaczom wyższych i średnich szkół technicznych.

Miernictwo górnicze. *Prof. dr inż. Zygmunt Kowalczyk.* Część I. Pomiary sytuacyjno-wysokościowe kopalni. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format B5, str. 483, rys. 620, tabl. 20, formularzy 17, cena 70 zł.

Obudowa metalowa wyrobisk ścianowych. *Mgr inż. Jerzy Rabsztyn.* Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 304, rys. 300, tabl. 16, cena w kart. opr. 20 zł.

Cykl na dobę w kopalni. (Cjikł w sutki). Doświadczenia przodujących kopalń Zagłębia Donieckiego i innych zagłębi ZSRR. *I. I. Aleksandrow.* Przetłumaczył z języka rosyjskiego red. Mieczysław Derbień. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 91, rys. 21, cena 6 zł.

Wytłewanie węgla w typowych urządzeniach. (Polukoksowanije uglej na tipowych ustanowkach). *G. I. Nusinow.* Przetłumaczył z języka rosyjskiego mgr inż. S. Rosiński. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format A5, str. 140, rys. 32 + 2, tabl. 8 + III, cena 9 zł 50 gr.

Zasady górnictwa węgla brunatnego. (Leitfadendes Braunkohlenbergbaus.) *Dr inż. Alfred Grumbrecht.* Tłumaczenie opracowali: mgr inż. Adam Patla, mgr inż. Jakub Olszewski, mgr inż. Stanisław Lasek i mgr inż. Juliusz Marciniak. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Katowice 1952. Format B5, str. 312, rys. 148, tabl. 14, cena w kart. opr. 37 zł 50 gr.

Sbownik zadacz po wyszej matematikie. *N. M. Giunter i R. O. Kuzmin.* Tom III. Wydanie czwarte, poprawione. Moskwa - Leningrad 1951. Format B5, str. 268, rys. 24, cena w opr. kart. 3 zł.

Jest to bardzo wartościowy zbiór 1459 zadań z odpowiedziami (a częściowo również i ze wskazówkami do rozwiązań) z następujących działów matematyki wyższej: szeregi, metody rachunków przybliżonych, funkcje zmiennej zespolonej, równania fizyki teoretycznej, rachunek wariacyjny i teoria prawdopodobieństwa.

Teoria wiorojatnostiej. *G. P. Bojew.* Moskwa — Leningrad 1950. Format A5, str. 368, rys. 61, tabl. 6, cena w opr. plóc. 9 rb. 45 kop.

Kurs teoriji wiorojatnostiej. *B. W. Gniedienko.* Moskwa — Leningrad 1950. Format B5, str. 387, rys. 19, cena w opr. plóc. 11 rb. 55 kop.

PRZEGLĄD CZASOPISM

Prace Instytutu Metalurgii. Rok 1952, zeszyt 5. C. Murski, R. Wusatowski i Z. Misiotek. Platerowanie blach z miękkich stali węglowych blachami kwasoodpornymi. — E. Zalesiński. Przeróbka plastyczna czystego magnezu drogą przeciągania. — Z. Ziółowski. Rentgenograficzne badania bentonitów. — W. Sabela. Przyczynek do badań własności żużli wielkopieczowych skłonnych do rozpadu wapiennego. — J. Kamecki i W. Drozd. Wzór do obliczenia składu kąpieli do fosforanowania. — J. Szargut i E. Ryszka. Konieczność uzgadniania bilansów masowych.

Wiadomości Hutnicze. Rok 1952, nr 12. Konferencja partyjno-techniczna w hucie „Pokój”. — L. Łuczowski. Transport hutniczy w okresie jesiennym i zimowym. — Inż. Zb. Piekutowski. Kilka uwag o zabezpieczeniu huty na okres zimy. — Inż. T. Welkens. Przemysłowe stopy miedzi. — Wł. Grykaszta. Czołowi stachanowcy hutnictwa radzieckiego. — Mgr A. Ligocki. Biblioteki zakładowe propagują literaturę techniczną. — Inż. R. O'Donnel. Klasyfikacja półwyrobów i wyrobów walcowanych (dokończenie). — Piaszczarki odśrodkowe. — Nowe tworzywo na magnesy trwałe. — Inż. J. Banaś. Rodzaje temperatur i sposoby ich mierzenia. — Kronika.

Przegląd Odlewnictwa. Rok 1952, nr 12. Prof. inż. M. Skarbiński. Oznaczenia na rysunkach form odlewniczych. — Inż. A. Jankowski, inż. J. Górczyński, inż. M. Pachowski, A. Bargiel i Fr. Kocur. Pierwsze doświadczenia przemysłowe w produkcji odlewów z żeliwa sferoidalnego otrzymywanego z żeliwiaka. — F. Rakoczy. Kilka uwag o surówce odlewniczej. — Inż. St. Kobyliński. Projekt klasyfikacji wad odlewów z żeliwa ciągliwego. — W. S. Gudinowicz i Ł. M. Czerkasow. Przeciwcierne żeliwo bez dodatku niklu i chromu.

Wiadomości Chemiczne. Rok 1952, nr 11. Dr inż. A. Swinarski. Zdobyte chemii radzieckiej w technologii kwasu siarkowego. — Recenzja (pióra prof. dra J. Kameckiego) o książeczce inż. J. Dobrowolskiego pt. „Polerowanie elektrolityczne”. — Nr 12. Prof. dr inż. W. Romer. Władysław Małachowski (Leon Warnerke) 1827—1900. — Prof. dr A. Waksmundzki. Zjawiska elektrokinetyczne. — Prof. dr St. Minc i mgr inż. Zb. Kęcki. Widmo Ramana.

Przemysł Chemiczny. Rok 1952, nr 12. A. Grossman, B. Kalinowski i S. Rojek. Koksowanie węgla o specjalnie niskiej zawartości popiołu. — Cz. Dacko. Zagadnienie remontów maszyn i urządzeń. — H. Zarębski. Automatyka przemysłowa.

Nafta. Rok 1952, nr 12. J. Wojnar. Stale stopowe w przemyśle naftowym.

Energetyka. Rok 1952, nr 6. Inż. St. Krzycki. Trzydzieści pięć lat rozwoju energetyki w Związku Ra-

dzieckim. — Inż. St. Kasprzyk. Sposób szybkiego wyznaczania sprawności i wydajności kotłów w warunkach ruchowych. — Inż. J. Wojciechowski. Czyszczenie zewnętrznych powierzchni ogrzewalnych kotłów podczas ruchu. — Inż. T. Pankiewicz. Miał koksowy jako paliwo energetyczne.

Stahl und Eisen (Düsseldorf). Rok 1952, nr 16. E. Killing. Nowe doświadczenia z przetapianiem rud żelaznych w piecu niskoszybowym. — W. Feldmann. Sprawozdanie z prac Komisji nagrzewnic dmuch. — K. G. Speith i H. Bücken. Określanie chwili przejścia w procesie tomasowskim. — W. Scheurer. Wpływ atmosfery pieca na powierzchnię wlewków okrągłych i rur. — Praca zbiorowa. Pomiary grubości za pomocą prześwietlania. — H. Bühler. Przydatność metod technologicznych do pomiaru naprężeń wewnętrznych w przedmiotach metalowych. — Nr 17 (poświęcony świeżeniu tlenem). O. Cuscolea. Zagadnienie świeżenia stali czystym tlenem. — H. Trenkler. Sposób pracy i metalurgia świeżenia stali czystym tlenem metodą dmuchania z góry. — K. Rösner. Urządzenia, ruch i opłacalność tlenowni przy stalowniach. — W. Kühnelt. Stal świeżona w konwertorze czystym tlenem i jej własności. — H. Hauttmann. Własności stali świeżonej czystym tlenem w konwertorze metodą dmuchania z góry. — O. Kammerhofer. Nowa walcownia gruba huty Donawitz. — Nr 18. F. Wever. Zadania i kierunki badań stopów żelaza. — W. Koch. Chemia analityczna jako narzędzie metalurgii. — A. Rose i W. Peter. Badania struktury i przemian jako podstawa obróbki cieplnej stali. — M. Hempel, H. R. Sander i H. M. Möller. Stan struktury i kryształów po zgnioście i obciążeniach zmiennych. — E. Krebs. Postępy w dziedzinie ogrzewania zakładów przemysłowych. — Nr 19. H. Opitz, J. Kob i H. Hucks. Obróbka walców na nowoczesnych tokarkach. — A. Kuhlewind. Nowoczesne sposoby obróbki kół bosych i całkowitych. — A. Stodt. Stan techniczny pras i pieców kuziennych w Niemczech. — W. Leyensetter. Odkształcenia wióra i warstwy powierzchniowej przy toczeniu. — G. Wagner. Skrawalność stali niestopowych przy toczeniu drobnym wiórem. — W. Eilender, R. Mintrop i W. Lutz. Badanie możliwości hartowania z przemianą izotermiczną stali na narzędzia do pracy na gorąco. — T. Hövel. Możliwości poprawy łożysk z materiałów spiekanych. — Nr 20 (poświęcony przeróbce plastycznej na zimno). E. Siebel i W. Panknin. Przyczynek do normalizacji drutów sprężynowych. — W. Fackert. Rachunkowe ujęcie trawienia ciągłego. — W. Lueg i K. H. Treptow. Nośniki smaru przy ciągnięciu drutu stalowego o małej i dużej zawartości węgla. — M. Kühl. O smarach granicznych. — C. Eisenhuth i H. Krautmacher. Porównanie własności technologicznych ciągnionych drutów stalowych, patentowanych w ołowiu, soli i powietrzu. — J. Billigmann. Przewidywanie zapotrzebowania siły, pracy i mocy przy spęczaniu na zimno.

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 CHMIEŁOWSKI, MGR STANISŁAW OLEŃSKI, INŻ. TADEUSZ PALMRICH, INŻ. STANISŁAW PRZEGALINSKI, INŻ. STEFAN WRÓBLEWSKI.

Nowe polskie normy z dziedziny hutnictwa

Nr i symbol normy	Nazwa (określenie) normy	Ogłoszono w „Wiadomościach PKN“ ustalono, zmieniono, unieważniono
H — 87010	Spojwa twarde. Spojwa srebrne do lutowania i spawania.	Wydano drukiem w lipcu 1952 r. „Wiadomości PKN“ zeszyt 9/52.
H — 93236	Stal węglowa walcowana. Pręt radliczkowy. Wymiary.	„
H — 66004	Połączenia matryc z bijakiem i poduszką w młotach spadowych. Zasady mocowania.	„
H — 66015	Połączenia matryc z bijakiem i poduszką w młotach spadowych. Gniazda w bijaku i poduszce. Wymiary.	„
H — 66016	Połączenia matryc z bijakiem i poduszką. Ogony matryc. Wymiary.	„
H — 66017	Połączenia do matryc z młotem i poduszką w młotach spadowych. Czopy ustalające.	„
H — 66018	Połączenia do matryc z młotem i poduszką w młotach spadowych. Kliny.	„
H — 66019	Połączenia matryc z bijakiem i poduszką w młotach spadowych. Podkładki.	„
H — 66023	Połączenia matryc z bijakiem w młotach przeciwbieżnych. Czopy ustalające.	„
H — 66024	Połączenia matryc z bijakiem w młotach przeciwbieżnych. Tuleje.	„
H — 97000	Śrut myśliwski.	„
H — 04132	Analiza chemiczna topników. Fluoryt.	„
H — 66005	Połączenia matryc z bijakami w młotach przeciwbieżnych. Zestawienie.	„
H — 66020	Połączenia matryc z bijakami w młotach przeciwbieżnych. Gniazda w bijakach. Wymiary.	„
H — 66021	Połączenia matryc z bijakami w młotach przeciwbieżnych. Ogony matryc. Wymiary.	„
H — 66022	Połączenia matryc z bijakami w młotach przeciwbieżnych. Kliny.	„
H — 04204	a. tytuł normy zamiast: „Analiza żelazostopów. Żelazo-krzemo-wapń“, powinno być: „Analiza żelazostopów. Żelazowapniokrzem“. b. w p. 1. 1 zamiast: „Żelazo-krzemo-wapnia“, powinno być: „Żelazowapniokrzemu“.	Wprowadzono zmiany „Wiadomości PKN“ zeszyt 7/52.
H — 04205	a. tytuł normy zamiast: „Analiza żelazostopów. Żelazo-krzemo-glin“, powinno być „Analiza żelazostopów. Żelazoglinokrzem“.	„
H — 85021	Stal narzędziowa do pracy na gorąco. Klasyfikacja.	Unieważniono w maju 1952 r. „Wiadomości PKN“ zeszyt 7/52. Norma zastępująca unieważnioną H-85021. Stal narzędziowa do pracy na gorąco. Klasyfikacja.
H — 85022	Stal szybko tnąca. Klasyfikacja.	Unieważniono w maju 1952 r. „Wiadomości PKN“ zeszyt 7/52. Norma zastępująca unieważnioną H-85022. Stal szybko tnąca. Klasyfikacja.
H — 85023	Stal narzędziowa stopowa do pracy na zimno. Klasyfikacja.	Unieważniono w maju 1952 r. „Wiadomości PKN“ zeszyt 7/52. Norma zastępująca unieważnioną H-85023. Stal narzędziowa stopowa do pracy na zimno. Klasyfikacja.
H — 74102	Żeliwne rury ciśnieniowe. Prostka kołnierзова. Ciśnienia robocze 10 kG/cm ² .	Unieważniono w lipcu 1952 r. „Wiadomości PKN“ zeszyt 9/52. Norma zastępująca unieważnioną H-74102. Żeliwne rury ciśnieniowe. Prostki kołnierzowe.

Informacja

w sprawie rozpowszechniania w roku 1953 „Prac Instytutów Naukowo-Badawczych” wydawanych przez Państwowe Wydawnictwa Techniczne

Podobnie jak w 1952 roku, „Prace Instytutów Naukowo-Badawczych” będą rozprowadzone w 1953 roku systemem abonamentowym.

Zakłady pracy, instytucje i osoby prywatne, które pragną zapewnić sobie otrzymywanie kolejnych zeszytów „Prac INB” w 1953 roku, muszą przesłać zamówienie na ich dostawę pod adresem:

Księgarnia Techniczna „Domu Książki”
Warszawa, ul. Bracka 20.

Zamówienie należy składać na formularzach, które na żądanie są dostarczane bezpłatnie przez tę księgarnię oraz przez wszystkie instytuty publikujące swoje „prace”.

W przypadku braku formularzy należy złożyć zamówienie pisemne podając:

1. dokładny adres zamawiającego,
2. pełną nazwę instytutów, których „Prace” mają być dostarczane,
3. serię „Prac” (w przypadkach gdy są wydawane w seriach),
4. ilość egzemplarzy zamawianych „Prac” — oddzielnie dla każdego instytutu.

Przesłane zamówienie zobowiązuje do odbioru i opłacania wszystkich zeszytów (albo tylko zeszytów zamówionej serii), chodzących w ramach planu wydawniczego danego instytutu na 1953 rok.

Na podstawie zamówień księgarnia „Domu Książki” będzie wysyłać zamawiającemu kolejne zeszyty „Prac INB” z roku 1953.

Przesyłka nastąpi w miarę ukazywania się poszczególnych zeszytów za zaliczeniem pocztowym z doliczeniem kosztów przesyłki.

Księgarnia będzie dostarczać — również na zamówienie — poszczególne zeszyty „Prac INB” z 1951 i 1952 roku w przypadku posiadania ich na składzie.

W 1953 roku w obrocie księgarskim „Prace” następujących instytutów:

1. Głównego Instytutu Górniczego w seriach:
 - A. *Górnictwo* (obejmujące: górnictwo właściwe, mechaniczną przeróbkę węgla, petrografie, geologię węgla itp.).
 - B. *Koksownictwo i badanie węgla* (obejmując: koksownictwo, wylewanie, chemiczną przeróbkę węgla i węglopochodnych, badania analityczne itp.).
2. Instytutu Ekonomiki i Organizacji Przemysłu (dawniej Głównego Instytutu Pracy) w seriach:
 0. *Zagadnienia ekonomiki i organizacji pracy* — ogólnie przemysłowe,

01. *Zagadnienia ekonomiki i organizacji pracy* — w przemyśle ciężkim,
02. *Zagadnienia ekonomiki i organizacji pracy* — w przemyśle lekkim,
03. *Zagadnienia ekonomiki i organizacji pracy* w rolnictwie oraz w przedsiębiorstwach przemysłu rolnego i spożywczego.¹⁾
3. Instytutu Naftowego w seriach:
 - A. *Kopalnictwo*,
 - B. *Rafinerie*.
4. Instytutu Techniki Budowlanej w seriach:
 - I. *Materiały Budowlane*,
 - II. *Konstrukcje Budowlane*,
 - III. *Drogi i Mosty*.
5. Instytutu Urbanistyki i Architektury w seriach:
 1. *Architektoniczna*,
 2. *Urbanistyczna*,
 3. *Tereny zieleni i układy wieloprzestrzenne*.
6. Centralnego Instytutu Ochrony Pracy,
7. Instytutu Budownictwa Mieszkaniowego,
8. Instytutu Celulozowo-Papierniczego,
9. Instytutów podległych Ministerstwu Przemysłu Chemicznego,
10. Instytutu Elektrotechniki,
11. Instytutów Mechaniki (łącznie wydawnictwo Instytutów: Metaloznawstwa i Aparatury Naukowej, Obrabiarek i Obróbki Skrawaniem, Obróbki Plastycznej),
12. Instytutu Mechanizacji Górniczego,
13. Instytutu Metalurgii,
14. Instytutu Odlewnictwa,
15. Instytutu Organizacji i Mechanizacji Budownictwa,
16. Instytutu Przemysłu Rolnego i Spożywczego,
17. Instytutu Włókiennictwa,
18. Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji.

Ponadto można składać zamówienie na „Prace” niżej podanych instytutów; wydawanie drukiem „Prac” tych Instytutów jest uzależnione od dostatecznej ilości zamówień:

1. Instytutu Jedwabiu Naturalnego,
2. Instytutu Przemysłu Włókien Łykowych,
3. Instytutu Techniki Ciepłej,
4. Instytutu Technologii Krzemianów,
5. Instytutu Wzornictwa Przemysłowego,
6. Laboratorium Kolorystycznego.

¹⁾ Pożądane jest, aby abonenci poszczególnych serii „01”, „02” lub „03” zamawiali również serie „0”.