

63

HUTNIK



6

1954

CZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE POŚWIĘCONE ZAGADNIENIOM HUTNICTWA
WYDAWNICTWO GÓRNICZO-HUTNICZE – STALINOGRÓD

T R E Ś Ć

DR JULIUSZ BRAUN. Słownik kuźniacki

INŻ. ZYGMUNT POLEK. Usuwanie zgorzeliny wodą o wysokim ciśnieniu

INŻ. ZDZISŁAW WARCZEWSKI. Unowocześnienie gospodarki parowej w starych hutach żelaza

INŻ. STANISŁAW WOŁOSZYN. Przyczynek do zagadnienia krajowych zasobów surowca dla hutnictwa magnezu

INŻ. ŁADYSŁAW TARNOWSKI. Awaryjne napędów walcowniczych

NOWOSCI Z DZIEDZINY HUTNICTWA

WSRÓD KSIĄŻEK

SŁOWNICTWO HUTNICZE

NOTATKI BIBLIOGRAFICZNE

PRZEGLĄD CZASOPISM



СОДЕРЖАНИЕ

Ю. БРАУН. Кузнечный словарь

З. ПОЛЕК. Устранение окалины водой с высоким давлением

З. ВАРЧЕВСКИ. Модернизация парового хозяйства на старых металлургических заводах

Ст. ВОЛОШЫН. К вопросу об отечественных резервах сырья для черной металлургии

Л. ТАРНОВСКИ. Аварии прокатных приводов

НОВОСТИ ИЗ ОБЛАСТИ МЕТАЛЛУРГИИ

КРИТИКА

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

ОБЗОР ЖУРНАЛОВ

CONTENTS

J. BRAUN. The vocabulary of hammer shops

Z. POLEK. Scale removal by high pressure water

Z. WARCZEWSKI. Modernization of steam supply in old steel plants

St. WOŁOSZYN. Contribution to the problem of domestic material resources in the steel metallurgy

Ł. TARNOWSKI. Breakdowns of roller mill drives

METALLURGICAL NEWS

NEW BOOKS

METALLURGICAL NOMENCLATURE

BIBLIOGRAPHICAL NOTES

REVIEW OF PERIODICALS

ADRES REDAKCJI I ADMINISTRACJI: STALINOGRÓD, UL. STAWOWA 19. TEL. 324-44/45
KOLPORTAŻ: PPK „RUCH“ STALINOGRÓD, UL. 3 MAJA 16. TEL. 375-43

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

KONTO PKO STALINOGRÓD III-13763/110. CENA ZESZYTU POJEDYNCZEGO 9,— ZŁ

HUTNIK

CZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE POŚWIĘCONE ZAGADNIENIOM HUTNICTWA

ROCZNIK XXI

STALINOGRÓD – CZERWIEC 1954

NR 6

Dr JULIUSZ BRAUN

669. 73 : 413. 164 (091)

Słownik Kuźniacki

Rok 1782 był rokiem ważnych wydarzeń w dziejach gospodarczych Polski. Zamykał on ostatecznie średnio-wieczną erę organizacji górnictwa i hutnictwa polskiego, a rozpoczynał nowoczesną. W dniu 10 kwietnia 1782 r. ukazał się reskrypt króla Stanisława Augusta o utworzeniu Komisji Kruszcowej, pierwszego naszego ministerstwa górnictwa. Komisja Kruszcowa miała szerokie uprawnienia w zakresie organizowania poszukiwań górniczych, wznoszenia i prowadzenia zakładów przemysłowych oraz kontroli nad racjonalną gospodarką majątkiem państwowym.

W tymże samym roku pojawia się książka Józefa Osińskiego pt. „Opisanie polskich żelaza fabryk“, wydana w doskonałej szacie graficznej, z barwnym, wykonanym w naturalnych kolorach katalogiem rud krajowych. Książka ta, jak podkreśla jej autor w przedmowie, zawiera nie tylko „opisanie Fabryk żelaznych w Polsce, sposobem tym, jakim opisali Swedenborg Szwedzkie, margrabia Courtivron i P. Bouchu Francuskie, Jars Angielskie, Norweskie i inni inne, ale nado przydane szczególności o każdym rudy gatunku, iak się która głęboko znajduje w ziemi, ile wydaie żelaza i tam daley, a nawet wszystko każdej oznaczenie figurami, i to illuminowanemi w tych przyrodzonych kolorach iak się ukrywają pod ziemią, czego ani Francuski ani inne języki dotychczas nie wydawały“. Tekst karty tytułowej książki Osińskiego charakteryzuje na wstępie jej treść.

Ostatni, VI rozdział („Artykuł“) książki stanowi wymieniony na karcie tytułowej „Słownik Kuźniacki“, tj. „Wykład niektórych słów Kuźniakom właściwych“.

Sam autor w sposób następujący wyjaśnia cel i charakter słownika: „Iako Nauki tak kunszta i rzemiosło mają wyrazy sobie właściwe, których w pospolitej mowie nie używają... Te wyrazy Kuźniakom są wiadome, inni słysząc je nie mają wyobrażenia rzeczy, które znaczą; abym więc czytanie iuz tego Dzieła, iuz Nauki o rudach i Piecach ułatwił, kładę Słownik krótki, lecz dla rozmówienia się z Kuźniakami bardzo użyteczny...“

W okresie dużego zainteresowania rozwojem krajowego górnictwa i hutnictwa żelaznego (reprezentowanego wówczas przez 34 wielkie piece i 41 dymarek) „Słownik Kuźniacki“ Osińskiego spełniać mógł ważną rolę. Ale miał on nie tylko znaczenie dla czytelników dzieł Osińskiego. Interesujący jest on i dla nas, gdyż — zgodnie z zapowiedzią autora — zawiera wiele wiadomości o naszym górnictwie i hutnictwie w XVIII wieku.

Przez pryzmat języka oglądamy tu pewien wycinek życia gospodarczego i społecznego w dawnej Polsce. Język wprowadza nas żywo i bezpośrednio w dziedzinę stosunków wytwórczych. W świetle poszczególnych określeń i zwrotów oraz ich objaśnień zarysowują się charakterystyczne dla społeczno-gospodarczej problematyki epoki zagadnienia organizacji

produkcji i zatrudnienia. Widzimy poprzez nie człowieka, jego trud, technikę jego pracy i niebezpieczeństwa z nią związane.

Materiałem zawartym w Słowniku Osińskiego posługiwali się w swych opracowaniach: Linde w pomnikowym „Słowniku języka polskiego“ [1], autorzy Słownika wileńskiego [2] i inni.

Słownik składa się ze 164 pozycji. Ponieważ niektóre objaśnienia zawierają dodatkowe terminy techniczne, łączna liczba terminów jest większa niż liczba hasel Słownika. Zawarte w nim wyrażenia podzielić można na wyrażenia dotyczące kopalnictwa rud i wyrażenia dotyczące wyrobu żelaza. W tym mniej więcej porządku przytoczymy niektóre z nich.

Wpierw należy jednak wyjaśnić znaczenie samego słowa „kuźniak“. Osiński używa go w szerokim znaczeniu na określenie osób zatrudnionych przy produkcji żelaza. Pochodzi ono od „kuźni, kuźnicy“, które to słowa znajdujemy w szeregu ówczesnych wydawnictw, jak np. u X. Krzysztofa Kluka (Rzeczy kopalne w Polsce, 1781 r., 1,113) i X. Ładowskiego (Dykcjonarz historii naturalnej, 88). Ich określenia przytacza Linde [3], który cytuje też Tadeusza Czackiego „O litewskich i polskich prawach“, z 1801 r. i Switkowskiego „Pamiętnik polityczny i historyczny“ z 1782 r. Słowo „kuźnica“ znane było i jako termin techniczny, i w znaczeniu przerośnym („Kuźnica“ Kołłątajowska).

Według „Słownika języka polskiego“ Orgelbranda [5] kuźnica jest to: 1. budynek, w którym mieści się warsztat kowalski, kowalnia, 2. fabryka topienia żelaza i obracania w sztaby, fryszerka. Wreszcie Słownik Karłowicza [6] zawiera następujące objaśnienia: „Kuźnica, Kuźnia, Hamernia, zabudowanie mieszczące w sobie jedno albo kilka ognisk, miechy i młoty poruszane przez wodę, gdzie z surowizny przetopionej i oczyszczonej wykuwa się żelazo gotowe; fabryka topienia żelaza i urabiania go w sztaby, fryszerka, huta żelazna“. Kuźniak albo kuźnik (u Lindego i Orgelbranda tylko „kuźnik“) to — według Karłowicza [7] — „pracujący w kuźni, kuźnicy, kowal, żelaznik“.

Po tych wstępnych wyjaśnieniach możemy przejść do przeglądu poszczególnych pozycji Słownika. Podajemy je w oryginalnym brzmieniu, stosując wszakże pewne skróty oraz współczesną pisownię.

Przyjrzyjmy się najpierw szeregowi wyrażen dotyczących ziemi, jej rodzajów i zasobów rud żelaznych:

Ciaglica: ziemia tłusta, masna...

Czerwieniec: ziemia ciemnoczerwona, mało albo wcale nie masności, czyli tłustości nie mająca.

Grempa: kawałek zapiekły... na wierzchu ziemi, może być znakiem znajdowania się rudy, ale pokazuje się też nad kamieniem wapiennym...

Grzyby: sztuki rudy stężałe.

Krzemieniec: kamień podobny do owego, z którego skałki robią..., pod nim bywają obfite wody, za czym

OPISANIE POLSKICH ŻELAZA FABRYK,

W którym świadectwa Historyków wzmiankujących miejsca Mineratów przytoczone; Przywileje nadane szukałymy Kruszców w całości umieszczone; początek wyrobienia u nas żelaza odkryty; Rudy Krasnocy czterydziesiąt ośm gatunków w kolorach właściwych wydane i w szczególności wyłożone; Piec i Dymarki w całym Królestwie znajdujące się wyliczone; z żelaza Krasnocy żysk okazywany; Słownik Kuzniański, oprócz wyrazów Technicznych, wiele wiadomości zawierający przydany.

PRZEZ

X. JOZEFĄ OSIŃSKIEGO *Scolarum Piarum.*

STARANIEM I KOSZTEM

JASIE WIELMOŻNEGO

HYACYNTA NAŁĘCZ z MAŁACHOWIC
MAŁACHOWSKIEGO

PODKANCLERZEGO KORONNEGO, KOMISSYI KRUSZCOWEY KOMISSARZA, RADOSZYCKIEGO, GRODĘCKIEGO, SIENICKIEGO STA ROSTY, ORDEROW ORŁA BIAŁEGO I S. STANISŁAWA W POLSzcze, A ALEXANDRA NEWSKIEGO W MOSKWIE KAWALERA.

Dziwięcią Kopersztychami, z których ośm kolorowych, przyozdobione i do Druku

PODANE.

Petri rigor atque argutae lamina serrae
Tum variz venere artes. Virg. Geor. 1.
Lumenque decusque Polonis
Attulerit Schott: Descr. Sal: Vielic.

W. A. Biblioteki Szkoły
Wielmożności Wielmożności

W WARSZAWIE R. P. 1782.

w Drukarni J. K. Mci i Rzeczypospolitey u XX. Scolarum Piarum.



Możność umieszczenia tej fotografii w „Hutniku“
zawdzięczamy uprzejmości Biblioteki Śląskiej w Stalino-
grodzie

gdy na takowy kamień górnicy natrafiają, dół opuszczają, aby ich woda nie zatopiła.

Łysak: ruda żelazna twarda, nie mająca słości, czyli oślizłości, którą dobra ruda mieć zwykła; ostatnia ruda podle wydaje żelazo, przeto z inną potrzeba ją mieszać; myli się więc X. Rzączyński [8], gdy pisze, że Górnicy najlepszą rudę zowią łysak, bo przeciwnie rozumieć trzeba.

Miedzianka: ruda miedziana [9].

Mydłak: znaczy prawie to samo co mięksiz... ziemia przyboczna rudzie do niej podobna, z tym wszystkim nie jest ruda.

Niedojrzałec: nazwisko rudy niedojrzałej.

Okno: w dole rudnym... miejsce, którym Górnicy w dół się spuszczały i którym rudę na wierzch wyciągają.

Ostra ruda: która wiele, lecz kruchego żelaza daje.

Pożerak: kamień rzadki, albo piasek gruby... i że więc w nim woda ginie, nazwano go pożerak.

Przekłada ziemia: jeśli ziemia w dole jest różnego gatunku.

Przekwila się ziemia albo przekrzcina:... w ciąglicy, która zazwyczaj rudę powinna poprzedzać... pokazuje się kolor odmienny (co jest znakiem, iż w dole ruda znajduje się).

Ruda karmiasta: ruda, która nie idzie ciąga, plaskurami (warstwy rudy kamiennnej), lecz bywa w kawałach, w których nie masz gliny ani ziemi.

Ruda obłązgową: która w sztukach długich i szerokich znacznie rozciąga się. Jeżeli w jakiej górze rudy obłązgowej jest bardzo wiele, leży trzema warsztami albo ma trzy plaskury...

Spina ruda: pod wierzchem znajduje się.

Trafaki: kawałki cienkie i krótkie rudy albo do niej podobne; gdy je w dole spostrzegą Górnicy, tuszą sobie, iż rudę znajdują...

Warpa: ...ziemia, którą z dołu na wierzch wyrzucano i która koło niego czyni pagórek (znak), że tam kiedyś rudę brano lub brać chciano.

Wierznica: ruda na którą najprzód natrafiają, zazwyczaj bywa niedojrzała.

Wycinka w dole: nazywa się dziura albo jama, którą na boku wyrabiają, gdy rudę na bok idącą wybierają, albo gdy do dołu pobocznego przebijają się.

Zroby: dawne doły, z których kiedyś rudę brano.

A teraz niektóre spośród wyrażen określających budynki, urządzenia i narzędzia:

Dymarka: domostwo, w którym dwa są piece i miechy dwoiste. W Piecu jednym rudę topią, w drugim żelazo surowe wygrzewają, fryszują i na szyny ciągną. Piec Dymarki, w którym rudę topią, jest podobny do pieców będących u naszych Kowalów. Zaprawa ostatniego pieca jest okrągła, ma dyamentru trzy ćwierci łokcia i tyleż głębokości, zaprawa jest cały piec. Dymarze, nim rudę zaczął topić, piec wewnątrz gliną wylepiają, blisko przez 24 godzin wygrzewają, topiąc zaś rudę żużel w dołek przy piecu będący wypuszczają. Mur, za którym są miechy, jest znacznie wysoki [10].

Elza: Refa czyli raczej obręcz gruba z żelaza ulana...; przez Elzę przechodzi toporzysko, na którym młot jest osadzony...

Elzowe Słupy: są cztery słupy grube z drzewa jędrnego... takie słupy w przyciesi są wpuszczone... Gdziekolwiek woda młot podnosi, słupy Elzowe widzieć można.

Fryszlerka: piec, w którym surowiec wygrzewają, przetapiają i kuja.

Huta: budynek, w którym piec na topienie żelaza jest wymurowany.

Jata: szopa prosta, drewniana... przy samym dole stawiają, w nie rudę wysypują, aby jej wilgoć nie uszkodziła.

Kowalicha: ...Kuznia mała... Kuznie w wsiach i Miastach znajdujące się przy Fabrykach żelaza zowią Kowalichami [11].

Słupy: w Kuzniach podobne są do owych, w których kaszę robią... w słupach tłuką żużel, aby od niego odłączyć żelazo surowe.

Tłuczka: Machina, którą żużel tłuką.

Górnicy wciąż spotyka się z wodą; służy mu ona do płukania rudy, to znów przeszkadza w pracy i grozi niebezpieczeństwem. Kuźniakowi obraca jego machiny.

Chlustak [12]: Szufelka z krótką rączką, którą w dole rudnym wodę wybierają, albo, jak mówić zwykli, wychlują ją w kibel, aby ją w górę wyciągnęli.

Czerpak: dołek w kamieniu wykuły albo w ziemi wybrany, w który w dole pokazująca się woda spływa...

Denna woda: która spod ziemi prosto w górę wytryskuje; takowa woda niekiedy tak nagle wytryskuje, że górnicy ledwie salwować się może.

Płuczka: miejsce, w którym rudę mającą wiele ziemi i piasku płuczą, to jest: w koryto obszerne rudę sypią, na nią puszczały wodę rynnami; rudę ustawicznie mieszają, przeto ziemia jako leksza z wodą odpływa, ruda zaś w korycie zostaje.

Pomury: most dany w upuście, albo w pogrodkach, po którym woda spływa i gruntu, a zatym upustu nie psuje.

Sztola: rów albo kanał, który pod ziemią kopią, aby nim wody sprowadzać.

Złoby: koryta albo rynny, którymi woda płynie na koło.

Oprócz wody — drzewo. Jego obecność decyduje o możliwości wydobycia i produkcji. (Przywilej króla Zygmunta Augusta dozwalał gwarkom chęcińskim wolnego wřębu do lasów królewskich na budowlę

i potrzeby [13]. W wykazie wielkich pieców i dymarek zawartym w tejże samej pracy Osińskiego („*Tabella generalna Pieców wielkich w Koronie y Litwie z summą Żelaza na rok proporcjonowaną*“) czytamy charakterystyczną wzmiankę o wielkim piecu w Bobolicach pod Żarkami, w ówczesnym starostwie lełowskim: „*dla braku lasów ustał*“. Spotykamy więc w Słowniku różne wyrazy dotyczące drzewa:

Byk: stos drzewa.

Cembrowka: drzewo, którym doły wewnątrz wspierają.

Cerklenie: obcięcie drzewa dookoła aż do rdzenia, aby na pniu wyschło, cerklą zaś drzewa w Czerwcu.

Mielierz: stos drzewa... z 7 albo 36 siągów.

Siąg: stos drzewa długi i wysoki na 3 łokcie, szeroki na 5 ćwierci łokcia.

Żelazo występuje w różnej postaci:

Bux: żelazo ulane w piasku... na Buxie leży gęś, po nim ją coraz głębiej w piec wsuwają, aby się wygrzewała.

Cap: żelazo w piasku odlane potrzebne do Fryszarki.

Dul: żelazo twarde podobne do stali, które w Dymarkach wyrabiają... z niego ostrza do nożów, głównie do pałaszów, lemiesz i kroje do pługów robią albo nim nakładają.

Gęś: w piecach wielkich żelazo z rudy wytopione wypuszczają w rów, podobny do bruzdy; wypuszczone żelazo gdy ostygnie, robi się z niego sztuka trójgraniasta długa, zowią ją gęś.

Surowiec: żelazo, które z pieca bądź wielkiego bądź dymarczanego wypłynęło.

Szereg określeń dotyczy samego procesu produkcji. Przytoczymy niektóre z nich:

Polskie Kucie: gdy młot fryszerski jest osadzony równoległe do wału koła, który woda obraca... (gdy toporzysko młota dane jest pionowo — kucie niemieckie).

Spust żelaza: czas, w którym z pieca wielkiego żelazo potrzeba wypuszczać, bo gdy materii stopionej tyle jest w zaprawie, iż ją prawie wypełnia, Smelczarz uwiadamia o tym Majstra piecowego i Ekonoma, kopyta na materiał gotuje w piasku, a jeżeli jest coś do lania w glinę albo w piasek, Majster formuje miejsce na sztukę, którą lać potrzeba, od kopyta do miejsca sztuki robi odciek; podczas spustu zatykają formę, aby ogień cokolwiek był mniejszy. Gdy żelazo wypłynie, zaprawę czyszcza, to jest żużel i inne przywary drogami żelaznymi wygarniają. Czasy spustów bywają raz krótsze, raz dłuższe, według rudy, gatunku wody miechami robiącej obfitości i wielkości sztuki, którą mają odlać.

Stanąć piecem: wygasić ogień w piecu wielkim. Stawiają piecem, gdy albo wody koło miechowe obracającej braknie, albo gdy zaprawa wypali się, albo gdy rudy i węgla nie dostarczają. Im piec dłużej idzie, tym większy przynosi pożytek. Piec Stąporkowski o milę od Końskich znajdujący się, szedł tygodni 105, to jest dwa roky i tydzień jeden, w tym przeciągu wydał surowca 13 358 cetnarów i funtów 50 (cetnar = 160 funtów; przyp. autora). Żaden inny piec u nas tak długo nie szedł, bo inne idą po 30 albo 40, albo 42 tygodni. Piecem najczęściej w lecie stawiać muszą, bo dla surowca najczęściej wody brakuje.

Wilc w piecu: Niekiedy kamienie, z których dają zaprawę, pękają, więc pomiędzy szpary wpływa żelazo, tężeje i wielka bryła z niego robi się, albo też, gdy chędożąc zaprawę zostawia w niej sztukę żelaza surowego stężają... Takowe sztuki zowią u nas wilk. Gdyby wilka z zaprawy wcześniej nie wydobyto, materia stężała napełniłaby ją całą; to gdyby się przytrafiło, mówią iż zamarzyło w piecu.

Zaprawa: miejsce w piecu najniższe, w które żelazo z rudy wytopione spływa.

A teraz człowiek, różne jego funkcje w procesie produkcji:

Dymarz: Majster w Dymarce żelazo z rudy wytapiający.

Folarz: robotnik, który rudę kopie albo węgle zwozi; gdy do pieca przywiezie Furę rudy albo kosz węgla, Ekonom piecowy daje mu cechę żelazną z cyfrą i numerami; w sobotę ile folarz takich cech pokaże, za tyle kosztów węgla albo fur rudy płacę bierze.

Fryszarz: Majster, który żelazo surowe przetwarza, przetapia, pod młot podaje, i z niego Szyny itd. ciągnie.

Gichciarz: Robotnik przy piecu wielkim, który węń z góry, czyli z szychty węgla i rudę wedle potrzeby sypie.

Kosciarz: chłopiec w Fryszerce posługujący, ten węgle wolwasami nosi, gęś niemi obrzuca, gdy ogień zbyt wielki... stawidła podnosi i wodę na koło młotowe puszcza. Z Kosciarza, który ustawicznie uczy się ogień miarkować i gęś należycie wygrzewać, z czasem najlepszy bywa Majster Fryszarz.

Kowal młotowy: nazwisko pierwszego Czeladnika w Fryszerce, ten kawałek gęsi z pieca w kleszczach wyjmuje, pod młot podkłada i szyny ciągnie.

Kurczacz: Majster węgle palący... w niektórych Fabrykach wyciągają po nim, aby wyraźną węgli miarę wydawał, to jest: gdy mniej węgla wyda, proporcjonalnie odtrącają mu od miary, gdy więcej wyda dopłacają mu.

Majster piecowy: do niego należy piec zaprawiać, doglądać jak w nim ruda topnieje, rudę przyzwicie mieszać i naczynia żelazne odlewać. W Kuźniach Biskupstwa Krakowskiego Majstrów mają krajowych, w innych cudzoziemców.

Smelczarz: niby pod-majstry pieca wielkiego.

Szychciarz: patrz Gichciarz.

Na górnika czyhają niebezpieczeństwa. Niedarmo czytamy w Słowniku:

Dusi: wyraz Górników oznaczający, iż w dole powietrza szkodliwego, życie odbierającego, tak wiele zebrało się, żeby prawdziwie życie stracić musieli, gdyby w nim znajdować się musieli... Górnik schodzi, czuje że mu coś oddech odbiera i niby go za gardło dławi; że zaś w powietrzu szkodliwym ogień bardzo prędko gaśnie, więc ogniem Górnicy dochodzą, kiedy w dole powietrza szkodliwego wiele zebrało się.

Majstrowie mieli swoje złodziejskie sposoby. Słownik demaskuje jeden z nich:

Sówka: potajemny odciek, czyli dziura, którą w Dymarce w piecu robią, w tę dziurę wpływa żelazo i napełnia ją; Dymarz takowe żelazo na swój profit zwykł obracać. W Dymarkach surowca łatwa kradzież, ponieważ pod jednym dachem i rudę topią i żelazo fryszują.

Z powyższych cytatów, obejmujących 40 % pozycji Słownika, może sobie Czytelnik wyrobić pogląd o charakterze całości pracy. Sam fakt podjęcia tego rodzaju próby jest znamienny, jako jedno z ogólnie szerokiej akcji zmierzającej do poznania i racjonalnej eksploatacji bogactw naturalnych kraju.

Praktyczna działalność światlejszych jednostek (jak Małachowski i in.) na polu rozbudowy przemysłu żelaznego, trafne posunięcia w zakresie polityki gospodarczej (odebranie szlachcie przywileju bezcłowego przywozu żelaza), utworzenie Komisji Kruszcowej i wyasygnowanie jej ze Skarbu funduszków („czterdzieści ośm tysięcy złotych corocznie, które — jak czytamy w reskrypcie królewskiej — Komisya na dobywanie kruszców obracać powinna“) oraz działalność naukowa Osińskiego i innych autorów — wszyst-

ko to otworzyć miało nową, godną Wieku Oświecenia, erę rozwojową polskiego górnictwa i hutnictwa.

Literatura

Autor artykułu dziękuje na tym miejscu Dyrektorowi Muzeum Regionalnego w Kielcach Edmundowi Massalskiemu za udostępnienie egzemplarza książki Osiańskiego przy okazji zwiedzania Wystawy „Dawne Górnictwo i Hutnictwo Zagłębia Staropolskiego“.

1. *Samuel Bogumił Linde*. Słownik języka polskiego, Lwów 1855.

2. *Maurycy Orgelbrand*. Słownik języka polskiego, Wilno 1861.

3. *Linde*, t. II, str. 561.

4. *Tamże*, str. 585.

5. *Orgelbrand*, str. 570.

6. *Jan Karłowicz, Adam Kryński i Władysław*

Niedźwiedzki Słownik języka polskiego, Warszawa 1902, t. II, str. 653.

7. *Tamże*.

8. *Gabriel Rzączyński*. Historia naturalis, Sandomierz 1721.

9. *Miedzianka*: także to góra w południowo-zachodniej części Gór Świętokrzyskich z kopalnią miedzi i wieś tej samej nazwy, 2. wąż gniewosz zamieszkujący południowe okolice Gór Świętokrzyskich.

10. U *Lindego* (t. II, str. 585) wzmianka: Za Zygmunta I w dobrach królowej Bony na dymarkach żelazo wyrabiać zaczęto.

11. Inne słowniki znają to słowo na oznaczenie żony kowala.

12. W Słowniku *Orgelbranda* (str. 149): chlustek.

13. *Hieronim Łabędzki*. Górnictwo w Polsce, str. 295.

Inż. ZYGMUNT POLEK

621. 79. 02 : 620. 191. 32

Usuwanie zgorzeliny wodą o wysokim ciśnieniu

Wgniecenia zgorzeliny powodem wżerów na bednarce walcowanej na zimno. — Sposoby usuwania zgorzeliny i przykłady stosowanych do tego celu urządzeń. — Trudności w uzyskaniu właściwej powierzchni bednarki w jednej z hut polskich. — Opis zaprojektowanych i wypróbowanych urządzeń do usuwania zgorzeliny oraz osiągnięte wyniki.

Konieczność uzyskania właściwej jakości powierzchni wyrobów walcowanych wymaga podczas procesów hutniczych specjalnej uwagi, a to tym bardziej, że warunki odbiorcze stale się zaostrzają. Odnosi się to do półwyrobów i gotowych wyrobów walcowanych, zwłaszcza do bednarki i blach walcowanych na zimno i przeznaczonych do głębokiego tłoczenia. Spośród wad powierzchniowych powodowanych niewłaściwą pracą stalowni i walcowni należy wymienić łuski, zawalcowania, rysy podłużne i zmarszczkowe, naderwania i pęknięcia poprzeczne, wgniecenia i wypukłości. Najczęstszą przyczyną braków wyrobów walcowanych na zimno jest gruba lub nierównej grubości warstwa zgorzeliny, która wgnieciona w metal podczas walcowania na gorąco, a następnie wytrawiona, pozostawia płytsze lub głębsze miejscowe wżery. Tych wżerów nie można potem usunąć przez walcowanie na zimno i materiał zostaje wybrakowany.

Aby temu zapobiec usuwa się zgorzelinę podczas walcowania na gorąco. Używa się do tego kilku sposobów. Są to:

1. natryskiwanie materiału strumieniem wody o wysokim ciśnieniu,
2. natryskiwanie materiału strumieniem pary wodnej o wysokim ciśnieniu,
3. sposób mechaniczny.

Przeważnie używa się do usuwania zgorzeliny sposobu mechanicznego połączonego z natrykiwaniem materiału strumieniem wody. Sposób mechaniczny polega na stosowaniu gniotu w walcach poziomych i pionowych, powodującego łamanie się i odpadanie zgorzeliny. Kombinowane rozwiązania spotyka się powszechnie w ciągłych walcowniach blachy i walcowniach bednarki. Natrykiwanie wodą stanowi podstawowy warunek uzyskania odpowiedniej jakości powierzchni nie tylko blachy i bednarki, lecz również kształtowników (szyn) i prętowych wyrobów walcowanych. Połamana zgorzelina odpryskuje pod działaniem siły uderzenia cząstek wody wylatujących z dyszy strumieniem nachylonym pod pewnym kątem do powierzchni walcowanego metalu. Wskutek wysokiego ciśnienia i kształtu dysz cząstki wody osiągają dużą szybkość i powodują miejscowe ochładzanie się warstwy

zgorzeliny, jej pęknięcie, a następnie odpadanie mniejszych i większych płatów zgorzeliny przylegających do powierzchni metalu.

Zależnie od rodzaju walcowanych wyrobów stosuje się różne ciśnienia wody.

Konstruktorzy radzieccy zalecają ciśnienie wody 60 ÷ 70 at.

Prof. Wallquist na podstawie prób dokonanych w Wyższej Szkole Technicznej w Sztokholmie ustalił, że do usuwania zgorzeliny z wąskich taśm i drobnych profili najlepiej nadaje się ciśnienie 30 ÷ 35 at.

Holveck podaje, iż ciśnienie wody powinno wahać się od 40 ÷ 100 at, w zależności od tego, czy zgorzelinę usuwa się z bednarki, czy też z blach.

Specjalnej uwagi wymaga usuwanie zgorzeliny z taśm nierdzewnych w gatunku 18 % Cr i 8 % Ni, zwłaszcza jeśli nie stosuje się gniotu w walcach pionowych.

Natryskiwanie wodą oprócz swego głównego zadania spełnia w nowoczesnych walcowniach jeszcze inną, uboczną funkcję, polegającą na chłodzeniu przewodnic rolkowych, które w przeciwnym razie szybko się wycierają. Natryskiwanie wodą zmniejsza również zużycie się walców.

Wzmianki w literaturze o usuwaniu zgorzeliny są dość skąpe.

M. Zaroszczyński w swej pracy „Atlas prokatnych stanów“ przytacza następujące dane:

1. Walcownia ciągła bednarki, średnica walców 300 mm. Program produkcji obejmuje taśmę szerokości 65 ÷ 120 mm i grubości od 2,75 mm. Usuwanie zgorzeliny piecowej odbywa się w pierwszej klatce z walcami pionowymi. Autor nie wspomina, czy stosowana jest woda pod ciśnieniem.
2. Walcownia taśm szerokości 600 ÷ 1200 mm i grubości 2 ÷ 5 mm. Przed klatką gotową i za nią umieszczone są dysze parowe usuwające zgorzelinę.
3. Walcownie ciągłe blach 1200 mm i 1700 mm. Program walcowania obejmuje blachę w zwojach oraz arkuszach 1,6 do 6 600 do 1000 mm oraz 600 do 1500 mm. Zgorzelinę łamają tzw. łamacze zgorzeliny. Jest ich dwa: jeden znajduje się przed

ciągami walców wstępnych, drugi przed ciągiem walców wykończających. Za walcami łamaczy znajdują się rozwidlone rury zaopatrzone w dysze natryskujące wodę, która usuwa połamaną zgorzelinę. Ciśnienie wody wynosi 70 at.

W jednej z nowoczesnych walcowni ciągłych taśmy szerokości do 660 mm kęsisko płaskie po wygrzaniu w piecu przechodzi w położeniu pionowym przez klatkę pierwszą wstępną, potem w położeniu poziomym przez drugą klatkę i wreszcie przez walce pionowe zgniatające brzeży. Po tych trzech przejściach i połamaniu zgorzeliny powierzchnię kęsiska oczyszcza się ze wszystkich stron strumieniami wody o wysokim ciśnieniu.

I. Kulbacznij opisuje urządzenie do usuwania zgorzeliny w walcowni ciągłej blach 1650 mm w hucie Zaporozstal (rys. 1). Wspólna sieć wodna o ciśnieniu 60 ÷ 70 at służy do usuwania zgorzeliny i chłodzenia walców.

W walcowniach szwedzkich zbudowanych w czasie ostatniej wojny natryskiwanie stosuje się w klatkach ciągów gotowych walcowni drutu i drobnych profili.

Do natryskiwania wodą potrzeba oczywiście odpowiedniej stacji i sieci wysokiego ciśnienia. Nowoczesna instalacja składa się zwykle z pomp odśrodkowych wielostopniowych lub łokowych, akumulatorów powietrznych, sprężarek oraz sieci z odpowiednimi zaworami, zabezpieczeniami i sterowaniem. Rysunek 2 przedstawia schemat instalacji wodnej na ciśnienie

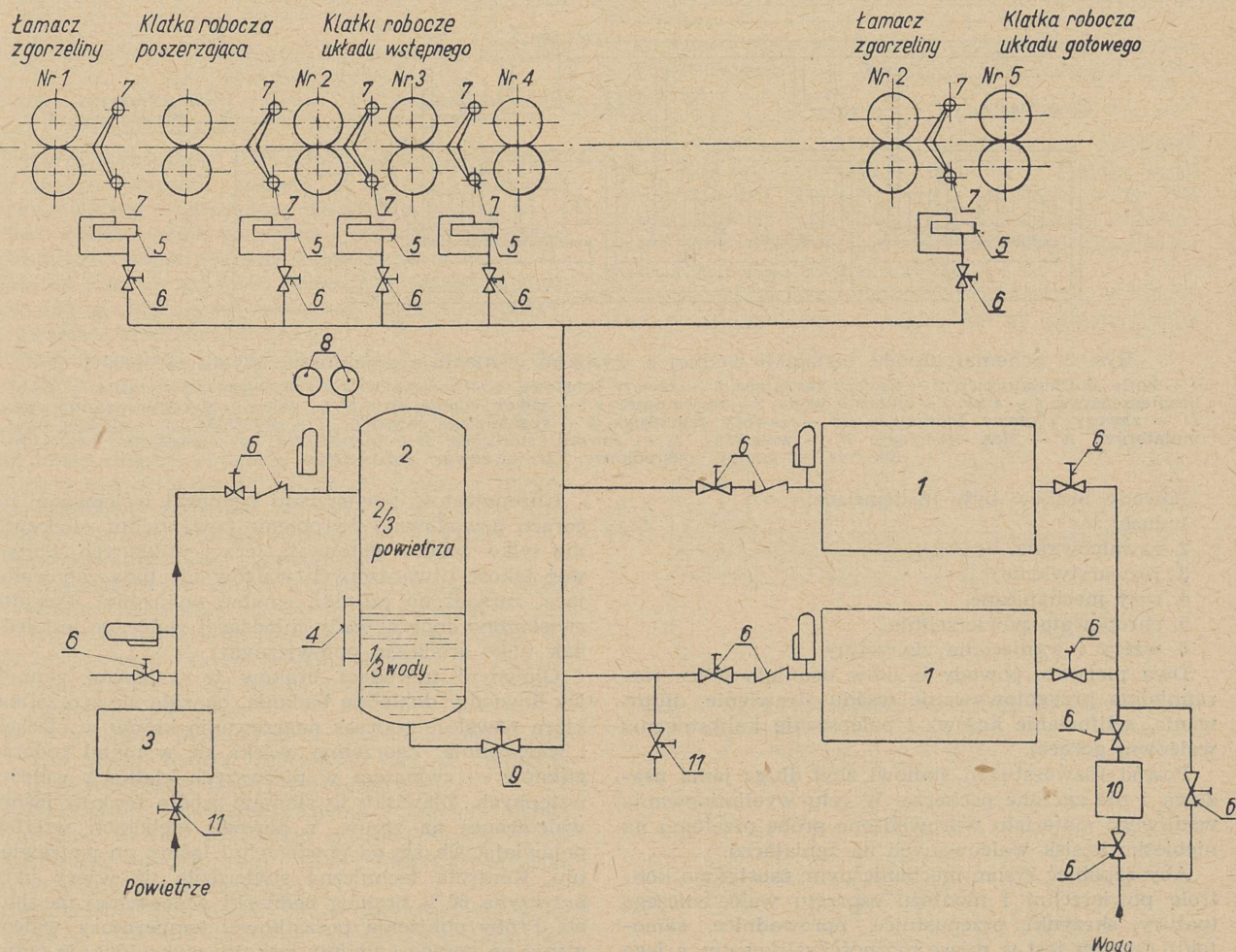
50 at, obsługującej rurownię i walcownię w jednej z hut niemieckich.

Koszty usuwania zgorzeliny wodą są dosyć duże. Pewien zakład hutniczy zużywa ogółem 754 000 m³ wody na dobę, z czego 28 000 m³, czyli 4 %, pochłania usuwanie zgorzeliny. Koszt tej wody, z powodu wysokiego kosztu instalacji wysokiego ciśnienia, wynosi 23,5 % całkowitych kosztów gospodarki wodnej zakładu. Wody o ciśnieniu 20 ÷ 70 at dostarczają wielostopniowe pompy odśrodkowe o wydajności 3,7 ÷ 5,6 m³ na min.

Inna huta pobiera wodę z rzeki przewodem o średnicy 917 mm. Woda przechodzi przez dwa sита i jest neutralizowana wapnem. Zużycie wody w samej walcowni wynosi 113 000 m³ na dobę. Woda ta przepływa przez trzy filtry żuźlowe do zbiornika, a stamtąd do pomp odśrodkowych siedmiostopniowych o wydajności 3,8 m³/min. Ciśnienie 84 at wyrównują akumulatory powietrzne.

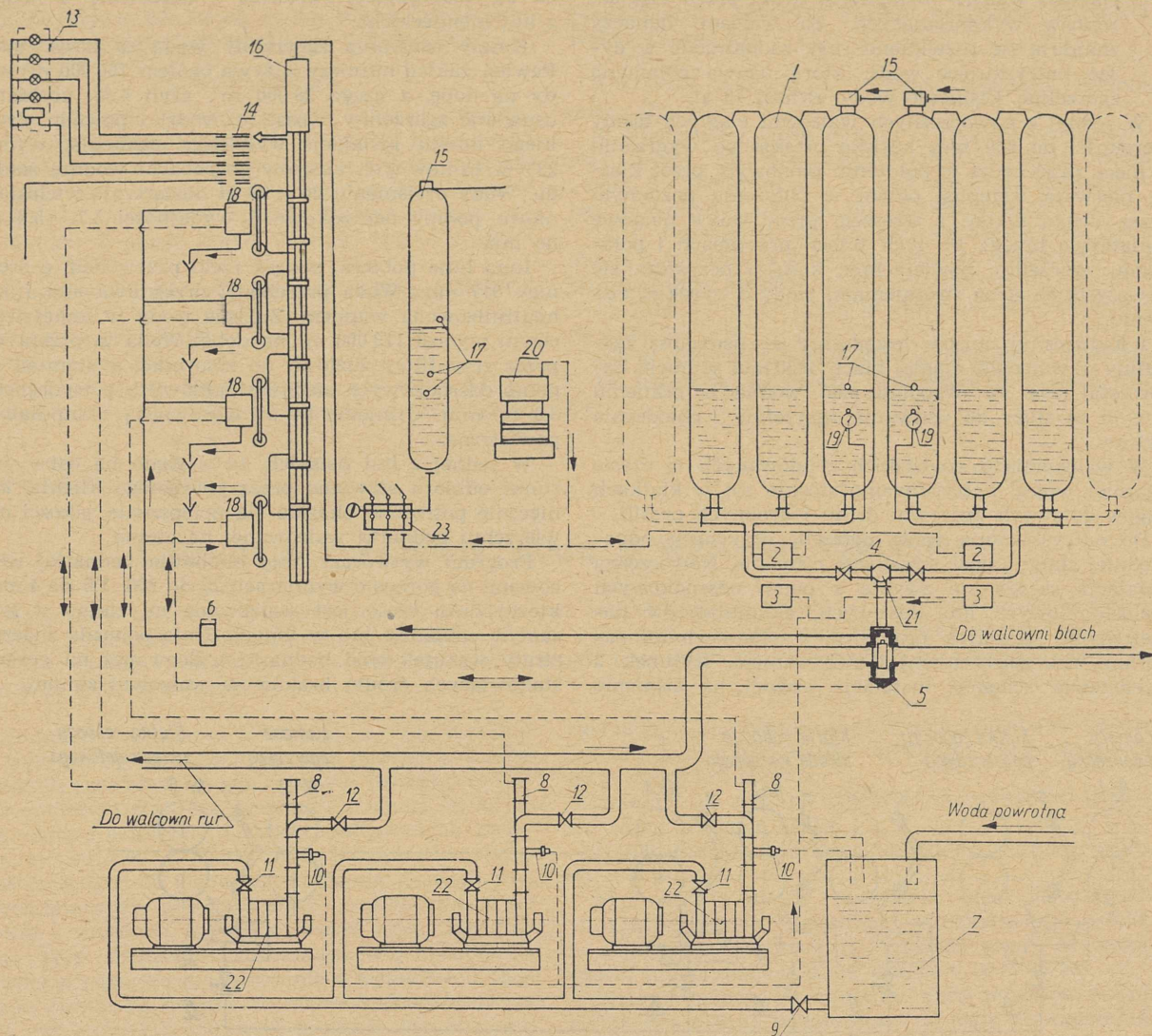
W jednej z hut polskich, ze względu na ostre warunki odbioru stawiane przez poważnego klienta, konieczne potrzebne okazało się polepszenie jakości powierzchni bednarki walcowanej na zimno.

Program wytwórczy huty obejmuje bednarkę walcowaną na gorąco o wymiarach 25 do 200 · 1,5 do 4 mm, której duża część jest walcowana na zimno w tym samym zakładzie lub w innych. Huta ponosiła znaczne straty wskutek wad bednarki walcowanej na gorąco, stanowiących źródło braków w walcowni zimnej.



Rys. 1. Instalacja wody o wysokim ciśnieniu do usuwania zgorzeliny w ciągłej walcowni blach w hucie Zaporozstal

1 — pompy wraz z silnikiem, 2 — akumulator, 3 — sprężarka, 4 — wziernik, 5 — zawory automatyczne, 6 — zawory, 7 — dysze, 8 — automatyczny regulator ciśnienia, 9 — zawór bez pieczęstwa, 10 — filtr automatyczny, 11 — zawory kontrolne



Rys. 2. Schemat układu instalacji wodnej o wysokim ciśnieniu i pojemności użytkowej 4000 l

1 — butle akumulatorowe, 2 — zawory zasilające, 3 — zawory spustowe, 4 — zasawa wody o wysokim ciśnieniu, 5 — zawór bezpieczeństwa, 6 — filtr, 7 — zbiornik wody, 8 — serwowmotor, 9 — zawór odcinający, 10 — zawory zwrotne nadmiarowe, 11 — zawory wlotowe odcinające, 12 — zawory regulujące, 13 — sygnalizacja świetlna, 14 — styczniki, 15 — głowice akumulatorów, 16 — tłok sterujący, 17 — wzierniki, 18 — zaworki sterujące, 19 — manometry, 20 — sprężarka, 21 — trójnik, 22 — pompy odśrodkowe, 23 — zawór rozdzielczy

Powody braków były następujące:

1. łuski,
2. zawalcowania,
3. rozwarstwienie,
4. rysy mechaniczne,
5. chropowata powierzchnia,
6. wżery i wgniecenia zgorzeliny.

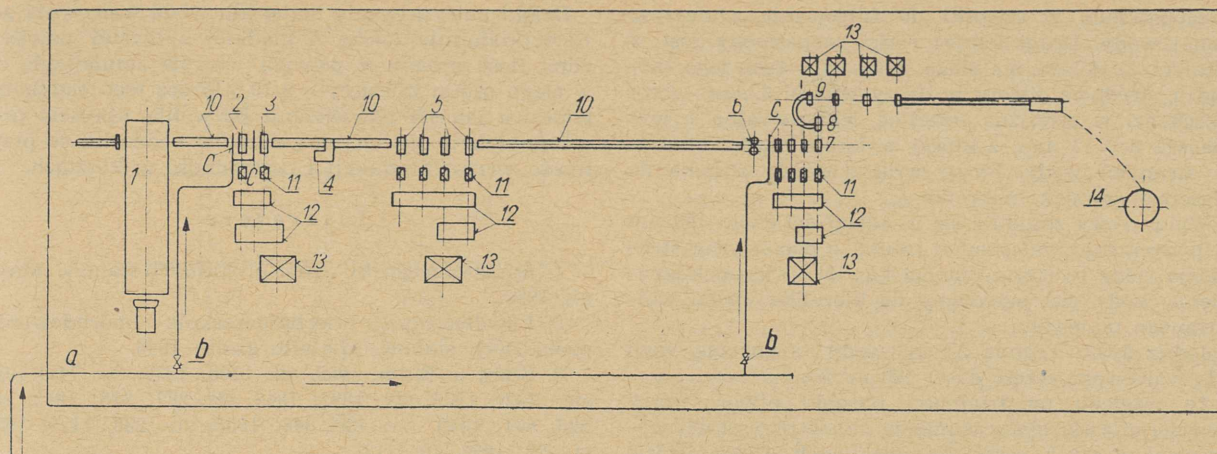
Dwa pierwsze powody braków usunięto przez starsze przygotowywanie wsadu (trawienie, dłutowanie, szlifowanie kęsów) i polepszenie kalibrowania walcowni gorącej.

Powód rozwarstwień stanowi zbyt długa jama usadowa i nie zgrzane pęcherze. W celu wyeliminowania wadliwego materiału wprowadzono próbę przelomu na niebiesko kęsisk walcowanych na zgniataczu.

Aby zapobiec rysom mechanicznym, zaostrozono kontrolę powierzchni i montażu osprzętu walcowniczego (pazury, skrzynki, przepustnice, oprowadnice, samotki). Osprzęt jest w miarę możliwości szlifowany, a jego stan sprawdza się bieżąco w czasie walcowania. Próby trawienia podczas walcowania pozwalają niezwłocznie wykryć brak z powodu rys i natychmiast usunąć przyczynę ich powstawania.

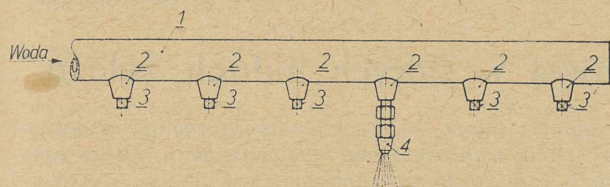
Chropowatość powierzchni bednarki walcowanej na gorąco powodowało wyrobienie powierzchni roboczych nie tylko walców gotowych, lecz i wstępnych. Ponieważ jakość utwardzonych walców nie była zadowalająca, zarządziło częstszą zmianę wykrojów. Ponadto zwiększono dopływ wody chłodzącej walce, co jest jednak tylko środkiem półowocnym.

Głównym powodem braków w walcowni zimnej, jak dowiodły dokładne badania, okazała się zgorzelina, która powstaje podczas nagrzewania kęsów w piecach i walcowania. Zgorzelina wciska się w metal podczas gniotów — zwłaszcza w pierwszych kłatkach walców wstępnych. Zjawisko to stanowi źródło braków taśmy walcowanej na zimno, z powodu głębokich wżerów pojawiających się na powierzchni taśmy po wytrawieniu. Kontrola techniczna stwierdziła, iż wżery były przyczyną 60 % braków bednarki walcowanej na zimno. Próby obniżenia początkowej temperatury walcowania na gorąco i zmiany kształtu wykrojów nie przyniosły poprawy. W tych warunkach — zwłaszcza że braki wywołane zgorzeliną rosły — postanowiono przystąpić do jej usuwania podczas walcowania na gorąco, przez natryskiwanie wodą o wysokim ciśnieniu.



Rys. 3. Układ ciągłej walcowni bednarki z walcami o średnicy 320 mm

1 — piec grzewczy, 2 — klatka wstępna I. ciągu I, 3 — klatka wstępna 2. ciągu I, 4 — nożyca końców, 5 — klatki robocze ciągu II, 6 — walce pionowe, 7 — klatki robocze ciągu III, 8 — klatka z wykojem osadczym, 9 — klatki robocze ciągu gotowego IV, 10 — samoboki, 11 — klatki zębate, 12 — przekładnie, 13 — silniki, 14 — zwijarka, a — rurociąg doprowadzający wodę o wysokim ciśnieniu, b — zawory, c — końcówki z dyszami



Rys. 4. Końcówka z króćcami do wkręcania opravek dysz natryskowych

1 — końcówka z rury 2", 2 — króćce, 3 — gwintowane korki zaślepiające, 4 — oprawka z dyszą natryskową

Po przestudiowaniu literatury radzieckiej i innej oraz przeprowadzeniu szeregu prób zaprojektowano i zainstalowano odpowiednie urządzenia.¹⁾

Jako źródło wody uzyskano stację pomp wielostopniowych zaopatrujących stalownię w wodę o ciśnieniu 38 ÷ 40 at, przeprowadziwszy rurociąg długości około 200 m do ciągłej walcowni gorącej bednarki z walcami o średnicy 320 mm.

Układ walcowni przedstawia rys. 3. Posiada ona 4 ciągi liczące ogółem 15 klatek walców poziomych i 1 zespół walców pionowych. Ciągi I, II i III mają napęd grupowy, a cztery ostatnie klatki ciągu IV napędy indywidualne. Program wytwórczy tej walcowni obejmuje bednarkę 25 do 90·1,5 do 5 mm, a wyjątkowo bednarkę szerokości 105 mm. Kwadratowe kęsy wsadowe mają najczęściej wymiar 60 ÷ 75 mm.

Natryskiwanie wodą przewidziano:

1. Przed pierwszą klatką wstępną 2 ciągu I. Woda chłodzi zgorzelinę na kęsie, który opuścił piec, łamie ją i powoduje częściowe jej odpadanie.
2. Za pierwszą klatką wstępną 2 ciągu I. Po silnym gnioście w tej klatce zostaje usunięta reszta zgorzeliny piecowej.
3. Za walcami pionowymi 9 poprzedzającymi ciąg III. Woda usuwa zgorzelinę wtórną, zlaną wskutek gniotu w wykoju osadczym.

Aby zapobiec zbyt intensywnemu stygnięciu taśmy, walcowanie należy prowadzić możliwie szybko przy temperaturze początkowej 1200 ÷ 1250 °C, unikając przerw w procesie walcowania.

Odgałęzienia przewodów, które doprowadzają wodę o wysokim ciśnieniu do klatek od rurociągu głównego, zaopatrzone są w zawory odcinające δ (rys. 3) i mają końcówki z rur dwucalowych z przyspawanymi króćcami (rys. 4).

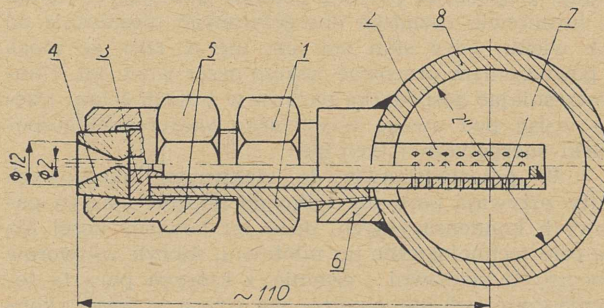
Króćce na końcówce rozmieszczone są w odstępach odpowiadających położeniu wykojów w walcach i mają nagwintowane otwory stożkowe do mocowania opravek dysz natryskowych. Rozwiązanie to pozwala zaślepić gwintowanymi korkami otwory nieczynne lub wkręcać oprawkę dyszową nad wykojem pracującym. Długość końcówki jest nieco większa od długości bezcki walca.

Po każdej stronie klatki znajdują się dwie końcówki, umożliwiające natryskiwanie walcowanego materiału z góry i z dołu.

Dysz jest sześć.

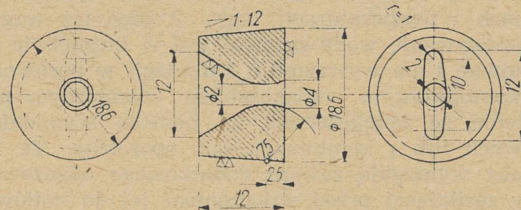
Początkowo używano do natryskiwania zwykłych rurek 3/8" spłaszczonych w szczelinę o świetle około 1 mm, z której wylatywał płaski strumień wody. Ponieważ dysze te zatykały się i nie pracowały zadowalająco, gdyż strumień wody był nierówny, zaprojektowano dyszę wraz z oprawką (rys. 5 i 6).

Całość składa się z właściwej oprawki 1, w której tkwi rurka miedziana 2, zaślepiona na jednym końcu



Rys. 5. Oprawka z dyszą wkręconą do końcówki

1 — oprawka właściwa, 2 — rurka filtrująca, 3 — kołnier, 4 — dysza, 5 — nakrętka, 6 — króciec, 7 — otworki filtrujące \varnothing 0,5 mm, 8 — końcówka



Rys. 6. Dysza do usuwania zgorzeliny wodą o wysokim ciśnieniu

¹⁾ Autorami omawianego rozwiązania są mgr inż. Kazimierz Piliński i mgr inż. Zygmunt Polek.

i zaopatrzona w otwórki do filtrowania zanieczyszczonej wody. Drugi koniec rurki zaopatrzonej jest w kołnier 3; dolega do niego dysza 4 z twardego mosiądzu. Średnica otworu w dyszy wynosi 3 mm; otwór przechodzi w podłużną szczelinę, lekko owalną, o wymiarach 3×12 mm, z której wylatuje płaski trójkątny strumień wody. Dyszę wraz z rurką dociska do właściwej oprawki nakrętka 5.

Wylot dyszy znajduje się w odległości około 150 mm od powierzchni walcowanej sztuki, a płaszczyzna strumienia wody tworzy z pionem kąt 15° . Kierunek strumienia wody jest przeciwny do kierunku ruchu walcowanego materiału.

Jedna dysza zużywa $2,5 \text{ m}^3$ wody na godzinę, czyli cała walcowana (część dysz) $120 \text{ m}^3/8 \text{ h}$.

Ze względu na trudności obróbki otworu dyszy i wycieranie się dyszy zamierza się w przyszłości wykonywać dysze z proszków spiekanych. Dysza będzie się składała z dwóch połówek, z płaszczyzną podziału wzdłuż szczeliny wylotowej.

Dzięki natryskiwaniu materiału wodą walcownia gorąca produkuje taśmę o gładkiej i czystej powierzchni; ilość braków z powodu wżerów zmniejszyła się w ciągu ośmiu miesięcy o $9/10$. Oprócz tego radykalna poprawa jakości powierzchni pozwoliła uprościć proces produkcji niektórych gatunków bednarki, co przyniosło wzrost produkcji i oszczędność w kosztach.

Literatura

1. M. Zaroszczyński. Atlas prokatnych stanów. Masz-giz 1950.
2. I. Kulbacznij. Mechaniczskoje oborudowanije prokatnych stanów. Mietałłurgizdat 1946.
3. Stahl u. Eisen. 1953, str. 1100; 1936, str. 742; 1938, str. 1380; 1939, str. 1392; 1942, str. 287; 378; 1943, str. 525, 691; 1949, str. 129, 848; 1950, str. 236, 1179; 1952, str. 72; 1953, str. 112.
4. Iron Steel Engineering. 1941, zes. 18; 1943, zes. 16.

Inż. ZDZISŁAW WARCZEWSKI

669.013.5 : 621.1

Unowocześnianie gospodarki parowej w starych hutach żelaza

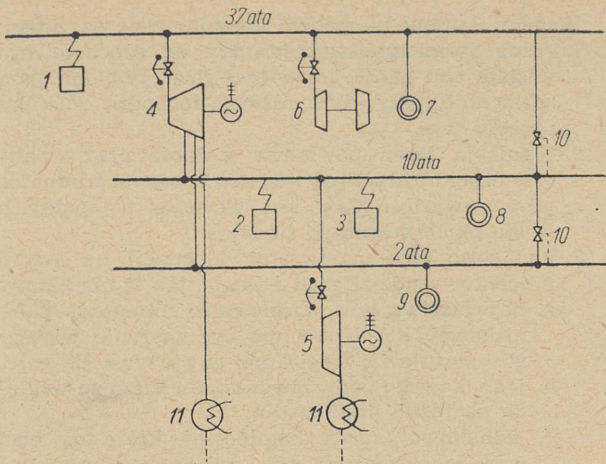
Konieczność unowocześniania gospodarki parowej w hutach żelaza. — Cechy charakterystyczne gospodarki parowej w hutach: duży udział wody dodatkowej, silnie wahlliwe zapotrzebowanie pary, niskie ceny paliwa. — Właściwe parametry pary dolotowej. — Zalety i wady kotłów dwupaliwowych.

W związku z intensywną planową rozbudową naszego hutnictwa powstała konieczność unowocześnienia i rozbudowy gospodarki parowej w istniejących hutach, chodzi bowiem o dotrzymanie kroku wzrastającemu zapotrzebowaniu i oddanie z awansu do dyspozycji wydziałów ruchu niezbędnych ilości pary. Pragnąc najwłaściwiej rozwiązać to ważne zadanie nie należy się opierać bezkrytycznie na wzorach wypróbowanych przez elektrownie okręgowe, lecz mieć stale na uwadze specyficzne właściwości gospodarki energetycznej w hutach żelaza w ogóle, a w szczególności w hutach polskich. Nie powinno się również rozbudowując gospodarkę parową pomijać istniejących dotąd w hutnictwie urządzeń energetycznych niezależnie od ich wieku, gdyż stan ich jest nieraz taki, że mogą z powodzeniem pracować jeszcze przez wiele lat. Unowocześniając gospodarkę parową w hutach żelaza trzeba wziąć pod uwagę trzy ważne właściwości gospodarki energetycznej tych hut:

1. W przeciwieństwie do elektrowni okręgowych hutę zużywają parę nie tylko do napędu maszyn parowych kondensacyjnych, duże jej ilości idą na cele technologiczne do młotowni, fabryk wytworów ubocznych koksośni i czadnic, z których para ta jedynie częściowo lub zupełnie nie wraca w postaci kondensatu. W związku z tym ilości dodatkowej wody oczyszczonej są w hutach na ogół znacznie większe niż w elektrowniach okręgowych, a co za tym idzie wzrastają trudności i koszty otrzymywania dużych ilości wody oczyszczonej, zwłaszcza przy wysokich ciśnieniach i temperaturach pary. Z tego też względu wyparowywanie wody surowej jest w hutnictwie zbyt kosztowne i nie wytrzymuje kalkulacji w porównaniu z dwustopniowym zmiekczeniem chemicznym przez strącenie, ze zmiekczeniem za pomocą wymiennicy jonowych lub z kombinacją obu sposobów. Te trzy sposoby wymagają zawsze dodatkowego odgazowania wody zasilającej przed wtłoczeniem jej do kotłów.

2. Druga specyficzna właściwość gospodarki energetycznej hut żelaza wypływa z silnie wahlwego obciążenia ich sieci parowej i elektrycznej wywołanego

przez pracę walcowni, prasowni i młotowni. Aby podczas pracy tych oddziałów utrzymywać nieuniknione wahania ciśnienia i temperatury pary w dostatecznie wąskich granicach, nie podobna poprzestać wyłącznie na sieci wysokoprężnej pary z jej dość małymi objętościami wodnymi i to nawet pomimo wprowadzenia półautomatycznej regulacji kotłów. W odniesieniu do wytwarzanej na godzinę tonny pary właściwa pojemność wodna nowoczesnych kotłów wysokoprężnych z obiegiem naturalnym wynosi mniej niż $0,8 \text{ m}^3$, podczas gdy właściwa pojemność wodna dawniej stosowanych kotłów walczakowych i płomienicowych liczyła kilka m^3 na t/h pary. Przy takim samym spadku ciśnienia kotły wysokoprężne dają ponadto znacznie mniej pary z 1 m^3 wody niż kotły niskoprężne. Tak np. przy spadku ciśnienia z 38 ata do 36 ata otrzymujemy $6,94 \text{ kg/m}^3$, gdy tymczasem spadek ciśnienia z 12 ata do 10 ata daje $15,5 \text{ kg/m}^3$, a więc przeszło 2 razy tyle, do właściwego uchwycenia szczytów obciążenia jest przeto współpraca średnioprężnych kotłów konieczna lub co najmniej pożądana, trzeba tylko za pomocą turbin i rezerwowych stacji redukcyjnych obie sieci parowe powiązać z sobą właściwie, przy czym stare kotły mogą wówczas z pożytkiem uzupełniać nowe jednostki kotłowe. W nowoczesnych stalowniach martenowskich stosuje się ponadto bezpaleniskowe kotły umieszczone w kanałach spalinowych, dające na ogół parę średnioprężną, a więc o innych parametrach niż para nowych kotłów z paleniskami. Należy zatem dążyć przede wszystkim do sprężenia nowej sieci wysokoprężnej z istniejącymi sieciami średnioprężnymi przez zainstalowanie odpowiednio dobranych turbozespołów parowych przeciwpoprężnych lub kondensacyjnych z pośrednim poborem pary. W ten sposób nie tracimy spadków entalpii pary przez dławienie, lecz wyzyskujemy je do wytwarzania potrzebnej energii elektrycznej. Współpraca parowej sieci wysokoprężnej z siecią niskoprężną ma jeszcze i tę dużą zaletę, że można przez wiele lat wykorzystywać w dalszym ciągu najlepsze jednostki kotłowe istniejącej dziś w hutach gospodarki parowej jako element wyrównawczy szczytów



Rys. 1. Typowy schemat kombinowanej gospodarki parowej w hutnictwie

1 — nowe kotły, 2 — stare kotły, 3 — kotły bezpaleniskowe, 4 — nowe turbozespoły kondensacyjne z pośrednim poborem pary, 5 — stare turbozespoły kondensacyjne, 6 — turboturbinawy, 7, 8, 9 — inne odbiory pary, 10 — stacje redukcyjne, 11 — kondensatory

i jako cenną rezerwę przy naprawach sieci wysokoprężnej. Racjonalna współpraca nowych kotłów i nowych turbozespołów ze starymi powinna dążyć do przerzucenia obciążenia podstawowego w wytwarzaniu pary i energii elektrycznej na część wysokoprężną instalacji parowej pozostawiając obciążenie szczytowe dla urządzeń średnioprężnych. Na rys. 1 podano typowy schemat takiej kombinowanej gospodarki parowej w hucie żelaza. Dużą pomocą przy wykonywaniu szczytów zapotrzebowania energii elektrycznej powinna również stanowić dla hut racjonalna współpraca z najbliższymi elektrowniami okręgowymi. Przy odpowiednim kierowaniu całością sieci elektrycznej huty mogą przerzucać część swych szczytów na zewnątrz i tym samym łagodzić wahania w zapotrzebowaniu pary. Jednocześnie racjonalna współpraca elektrowni hutniczych z elektrowniami okręgowymi powinna zmniejszyć rezerwy turbogeneratorów w hutach potrzebne ze względu na niezawodność ruchu.

3. Trzecią cechą charakterystyczną gospodarki energetycznej jest w hutach polskich dość niska cena paliwa (drobne sortymenty węgla kamiennego, paliwa odpadkowe) w porównaniu z wysokimi kosztami amortyzacji nakładów inwestycyjnych. Względ ten sprawia, że unowocześnianie gospodarki parowej w naszych hutach nie powinno dążyć do optymalnych — z punktu widzenia ściśle technicznego — ciśnień i temperatur w kotłach, gdyż przy wzroście tych ciśnień i temperatur kilkuprocentowym oszczędnościom w tanim paliwie towarzyszą jednocześnie duże komplikacje (np. pośrednie przegrzewanie pary itd.) instalacji i związany z tym znaczny wzrost kosztów całej inwestycji.

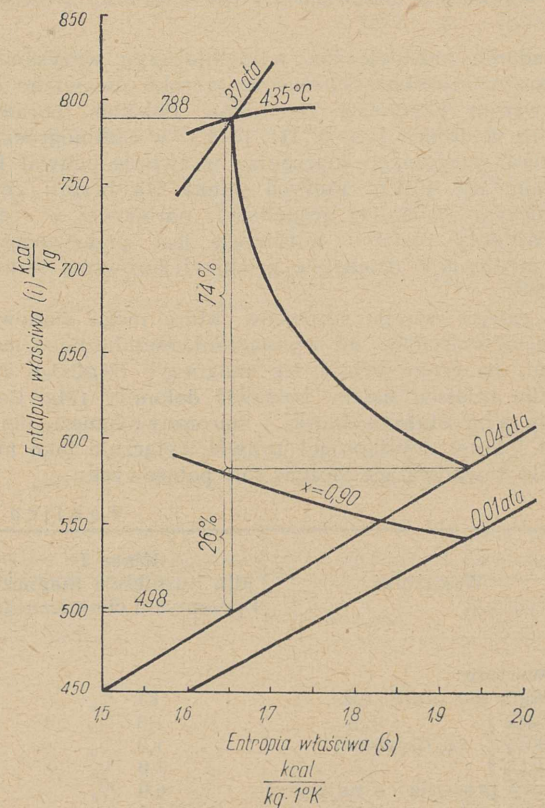
Z tych powodów sędzę, że w obecnym układzie naszych stosunków gospodarczych nie należy przy unowocześnianiu gospodarki parowej przekraczać w kotłach ciśnienia koncesyjnego 41 ata i temperatury 450 °C. W tych warunkach nowe kotły wysokoprężne wykazują jeszcze dość korzystne stosunki objętości wodnej do ilości pary wytwarzanej w jednostce czasu, a turbiny parowe kondensacyjne pracują wówczas na parze dolotowej około 37 ata, przy 435 °C i nawet przy zimnej przepływowej wodzie chłodzącej w kondensatorach nie wymagają pośredniego przegrzewania pary koniecznego — jak wiadomo — do uniknięcia niedopuszczalnej zawartości wody w parze niskoprężnej (rys 2). Dla tych parametrów pary dolotowej aby wytworzyć 1 kg pary wysokoprężnej kotły zużywają średnio 0,87 Nm³ gazu wielkopiecowego o wartości opa-

łowej 1000 kcal/Nm³ lub 0,146 kg węgla o wartości opałowej 6000 kcal/kg. Stosując turbiny kondensacyjne i zamknięty obieg wody chłodzącej używamy przy sprawności termodynamicznej $\eta_g = 0,74$ około 4,3 kg pary na kWh na zaciskach generatorów; odpowiada to zużyciu ciepła w paliwie rzędu 3740 kcal/kWh. W hutach wielkopiecowych występuje jeszcze jedna komplikacja: kotły parowe są w nich najwłaściwszym miejscem buforowym w gospodarce gazem wielkopiecowym, z uwagi więc na bardzo wahałiwe ilości wolnego gazu wielkopiecowego należy kotły te dostosować do jednoczesnego spalania drugiego paliwa, a mianowicie węgla jako koniecznego uzupełnienia i rezerwy. W większych jednostkach kotłowych o wydajności wynoszącej więcej niż 30 t/h pary wchodzi w rachubę paleniska na pył węglowy, a gdy wydajność ta jest mniejsza — paleniska węglowe z rusztem mechanicznym. W każdym razie konieczność opalania kotłów parowych dwoma różnymi rodzajami paliwa powoduje pewne komplikacje w konstrukcji i w ruchu kotłów.

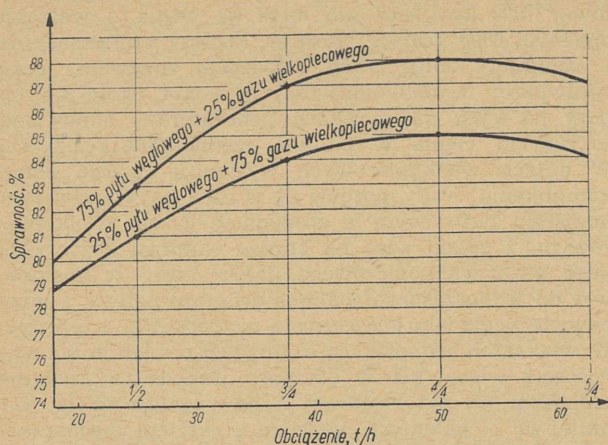
Staje się to oczywiste, gdy uwzględnimy, iż gaz wielkopiecowy wykazuje:

- małą wartość opałową (około 1000 kcal/Nm³),
- niską teoretyczną temperaturę spalania (≤ 1600 °C),
- nie świecący płomień, a więc słabą wymianę ciepła przez promieniowanie (tylko promieniowanie spalin, znacznie słabsze niż promieniowanie świecącego płomienia),
- pomimo mniejszego nadmiaru powietrza spalania znacznie większą (około 20 %) ilość spalin niż węgiel kamienny.

Właściwości te tłumaczą, dlaczego gaz wielkopiecowy daje mniejszą sprawność kotła, następcza trudności związane z temperaturą przegrzewania pary, wymaga dodatkowych pomocniczych powierzchni ogrzewalnych kotła (większej wymiany ciepła przez konwekcję) i większego ciągu (np. silniejszego ekshaustora).



Rys. 2. Praca turbin kondensacyjnych na wykresie $i - s$



Rys. 3. Wykres sprawności kotłów dwuspalinowych

Gdy drugie paliwo spalamy w paleniskach przeznaczonych na pył węglowy, optymalne obciążenie jednostkowe objętości paleniskowej powinno być o przeszło 25% mniejsze niż wówczas, gdy paleniska są czysto gazowe, a to z uwagi na niebezpieczeństwo zażużenia rurek w razie przekroczenia temperatury mięknięcia popiołu.

Inż. STANISŁAW WOŁOSZYN

669. 721

Przyczynk do zagadnienia krajowych zasobów surowca dla hutnictwa magnezu

Surowce do produkcji magnezu metalicznego. — Względy przemawiające przeciw stosowaniu karnalitu. — Magnezyty dolno-śląskie, ich własności i metody przygotowania ich do przeróbki na MgO.

Zadanie możliwie jak najpełniejszego wyzyskania krajowych zasobów surowców, szeroko omawiane na Pierwszym Kongresie Techników Polskich, obradujących w dniach 1 — 3. III. 1946 r. w Stalinogrodzie, nabiera specjalnego znaczenia w świetle uchwał IX Plenum KC PZPR, których punkt 21a brzmi: „Zasadniczym zadaniem gospodarki narodowej w celu zapewnienia rozwoju hutnictwa jest przewyższenie zachofania w dziedzinie produkcji surowców hutniczych“.

Z całego szeregu surowców, które mogą stanowić materiał wyjściowy do wytwarzania metalicznego magnezu, na czoło wybija się magnezyt ($MgCO_3$). Na drugim miejscu należy postawić dolomity ($Mg, Ca \cdot CO_3$, a na ostatnim chlorki i siarczany magnezu (karnalit i inne), występujące prawie wyłącznie jako minerały towarzyszące złożom soli potasowych.

Tablica 1

Wskaźniki	Klasa I (dla hutnictwa magnezu i przemysłu chemicznego)
Zawartość:	
MgO nie mniej niż	87 %
CaO	1,8 %
SiO ₂ } co najwyżej	1,8 %
R ₂ O ₃ }	2,0 %
Straty prażenia co najwyżej	6,0 %
Wilgotność co najwyżej	1,5 %
Ciężar właściwy	3,1 ÷ 3,4

Wadami kotłów na paliwo kombinowane są zatem:

1. różna sprawność w zależności od procentowego udziału obu paliw; im więcej gazu, tym mniejsza sprawność, przy czym różnice dochodzą do kilku procent (rys. 3),

2. regulacja ilości powietrza spalania przy wahliwej ilości obydwu paliw sprawia pewne trudności, gdyż zawartość CO₂ jest wówczas w spalinach w szerokich granicach zmienna,

3. konieczne jest przeliczanie instalacji na średni procentowy udział gazu i węgla, tak iż nie mamy:

- a. najwłaściwszego ekranowania objętości paleniskowej, które powinno być znacznie większe gdy stosuje się węgiel niż gdy używa się gazu,
- b. jednakowego podgrzewania powietrza ze względu na różne ilości spalin,

- c. jednakowej straty kominowej, która na ogół w razie stosowania gazu wielkopiecowego jest większa.

Kotły na paliwo kombinowane powinny stanowić pod względem swej konstrukcji kompromis między wymaganiami stawianymi przez gaz wielkopiecowy i węgiel. Odbija się to z natury rzeczy na osiągalnej maksymalnej sprawności kotłów tego rodzaju, a więc jako dodatkowy czynnik przemawia również przeciwko stosowaniu najwyższych ciśnień i temperatur pary w hutnictwie.

Próby oparcia naszej produkcji magnezu na związkach chlorowcowych (jak karnalit i inne) należy uważać za niewłaściwe, ponieważ:

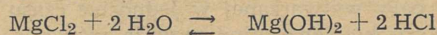
1. nie posiadamy eksploatowanych złóż soli potasowych, a karnalit w ilościach, które by umożliwiły produkcję magnezu, występuje tylko w związku z tymi złożami;

2. przemawiają przeciwko temu względy technologiczne, co jest może jeszcze ważniejsze, mianowicie:

- a. duży koszt przeróbki na MgCl₂ lub MgO;
- b. trudność kalcynacji karnalitu (aby otrzymać 1 t magnezu trzeba odvodnić 25 t karnalitu);
- c. konieczność użycia znacznych ilości wywiązującego się w procesie chloru (2,9 t Cl₂ na 1 t magnezu);

- d. trudność prowadzenia ciągłego procesu elektrolizy ze względu na konieczność usuwania wielkich ilości zbędnych soli ze zużytego elektrolitu;

- e. w procesie kalcynacji MgCl₂ · 6 H₂O dużą rolę odgrywa reakcja hydrolizy MgCl₂:



która powoduje wydzielanie się dużych ilości chlorowodoru;

- f. kalcynacja w atmosferze chlorowodoru pozwala wprawdzie na zahamowanie procesu hydrolizy MgCl₂, jednakże sprawia trudności z powodu korozji aparatury.

Daleko właściwsze byłoby oparcie naszego hutnictwa magnezu na dolomitach, których krajowe zasoby

Tablica 2

Analizy magnezytu dolno-śląskiego według W. Kisielowa

Kopalnia	Magnezyt (wygląd zewnętrzny)	Strata prażenia	Procentowa zawartość poszczególnych składników				
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
Nr 1	próba średnia (prażona)	0,14	11,00	0,18	2,62	1,65	84,5
	biały (prażony)	0,16	6,90	0,13	0,17	0,46	92,34
	żółty (prażony)	0,19	18,65	0,55	3,13	0,85	76,82
Nr 2	kaustyczny	6,30	8,65	0,21	0,42	0,39	90,33
Nr 3	kaustyczny	2,46	3,61	0,24	0,39	1,24	94,52
Nr 4	kaustyczny	3,78	11,74	0,55	0,69	0,69	86,33
Nr 5	surowy	43,23	10,15	0,38	1,86	2,85	84,76
	surowy	51,12	1,21	1,47	1,14	0,61	95,57
	surowy	49,66	5,16	0,16	1,23	0,20	93,25
Nr 6	biały (surowy)	50,72	0,94	ślady		1,72	97,40
	biały (surowy)	50,20	13,92	0,76	1,07	1,32	82,93
	żółty (surowy)	45,28	15,50	0,53	2,20	2,26	79,00
	żółty (surowy)	38,80	30,50	0,46	2,85	3,10	63,00
Nr 7	biały (surowy)	50,91	2,20	0,24	0,06	0,67	96,83

Tablica 3

Flotacja magnezytu palonego oraz dane o wzbogacalności według H. Gruszczyka

Fracja	Ilość odczynnika kg/t	Czas flotacji min	Wychód %	Zawartość SiO ₂ %	Wychód łączny %	Zawartość SiO ₂ , %	
						w koncentracji	w odpadach
1	1	10	14,3	3,44	0		11,27
					14,3	3,44	12,58
2	1	9	16,3	3,66	30,4	3,55	14,60
3	1	5	12,5	6,47	42,9	4,40	16,44
4	pozostałość		57,1	16,44	100,0	11,27	

Tablica 4

Wyniki flotowania magnezytu z Sobótki według H. Gruszczyka

Fracja	Ilość oleinienu sodowego kg/t	Czas flotacji min	Wychód %	Zawartość SiO ₂
1	1	5,5	34,4	8,96
2	1	4	23,2	11,93
3	1	3	11,4	20,68
4	1	1,5	7,6	25,75
5	pozostałość		23,4	17,09

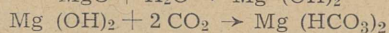
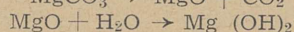
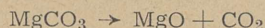
by są praktycznie biorąc nie wyczerpane. Dolomity nie mogą jednak konkurować z magnezem, który ze względu na łatwość jego wydobywania (sposobem odkrywkowym) i wytwarzania z niego MgO — umożliwia tanią produkcję magnezu metalicznego.

Według normy GOST 12-16-41 magnezyt palony do przeróbki na magnez powinien odpowiadać warunkom podanym w tablicy 1.

Krajowy (dolno-śląski) magnezyt, którego ilości zbadane w kategoriach A + B + C są tak duże, iż można na nich całkowicie oprzeć hutnictwo magnezu, ma własności podane w tablicy 2.

Z tablicy 2 wynika, że magnezyty dolno-śląskie stanowią surowiec jednakowy, jeśli chodzi o zawartość SiO₂, zasadniczo jednak nietrudny do unormowania następującymi sposobami:

1. Chemicznym, oddzielając MgO pod postacią kwaśnego węgla magnezu



2. Przez sortowanie ręczne: Próby prowadzone przez Kisielowa wykazały, że sortowanie magnezytu surowego o zawartości 1 ÷ 3 % SiO₂

Tablica 5

Analiza szlamowania magnezytu według H. Gruszczyka

Fracja	Prędkość wody mm/sek	Wychód %	Zawartość SiO ₂ %
1	0,60	49,8	9,25
2	1,57	3,7	19,95
3	2,76	3,9	20,30
4	4,01	3,7	19,65
5	9,02	20,7	19,00
6	ponad 9,02	18,2	16,13

Tablica 6

Wyniki szlamowania oraz dane o krzywych wzbogacalności magnezytu palonego według H. Gruszczyka

Fracja	Prędkość mm/sek	Wychód %	Zawartość SiO ₂	Wychód łączny %	Zawartość SiO ₂ , %	
					w koncentracji	w odpadach
1	0,26	21,00	4,10	0		11,84
2	0,60	23,03	5,65	21,00	4,10	13,90
3	1,13	7,72	8,31	44,03	4,91	17,29
4	1,57	4,03	11,22	51,75	5,50	18,63
5	4,01	21,12	15,39	55,78	5,91	19,31
6	9,02	18,10	22,85	76,90	8,51	22,90
7		5,00	23,09	95,00	11,20	23,09
				100,00	11,84	

można przeprowadzić bez większych trudności. Wyszortowany materiał z kopalni nr 1 miał następujący skład: strata prażenia 51,81 %, SiO₂ 0,21 %, Al₂O₃ 0,89 %, Fe₂O₃ 0,25 %, CaO 0,93 %, MgO 98,00 %

- Przez flotację, której wyniki podają tablice 3 i 4.
- Za pomocą szlamowania. Wyniki badań szlamowania, przeprowadzonych przez H. Gruszczyka, zestawiono w tablicach 5 i 6.

Z porównania wymienionych sposobów wynika, że oprócz metody chemicznej, która umożliwia wytwarzanie bardzo czystego produktu, do celów hutniczych nadawałaby się jedynie metoda ręcznego sortowania. Pozostały urobek po flotacji lub szlamowaniu można by zużyć w przemyśle materiałów ogniotrwałych (koncentrat, po nazeleźnieniu) oraz w przemyśle budowlanym (pozostałość).

W myśl powyższych wywodów należy w badaniach i pracach projektowych dotyczących surowcowej podstawy hutnictwa magnezu oprócz dolomitu brać pod uwagę również dolno-śląski magnezyt.

Literatura

- Ch. Ł. Strelec, A. J. Tajc i B. S. Gulanickij. *Mietałurgia magnija*. Mietałurgizdat, Moskwa 1950.
- W. Kisielow. *Możliwości zastosowania magnezytu śląskiego do produkcji wyrobów magnezytowych*. Biul. Przem. Mat. Ogn. 1947, 9, 249.
- W. Kisielow. *Wyroby ogniotrwałe z magnezytu grochowskiego*. Hutnik 1950, 1 — 2, 10.
- H. Gruszczyk. *Zagadnienie magnezytów dolnośląskich*. Biul. Przem. Mat. Ogn. 1948, 1 — 2, 1.

Inż. ŁADYSŁAW TARNOWSKI

621. 944. 145. 004. 64

Awaryjne napędów walcowniczych

Przykłady uszkodzeń napędów walcowniczych prądu stałego i zmiennego. — Właściwa eksploatacja silników elektrycznych. — Walka z awariami silników elektrycznych w jednym z zakładów ZSRR.

Aby zapewnić bezawaryjną pracę walcowni, które często są bardzo dużymi jednostkami wytwórczymi o zasadniczym znaczeniu dla terminowej realizacji państwowych planów produkcji, elektryczne silniki napędowe powinny być skonstruowane i wykonane odpowiednio do ciężkich warunków pracy w hutnictwie, a ich eksploatacja powinna się odbywać w określonych warunkach, co wymaga od obsługi i nadzoru wiadomości teoretycznych i doświadczenia ruchowego. Świadoma zadań i fachowa eksploatacja maszyn elektrycznych prowadzi nie tylko do zwiększenia pewności ruchu, lecz przedłuża także okresy między naprawami, zmniejszenie zaś ilości uszkodzeń maszyn elektrycznych i zwiększenie okresów między napra-

wami pociąga za sobą — oprócz lepszej ciągłości pracy walcowni i zwiększenia jej produkcji — obniżenie kosztów napraw, a tym samym i kosztów własnych produkcji.

1. Przykłady uszkodzeń zespołów napędowych prądu stałego

Zespoły napędowe prądu stałego są na ogół bardziej skomplikowane aniżeli zespoły prądu zmiennego i mają więcej części składowych. Wszelkie usterki tych zespołów odbijają się przeważnie w pogorszeniu warunków komutacji.

Na komutatorze prądnicy w układzie Ilgnera rzędu 4 kA, przez długi czas powstawały łuki, utrudniając wykonywanie planów miesięcznych walcowni. Pomiar stanu oporności izolacji stojana wykazały 0,5 MΩ przy temperaturze otoczenia 25 °C. Wirnik natomiast miał doskonały stan oporności izolacji rzędu 10 MΩ wyjąwszy jeden przypadek, kiedy pręt uzwojenia wyrównawczego stworzył zwarcie doziemne. Wymiana wyłamujących się szczotek na inny rodzaj, staranne przeszlifowanie komutatora, który miał zbyt wysokie napięcie międzywycinkowe wynoszące 21 V, nie zdołało zapobiec iskrzeniu. Dopiero podczas ostatniej naprawy awaryjnej zakwestionowano dociągnięcie śrub komutatora, jakkolwiek dźwiękowe badanie pierścienia dociskającego wycinki nie wykazało ich nadmiernego poluzowania. Stwierdziwszy po zdjęciu pokrywy, że śruby ściąające komutator są luźne, dokręcono je na całym obwodzie, uważając, aby nie uszkodzić przy tym izolacji na ogonie jaskółczym i oddano prądnicę do ruchu. Zespół już przeszło pół roku pracuje nienagannie, mimo że prądnica jest przeciążana 2,5-krotnie.

W drugim przypadku nawrotny silnik walcowniczy zasilany był z dwóch prądnic połączonych szeregowo w układzie Ilgnera. Według użytkowników komutacja od chwili uruchomienia zespołu nie była zadowolająca — w razie zwiększonego obciążenia komutatory iskrzyły i znacznie się nagrzwały. Po ostatnim przeglądzie i czyszczeniu komutatorów iskrzenie przy obciążeniu na prądnicy I okazało się tak duże, że w celu usunięcia jego przyczyny wstrzymano produkcję, ponieważ szybka wymiana kompletu szczotek wcale nie poprawiła komutacji. Stwierdzono również, że drugi wycinek komutatora jest ciemniejszy.

Zewnętrzne oględziny komutatora i trzymaczy szczotek, pomiary stanu oporności izolacji wirnika i stojana oraz skrupulatne pomiary napięcia międzywycinkowego nie ujawniły żadnych szkodliwych odchyleń. Zdołano jednak ustalić, że trzymacze szczotek są ustawione skośnie do osi komutatora, że różnica między początkiem i końcem trzymacza szczotek wynosi 1,5 działki komutatora, a odległości trzymaczy szczotek nie są równe. Po poprawnym ustawieniu trzymaczy szczotek można było uruchomić walcownię i do wolnie ją obciążać, a komutacja stała się lepsza niż kiedykolwiek przedtem.

Jednej z walcowni ciągłych, której silniki prądu stałego zasilają prostowniki rtęciowe, nie można było uruchomić po niedzielnym przeglądzie, ponieważ cewka trzymająca w pospiesznym wyłączniku prądu stałego nie otwierała napięcia. Pobieżne szukanie przyczyny trudności nie dało pozytywnego wyniku, postanowiono więc w celu uruchomienia walcowni sztucznie podtrzymywać rdzeń cewki w stanie załączonym. Ponieważ jednak przerwy należało szukać w obwodzie sterującym, o szeregowym połączeniu wszystkich przekładników i zabezpieczeń, zrezygnowano z zamiaru, gdyż uruchomienie napędu walcowni bez jakiegokolwiek ochrony było zbyt ryzykowne. Żmudne i systematyczne badania połączeń na podstawie schematu montażowego wykazały przerwę przewodu o przekroju 1,5 mm² do wyłącznika odśrodkowego silnika tuż przy tabliczce zaciskowej.

Bardzo kłopotliwe mogą być niekiedy zespoły napędów walcowniczych z prostownikami rtęciowymi. W pewnym przypadku nie można było utrzymać próżni w granicach do 9 mikronów przy obciążeniu prostownika. Badania wstępne ujawniły nieszczelność płaszcza chłodzącego kadź. Postanowiono zepsuć próżnię i otworzyć kadź prostownika. Stwierdzono, że kadź prostownika była nieszczelna, woda z płaszcza chłodzącego przedostawała się przez małe otwory do przestrzeni próżniowej pogarszając próżnię.

2. Przykłady uszkodzeń zespołów prądu zmiennego

Walcownie ciągle są napędzane przeważnie za pomocą silników asynchronicznych. Eksploatacja i konserwacja tych silników nie należy do skomplikowanych i nie powoduje przerw ruchowych, jeśli obsługa jest wyszkolona i sumienna, a konstrukcja silników jest dostosowana do warunków hutniczych.

Pomimo to silniki walcownicze asynchroniczne z nie przegrzaną izolacją uzwojeń zarówno stojana jak i wirnika ulegają uszkodzeniom. Wszystkie te uszkodzenia występują na wirnikach podczas rozruchu pod postacią zwarć między sąsiednimi prętami należącymi do różnych faz lub pod postacią zwarć do ziemi. Zwarcia międzyfazowe zdarzają się przeważnie na prętach tuż przy skuwkach, natomiast — zwarcia do masy przy kończącej się izolacji podzwójnika i to w jego dolnej warstwie. Bandaże, które ściągają połączenie czołowe, pozostają nie uszkodzone; to samo dotyczy izolacji prętów w żłobkach. Przyczyną powstawania zwarć w wirniku podczas rozruchu, kiedy uzwojenie znajduje się pod pełnym napięciem znamionowym, są następujące wady:

1. Zastosowanie izolacyjnej przekładki międzywarstwowej wystającej poza izolację pręta i dochodzącej niemal do skuwki. Wskutek tego najsłabsze miejsce izolacji pręta, mianowicie połączenie taśmowej izolacji skuwki z izolacją pręta, spoczywa na przekładce izolacyjnej, pokrytej pyłem metalicznym, nieuniknionym w hutnictwie.

2. Poszczególne pręty mają izolację taśmową, kończącą się w zbyt dużej odległości od skuwki, tak że po zaizolowaniu skuwki pozostają gołe pręty na długości do kilkunastu milimetrów. Miejsca te są wprawdzie pokryte cienką warstwą lakieru izolacyjnego, ale w razie odprysnięcia lakieru następuje zwarcie przez pył znajdujący się na przekładce międzywarstwowej.

3. Rozwiązanie izolacji czołowej połączeń uzwojenia wirnika sprzyja nadmiernemu gromadzeniu się pyłu między nimi, co można stwierdzić po otwarciu skuwek. Pył ten, jeśli jest suchy (nie zawiera oleju), należy usuwać za pomocą sprężonego powietrza.

4. Pomieszczenia, w których pracują silniki — niekiedy wraz z przekładkami — są nieszczelne, słabo przewietrzane, jako też silnie nasycone parami oleju i zapyłone.

Inny rodzaj uszkodzeń wirnika stanowią zwarcia między sąsiednimi prętami różnych faz, powstające również przy skuwkach od strony pierścieni ślizgowych. W tym przypadku do słabych miejsc uzwojenia wirnika należą lutowania skuwek odprowadzeń do pierścieni ślizgowych i do zerowego punktu uzwojenia.

Jak widać, silniki te o mocy 1,2 do 2,0 MW mają takie rozwiązania uzwojenia wirnika, że wymagają wyjątkowo troskliwej konserwacji. Jeśli bowiem pomieszczenie silnika jest nieszczelne, a powietrze znacznie zanieczyszczone pyłem walcowniczym i nasycone parami oleju, to zanieczyszczenie wirnika dochodzi w krótkim czasie do tego stopnia, że zwarcia w jego uzwojeniu czołowym następują dosłownie co kilka dni. Wtedy wirnik trzeba koniecznie wmyć w benzynie i dobrze oczyścić, zdjawszy bandaże, aby mieć dostęp pomiędzy pręty, a następnie polakierować jego uzwojenie. Można również najsłabsze punkty, tj. przestrzenie dzielące dwie różne fazy, wypełnić kitem izolacyjnym.

Silniki asynchroniczne starszego typu, pracujące już około 40 lat, mają izolację przeważnie wysuszoną. Zły stan izolacji staje się przyczyną zwarć zwojowych uzwojenia stojana. Dostatecznie szybko zauważone zwarcie zwojowe nie powoduje większego uszkodzenia

maszyny; usuwa się je bardzo prostymi środkami, bez dłuższej przerwy w pracy wydziału produkcyjnego.

W razie komisijnego stwierdzenia złego stanu izolacji uzwojenia silnika napędowego trzeba jak najszybciej zaplanować postój walcowni w celu przeprowadzenia kapitalnej naprawy, dalsza bowiem eksploatacja silnika będzie powodowała nie planowane awaryjne postoje.

3. Właściwa eksploatacja silników walcowniczych

Zapewnienie silnikowi znamionowych warunków pracy decyduje o nieprzerwanej ciągłości ruchu walcowni i o zwiększeniu okresu pomiędzy naprawami potrzebnymi do wymiany izolacji uzwojeń.

Krótkotrwałe przeciążenie silników powoduje przegrzanie ich uzwojeń, a zwiększony przyrost temperatury niszczy izolację i zmniejsza jej trwałość. Trzeba podkreślić, że na materiał izolacyjny ujemnie wpływa zarówno okres przeciążenia, jak i okres stygnięcia. Zużycie izolacji w czasie od t_1 do t_2 można określić na podstawie wzoru

$$\xi = \frac{1}{c} \int_{t_1}^{t_2} e^{b \cdot \Theta} dt$$

gdzie b oraz c oznaczają współczynniki stałe, a Θ jest temperaturą przegrzania, °C.

Podczas przeciążenia zmniejszającego znacznie prędkość obrotową przyrost temperatury uzwojenia wirnika jest większy aniżeli przyrost temperatury uzwojenia stojana, wskutek czego większe jest również zużycie izolacji w uzwojeniu wirnika. Obliczono, że przy występującym raz dziennie w ciągu 10 sekund przeciążeniu prądem pięć razy większym od znamionowego trwałość izolacji maleje o 28,5 % przy stałej czasu nagrzewania $T = 175$ sekund, natomiast przy tych samych przeciążeniach, ale stałej czasu $T = 800$ sekund maleje ona zaledwie o 3 %. Mając przekrój uzwojenia stojana i przyrost temperatury uzwojenia ϑ_n przy prądzie znamionowym — można obliczyć stałą czasu nagrzewania T , ważną dla właściwego nastawienia ochrony przeciążeniowej na podstawie wzoru

$$T = \frac{150 \vartheta_n}{J_n^2}$$

Ze wzoru widać, że stała czasu nagrzewania T jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu gęstości prądu J_n i wprost proporcjonalna do ustalonego przyrostu temperatury.

Jakkolwiek więc silniki walcownicze są przeciążalne momentem utyku sięgającym 2,7 momentu znamionowego, to zwiększony pobór prądu w stosunku do wartości przeciętnej występuje na ogół w razie walcowania materiału o niższej temperaturze lub w razie nadmiernego dociągnięcia walców podczas ich ustawiania i wywiera ujemny wpływ na stan izolacji silnika.

Obraz ogólnego stanu napędzanej walcowni po naprawie można uzyskać zdejmując krzywą wybiegu całego zespołu po wyłączeniu silnika napędowego spod napięcia i porównując ją ze stanem poprzednim. Można tym sposobem wykryć złe ustawienie przekładni zębatych, łożysk itd.

Obniżone napięcie również wywiera ujemny wpływ na trwałość izolacji silników walcowniczych. Moment obrotowy silnika, proporcjonalny do kwadratu napięcia, potrzebny do pokonania momentu hamującego przy niższym napięciu, wywołuje wzrost poślizgu i w dalszej konsekwencji wzrost prądu wirnika oraz zwiększenie kąta przesunięcia fazowego między prądem

wirnika i napięciem sieci. Jeżeli napędy pracują przy normalnym obciążeniu, a napięcie jest niższe już choćby o 5 %, zachodzi możliwość nadmiernego nagrzania uzwojenia wirnika, a więc przedwczesnego zużycia izolacji.

Na ogół rzadko się zdarza, aby walcownicze silniki asynchroniczne pracowały z przerwą w jednej fazie stojana, (poślizg utyku i moment utyku stają się wtedy dwa razy mniejsze niż w warunkach symetrii). Częściej zdarza się przerwa w fazie wirnika. Po przetrwaniu jednej fazy w uzwojeniu wirnika pole stojana indukuje w wirniku prąd jednofazowy o częstotliwości $s \cdot f_1$. Prąd ten wytwarza pole pulsujące, które można rozłożyć na dwa pola o amplitudach dwa razy mniejszych niż amplitudy pola pulsującego i wirujących w przeciwnych kierunkach. Warunki w obwodzie wirnika w razie przerwy w jednej fazie odpowiadają warunkom istniejącym w razie zwarcia dwufazowego. Jeżeli przerwa w jednej fazie wystąpi podczas dużego obciążenia silnika, to w razie niezmiennego momentu obciążenia wzrośnie jego poślizg mniej więcej dwukrotnie. Pracę silnika w razie przerwy w obwodzie wirnika cechuje pulsacja prądu stojana. Należy tego unikać.

Jeżeli się uwzględni oporność stojana, wiele silników przy obciążeniu znamionowym przekroczy poślizg krytyczny i albo przejdzie do pracy ustalonej przy połowie prędkości, albo ulegnie zatrzymaniu. W razie wzrostu poślizgu wirnika niemal do wartości krytycznej, a tym bardziej do wartości 0,5, prądy w stojaniu i wirniku tak wzrosną, że pozostawienie silnika w pracy stanie się niedopuszczalne.

Pulsacje prądów najczęściej występują w silnikach pierścieniowych ze zwieraczem napędzającym turbodmuchawy, zwieracz bowiem bywa zazwyczaj przyczyną złego styku i powstawania dorywczych przerw w obwodzie wirnika.

Trwałą przerwę w obwodzie wirnika stwierdzono pewnego razu w rozruszniku elektrolitycznym silnika walcowniczego niskoobrotowego o mocy 900 KW. Liczby obrotów silnika zmniejszyły się przy obciążeniu prawie do połowy obrotów znamionowych. Określenie, w którym miejscu znajduje się przerwa w obwodzie wirnika, stwarzało wielkie trudności.

Sprawdzając parametry silnika podczas badań eksploatacyjnych można wykryć i usunąć we właściwym czasie powstałe uszkodzenia. W celu prawidłowej eksploatacji urządzenia, należy opracować wyczerpującą instrukcję na podstawie instrukcji eksploatacji silników elektrycznych wydanej przez Centralny Zarząd Energetyki w 1950 r. oraz instrukcji wydanych ostatnio przez Inspekcję Energetyczną Ministerstwa Energetyki.

4. Walka z awariami silników elektrycznych

Doskonały obraz występujących awarii maszyn elektrycznych stanowi zestawienie uszkodzeń w jednym z radzieckich zakładów budowy maszyn ciężkich.

Wieloletnia analiza przyczyn awarii maszyn elektrycznych wykazuje, że przeważającą liczbę awarii (95,5 %) powodują uszkodzenia uzwojeń, a tylko niewielką ilość, bo 4,5 %, uszkodzenia mechanicznej części maszyn. Tłumaczy się to większą pewnością ruchową części mechanicznych i względną łatwością stwierdzenia nieprawidłowości pracy. Wskutek przebicia izolacji uzwojeń stwierdzono 58,1 % awarii, wskutek przepalenia izolacji z powodu przeciążenia lub pracy na dwóch fazach 28,6 %, wskutek przerw w uzwojeniu 5,7 %. Dlatego też zarządzenia dyrekcji zakładu miały na celu przede wszystkim przedłużenie pracy uzwojeń maszyn elektrycznych.

Z biegiem czasu liczba awarii, zwłaszcza z powodu zwarć międzyfazowych i międzyzwojowych, znacznie zmalała, dzięki lepszemu zabezpieczeniu maszyn elektrycznych i polepszeniu jakości napraw. Przeprowadzono specjalną jednorazową kontrolę wszystkich napędów elektrycznych zakładu w celu sprawdzenia i poprawienia warunków ich pracy. Równocześnie dokonano masowego przegrupowania silników w celu lepszego ich wyzyskania i poprawy współczynnika mocy zakładu. Silniki w obudowie zamkniętej uszczelniono.

W pomieszczeniach silnie zanieczyszczonych, jak to właśnie dotyczy hutnictwa, otwarte maszyny przykryto osłonami, a w pewnych wypadkach przykryto otwory wentylacyjne maszyn osłoniętych. Zmian w warunkach wentylacji dokonywano bardzo ogólnie, po zbadaniu stopnia nagrzewania się silnika.

Dzięki wprowadzonym ulepszeniom zmalała również liczba awarii maszyn elektrycznych wynikających z innych przyczyn, nie z przebicia izolacji. Trzykrotnie zmalała liczba awarii z powodu mechanicznych uszkodzeń uzwojeń, a dzięki zastosowaniu do lutowania stopu fosforowo-miedziowego zamiast lutowni cynowo-olowiowego i dzięki ograniczeniu przeciążeń dwukrotnie zmalała liczba rozlutowań połączeń uzwojenia wirnika.

Do przedłużenia czasu pracy maszyn elektrycznych przyczyniły się również okresowe sprawozdania komisji do badania przyczyn awarii oraz współzawodnictwo w zakresie ulepszenia gospodarki elektrycznej.

Rodzaj uszkodzenia	Procent całkowitej ilości awarii
Przepalenia izolacji: jednej lub dwóch faz trzech faz	16,0 12,6 28,6
Zwarcia: do korpusu międzyfazowe międzyzwojowe	16,3 9,5 32,3 58,1
Przerwy w uzwojeniu	5,7
Mechaniczne uszkodzenia uzwojenia	3,1
Uszkodzenia części mechanicznej i inne uszkodzenia	4,5
Razem	100,0

Jak z tego widać, właściwie prowadzona walka z awariami daje niewątpliwie pozytywne wyniki, zmniejszając do minimum przerwy w pracy wydziałów produkcyjnych spowodowane uszkodzeniami maszyn elektrycznych.

Literatura

1. I. A. Syromiatnikow. Praca silników asynchronicznych. Warszawa 1953.
2. Energetyka przemysłowa 1953, nr 2.
3. Rziha i Seidener. Starkstromtechnik. Berlin 1940.

NOWOŚCI Z DZIEDZINY HUTNICTWA

STALOWNICTWO

Zastosowanie tlenu w procesach stalowniczych¹⁾

1. Produkcja tlenu dla potrzeb stalowni

Stale rosnące zastosowanie gazowego tlenu do produkcji stali doprowadziło do opracowania doskonałych i tańszych metod jego wytwarzania.

Na koszt wytwarzania wpływa przede wszystkim wielkość produkcji oraz stopień czystości otrzymywanego tlenu. Duże zużycie gazowego tlenu, dochodzące niekiedy do 50 ÷ 60 m³ na 1 t stali (proces LD, stosowanie tlenu do spalania paliwa), sprzyja budowie dużych wytwórni tlenu przy hutach żelaza. Jeżeli koszt produkcji tlenu w wytwórni o wydajności dziennej 10 t przyjąć jako jednostkę, to w wytwórni o wydajności 100 t spada on do 0,46, a w wytwórni o wydajności 400 t do 0,54 [1].

Tlen stosowany do cięcia i spawania musi być bardzo czysty, natomiast w metalurgii stali można z powodzeniem stosować mieszanke tlenu z azotem, zawierającą tylko około 90 % tlenu, a niekiedy nawet mniej; za przykład może służyć wzbogacanie dmuchu w procesie konwertorowym, w którym można stosować mieszanki zawierające tylko 75 % tlenu. Przy produkcji tlenu o mniejszej czystości przerabia się mniejszą ilość powietrza, maleją więc straty tlenu w uchodzącym azocie. Na przykład przy produkcji tlenu o czystości 95 % jego straty w uchodzącym azo-

cie wynoszą 5 ÷ 6 %, natomiast w razie zwiększenia czystości tlenu zmniejsza się znacznie czystość uchodzącego azotu i wzrasta zużycie energii. Jeśli chodzi o instalacje tlenowe średniej wielkości, można zakładać orientacyjnie zużycie energii elektrycznej podane w tablicy 1.

Rozpatrując zagadnienie czystości tlenu należy pamiętać, że w razie zwiększenia czystości tlenu różnie stosunek argonu do azotu w gazach zanieczyszczających tlen (tablica 2).

Jak wynika z tej tablicy, w tlenie o czystości 96 % połowę zanieczyszczeń stanowi nieaktywny chemicznie argon, a drugą połowę azot. Ten ostatni w procesach wytapiania stali nie jest czynnikiem obojętnym, jednakowoż zawarty w dmuchu w ilości 2 % nie wpływa — jak stwierdzono — szkodliwie na jakość stali, nawet w razie wysokich wymagań.

Tablica 1
Zużycie energii elektrycznej do produkcji tlenu w zależności od jego czystości

Stopień czystości tlenu %	Zużycie energii elektrycznej na 1 m ³ tlenu, kWh
73,0	0,345
92,0	0,440
95,0	0,470
98,0	0,500
99,5	0,550

¹⁾ Artykuł niniejszy jest przeglądem postępu osiągniętego w ostatnich latach (1951 ÷ 1953) w zakresie stosowania tlenu do procesów stalowniczych. Poprzednie publikacje dotyczące tej dziedziny ukazały się w Hutniku w roczniku XVIII (1951), str. 204 i 330 oraz XX (1953), str. 66.

Tablica 2
Skład tlenu o różnym stopniu czystości

Skład chemiczny mieszanin tlenowych		
O ₂ , %	A, %	N ₂ , %
96	2,0	2,0
98	1,0 do 1,5	1,0 do 1,5
99	0,6 do 0,9	0,4 do 0,1
99,5	0,48	0,02

Dlatego w związku z dużym zapotrzebowaniem na gazowy tlen do procesów wytopienia stali rozwinęła się produkcja tzw. tlenu średniej czystości, zawierającego 95 ÷ 98 % O₂. Otrzymuje się go z powietrza, podobnie jak we wszystkich nowoczesnych metodach produkcji czystego (99,5-procentowego) tlenu. Metoda ta polega na sprężeniu powietrza, oziębieniu go przez rekuperacyjną lub regeneracyjną wymianę ciepła z produktami rozkładu tlenem upłynięciu go i rozłożeniu na azot i tlen, które z kolei nagrzewają się kosztem wprowadzanego do obiegu powietrza. Straty zimna, spowodowane niedoskonałością wymiany ciepła oraz dopływem ciepła z otoczenia, uzupełniana się wytwarzając zimno za pomocą rozprężania sprężonego powietrza przy stałej entropii w turbinie. Wymiana ciepła pomiędzy produktami rozkładu (tj. tlenem i azotem) i wchodzącym powietrzem może się odbywać sposobem regeneracyjnym w przełączalnych zasobnikach zimna lub w rurowych odzysknicach ciepła, pracujących przeciwprądowo systemem rekuperacyjnym. Drugi sposób jest szczególnie popularny w USA. Upłynięcie i rozłożenie powietrza odbywa się w wynalazionej przez Lindego w 1906 r. podwójnej kolumnie rektyfikacyjnej. Urządzenie powinno być wyposażone w aparaty do oczyszczania powietrza i do usuwania z niego wilgoci oraz dwutlenku węgla.

Największa wydajność wytwórni tlenu średniej czystości (około 95 %) waha się pomiędzy 100 a 1000 t na dobę, czyli pomiędzy 3000 a 30 000 m³ na godzinę. Koszty inwestycji wytwórni tlenu i koszty wytwarzania tlenu średniej czystości w warunkach amerykańskich [3] i angielskich [4] podaje tablica 3.

Stosowanie ciekłego tlenu w procesach wytopienia stali opłaca się tylko w razie stosunkowo małego zapotrzebowania tlenu (co najwyżej kilka ton na dobę), a więc np. w razie wytopiania stali w piecach elektrycznych lub w celu okresowego wzbogacania dmuchu w instalacjach eksperymentalnych. Ciekły tlen wytwarza się z reguły nie na miejscu zużycia, lecz w centralnych wytwórniach o większej wydajności, skąd rozprowadza się go do punktów odbioru. Należy pamiętać, że ciekły tlen odbiera z wytwórni prawie 10 razy więcej zimna niżeli gazowy, co powoduje zużycie znacznej ilości dodatkowej energii. Zużycie energii przy wytwarzaniu tlenu ciekłego jest trzy razy większe niżeli przy wytwarzaniu tlenu gazowego.

Do dodatkowego zużycia energii przyczynia się transport w dużych izolowanych zbiornikach oraz parowanie, powodujące stratę pewnych ilości tlenu. Dlatego dostarczanie ciekłego tlenu do większych punktów odbioru jest nieekonomiczne i prawdopodobnie nie będzie miało praktycznego znaczenia.

Więksi użytkownicy tlenu powinni posiadać własne wytwórnie tlenu i dostarczać go bezpośrednio rurociągiem do miejsc zużycia. Transport gazowego tlenu w butlach wymaga przewiezienia i zwrotu 7 kg naczyni na 1 kg tlenu. Nieco ekonomicznější jest przewożenie tlenu w cysternach kolejowych, zawierających około 1200 kg gazu pod ciśnieniem 150 at.

2. Teoretyczne możliwości zastosowania tlenu w produkcji stali [5]

Utlenianie poszczególnych pierwiastków gazowym tlenem jest reakcją bardziej egzotermiczną niżeli utlenianie tych pierwiastków innymi środkami świeżącymi. Można obliczyć, że płynna surówka zawierająca 3,8 ÷ 4 % węgla i nie zawierająca w ogóle krzemu ani fosforu jest cieplnie samowystarczająca, gdy przerabia się ją na stal za pomocą tlenu gazowego. Można więc praktycznie każdą surówkę przerobić na stal bez względu na jej skład chemiczny. Normalna surówka martenowska utleniając się wydziela taki nadmiar ciepła, że umożliwia on dodatkowe roztopienie około 300 kg złomu stalowego lub surówki stałej na 1 t świeżonej surówki. Jako sposoby ograniczenia nadmiernej ilości ciepła stosuje się dodawanie rudy żelaznej oraz wdmuchiwanie wraz z tlenem pary wodnej lub dwutlenku węgla. Według obliczenia można dodać do kąpieli nie obniżając nadmiernej temperatury 72,5 kg rudy (Fe₃O₄) albo wdmuchać 22,4 kg pary wodnej lub 55 kg CO₂ na 1 t surówki.

Teoretycznie można również roztopić złom utleniając jego część gazowym tlenem na Fe₃O₄. Aby wydzieliła się ilość ciepła potrzebna do roztopienia złomu, 18,8 % całkowitej ilości złomu musiałoby się utlenić na Fe₃O₄. Rzecz oczywista, że stal taką trzeba by równocześnie odtlenić (np. węglem) co zużyłoby dodatkowo taką ilość ciepła, że praktycznie biorąc trzeba by było utlenić nie 18,8 %, lecz około 43 % złomu stalowego.

Rudę żelazną można również przerabiać na stal. Jak już wspomniano, na każdą tonnę surówki świeżonej tlenem można dodać 72,5 kg rudy, otrzymując z niej 52,5 kg stali. Gdyby jednakże wprowadzić dodatkowo ciepło w ilości 90 ÷ 130 tysięcy kcal na 1 t surówki i całą zawartość węgla w surówce (3 ÷ 4 %) zużyć na redukcję rudy, to można by było przerobić 145 ÷ 194 kg rudy na 105 ÷ 140 kg stali na każdą tonnę surówki.

Zużycie tlenu w poszczególnych procesach tlenowych jest różne:

1. wytopianie stali z surówki płynnej przez utlenienie domieszek wymaga około 70 m³ tlenu na

Tablica 3
Koszty inwestycji wytwórni tlenu i koszty wytwarzania tlenu

		Wydajność dzienna wytwórni			
		50 t	125 t	300 t	500 t
USA	koszt inwestycji	500 000 \$	950 000 \$	1 900 000 \$	2 600 000 \$
	koszt wytwarzania 1 t	6,10 \$	4,75 \$	3,70 \$	3,30 \$
Wielka Brytania	koszt inwestycji	180 000 £	300 000 £	500 000 £	—
	koszt wytwarzania 1 t	5,76 £	4,16 £	3,22 £	—

1 t stali, co odpowiada $300 \div 360 \text{ m}^3$ powietrza w konwertorze);

2. produkcja stali ze złomu przez utlenienie około 43 % jego ilości (uwzględniając złom utleniony) wymaga 135 m^3 tlenu na 1 t stali.

W razie stosowania procesów „kombinowanych“ zużycie tlenu jest mniejsze:

1. wytapianie stali z surówki i złomu (do chłodzenia) wymaga tylko około 53 m^3 tlenu na 1 t stali (300 kg złomu na 1 t surówki, czyli 250 kg na 1 t stali);

2. wytapianie stali z surówki i rudy (do chłodzenia) wymaga około 52 m^3 tlenu na 1 t stali (przy dodatku $52,5 \text{ kg}$ rudy na 1 t surówki, czyli 55 m^3 na 1 t stali, która to ilość odpowiada $14 \text{ m}^3 \text{ O}_2$ na 1 t surówki lub $15 \text{ m}^3 \text{ O}_2$ na 1 t stali);

3. wytapianie stali z surówki przy zastosowaniu pary wodnej wymaga około 55 m^3 tlenu na 1 t stali (przy dodatku $22 \text{ kg H}_2\text{O}$ na 1 t surówki, co odpowiada $14 \text{ m}^3 \text{ O}_2$ na 1 t surówki, czyli $15,5 \text{ m}^3$ na 1 t stali);

4. wytapianie stali z surówki przy zastosowaniu CO_2 wymaga zużycia około 55 m^3 tlenu na 1 t stali (przy dodatku 55 kg CO_2 na 1 t surówki, co odpowiada $15,5 \text{ m}^3$ tlenu na 1 t stali);

5. wytapianie stali z surówki i złomu wymaga $53 \div 125 \text{ m}^3$ tlenu na 1 t stali.

3. Zastosowanie tlenu w procesie martenowskim

Wstępne świeżenie surówki martenowskiej. Przeprowadzono szereg prób zmniejszenia zawartości krzemu w surówce płynnej przez wdmuchiwanie tlenu do kadzi z surówką.

Podczas jednego z eksperymentów [6] wdmuchiowano tlen do 34-tonnowej kadzi przez jednocalową rurę pokrytą materiałem ogniotrwałym. Mimo że wzburzenie kąpieli było bardzo silne, gdyż płynny metal wyrzucany był w czasie wdmuchiwania na wysokość około 50 cm , to jednak reakcja była zlokalizowana tylko do miejsca wprowadzania rury. Szybkość przepływu tlenu wynosiła około 4 m^3 na minutę.

Wdmuchiwanie 480 m^3 tlenu zmniejszyło zawartość krzemu z $1,24$ do $0,74 \%$, a zawartość manganu z $1,62$ do $1,08 \%$. Zawartość węgla nie zmalała i wynosiła przez cały czas $4,40 \%$. Wyzyskanie tlenu było bardzo małe: zaledwie 30% . Autor stwierdza, że na szybkość reakcji wpływa zawartość różnych pierwiastków w surówce oraz właściwości produktów reakcji. Jeśli produkty reakcji nie są rozpuszczalne w kąpieli, to tworzą cienką błonkę dokoła baniek gazowych; szybkość reakcji zależy od szybkości dyfuzji tlenu przez tę błonkę.

We Francji wdmuchiowano tlen do 30-tonnowych kadzi z surówką o zawartości $0,70 \%$ Si. Dmuchało dwoma rurami nachylonymi do kąpieli pod kątem 65° i zanurzonymi na głębokość 300 mm . Tlen doprowadzano pod ciśnieniem 4 at , szybkość przepływu wynosiła 9 m^3 na minutę. Pomiar temperatury wykazały, że jeśli zużycie tlenu przekroczyło 2 m^3 na 1 t surówki, to reakcja cieplna dochodziła do dna kadzi. Wyzyskanie tlenu wynosiło 40% . Zawartość krzemu spadła z $0,70$ na $0,49 \%$, a manganu z $0,33$ na $0,27 \%$. Zużycie tlenu wynosiło około $4,5 \text{ m}^3$ na 1 t surówki. Zgar żelaza wynosił 1% . Temperatura metalu wzrosła przeciętnie o 90°C , lecz występowały znaczne różnice między górą i dołem kadzi.

Następnie użyto do wdmuchiwania tlenu dwu rur stalowych o średnicy $\frac{3}{4}$ cala, powleczonych szamotą i ustawionych pionowo nad powierzchnią surówki. Wyniki były nieco lepsze, lecz w czasie wdmuchiwania żużel i metal były wyrzucane z kadzi wskutek

silnego wzburzenia. Rury były zanurzone na głębokość około 300 mm . Lepsze wyniki osiągnięto wdmuchując tlen w czasie napełniania kadzi. Potem użyto tlenu o wyższym ciśnieniu, wynoszącym $12 \div 15 \text{ at}$ wdmuchując go przez jedną dyszę ustawioną pionowo w odległości 50 mm od powierzchni surówki. Wyzyskanie tlenu wynosiło 61% , zawartość krzemu zmniejszyła się o $0,19 \%$, a temperatura wzrosła tylko o 45°C . Przy zastosowaniu dyszy z kilkoma otworami i dodatku wapna do kadzi wyzyskanie tlenu wynosiło 53% , zawartość krzemu zmalała o $0,30 \%$, a temperatura wzrosła o 65°C . Reakcja cieplna dochodziła do dna kadzi, jeśli zużycie tlenu wynosiło $1,5 \text{ m}^3$ na 1 t stali. Autor stwierdza, że najlepszą metodą, którą można zastosować w praktyce, jest wdmuchiwanie tlenu w czasie napełniania kadzi lub dmuchanie przez dyszę z kilkoma otworami na powierzchnię surówki w kadzi.

W Oberhausen [5] wdmuchiowano tlen do kadzi przez 30 min przez dyszę chłodzoną wodą. Przy użyciu $2 \div 3 \text{ m}^3$ tlenu na 1 t metalu zmniejszono zawartość krzemu o $0,30 \%$, przy czym zawartość manganu spadała o $0,50 \%$.

Zastosowanie tlenu do spalania paliwa w piecu martenowskim. Korzystne warunki opalania pieca martenowskiego można stworzyć stosując tlen gazowy zamiast powietrza wdmuchiwanego do czadnicy. Korzyści wynikające ze wzbogacania dmuchu w tlen polegają na zmniejszeniu zawartości lub prawie całkowitym usunięciu azotu z gazu i na możliwości powiększenia dodatku pary, która może się rozłożyć w gorętszej strefie spalania. W ten sposób uzyskać można gaz o bardzo wysokiej wartości opałowej, będący prawie czystą mieszaniną CO i H_2 , zawierający więcej węglowodorów. Dla potrzeb pieca martenowskiego wystarczy wprowadzić do czadnicy tylko niewielką ilość tlenu, aby otrzymać gaz o dostatecznie wysokiej wartości opałowej. Tak np. w Oberhausen [5] wartość opałowa gazu czadnicowego wzrosła z 1400 do 1530 kcal/m^3 przy użyciu $86,5 \text{ m}^3$ tlenu na 1 t węgla czadnicowego. Polepszyło to pracę pieca martenowskiego i zwiększyło godzinowy przerób czadnicy o 100 kg węgla.

W innej niemieckiej stalowni [13] wartość opałowa gazu czadnicowego przy wzbogaceniu dmuchu do 25% tlenu (zużycie około $75 \text{ m}^3/\text{h}$) wzrosła z 1400 do 1630 kcal/m^3 . Wyliczone z tych wartości teoretyczne temperatury spalania gazu czadnicowego wynoszą odpowiednio 1720 i 1850°C . Godzinowy przerób czadnicy wzrósł o 80 kg węgla.

Zastosowanie tlenu do spalania paliwa w piecu martenowskim rozpowszechniło się szczególnie w dziedzinie spalania paliw płynnych. K. G. Trubin i G. N. Ojks [14] wymieniają następujące korzyści z takiego zastosowania tlenu:

1. przyspieszenie procesu topienia złomu;
2. możliwość powiększenia ilości spalnego paliwa, dzięki zmniejszeniu objętości powietrza potrzebnego do spalania i objętości produktów spalania;
3. wzrost wydajności pieca dzięki przyspieszeniu topienia wsadu i zmniejszeniu strat ciepła w uchodzących gazach;
4. zmniejszenie ilości pyłów unoszonych z przestrzeni roboczej pieca, szkodliwych dla kwaśnych materiałów kratownic;
5. zmniejszenie spadku temperatury pieca na początku procesu, polepszające warunki pracy materiałów ogniotrwałych;
6. polepszenie warunków pracy kratownic regeneratorów dzięki zmniejszeniu ilości gazów odlotowych;

7. lepsze warunki natapiania trzonu przy wyższych temperaturach płomienia;
8. powiększenie ciekłej stali przez zmniejszenie zgaru żelaza i węgla wskutek skrócenia okresu topienia wsadu;
9. mniejsza możliwość powstawania pieniającego się żuźla, hamującego proces wytapiania stali;
10. zwiększenie redukcji manganu z żuźla i możliwość pracy na żuźlach o wyższej zasadowości dzięki podwyższeniu temperatury kąpieli;
11. poprawa jakości stali dzięki lepszemu odgazowaniu i przerobieniu kąpieli przy wyższej temperaturze w okresie świeżenia.

Wykazano również, że stosowanie tlenu pozwala na użycie w piecu martenowskim paliw niskokalorycznych. Wzbogacenie powietrza do zawartości 38 % tlenu umożliwia opalanie pieca martenowskiego gazem wielkopieczowym.

Ogólnie można powiedzieć, że stosowanie tlenu do spalania paliwa zwiększa wydajność pieca o 20 %, a często i więcej. Główną wadą tego sposobu pracy jest mniejsza trwałość sklepienia pieca i stosunkowo duże zużycie tlenu, dochodzące do 30, a nawet 40 m³ na 1 t stali.

Zastosowanie tlenu do świeżenia kąpieli w piecu martenowskim. Do świeżenia kąpieli metalowej w piecu martenowskim tlenem gazowym używa się najczęściej zwykłych rur stalowych, zwanych potocznie lancami. Wdmuchiwanie tlenu przez dysze chłodzone wodą rozpowszechnia się stosunkowo powoli. Najczęściej stosuje się lance o średnicy $\frac{3}{4}$ cala; ciśnienie wdmuchiwanego tlenu wynosi około 7 atmosfer. Rury o mniejszej średnicy mają zbyt małą przepustowość, natomiast w razie użycia rur o większej średnicy znacznie wzrasta zużycie tlenu i jego straty podczas wprowadzenia i wyciągnięcia lancy z pieca. Przepustowość rury o średnicy $\frac{3}{4}$ cala przy ciśnieniu tlenu 7 atmosfer wynosi $13 \div 14,5 \text{ m}^3/\text{min}$, zależnie od temperatury tlenu, głębokości zanurzenia i długości rury. Zwykle używa się rur gołych, nie chronionych materiałem ogniotrwałym. Na ogół biorąc, nie stwierdzono znaczącego wzrostu trwałości rur z okładziną ogniotrwałą, a przygotowywanie, magazynowanie i transport takich rur sprawia duże trudności w warunkach ruchowych. Trwałość rur zależy przede wszystkim od lepkości, a więc stopnia zasadowości żuźla, i od ciśnienia tlenu. Trwałość rury jest mała, jeśli żużel jest kwaśny i rzadkoplłynny lub silnie zasadowy i gęsty. Dość silnie zasadowy żużel, dostatecznie lepki, aby utworzył na rurze trwałą powłokę, dobrze chroni rurę przed szybkim spalaniem się. Również zwiększenie ciśnienia zwiększa trwałość rury. Istnieje już dużo konstrukcji podpór i uchwyty do podtrzymywania lancy w czasie wprowadzania jej do pieca i do zmiany kąta jej nachylenia w miarę upalania się, mimo to jednak wszystkie dotychczasowe sposoby wpro-

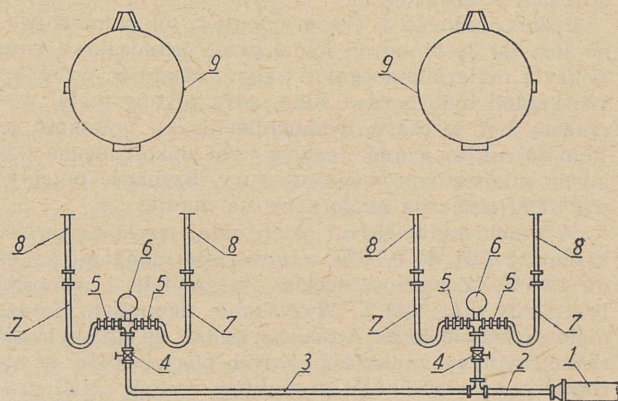
wadzenia tlenu do kąpieli metalowej są dość prymitywne i nieporęczne; jak z tego wynika, do tej pory nie opracowano jeszcze techniki wdmuchiwania tlenu.

Główną zaletą świeżenia kąpieli martenowskiej gazowym tlenem jest bardzo szybki wzrost zawartości tlenu żelaza w kąpieli i równoczesny wzrost temperatury kąpieli, co umożliwia szybkie wypalanie domieszek i skrócenie czasu wytopu. Dodatkową korzyść stanowi oszczędność na ciepłe procesu, a więc i na paliwie, oraz mniejsze zużycie rudy i topników. Głównych wad procesu tlenowego, a mianowicie pogorszenia się trwałości wyprawy pieców oraz wydzielania się gęstych dymów, jeszcze całkowicie nie opanowano. Wady te zmniejszyło częściowo zastosowanie lepszych materiałów ogniotrwałych, a mianowicie wysokiej jakości cegieł krzemionkowych i chromitowo-magnezytowych oraz zastosowanie wień do spryskiwania pyłów.

4. Zastosowanie tlenu w procesie elektrycznym

Doprowadzenie tlenu do pieców elektrycznych. W piecu elektrycznym zastosowano świeżenie gazowym tlenem do wytapiania stali węglowych (głównie miękkich) i stali nierdzewnych. W zależności od źródła tlenu stosuje się różne schematy instalacji tlenowej. Na ogół biorąc, tlen gazowy doprowadza się stosunkowo prostym systemem rurociągów, zaopatrzonych w konieczne minimum przyrządów pomiarowych.

Rysunek 1 [1] przedstawia schemat doprowadzenia tlenu do dwu pieców elektrycznych o pojemności około 38 t i średnicy kotła 4,5 m. Instalacja tlenowa składa się z cysterny na ciekły tlen i odparownika,



Rys. 1. Schemat doprowadzenia tlenu do pieców elektrycznych w stalowni

1 — główny przewód tlenu o średnicy 102 mm, 2 — miejsce zainstalowania kryzy do pomiaru zużycia tlenu, 3 — przewód tlenu o średnicy 56 mm, 4 — zawór tlenowy, 5 — szybkozbiórny zawór tlenowy, 6 — manometr, 7 — wąż do tlenu o średnicy 31 mm, długości 9,6 mm, 8 — rura do wprowadzania tlenu do pieca o średnicy 19 mm, długości 6 m, 9 — piece elektryczne

Tablica 4

Wpływ stosowania tlenu w 4,5-tonnowym kwaśnym i 5-tonnowym zasadowym piecu elektrycznym

Wskaźniki na 1 t ciekłej stali	Proces kwaśny			Proces zasadowy		
	wytop z rudą	wytop z tlenem	różnica	wytop z rudą	wytop z tlenem	różnica
Czas od momentu roztopienia do ściągania żuźla świeżającego, min	40	10	— 30	25	10	— 15
Zużycie energii elektrycznej, kWh	600	540	— 60	690	660	— 30
Zużycie elektrod, kg	4,53	4,077	— 0,453	4,98	4,63	— 0,54
Zużycie rudy, kg	43	—	— 43	13,6	—	— 13,6
Zużycie tlenu, m ³	—	4,95	+ 4,95	—	3,39	+ 3,39
Zużycie rur stalowych 1/2", m	—	0,305	+ 0,305	—	0,183	+ 0,183
Zużycie Fe-Mn, kg	18,1	15,8	— 2,3	—	—	—

z którego otrzymuje się tlen gazowy o ciśnieniu 10 at i stałej temperaturze. Tlenem z tego układu zaspokajano również inne potrzeby huty, co nie wpływało ujemnie na pracę pieców elektrycznych. Wahania w zużyciu tlenu na inne potrzeby nie przewyższały $5 \div 6$ %. Instalację taką można łatwo wykonać w każdej stalowni. Zapewnia ona równomierną dostawę tlenu przy odpowiednim ciśnieniu.

Stosowanie tlenu do świeżenia stali węglowych. Głównymi zaletami stosowania tlenu przy wytapianiu stali węglowych w piecu elektrycznym są: Zwiększenie wydajności pieców elektrycznych, zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, całkowite lub częściowe wyeliminowanie stosowania rudy żelaza do świeżenia oraz zmniejszenie zużycia manganu, topników i elektrod. Zmniejszenie zużycia materiałów zmniejsza koszty ich transportu, jak również skraca ważenie i ręczny załadunek materiałów do pieca.

Tlen do kąpieli metalowej w piecach elektrycznych wdmuchuje się po podniesieniu elektrod i wyłączeniu prądu. W pierwszej chwili utrzymuje się ciśnienie nieco mniejsze od właściwego ciśnienia roboczego i dopiero po wprowadzeniu rury do żużla i metalu stopniowo się je podnosi. Na początku operacji wydzielają się gęste czerwone dymy, które po 30 ÷ 60 sekundach stopniowo zanikają, ustępując miejsca dużemu płomieniowi, wydostającemu się z okna wsadowego. Podczas świeżenia stali z dużą i średnią zawartością węgla tworzy się pieniający się żużel.

Stwierdzono [1], że podczas wytapiania stali w kwaśnym 5-tonnowym piecu elektrycznym szybkość wypalania węgla podczas wdmuchiwania tlenu przez $3,5 \div 5$ min wynosiła 0,05 % na minutę, a temperatura kąpieli wzrastała od 50 do 100 °C. Zużycie tlenu wynosiło $0,4 \text{ m}^3$ na 1 min i 1 t stali. Dzięki większej zawartości manganu po świeżeniu, oszczędność na dodatku żelazomanganu wynosiła 13 %. W procesie zasadowym w 4,5-tonnowych piecach szybkość wypalania węgla podczas wdmuchiwania $5,7 \text{ m}^3$ tlenu na minutę wynosiła 0,05 % na minutę. Zużycie tlenu było mniejsze aniżeli w procesie kwaśnym i wynosiło $0,34 \text{ m}^3$ na 1 min i 1 t stali. Temperatura stali w okresie wdmuchiwania tlenu wzrastała o $30 \div 60$ °C. W czasie prób stwierdzono, że zawartość fosforu po świeżeniu tlenem była o 0,005 % większa niż po świeżeniu rudą. Techniczno-ekonomiczne wskaźniki wytopów po świeżeniu rudą i tlenem w 4,5-tonnowym kwaśnym i 5-tonnowym zasadowym piecu elektrycznym podaje tabela 4.

W jednej z angielskich stalowni [7] świeżenie tlenem stosuje się do miękkich stali zawierających mniej niż 0,20 % węgla. Wytapianie tych stali odbywa się następująco: Wsad roztopia się na zawartość $0,30 \div 0,40$ % węgla. Jeśli kąpiel zawiera za mało węgla po roztopieniu, nawęglą się ją do podanej zawartości. Następnie podnosi się temperaturę do 1600 °C i ściąga się żużel. Po naprowadzeniu silnie zasadowego żużla w celu ułatwienia odfosforzenia, podnosi się elektrody i rozpoczyna wdmuchiwanie tlenu. Tlen wdmuchuje się do kąpieli pod ciśnieniem 10 ÷ 12 at przy przepływie $2,25$ do $2,5 \text{ m}^3$ na 1 min i 1 t stali. Pod koniec dmuchania temperatura podnosi się do $1660 \div 1720$ °C. Wtedy ściąga się żużel utleniający i odtlenia się kąpiel żelazokrzemem i aluminium. Na kąpiel narzuca się cienką warstwę wapna, pobiera się próbę na rośnięcie i spuszcza wytop. Temperaturę kąpieli stalowej przed spustem obniża się do $1620 \div 1650$ °C.

Taki sam sposób wytopu stosuje się do stali konstrukcyjnych.

Zastosowanie tlenu do produkcji stali nierdzewnych. Największe znaczenie ma zastosowanie tlenu do produkcji stali stopowych i wysokostopowych, zwłaszcza

nierdzewnych. Podczas wytapiania stali chromowo-niklowych i chromowo-manganowych temperatura metalu wzrasta wskutek wdmuchiwania tlenu znacznie silniej aniżeli podczas wytapiania stali węglowych. Uzyskuje się przez to większą oszczędność na energii elektrycznej. Okazało się również, że tylko w razie użycia tlenu można zmniejszyć zawartość węgla w stali aż do 0,03 % prawie niezależnie od składu wsadu i początkowej zawartości węgla. Wiadomo bowiem, że zmniejszeniu zawartości węgla do kilku setnych części procentu w razie świeżenia rudą towarzyszą duże straty chromu w żużlu. Równocześnie z powodu dużej ilości żużla redukcja chromu z żużla do metalu żelazokrzemem jest bardzo trudna. Endotermiczny charakter reakcji utleniania węgla rudą stwarza warunki sprzyjające przechodzeniu chromu do żużla. Sytuacja zmienia się w razie utleniania węgla tlenem gazowym. Reakcja ma przebieg egzotermiczny i temperatura kąpieli metalowej wzrasta, dzięki czemu warunki utleniania chromu tak się pogarszają, że przy temperaturze około 1700 °C szybkość reakcji utleniania węgla znacznie przewyższa szybkość reakcji utleniania chromu. Stosowanie tlenu pozwala również na wytapianie niskowęglowej stali nierdzewnej, nie wykazującej wrażliwości po spawaniu mimo braku dodatku tytanu lub niobu, przy użyciu żelazochromu, który jest materiałem tańszym i nie tak deficytowym. Proces tlenowy ma jeszcze tę zaletę, że do wsadu można dodać do 100 % odpadów stali nierdzewnej. Dzięki większej zawartości chromu w metalu i mniejszemu dodatkowi żelazochromu zmniejsza się możliwość nieuzyskania wymaganej zawartości chromu w wytopie.

Użycie tlenu do wytapiania stali chromowo-niklowych i chromowo-manganowych [1] doprowadziło do zwiększenia wydajności pieców o 30 do 40 %, zmniejszenia zużycia energii elektrycznej o 20 do 25 % i uzyskanie na żelazochromie oszczędności wynoszącej $3 \div 4$ kg czystego chromu na 1 t stali, jak również przyniosło oszczędności na rudzie, fluorycie, wapnie i elektrodach.

Laboratoryjne badania kinetyki reakcji zachodzących podczas świeżenia stali nierdzewnych tlenem zapoczątkował Hilty, który określił zależność stałej równowagi $K = \frac{Cr}{C}$ od temperatury; badanie to potwierdzili K. Bungardt, K. Pakulla i K. Tesche [8], przy czym uzyskali powtarzanie się wyników Hilty'ego. Wytopy prowadzono w 300-kilogramowym doświadczalnym piecu łukowym oraz w piecach produkcyjnych 10-, 20- i 30-tonnowych.

Doświadczenia angielskie [7] nad wytapianiem austenicznych stali nierdzewnych przy użyciu tlenu wskazują, że do otrzymania małych zawartości węgla konieczna jest duża szybkość reakcji, którą można uzyskać tylko przy stosunkowo dużej początkowej zawartości węgla, nie mniejszej niż 0,30 %, i ciągłym dmuchaniu dużych ilości tlenu. Przepływ tlenu powinien wynosić $2,25 \div 2,85 \text{ m}^3$ na 1 min i 1 t metalu. Wdmuchiwanie tlenu rozpoczyna się albo po całkowitym roztopieniu wsadu i ściągnięciu części żużla, albo jeszcze przed całkowitym roztopieniem. Kiedy węgiel dojdzie do przepisanej zawartości, odtlenia się chrom w żużlu. Ostatnio do odtleniania używa się potrójnego stopu Fe-Si-Cr, tańszego aniżeli niskowęglowy żelazochrom, potrzebny do zwiększenia zawartości chromu w stali. Rozważa się również możliwość dodawania mieszaniny rudy chromowej i żelazokrzemem.

Zastosowanie tlenu umożliwiło wytapianie stali nierdzewnych o bardzo małej zawartości węgla, poniżej 0,03 % [9], odznaczających się bardzo dużą odpornością na korozję. Zastosowanie pewnych ulepszeń w technice wytapiania, a zwłaszcza zastosowanie tlenu gazo-

wego, użycie czystszych surowców oraz lepsza kontrola procesu umożliwiły produkcję tych stali na skalę przemysłową. Rzecz oczywista, że do produkcji tych stali potrzebny jest żelazochrom o wyjątkowo małej zawartości węgla.

Pierwszym warunkiem do wyprodukowania takiej stali jest wypalenie węgla w okresie świeżenia. Dobór wsadu należy regulować w zależności od zgaru chromu i wpływu tlenku chromu na żużel. Ważnym czynnikiem jest również temperatura; powinna ona być możliwie jak najwyższa, ograniczona tylko wytrzymałością materiałów ogniotrwałych pieca.

Ilość złomu stali nierdzewnej, którą można dodać do wsadu przy wytapianiu stali zawierającej maksimum 0,03 % C, trzeba ograniczyć aby nie spowodować zbytniego zagęszczenia żużla. W czasie świeżenia można bowiem otrzymać tak gęsty żużel, że stanowi on właściwie ciało stałe. W celu uzyskania tak małej zawartości węgla bez nadmiernego zagęszczenia żużla, największa zawartość chromu we wsadzie początkowym powinna wynosić 6 %, czyli że złom może stanowić co najwyżej 25 % końcowego ciężaru wlewków, zakładając temperaturę 1770 °C pod koniec świeżenia.

Proces można prowadzić pod jednym lub pod dwoma żużlami. W pierwszym przypadku, jeżeli ilość żużla jest za duża, ściąga się go częściowo.

Tlenki chromu, żelaza i manganu odtlenia się zazwyczaj albo krzemem pod postacią Fe-Si lub Fe-Si-Cr, albo aluminium, albo też kombinacją obu tych odtleniaczy. Stwierdzono, że żużle silniej zasadowe ułatwiają odtlenianie. Przeciętnie 1 kg krzemu odtlenia 3 kg metali (Cr + Fe + Mn).

Gdy zawartości węgla są tak małe, ważnym zagadnieniem jest również jego rozpuszczalność w żużlu oraz przechodzenie z żużla do metalu. Badania nad syntetycznymi żużłami wapienno-krzemionkowymi z dodatkiem 5 % Al_2O_3 wykazały, że rozpuszczalność węgla wzrasta ze wzrostem zasadowości. Próby żużla wzięte z pieca łukowego spod elektrody wykazały przy wysokich temperaturach już pod łukiem zawartość kilku procent węgla.

5. Zastosowanie tlenu w procesie konwertorowym

Zasadniczym celem stosowania tlenu w procesie konwertorowym jest polepszenie jakości stali przez zmniejszenie zawartości azotu. Tlen umożliwia również przerabianie w konwertorze surówki z mniejszą zawartością domieszek.

Wdmuchiwanie czystego tlenu do konwertora przez dennicę natrafia na poważne trudności powodowane silnym zużywaniem się materiałów ogniotrwałych przy zbyt wysokiej temperaturze kąpeli. Przeciwdziała temu wprowadzanie do dmuchu tlenowego gazów nie oddziaływających szkodliwie na jakość stali, które rozkładają się endotermicznie w kąpeli, pobierając z niej nadmiar ciepła. Zwykle stosuje się do tego celu CO_2 i parę wodną.

W hucie Domnerfvet [10] w Szwecji przeprowadzono próby wdmuchiwania mieszaniny $CO_2 + O_2$ (w stosunku 1:1) do 14-tonnowych konwertorów zasadowych; skład mieszaniny odpowiadał warunkom cieplnym istniejącym w konwertorze przy wdmuchiowaniu powietrza. Mieszaninę gazową wdmuchiowano tylko w okresie wykończającym, w którym w razie wdmuchiowania powietrza następował wzrost zawartości azotu w stali z około 0,0055 % do około 0,012 %.

Okres wykończający przy wdmuchiowaniu mieszaniny wynosił tylko 1 min 35 sek w porównaniu z 3 min przy wdmuchiowaniu powietrza. Zawartość węgla z końcem dmuchania powietrzem wynosiła 0,2 %, fosforu 1,4 %, a po dmuchaniu wykończającym miesza-

niną gazową 0,03 % C i 0,033 % P. Zużywano przeciętnie 18 m³ tlenu oraz 15 m³ CO_2 na 1 t stali. Zawartość azotu wynosząca 0,0055 %, nie zmieniała się w okresie dmuchania wykończającego. Stwierdzono, że w razie wdmuchiowania mieszaniny $O_2 + CO_2$ przez cały okres dmuchania można było bez większych trudności uzyskać zawartość 0,003 ÷ 0,004 % N_2 w stali. Zawartość węgla i fosforu w wyświeżonej stali była o 0,01 % większa w razie dmuchania mieszaniną niż w razie dmuchania powietrzem. Spaliny uchodzące z konwertora zawierały 45 % CO oraz 55 % CO_2 .

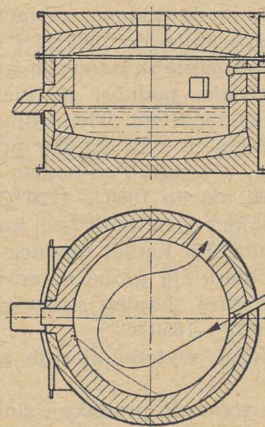
W tym samym konwertorze przeprowadzono próby wdmuchiowania wzbogaconego w tlen powietrza od początku wytopu aż do okresu pobierania próby przy około 0,1 % P; do końcowego wdmuchiowania stosowano powietrze. Zawartość tlenu w dmuchu zmieniała się pomiędzy 26 a 32 %. Ciśnienie zredukowano z 1,7 do 1,2 at ze względu na zbyt burzliwy przebieg reakcji. Stwierdzono, że oprócz normalnej ilości złomu, którego dodawano około 5 % dmuchając powietrzem, można było dodatkowo ładować 6 % stałej surówki przy 26 % O_2 , 9 % surówki przy 29 % O_2 i 11 % surówki przy 32 % O_2 .

W razie wdmuchiowania powietrza wzbogaconego w tlen i dodawania złomu zawartość azotu w stali wynosiła 0,010 %, natomiast w razie użycia wzbogaconego w tlen powietrza i ładowania do konwertora złomu, rudy żelaznej i wapienia spadała do 0,008 %. W obu tych przypadkach wzbogacone w tlen powietrze wdmuchiowano tylko w okresie wstępnym. Stosując je przez cały czas dmuchania można było uzyskać zawartość 0,003 do 0,004 % azotu. W razie dmuchu powietrznego stal zawierała 0,012 % N_2 .

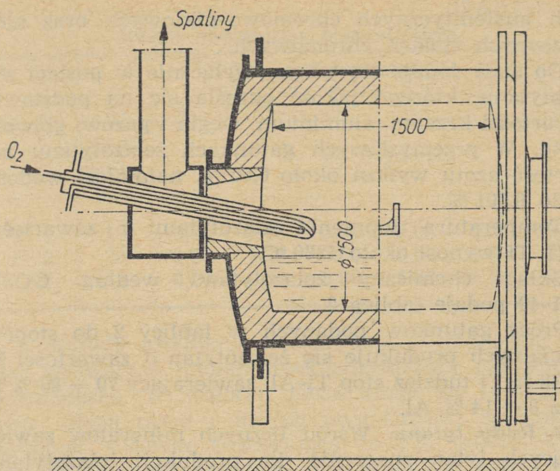
Próby wdmuchiowania do konwertora mieszaniny tlenu i pary wodnej prowadzono w Hagen-Haspe w Niemczech oraz — jak podano ostatnio — w zakładach Esperance-Longdoz w Belgii [11]. Do prób użyto mieszanki tlenu z parą wodną w stosunku od 1,5:1 do 1:1,2. Aby można było zapobiec kondensacji pary wodnej mieszanka wdmuchiwana do konwertora musi mieć temperaturę 170 ÷ 180 °C. Zawartość azotu po dmuchaniu była bardzo mała i wynosiła 0,003 %. Jeśli chodzi o oziębiający wpływ pary wodnej, to 1 kg pary odpowiada 6,8 kg złomu. W celu poprawienia warunków odfosforzenia ściągano w czasie procesu żużel i naprowadzano nowy z wapna i sody, mieszanki wapna i rudy żelaznej lub mieszanki wapna, sody, tlenu żelaza i fluorytu.

6. Specjalne procesy wytapiania stali

Najważniejszym osiągnięciem w dziedzinie wytapiania stali przy użyciu czystego tlenu jest opracowany



Rys. 2. Piec doświadczalny tlenowo-płomienny



Rys. 3. Piec obrotowy z dyszą tlenową

w austriackich stalowniach Linz i Donawitz proces LD. Polega on na wdmuchiwniu tlenu gazowego przez dyszę chłodzoną wodą z góry na kąpiel metalową w konwertorze z dnem zamkniętym. W procesie tym otrzymuje się stal wysokiej jakości, pozbawioną większych zawartości azotu. Najnowsze publikacje [12] donoszą o budowie podobnej stalowni w Kanadzie.

Interesujące doświadczenia przeprowadzono w Oberhausen [5] w Gutehoffnungshütte. Stal wytapiano w eksperymentalnym piecu 1-tonnowym, przedstawionym na rys. 2, ze wsadu składającego się ze złomu i surowki. Piec opalano palnikiem ropnym, spalając ropę z tlenem. Wydajność 1 m² powierzchni trzonu wynosiła 500 kg na godz (w piecu martenowskim 200 kg/m² i godz); zużycie ciepła wynosiło 400 ÷ 500 kcal/kg (w piecu martenowskim przynajmniej 1000 ÷ 1200 kcal/kg).

W Szwecji wykonano szereg prób wdmuchiwnia tlenu do płynnej surówki w piecu obrotowym. Tlen

wdmuchiwno przez dyszę chłodzoną wodą, ustawioną ponad powierzchnią kąpeli (rys. 3). Otrzymano stal o dobrych własnościach, wyniki były jednak nieco nieregularne.

Jak widać, stosowanie tlenu w procesie wytapiania stali stwarza duże możliwości rozwiązania szeregu zagadnień wpływających na zwiększenie produkcji i wydajności urządzeń stalowniczych.

Literatura

1. I. I. Lewis. Litiejnoje Proizvodstvo, 1952, nr 10, str. 27 ÷ 32.
2. E. Karwat. Stahl u. Eisen, t. 71, 1951, str. 709 do 715.
3. Chemical Engineering, t. 58, 1951, nr 7, str. 186 do 187.
4. P. H. Sykes, P. M. Schuftan i J. Neill. Iron Coal Tr. Rev. t. 166, 1953, nr 4432, str. 651 ÷ 652.
5. G. Bulle. Iron Coal Tr. Rev. t. 164, 1952, str. 921 do 929.
6. W. R. Lysobey. J. Metals, t. 4, 1952, str. 819 ÷ 820.
7. D. I. Girardi. Metal Progress, t. 61, 1952, nr 5, str. 152 ÷ 156.
8. K. Bungardt, E. Pakulla i T. Tesche. Stahl und Eisen t. 72, 1952, str. 245 ÷ 255.
9. W. Crafts i H. P. Rossbach. J. Metals, t. 4, 1952, nr 1, str. 20 ÷ 25.
10. B. Kalling, F. Johansson i L. Lindskog. J. Iron Steel Inst., t. 168, 1951, str. 337 ÷ 343.
11. Iron Coal Tr. Rev., t. 166, 1953, nr 4466, str. 1445 do 1449.
12. Iron Age, t. 172, 1953, nr 1, str. 75 ÷ 76.
13. W. Baumgardt. Stahl und Eisen, t. 71, 1951, str. 1204 ÷ 1212.
14. K. G. Trubin, G. N. Ojks. Mietałurgia stali, Moskwa 1951, str. 192 ÷ 193.

J. Natkaniec

ŻELAZOSTOPY

Żelazotytan

1. Tytan, jego własności i związki. Tytan jako pierwiastek odkryto stosunkowo późno, mianowicie w 1791 r. W postaci metalicznej otrzymano go po raz pierwszy w 1825 r., czysty zaś tytan o zawartości 99,9 % Ti otrzymano dopiero w 1910 r. Fizyko-chemiczne własności tytanu podano w tablicy 1.

Zawartość tytanu w skorupie ziemskiej wynosi 0,61 % według danych radzieckich, a więc jest stosunkowo duża. Dlatego zastosowanie tytanu nie napotyka żadnych ograniczeń, wyjąwszy koszty produkcji.

Tablica 1

Fizyko-chemiczne własności tytanu

Własności	Wielkości
Ciężar atomowy	47,90
Ciężar właściwy	4,50 G/cm ³
Temperatura topnienia	1800 °C
Temperatura wrzenia	3030 °C
Ciepło topnienia	4353 cal/mol
Entropia topnienia	2,1 cal/°C
Pojemność cieplna	0,146 cal/g°C
Oporność elektryczna	80 om · cm ² /cm
Twardość H _B	200

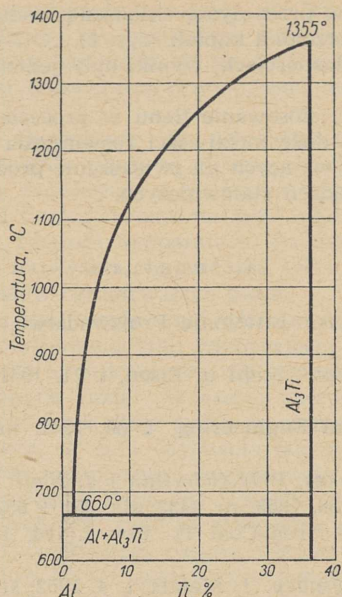
Dla produkcji żelazotytanu podstawowe znaczenie ma znajomość układu Ti-Al i układów TiO₂ z głównymi składnikami żużla, tj. CaO oraz Al₂O₃.

Wykres równowagi układu tytan-glin do zawartości 37,3 % Ti przedstawia rys. 1. Pełny układ (według dostępnej nam literatury) nie jest jeszcze znany. Jak widać z wykresu, tytan z glinem tworzy związek Al₃Ti o temperaturze topnienia 1355 °C.

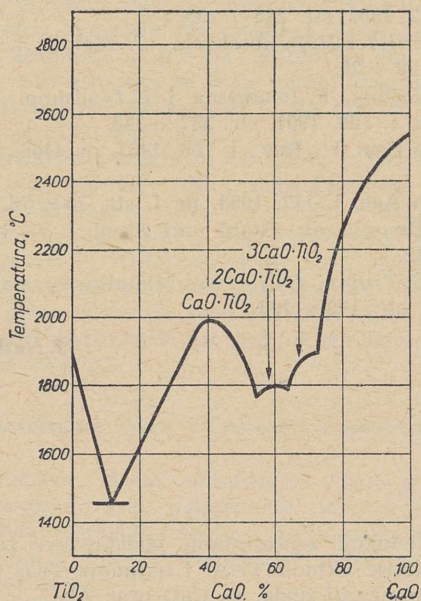
Układ podwójny TiO₂-CaO przedstawia rys. 2. TiO₂ i CaO tworzą następujące związki: CaO · TiO₂ (temperatura topnienia 1980 °C), 2 CaO · TiO₂ (temperatura topnienia 1800 °C) oraz 3 CaO · TiO₂ (temperatura topnienia 1840 °C).

Najtrwalszym związkiem tytanu jest CaO · TiO₂ i pod taką postacią występuje on w przyrodzie w różnych minerałach. Spotyka się go w dwóch postaciach: jako α — CaO · TiO₂, trwałe do temperatury 1257 °C, i jako β — CaO · TiO₂, występujący przy wysokich temperaturach. Przejście α — CaO · TiO₂ w β — CaO · TiO₂ odbywa się przy pochłanianiu ciepła w ilości 550 cal/mol.

Układ podwójny TiO₂ — Al₂O₃, mający duże znaczenie dla produkcji tytanu metalicznego, przedstawia rys. 3. W tym układzie powstaje związek TiO₂ · Al₂O₃ o temperaturze topnienia 1860 °C.



Rys. 1. Układ Ti-Al



Rys. 2. Układ TiO₂-CaO

lach austenitycznych chromowo-niklowych oraz nierdzewnych stalach chromowych.

Do stali dodaje się tytanu wyłącznie w postaci żelazotytanu, którego jakość określa się na podstawie zawartości krzemu, aluminium, węgla i gazów, głównie azotu. W przemysłowych gatunkach żelazotytanu zawartość azotu wynosi około 0,02 %, natomiast wodoru około 0,001 %.

Temperatura topnienia żelazotytanu o zawartości 20 % Ti wynosi około 1380 °C.

Skład chemiczny żelazotytanu według GOST 4761-49 podaje tablica 2.

Prócz gatunków podanych w tablicy 2 do stopów specjalnych produkuje się żelazotytan o zawartości 35 do 38 % Ti tudzież stop Ti-Al, zawierający 70 ÷ 80 % Ti oraz 8 ÷ 14 % Al.

3. Rudy tytanu. Wśród licznych minerałów zawierających tytan znaczenie dla produkcji żelazotytanu mają:

- rutyl TiO₂ o zawartości 60 % Ti,
- ilmenit FeO · TiO₂ o zawartości 31,6 % Ti,
- tytanit CaO · SiO₂ · TiO₂.

Rutyl jako czysty minerał zawiera 99 ÷ 100 % TiO₂, natomiast rudy zawierają do 90 % TiO₂. Znaczne złoża rutylu znajdują się w ZSRR (na Uralu), w Norwegii oraz w USA.

Największe zastosowanie do produkcji żelazotytanu mają w ZSRR tytanomagnezyty zawierające ilmenit w połączeniu z magnetytem (Fe₃O₄). Ilmenit otrzymuje się jako frakcję niemagnetyczną przy magnetycznym wzbogacaniu tytanomagnezytów. Skład takiego ilmenitu jest następujący:

TiO ₂	42 ÷ 45 %
SiO ₂	2 ÷ 3,5 %
Fe ₂ O ₃	44 ÷ 47 %
Al ₂ O ₃	1,5 ÷ 2,5 %
MgO + CaO	2 ÷ 4 %
S	0,3 ÷ 0,5 %
MnO	0,5 ÷ 2 %
H ₂ O ₅	0,5 ÷ 1 %
wilgoci	3 ÷ 10 %

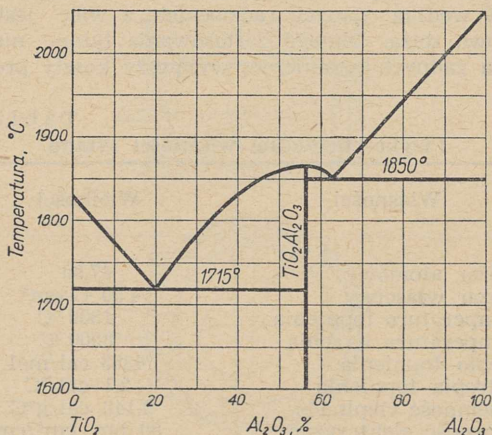
Takie same tytanomagnezyty występują w południowej Norwegii. Ilmenity otrzymywane z tytanomagnezytów praży się w celu usunięcia siarki, której zawierają zwykle do 0,5 %. Do prażenia koncentratu służą specjalne piece. Przy temperaturze prażenia 1000 ÷ 1200 °C zawartość siarki spada z 0,01 do 0,03 %. Prażenie trwa około 2 godzin aż do chwili, gdy koncentrat przestaje iskrzyć. Straty tytanu przy prażeniu wynoszą 2 ÷ 2,5 %.

Złoża ilmenitu występują w Indonezji, Brazylii, Południowej Afryce Francuskiej oraz w USA.

2. Zastosowanie tytanu. Tytan, przez dłuższy czas uważany za niepożądany składnik stali, znalazł zastosowanie w metalurgii stali dopiero około 1930 r., jako składnik stopowy oraz jako odtleniacz i pierwiastek wiążący azot w stali.

Tytan jako składnik stopowy wiąże węgiel wskutek dużego powinowactwa. Powstający węgiel tytanu praktycznie biorąc nie rozpuszcza się w żelazie przy stosowanych temperaturach obróbki cieplnej. Oprócz tego, wskutek dużej rozpuszczalności jego związku Fe₃Ti w żelazie α przy niskich temperaturach, jest tytan, również pierwiastkiem utwardzającym. Ze względu na duże powinowactwo tytanu do azotu stosuje się go do wiązania azotu w stali, a także i tlenu. Ciepło tworzenia się TiO₂ leży pomiędzy ciepłem tworzenia się SiO₂ i Al₂O₃.

Wskutek bardzo małej rozpuszczalności węgla i azotku tytanu w stali, tytan stosuje się w celu utrudnienia wydzielania się węglików na granicy ziarn i przeciwdziałania korozji międzykrystalicznej w sta-

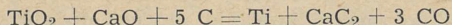


Rys. 3. Układ TiO₂-Al₂O₃

Tablica 2
Skład chemiczny żelazotytanu

Marka	Skład chemiczny, %						
	Ti	C	Si	Al	Cu	S	P
	naj- mniejszej	co najwyżej					
Ti 1	18	0,20	3,50	5,00	3,00	0,05	0,05
Ti 2	18	0,20	5,00	5,00	3,00	0,08	0,08
Ti 3	18	0,20	6,00	8,00	4,00	0,10	0,10

4. *Metody produkcji żelazotytanu.* Żelazotytan można wytwarzać metodą elektrotermiczną lub aluminotermiczną. W wielkim piecu udaje się przy gorącym biegu pieca i innych pomyślnych warunkach wytapiać surówkę zawierającą do 2% tytanu, którą stosuje się w odlewnictwie przy produkcji żeliwa szarego. Produkcja żelazotytanu metodą elektrotermiczną polega na redukcji dwutlenku tytanu węglem w łukowym piecu elektrycznym, a następnie rafinowaniu otrzymanego stopu za pomocą TiO₂. Według starszych metod topi się najpierw wióry stalowe, a następnie do kąpieli wprowadza się mieszaninę ilmenitu, węgla i wapna palonego. Redukcja odbywa się według następującego równania:

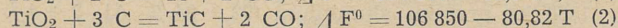
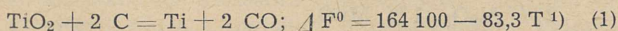


W wyniku otrzymuje się żelazotytan o zawartości 10 ÷ 25% Ti oraz 5 ÷ 8% C, stosowany głównie do wytapiania żeliwa szarego.

Inna metoda elektrotermiczna polega na redukcji ilmenitu krzemem. Według badań Jelutina, przy redukcji ilmenitu 75-procentowym Fe-Si otrzymuje się stop Si-Ti zawierający 20 ÷ 25% Ti oraz 20 ÷ 25% Si. Taki stop nie nadaje się jednak do produkcji stali.

Metoda elektro-aluminotermiczna polega na redukcji ilmenitu za pomocą aluminium. Proces prowadzi się w ten sposób, że najpierw topi się wióry stalowe z aluminium i rudą tytanową, a następnie świeży się kąpieli rudą żelazną w celu zmniejszenia zawartości aluminium. Wszystkie opisane metody dają mały uzysk tytanu. Obecnie prawie całą ilość żelazotytanu produkuje się metodą aluminotermiczną nie używając pieca elektrycznego.

5. *Fizyko-chemiczne podstawy odtleniania tlenków tytanu.* Odtlenianie dwutlenku tytanu węglem może przebiegać według następujących reakcji:

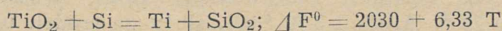


Teoretyczna temperatura inwersji w reakcji (1) wynosi 1697 °C a w reakcji (2) 1049 °C.

Zależność swobodnej energii reakcji (1) i (2) od temperatury przedstawia rys. 4.

Porównanie teoretycznej temperatury początku odtleniania z wielkością swobodnej energii omawianych reakcji pozwala wnioskować, że odtlenianie TiO₂ węglem będzie przebiegać według reakcji (2), przy czym będzie powstawał węgiel tytanu, ponieważ w tym wypadku wartość swobodnej energii jest bardziej ujemna niż wartość swobodnej energii reakcji (1). Wynika z tego, że w procesie odtleniania otrzymuje się zawsze żelazotytan wysokowęglowy.

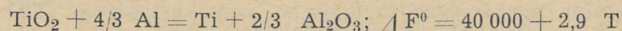
Odtlenianie TiO₂ krzemem można wyrazić następującym równaniem:



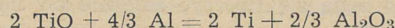
1) Wzór ten podobnie jak następne, podają wartość ΔF⁰ w kaloriach (cal), natomiast skala rzędnych na rys. 4 podana jest w kilokaloriach (kcal).

Rysunek 4 pokazuje, że przy każdej temperaturze wartość swobodnej energii jest dodatnia, a zatem odtlenianie dwutlenku tytanu krzemem nie może przebiegać szybko, co potwierdza praktyka.

Odtlenianie dwutlenku tytanu glinem przebiega według reakcji



Wielkość swobodnej energii tej reakcji przy wysokich temperaturach przedstawiono na rys. 4. Jeśli bierze się pod uwagę ten wykres, przebieg odtleniania za pomocą glinu nie budzi żadnych wątpliwości, jednakże w praktyce stwierdzono, że do stopu przechodzi zaledwie około połowy tytanu zawartego we wsadzie. Tłumaczy się to możliwością tworzenia przez tytan trudno odtleniających się niższych tlenków, jak Ti₂O₃ oraz TiO. W związku z tym wynik końcowy procesu zależy od trwałości niższego tlenku, w tym przypadku TiO. Odtlenianie tlenku tytanu za pomocą glinu według reakcji

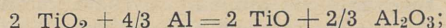


charakteryzuje następujące równanie swobodnej energii w zakresie wysokich temperatur:

$$\Delta F^0 = 28\ 150 + 2,37 T$$

Przedstawione na rys. 4 wartości swobodnej energii wskazują, że odtlenianie tlenku tytanu glinem nie przebiega z dostateczną wydajnością; równowaga ustala się przy wysokiej zawartości glinu w stopie i TiO w żużlu.

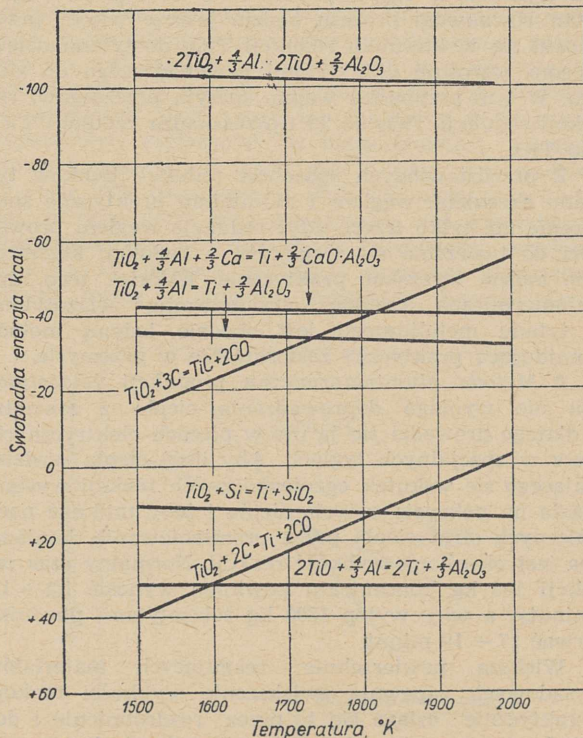
Odwrotnie, odtlenianie TiO₂ do TiO glinem przebiega stosunkowo łatwo według reakcji



$$\Delta F^0 = -108\ 150 + 3,43 T.$$

Wartość swobodnej energii tej reakcji przedstawia rys. 4.

Podczas wytopu żelazotytanu tytan rozpuszcza się w żelazie i tworzą się związki tytanu z glinem, co



Rys. 4. Zależność swobodnej energii reakcji odtleniania tlenków tytanu od temperatury

sprzyja przebiegowi redukcji tytanu i zwiększa przechodzenie tytanu do stopu.

Tlenek tytanu jest dość silną zasadą; może on tworzyć związki z tlenkiem glinu i krzemem, co sprzyja reakcji tworzenia się tlenku tytanu. Dlatego, aby zapobiec temu zjawisku, należy dodawać do wsadu bardziej zasadowych tlenków w celu zastąpienia TiO w jego związkach z tlenkiem glinu. Jako taką zasadę zwykle stosuje się CaO .

Oprócz tego dodatek wapna wpływa pomyślnie na zmianę wielkości swobodnej energii reakcji, gdyż umożliwia tworzenie się w żużlu glinianów o składzie $CaO \cdot Al_2O_3$ i $2 CaO \cdot Al_2O_3$ oraz $3 CaO \cdot Al_2O_3$. Brak danych termicznych nie pozwala obliczyć wielkości swobodnej energii tworzenia się tych związków. W orientacyjnych obliczeniach można przyjąć wielkość swobodnej energii równą skutkowi cieplnemu. Wtedy

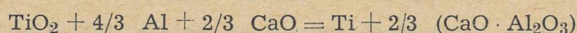
$$\begin{aligned} \text{dla } CaO \cdot Al_2O_3 \text{ otrzymamy } \Delta F^0 &= -8363 \text{ cal} \\ \text{dla } 3 CaO \cdot Al_2O_3 \text{ otrzymamy } \Delta F^0 &= -20700 \text{ cal} \end{aligned}$$

Związki te będą się tworzyć zależnie od ilości dodawanego wapna.

W miarę zwiększenia się ilości wapna wielkość swobodnej energii tworzenia glinianów wzrasta, a więc wzrasta także wielkość swobodnej energii łączących reakcji, zachodzących podczas odtlania tlenków tytanu.

W praktyce stosuje się ograniczony dodatek wapna, ponieważ większy jego nadmiar zwiększa gęstość żużla, co zmniejsza koncentrację podstawowego tlenku i potrzebę dodatkowej ilości ciepła. Wychodząc z tych założeń rzadko dodaje się więcej wapna niż potrzeba do utworzenia glinianu $CaO \cdot Al_2O_3$.

Przy tworzeniu się glinianu w żużlu, łączną reakcję procesu można wyrazić następująco:



Wielkość swobodnej energii reakcji będzie równa $\Delta F^0 = -45575 + 2,9 T$, tj. większa niż w razie reakcji odtlania dwutlenku tytanu bez dodatku wapna (rys. 4). Z tego wynika, że z dodatkiem wapna stan równowagi procesu będzie jeszcze więcej przesunął się w kierunku redukcji TiO_2 do tytanu dzięki czemu wzrośnie ilość tytanu przechodzącego do stopu. W tym przypadku wapno sprzyja przebiegowi reakcji redukcji TiO_2 do Ti i przeszkadza redukcji TiO_2 do TiO .

Z przedstawionych sposobów redukcji tlenków tytanu krzemem, węglem i aluminium praktyczne znaczenie ma tylko trzeci, gdyż redukcja węglem prowadzi do tworzenia się węglików, a redukcji krzemem nie można wyzyskać praktycznie. Wskutek tego aluminotermiczna metoda otrzymywania żelazotytanu i tytanu metalicznego jest obecnie jedyną metodą znajdującą praktyczne zastosowanie w przemyśle.

6. *Metoda aluminotermiczna produkcji żelazotytanu* nie wymaga doprowadzenia ciepła z zewnątrz i dlatego prowadzi się ją nie w piecach elektrycznych, lecz w specjalnych tyglach. Aby ilość ciepła wydzielającego się wskutek egzotermicznych reakcji wystarczała na pokrycie zużycia ciepła i żeby uniknąć nadmiernych strat ciepła przez promieniowanie, konieczna jest określona szybkość reakcji. Normalny czas reakcji 100 kg koncentratu powinien wynosić 1,2 ÷ 1,3 minuty, a więc wytop 1000 kg żelazotytanu powinien trwać 17 ÷ 19 minut.

Większa powierzchnia reagujących materiałów wsadowych zapewnia zwiększenie szybkości reakcji. Praktycznie osiąga się to przez rozdrobnienie i dokładne zmieszanie składników. Stosuje się koncentrat tytanowy o uziarnieniu 0,1 ÷ 0,3 mm, który zwykle po prażeniu wymaga dodatkowego przesiewania przez

sito o oczkach 2 ÷ 3 mm w celu rozbicia grudek oraz bardzo czyste aluminium o uziarnieniu 0,2 ÷ 0,7 mm. Pozostałe materiały wsadowe powinny być rozdrobnione poniżej 1 mm.

Jako przykłady podano opisy produkcji żelazotytanu metodą aluminotermiczną stosowaną w ZSRR i w Niemczech zachodnich.

W ZSRR wytop żelazotytanu prowadzi się w tyglu tak zbudowanym, aby blok metalu i żużla zajmował 3/4 jego wysokości. Średnica bloku metalu powinna być 5 ÷ 6 razy większa od jego wysokości. Tygiel wybudowuje się cegłą magnezytową, a następnie wysypuje mlewem magnezytowym. Zamiast cegły i mlewa magnezytowego można stosować mielony wysokoogniotrwały żużel tytanowy. Namiar oblicza się zakładając na podstawie danych praktycznych, że redukcji ulega:

50 % TiO_2	do Ti
50 % TiO_2	do TiO
100 % Fe_2O_3	do Fe
80 % SiO_2	do Si

Jednierał podaje następujący skład mieszanki:

100 kg koncentratu (43 % TiO_2 , 30 % FeO)
46,2 kg proszku aluminium
27,7 kg rudy żelaznej
6 kg fluorytu (92 % CaF_2)

Część tak przygotowanej mieszanki zasypuje się do tygla, a po zapoczątkowaniu procesu dodaje się porcjami resztę.

Po zakończeniu reakcji metal wraz z żużlem pozostawia się w tyglu aż do całkowitego ostygnięcia, a następnie oczyszcza się go od żużla i rozbija na mniejsze kawałki.

W celu zwiększenia ilości wydzielającego się ciepła Jelutin zaleca stosowanie dodatku chloranu potasu. W razie zastosowania saletry otrzymuje się żelazotytan gorszej jakości wskutek wiązania azotu z tytanem w czasie jej rozkładu. Jelutin wykazał, że użysk tytanu wzrasta, jeżeli stosuje się: 1. proszek aluminium o ziarnie 0,2 ÷ 0,5 mm w ilości 110 % teoretycznie obliczonej, 2. dodatek wapna, 3. podgrzewanie materiałów wsadowych przed wytopem do 400 ÷ 450 °C. Namiar składający się z 1000 kg koncentratu z dodatkiem odpowiedniej ilości innych materiałów uważa się za maksymalny, z uwagi na skłonność tytanu do segregacji.

W Niemczech zachodnich stosuje się następujący namiar:

3200 kg ilmenitu (46 % TiO_2 , 46 % FeO , 3 % SiO_2 , 2 % Al_2O_3 , 1 % MnO)
1360 kg proszku aluminium (92 ÷ 94 % Al , 3 ÷ 4 % Mg , 1 ÷ 2 % Cu , 1 ÷ 2 % Fe oraz około 1 % Mn)
140 kg $KClO_3$ techn.
160 kg wapna (95 % CaO).

Namiar po dokładnym wymieszaniu sypie się do tygla o pojemności 500 kg. Tygiel składa się z płaszczki blaszanej wyłożonej płytkami grafitowymi, pokrytymi 100-milimetrową warstwą żużla tytanowego z dodatkiem szkła wodnego (150 kg żużla tytanowego i 20 kg szkła wodnego).

Po wysuszeniu tygla napełnia się go mieszanką wsadową i zapala w komorze do spalań metalotermicznych. Reakcja trwa 15 min, po czym tygiel wyjmuje się z komory i chłodzi przez dwa dni. Otrzymuje się 400 ÷ 500 kg żelazotytanu i 600 ÷ 700 kg żużla. Po chłodzeniu metal oddziela się od żużla i rozdrabnia na mniejsze kawałki. Rozdrobniony żużel, zawierający około 70 % Al_2O_3 i 3 % SiO_2 , służy za środek utwardzający do betonu.

Stosując ilmenit o zawartości 50 % TiO_2 oraz 32 % FeO otrzymuje się żelazotytan o następującym skła-

dzie chemicznym: 35 ÷ 38 % Ti, 2 ÷ 5 % Si, 5 ÷ 12 % Al oraz 0,1 % P, reszta żelazo.

G. Volkert podaje, że zawartość tytanu w żelazoty-tanie wytwarzanym metodą aluminotermiczną można zwiększyć przez dodatek bogatego żużla tytanowego do namiaru. Żużel taki wytwarza się w łukowym piecu elektrycznym z ilmenitu z dodatkiem niewielkiej ilości węgla. Otrzymuje się żużel zawierający 60 ÷ 75 % TiO_2 i 10 ÷ 15 % FeO oraz surówkę zawierającą 2 ÷ 4 % C i 0,2 ÷ 4 % Ti.

Literatura

1. F. Vogel. Titan, seine metallurgische und chemische Darstellung. Halle 1950.
2. L. Schmidt, F. Harms. Radex-Rundschau, nr 1, 1953, str. 9.
3. W. P. Jelutin. Ferrosplawy. Moskwa 1951.
4. F. P. Jednierał Elektrometallurgia. Moskwa 1950.
5. R. Durrer. Metallurgie des Eisens. 1943.

J. Kozielski

METALOZNAWSTWO

Wpływ wielkości ziarna na wytrzymałość na pełzanie stali

Liczne badania wykazują, że różnice w wielkości ziarna wpływają na wytrzymałość na pełzanie metali i stopów, jednakże porównywanie wyników różnych prac napotyka trudności z powodu braku dostatecznie pewnych danych o utrzymaniu stałości innych czynników oraz braku zadowalającej metody pomiaru wielkości ziarna. Wydaje się, że właściwa ocena wielkości ziarna musi być oparta na rachunku statystycznym, gdyż w żadnym materiale nie można uzyskać ziarna jednakowej wielkości. Wielu autorów wyprowadza wnioski ze swych badań posługując się nieścisłymi określeniami wielkości ziarna, jak np. ziarno grube, drobne. Oprócz tego zachodzą znaczne różnice w poglądach na to, czy silniejszy wpływ na odporność na pełzanie wywiera ziarno austenitu, czy też ziarno wtórne.

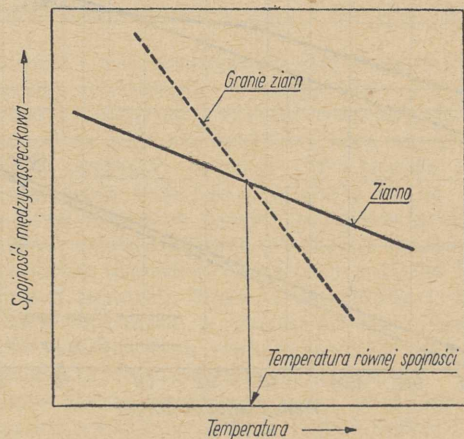
Interesujący jest rozwój teorii dotyczących istoty i zachowania się granic ziarn w porównaniu z rozwojem nauki o mechanizmie odkształcenia. Wobec tego, że jeszcze często spotyka się przestarzałe poglądy na te zagadnienia, krótki zarys ich rozwoju może się okazać pożytecznym [1].

Pierwszą dokładnie opracowaną teorią granic ziarn była teoria bezpostaciowego lepszczca. Właściwym jej twórcą był Beilby. Na podstawie obserwacji polerowanych powierzchni odkształconych metali wypowiedział on przypuszczenie, że podczas odkształcania plastycznego zachodzi miejscowe topienie się — płynięcie — a następnie krzepnięcie metalu. Według tej teorii stopiony metal ma po skrzepnięciu budowę bezpostaciową, która tłumaczy zmiany własności materiału wywołane przez odkształcenia plastyczne. Bengough pierwszy uośsamilił bezpostaciowe lepszczce na granicach ziarn z metalem bezpostaciowym Beilby'ego. Obecnością tej substancji Bengough tłumaczył znany fakt występowania śródkrystalicznego przełomu przy temperaturach pokojowych. Niemożność istnienia tej substancji przy wyższych temperaturach powodowała miała przełom międzykrystaliczne.

Rosenhain przyjmując zasadniczo teorię bezpostaciowego lepszczca, nie zgadza się z możliwością jego zanikania powyżej pewnej temperatury. W późniejszej publikacji Rosenhain i Ewen sformułowali swój pogląd na własności mechaniczne i mechanizm odkształcania granic ziarn w następujący sposób: Przy normalnych temperaturach substancja międzyziarnista, będąca cieczą przechłodzoną, jest bardzo twarda i krucha. Przy wzroście temperatury twardość jej szybko spada, natomiast tarcie wewnętrzne, przeciwstawiające się poślizgom wewnątrz ziarna, nie zanika tak szybko. Do pewnej temperatury zmniejszające się tarcie wewnętrzne wywiera zasadniczy wpływ na przebieg zależności temperatura-wytrzymałość; od tej temperatury decydujący wpływ na tę zależność wywiera zmniejszająca się lepkość lepszczca.

Doświadczenia Jeffriesa zdawały się potwierdzać słuszność teorii bezpostaciowego lepszczca na granicach ziarn. Jeffries zebrał liczne dane porównawcze charakteryzujące własności fazy krystalicznej i ciekłej. Według Jeffriesa spójność substancji bezpostaciowej przy temperaturze topnienia jest równa zero, natomiast spójność fazy krystalicznej w tych samych warunkach może być znaczna. Przy spadku temperatury spójność fazy bezpostaciowej wzrasta znacznie szybciej niż spójność fazy krystalicznej. Przy pewnej temperaturze (zwykle wynoszącej około 0,35 do 0,45 temperatury topnienia w skali bezwzględnej) krzywe spójność-temperatura obydwóch faz przecinają się. Tę temperaturę nazywa Jeffries temperaturą równej spójności i uważa, że odpowiada ona najniższej temperaturze rekrytalizacji, a następnie dowodzi, że jego wnioski są zgodne z założeniem istnienia bezpostaciowego materiału na granicy ziarn. Jako prostą metodę określenia temperatury równej spójności zaleca Jeffries oznaczenie temperatury, przy której próbki danego materiału o strukturze gruboziarnistej i drobnoziarnistej mają jednakową wytrzymałość (rys. 1).

W późniejszych pracach pojęcie bezpostaciowego lepszczca ulega zupełnej zmianie. Rosenhain, określając je początkowo jako ciecz przechłodzoną, później mówi o niej jako o „nieregularnej“ międzykrystalicznej warstwie i wyraża przypuszczenie, że warstwy na granicach ziarn mogą się składać z drobnitkich krystalitów rozłożonych w bezpostaciowej osnowie. Nowe koncepcje do teorii granic ziarn wprowadzają w roku 1929 Hargreaves i Hills [2], określając budowę granicy ziarn jako przejściową sieć krystaliczną. Nagromadzone od tego czasu wiadomości, uzyskane głównie za pomocą dyfrakcji promieni Roentgena, obaliły teorię o istnieniu substancji bezpostaciowej



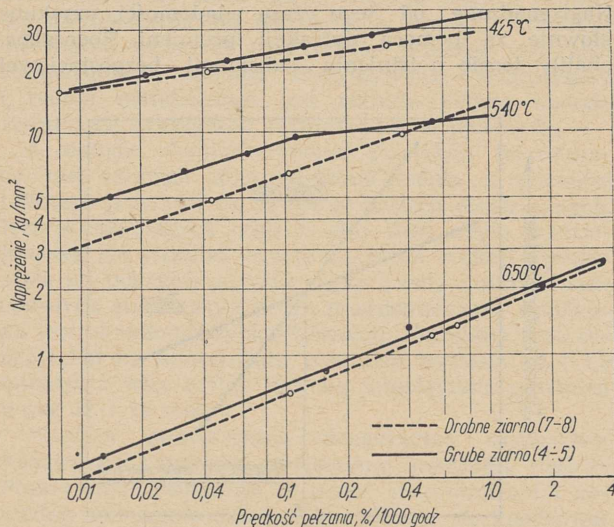
Rys. 1. Określenie temperatury równej spójności

oddzielającej poszczególne ziarna. Procesy odkształceń zbadano wszechstronnie i obecnie nie ma wcale potrzeby zakładania istnienia warstwy Beilby'ego w celu wyjaśnienia zjawisk z nimi związanych.

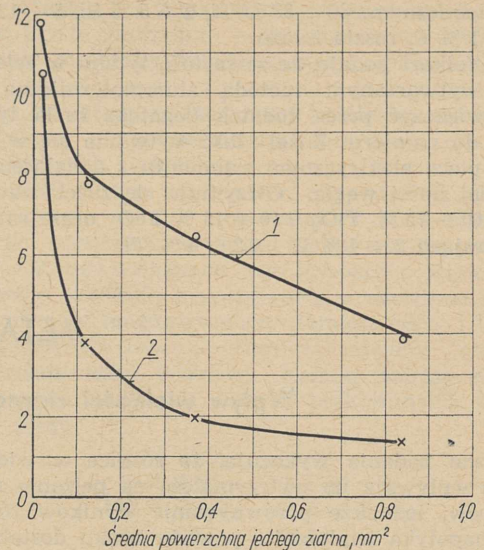
Z teoretycznego punktu widzenia istnienie w metalach stałego bezpostaciowego stanu o dość dużych objętościach jest bardzo mało prawdopodobne. Możliwości istnienia bezpostaciowej, stałej, makroskopowej warstwy Beilby'ego przełoży łatwości przebiegu procesów dyfuzji w metalach, małe odległości potrzebne dla zmiany bezpostaciowego układu atomów na uporządkowany oraz termiczne fluktuacje atomów. Badania nad roztworami stałymi i zjawiskami dyspersji oraz szybki rozwój teorii dyslokacji, wyjaśniającej mechanizm procesów odkształcania metali, rzuciły również więcej światła na budowę metali. Przypuszcza się obecnie, że granice ziarn stanowi nieregularna sieć krystaliczna łącząca różnie zorientowane ziarna. W przeciwnym razie do bezpostaciowej struktury atomowej warstwy Beilby'ego, tu atomy na granicach ziarn mają ściśle określone położenie, wynikające z kierunku krystalograficznych osi ziarn przyległych.

Wyniki badań Jeffriesa wywarły silny wpływ na teorie wyjaśniające wpływ wielkości ziarna na wytrzymałość na pełzanie. Rozszerzając poglądy Jeffriesa usiłowano [3, 4] wyjaśnić zaobserwowane zależności istnieniem temperatury równej spójności, powyżej której odporność na pełzanie struktur gruboziarnistych jest większa aniżeli drobnoziarnistych. Poniżej tej temperatury zależność jest odwrotna.

Clark i White [5] opublikowali w 1932 r. wyniki licznych doświadczeń na temat związku pomiędzy zjawiskiem rekrytalizacji, wielkością ziarna i wytrzymałością na pełzanie. Podczas doświadczeń przeprowadzanych nad mosiadzami i brązami, które zginiato w różnym stopniu na zimno i następnie wyżarzano przez 100 godzin, autorzy ci określali „najniższą” temperaturę rekrytalizacji, a następnie porównywali końcową strukturę i twardość z temperaturą wyżarzania. Wyniki prób pełzania potwierdziły hipotezę o istnieniu temperatury równej spójności. Powyżej najniższej temperatury rekrytalizacji wytrzymałość na pełzanie struktur gruboziarnistych była większa niż drobnoziarnistych, a poniżej tej temperatury większą wytrzymałość na pełzanie wykazywały struktury drobnoziarniste. Nie można jednak tych wniosków przyjmować bez zastrzeżeń, z uwagi na niedostateczną ilość prób oraz niejasne określenie „najniż-



Rys. 2. Wpływ wielkości ziarna na prędkość pełzania stali manganowo-molibdenowej



Rys. 3. Wpływ wielkości ziarna na pełzanie ołowiu o dużej czystości przy temperaturze pokojowej pod naprężeniem $0,35 \text{ kg/mm}^2$

1 — odkształcenie po 100 dniach, 2 — najmniejsza prędkość pełzania $\text{mm/mm/dzień} \cdot 10^4$

szej” temperatury rekrytalizacji. Procesy rekrytalizacji są bowiem funkcją stopnia zginiato, temperatury i czasu.

W pracy ogłoszonej w 1934 r. White i Clark [6] zwracają uwagę na wpływ wielkości ziarna austenitu na wytrzymałość na pełzanie stali, nie podając jednak, w jaki sposób określili wielkość ziarna austenitu; prawdopodobnie zastosowali zwykłą metodę ośmiogodzinnego nawęglania przy 930°C . Badano stale o zawartości $0,25\% \text{ Mo}$ i $1,25\% \text{ Mn}$ oraz $0,5\% \text{ Mo}$. Wielkość ziarna pierwszej stali wynosiła 7 do 8 i 4 do 5, drugiej 8 i 4 do 5. Jeżeli chodzi o stal manganowo-molibdenową (rys. 2), przy 650 , 540 i 425°C , struktury gruboziarniste (wielkość ziarna 4 do 5) wykazywały większą wytrzymałość na pełzanie niż struktury drobnoziarniste (wielkość ziarn 7 do 8). Interpretując otrzymane wyniki na podstawie hipotezy o istnieniu temperatury równej spójności, należałoby uznać możliwość jej istnienia poniżej 425°C . Ponieważ temperatura równej spójności ma być jednocześnie najniższą temperaturą rekrytalizacji, słuszność tego przypuszczenia jest mało prawdopodobna. Należy również podkreślić, że w opisach brak prób wyjaśnienia, jakim sposobem w badanych stalach uzyskano różną wielkość ziarn. Być może, iż różnice te spowodowały zastosowanie odmiennej techniki odtleniania stali, wskutek czego uzyskane wyniki nie odzwierciedlają wpływu wielkości ziarna.

Clark i White [7] w roku 1936 ponownie wypowiedzieli swe twierdzenie o związku między temperaturą, wielkością ziarn i wytrzymałością na pełzanie, rozciągając je również na ziarno austenitu, lecz nie podali żadnych nowych dowodów na poparcie swych przypuszczeń.

Mc Keown [8] badał wpływ wielkości ziarna na wytrzymałość na pełzanie czystego ołowiu przy temperaturze pokojowej. Temperatura rekrytalizacji badanych próbek była niższa od temperatury badania. Różną wielkość ziarna wyciskanego ołowiu uzyskiwano przez rekrytalizację przy temperaturze pokojowej. Jako miarę wytrzymałości na pełzanie przyjęto całkowite odkształcenie po stu dniach próby oraz najmniejszą prędkość pełzania (rys. 3). Stwierdzono charakterystyczny szybki wzrost prędkości pełzania w miarę zmniejszania się wielkości ziarna.

Weaver [9] usiłował wyodrębnić i zbadać wpływ wielkości ziarna stali na wytrzymałość na pełzanie. Na podstawie statystycznej analizy około 30 prób pełzania, przeprowadzonych przy 450 °C na stalach niklowo-chromowo-molibdenowych (SAE 4330) o jednakowym nominalnym składzie chemicznym, Weaver wyprowadził wniosek, że dla największej wytrzymałości na pełzanie istnieje pewna optymalna wielkość ziarna. Badane stale wykazywały wytrzymałość na pełzanie (określone jako naprężenie wywołujące prędkość pełzania 1 % na 100 000 godzin) w granicach od 28,1 do 12,7 kg/mm², co prawdopodobnie jest odzwierciedleniem różnic w sposobie wytopu, składzie chemicznym, obróbce cieplnej i w wielkości ziarna oraz strukturze. Wszystkie próbki miały drobnoziarnistą strukturę ferrytyczno-karbidyczną. Wielkość ziarn węglików określano odpowiednim trawieniem i porównywano ją z wytrzymałością na pełzanie. Sposób przeprowadzenia badania wywołuje pewne zastrzeżenia: twierdzenie Weavera, że badane struktury były jednakowe, odnosi się zapewne do typu struktur, gdyż załączone mikrofotografie wykazują wyraźne różnice, np. w grubości płytek węglików. Równoczesne zmiany innych czynników pozwalają przypuszczać, że na uzyskane wyniki oprócz wielkości ziarna wywarły wpływ jeszcze inne czynniki.

Weaver [10] w następnej pracy ponownie rozważał wpływ wielkości ziarna i podobnie jak poprzednio doszedł do wniosku, że istnieje optymalna wielkość ziarna dla największej wytrzymałości na pełzanie przy danej temperaturze. Najwięcej uwagi poświęcił Weaver stalom molibdenowym. Struktura tych stali składała się z ferrytu i perlitu, a oznaczane tzw. „ziarno strukturalne“ obejmowało zarówno ziarna ferrytu jak i perlitu. Zmiany wielkości ziarna uzyskiwano przez chłodzenie badanych próbek od różnych temperatur powyżej A_{c3} . Jest rzeczą jasną, że i w tym wypadku wielkość ziarna nie była jedynym zmiennym czynnikiem, ponieważ równocześnie ulegała zmianie obróbka cieplna. W wynikach przedstawionych przez Weavera nie zaznaczyły się wyraźnie optymalne wartości i dlatego jego wnioski budzą zastrzeżenia.

Badając wpływ zmiennych czynników wytwarzania stali na wytrzymałość na pełzanie Cross i współpracownicy [11 ÷ 13] usiłowali wyodrębnić wpływ wielkości ziarna w stalach ferrytyczno-karbidycznych. Mimo że warunki przeprowadzania prób nie pozwoliły im całkowicie osiągnąć celu, to jednak niektóre wyniki prób zasługują na uwagę. Rozpatrywano wpływ ziarna austenitu. Jedną z badanych stali 0,35 % C, o ziarnie 0 do 4 według skali ASTM, wykazała przy 445 °C prędkość pełzania wynoszącą zaledwie 1/5 prędkości pełzania podobnej stali, lecz o ziarnie 7 do 8. Podobny wzrost wytrzymałości na pełzanie ze wzrostem wielkości ziarna austenitu zaobserwowano u innych badanych stali. Wyjątek stanowiła stal 0,37 % C i 0,18 % V, której dość dużą wytrzymałość na pełzanie przy drobnym ziarnie udało się tylko nieznacznie powiększyć przez wywołanie gruboziarnistej struktury. Lowther i Cross badali później czyste żelazo (0,003 % C) i stop żelaza z krzemem (0,003 % C i 0,5 % Si). Stwierdzone prędkości pełzania zależały wyraźnie od wielkości ziarna austenitu. Badane próbki chłodzone były z różną prędkością (w powietrzu lub w piecu), nie zachowano więc niezmiennych warunków badań w celu wyjaśnienia wpływu wielkości ziarna.

Buchholtz i współpracownicy [14] uzyskali przez zmiany wielkości ziarna, wywołane różnym sposobem odtleniania, znaczny wzrost wytrzymałości na pełzanie (według DVM) przy 500 °C: wytrzymałość na pełzanie stali węglowych o strukturze gruboziarnistej wynosiła 100 %, a stali niskostopowych molibdenowych

i chromowo-molibdenowych 30 do 40 % więcej niż wytrzymałość na pełzanie tychże stali o strukturze drobnoziarnistej.

Podobne wnioski w odniesieniu do stali węglowych wynikają z późniejszej pracy Benneka i Bandela [15]. Stal węglowa 0,30 % C o ziarnie rzeczywistym wielkości 4 według skali ASTM, miała przy 500 °C wytrzymałość na pełzanie według DVM 8 kg/mm², podczas gdy stal o podobnym składzie (z wyjątkiem zawartości Al) i o ziarnie wielkości 6 według skali ASTM, miała przy tej temperaturze wytrzymałość na pełzanie tylko 4 kg/mm². Badane stale były normalizowane przy 900 °C, a różnice w wielkości ziarna wywoływano dodając różne ilości aluminium.

Hanson [16], rozważając ogólnie zagadnienie pełzania, podkreślił, że wielkość ziarna jest ważnym czynnikiem wpływającym na procesy pełzania, lecz nie uznał za słuszną hipotezy o istnieniu temperatury równej spójności. Stwierdził on, że dotychczas brak odpowiedniego wyjaśnienia wpływu wielkości ziarna na odporność na pełzanie. Zagadnienie to wymaga według niego uwzględnienia prędkości odkształcania.

Gillet [17] dokonując przeglądu publikacji poświęconych zagadnieniu pełzania, zauważył, że metale nieżelazne przy dostatecznie wysokich temperaturach wykazują większą wytrzymałość na pełzanie przy grubszym ziarnie, natomiast drobniejsze ziarno jest lepsze przy temperaturach niższych. Według jego poglądu ziarno austenitu wywiera niewątpliwą wpływ na pełzanie, natomiast dalszych badań wymaga kwestia wpływu ziarna rzeczywistego. Rozważając teorie usiłujące wyjaśnić zależność wytrzymałości na pełzanie od wielkości ziarna, a zwłaszcza hipotezę o istnieniu temperatury równej spójności, wypowiedział się Gillet przeciwko niej, podkreślając, że temperatura ta nie jest określona i nie wyjaśnia zagadnienia. Gillet tłumaczy wpływ wielkości ziarna niedoskonałościami (defektami) sieci krystalicznej oraz karcami zarówno wewnątrz ziarna, jak i na granicach ziarn. Przypuszcza on, że defekty na granicy ziarn są bardziej złożone aniżeli wewnątrz ziarna i ze wzrostem temperatury nie znikają w tym samym stopniu, co wewnątrz ziarn. „Defekty“ wewnątrz ziarn mają silniejszą tendencję do zanikania z powodu zwiększonej ruchliwości atomów. Granice ziarn mogą przeto być źródłem osłabienia materiału w większym stopniu przy temperaturach wysokich aniżeli przy niskich. Dodatni wpływ grubszego ziarna wynika ze zmniejszenia całkowitej powierzchni granic ziarn, a tym samym ilości miejsc osłabiających metal. Gillet nie uzasadnił swoich przypuszczeń ani teoretycznie, ani doświadczalnie. W krańcowym przypadku pojedynczy kryształ powinien być wytrzymalszy na pełzanie od materiału wielokrystalicznego, jednakże dane doświadczalne przeczą temu.

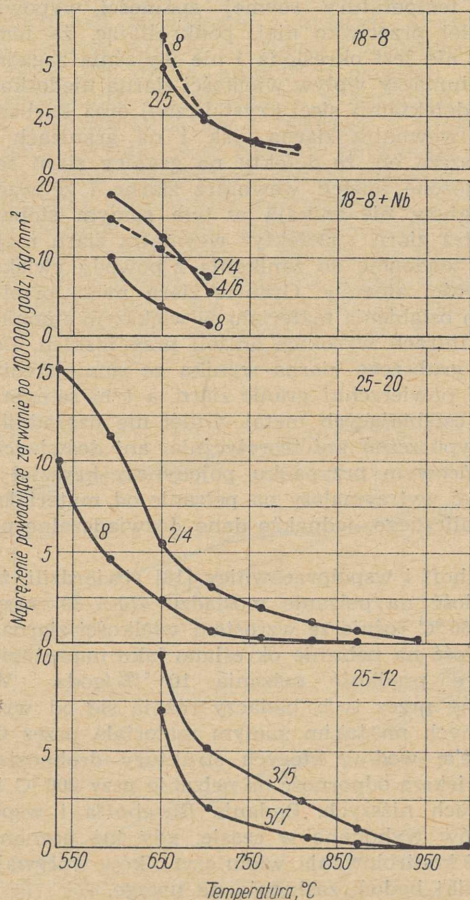
Burghoff i współpracownicy [18] stwierdzili, że wytrzymałość na pełzanie mosiądzu (70 ÷ 30) przy 150, 200 i 260 °C rośnie ze wzrostem wielkości ziarna. Wytrzymałość na pełzanie określano jako naprężenie wywołujące prędkość pełzania 10⁻⁵ %/godz. Wyniki uzyskane przez tych badaczy różnią się od wyników uzyskanych na takim samym materiale przez Clarka i White'a, według których struktury drobnoziarniste mają większą odporność na pełzanie przy 200 °C i temperaturach niższych. Badania Burghoffa i współpracowników wykonane w czasie, gdy już poznano doniosłość kontrolowania wielu czynników wpływających na wyniki badań, zasługują na uwagę.

Wpływ wielkości ziarna przy uwzględnieniu poręcznych wymiarów próbek badali Parker i Riisness [19]. Uwzględnienie przekroju próbki staje się szczególnie ważne, gdy wielkość ziarna jest tego samego

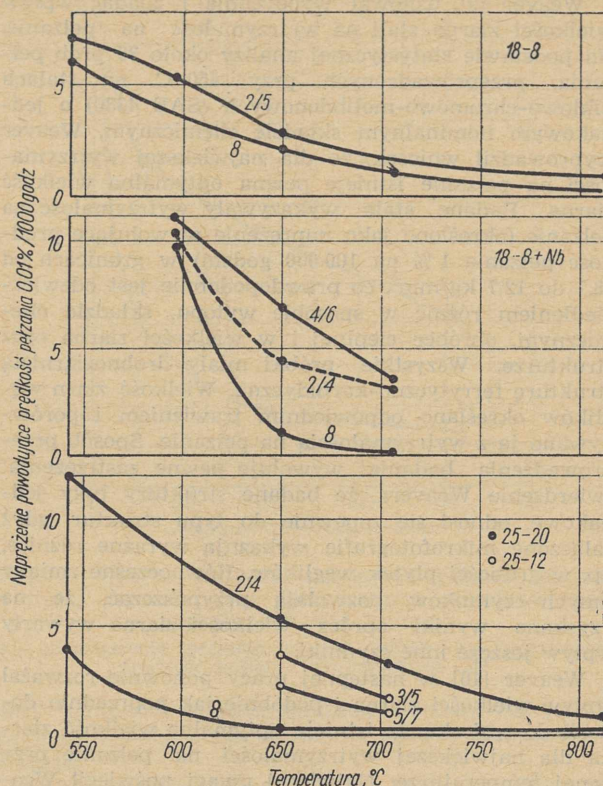
rzędu, co powierzchnia poprzecznego przekroju próbki. Parker i Riisness wykonywali swe badania na miedzi nie zawierającej tlenu. Ilość ziarn przypadająca na 1 mm² przekroju poprzecznego badanych próbek wynosiła od 3 do 500, średnice próbek wynosiły około 4, 10 i 13 mm; próby pełzania wykonywano przy 200 °C.

Autorzy stwierdzili, że wytrzymałość na pełzanie nie zależy od wielkości ziarna, zaznaczył się natomiast wpływ średnicy próbek: próbki o średnicy 10 i 13 mm miały jednakową wytrzymałość na pełzanie, natomiast próbki o średnicy 4 mm były na nie mniej wytrzymałe, zwłaszcza przy większych naprężeniach. Prawdopodobnie różnice te wystąpiły na skutek większego wpływu utlenienia w próbkach o mniejszej średnicy, a więc o dużym stosunku powierzchni do objętości. Wniosek ten zdaje się potwierdzać późniejsze doświadczenie: po pokadmowaniu próbki o najmniejszej średnicy uzyskano znaczne zwiększenie wytrzymałości na pełzanie.

Badania Clarka i Freemana [20] wykazały również znaczny wpływ wielkości ziarna na własności stali austenitycznych. Próby pełzania i pełzania-zerwania przeprowadzano w zakresie temperatur od 540 do 980 °C na czterech gatunkach stali: 18 Cr—8 Ni, 18 Cr—8 Ni z dodatkiem 0,88 Nb, 25 Cr—20 Ni oraz 25 Cr—12 Ni. Przez zastosowanie różnej obróbki cieplnej (przesycanie, normalizowanie) uzyskano w próbkach ciągniętych na zimno ziarno drobne i grube. Uzyskane wyniki przedstawiają rys. 4 i 5. W niektórych przypadkach wpływ wielkości ziarn jest znaczny. Charakterystyczny jest przebieg krzywych zależności wytrzymałości na pełzanie od temperatury (rys. 5); brak punktów przecięcia krzywych odpowiadających



Rys. 4. Wpływ wielkości ziarna na naprężenie powodujące zerwanie różnych stali austenitycznych po 100 000 godzin (wielkość ziarna w skali ASTM podano na rysunku)

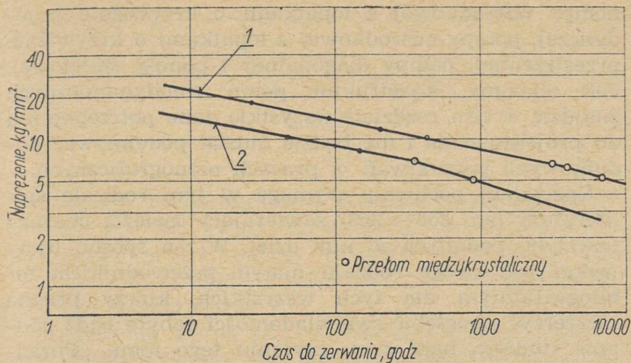


Rys. 5. Wpływ wielkości ziarna na wytrzymałość na pełzanie określoną jako naprężenie wywołujące prędkość pełzania 0,01% na 1000 godzin różnych stali austenitycznych (wielkość ziarna w skali ASTM podano na rysunku)

strukturze drobnoziarnistej i gruboziarnistej (wielkość ziarn według skali ASTM podano na rysunku), świadczy o tym, że wytrzymałość na pełzanie struktur gruboziarnistych jest w badanym zakresie temperatur większa aniżeli wytrzymałość na pełzanie struktur drobnoziarnistych. Ze względu na sposób, którego użyto do wywołania różnic w wielkości ziarn, otrzymane wyniki odzwierciedlają łączny wpływ wielkości ziarna i obróbki cieplnej, tym bardziej, że w niektórych przypadkach stwierdzono pojawienie się w strukturach drobnoziarnistych nieznannej fazy, która prawdopodobnie zmniejszała wytrzymałość na pełzanie. Podczas późniejszych badań zidentyfikowano tę nieznaną fazę jako fazę Sigma.

Wyraźny wpływ na własności metali w próbach pełzania do zerwania wywiera również wielkość ziarn. Thielemann [20] wykazał, że wytrzymałość na pełzanie do zerwania stali zawierającej 0,12% C, 3% Cr i 0,5% Mo przy 595 °C rośnie ze wzrostem wielkości ziarna (rys. 6), chociaż przypuszczać można, że na uzyskane przez niego wyniki wywarły wpływ także różnice w mikrostrukturze. Położenie punktów, w których proste na rys. 6 zmieniają nachylenie, świadczy o tym, że w strukturach gruboziarnistych przełom międzykrystaliczny pojawia się później aniżeli w strukturach drobnoziarnistych.

Omówione badania różnych autorów wykazują różnice w wynikach doświadczeń i w poglądach na wpływ wielkości ziarna na wytrzymałość na pełzanie metali. Ogólnie jednak stwierdzono, że wielkość ziarna jest ważnym czynnikiem wpływającym na wytrzymałość na pełzanie. Nie osiągnięto dotychczas zgodności poglądów co do tego, czy wytrzymałość stali na pełzanie zależy od wielkości ziarna austenitu, czy też od wielkości ziarna wtórnego. We wszystkich dotychczasowych próbach określania wpływu wielkości ziarna nie



Rys. 6. Wpływ obróbki cieplnej zmierzającej do wywołania większego ziarna, na wytrzymałość na pełzanie do zerwania stali chromowo-molibdenowej przy temperaturze 595 °C. Obróbka cieplna:

1 — 2 godziny 950 °C/piec, 2 — walcowanie na gorąco i wyzarzanie przy 850 °C

udało się wyodrębnić tej zmiennej od wpływu innych równocześnie oddziałujących czynników. Różnice w sposobie odtleniania, w obróbce cieplnej lub mikrostrukturze zniekształcają wyniki badań. Wydaje się mało prawdopodobne, aby można było zrealizować doświadczenia, w których jedyną zmienną będzie wielkość ziarna. Przypuszczalnie najwiarygodniejsze wyniki uzyskać można w próbach pełzania metali o bardzo dużej czystości, chociaż i w tym przypadku oprócz wielkości ziarna oddziaływać będą różnice w sposobie rozmieszczenia zanieczyszczeń i w ich kształcie.

W świetle przytoczonego materiału doświadczalnego, wykazującego w wielu przypadkach rozbieżność wyników i niedoskonałość metody badań, zrozumiały staje się brak teorii, która by dostatecznie wyjaśniała wpływ wielkości ziarna na wytrzymałość na pełzanie. Ogólnie uznawana hipoteza o istnieniu temperatury równej spójności, powyżej której wytrzymałość na pełzanie struktur gruboziarnistych jest większa niż drobnoziarnistych, poniżej zaś której większa jest odporność struktur drobnoziarnistych, jest uogólnieniem koncepcji Jeffriesa, nie mającym dostatecznych podstaw doświadczalnych i teoretycznych. Niektóre doświadczenia dały wyniki sprzeczne z tą hipotezą, w innych doświadczeniach różnice były zbyt małe, aby móc wyciągnąć z nich pewne wnioski, a tylko część wyników badań potwierdza możliwość istnienia temperatury równej spójności w odniesieniu do odporności na pełzanie.

Żaden z badaczy nie wyeliminował wpływów innych czynników, związanych ze zmianami wielkości ziarna. Przed sformułowaniem właściwej teorii konieczne jest nagromadzenie większej ilości wiadomości o mechanizmie odkształcenia samych kryształów i granic ziarn oraz o oddziaływaniu wzajemnym ziarn sąsiednich i całych grup ziarn w procesie odkształceń podczas pełzania.

Zagadnienie wpływu wielkości ziarna jeszcze bardziej komplikują dobrze już obecnie znane zjawiska tworzenia się „podstruktur“ w czasie pełzania. Jest rzeczą bardzo prawdopodobną, że elementy podstruktury, na które rozpada się ziarno, wywierają znaczny wpływ na odporność na pełzanie, lecz dotychczas brak jakichkolwiek badań w tym kierunku.

Mimo trudności wyjaśnienia istoty wpływu wielkości ziarna na wytrzymałość na pełzanie oraz mimo trudności związanych z wyodrębnieniem tego czynnika podczas badań polepszenie wytrzymałości na pełzanie metali i stopów przez uzyskanie odpowiedniej wielkości ziarna jest zagadnieniem technicznym ważnym.

Prawdopodobnie wiele będzie można osiągnąć w tej dziedzinie przez systematyczne badanie stali węglowych i niskostopowych z tego punktu widzenia, co może się przyczynić do polepszenia ich własności przy wyższych temperaturach.

Literatura

1. R. King, B. Chalmers. Progress In. Metal Physics, Londyn, 1949.
2. F. Hargreaves, R. J. Hills. J. Inst. Met. 41, 1929, 257.
3. J. J. Kanter, L. W. Spring. Proc. ASTM 30, 1930, II, 110.
4. A. E. White, G. L. Clark. Trans. ASM 22, 1934, 1069.
5. G. L. Clark, A. E. White. Proc. ASTM 32, 1932, II, 492.
6. A. E. White, G. L. Clark. Trans. ASM. 22, 1934, 1069.
7. G. L. Clark, A. E. White. Trans. ASM 24, 1936, 831.
8. Mc J. Keown. J. Inst. Metals. 60, 1937, 201.
9. S. H. Weaver. Proc. ASTM 38, 1938, II, 176.
10. S. H. Weaver. Gen. Elec. Rev. 43, 1940, 357.
11. H. C. Cross, J. G. Lowther. Proc. ASTM 38, 1938, I, 149.
12. H. C. Cross, J. G. Lowther. Proc. ASTM 40, 1940, 125.
13. H. C. Cross, W. Simmons. Proc. ASTM, 44, 1944, 161.
14. H. Buchholtz, R. Pusch, K. Linden. Stahl u. Eisen 59, 1939, 331.
15. H. Bennek, G. Bandel. Stahl u. Eisen 63, 1943, 659.
16. D. Hanson. Trans. AIME 133, 1939, 15.
17. H. W. Gillet. Trans. AIME 135, 1939, 15.
18. H. L. Burghoff, A. I. Blank, S. E. Madigan. Proc. ASTM 42, 1942, 668.
19. E. R. Parker, C. R. Riisness. Trans. AIME 156, 1944, 117.
20. C. L. Clark, J. W. Freeman. Trans. ASM 33, 1944, 150.

W. Tomaszczyk

WŚRÓD KSIĄŻEK

Mechanik. Poradnik techniczny. Tom IV, część druga. Pompy, sprężarki i maszyny chłodnicze. Wydanie trzecie, całkowicie przerobione. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1953. Format B6, str. VIII + 671 z wielu rysunkami i tablicami, cena w opr. płóc. 54 zł.

Wydane dotąd tomy znakomitego dzieła zbiorowego pt. Poradnik techniczny „Mechanik“, zapoczątkowane przez Instytut Wydawniczy SIMP a opracowywanego pod naczelną redakcją inż. Adama Tadeusza Troskołańskiego, można podzielić na następujące grupy: nauki matematyczno-fizyczne i ogólnotechniczne oraz

zagadnienia konstrukcyjne, technologiczne i organizacyjne. Tom IV/2, przeznaczony jest przede wszystkim dla konstruktorów, a w mniejszym stopniu dla instalatorów i użytkowników.

Dział A („Pompy“) rozpoczyna się wstępem zawierającym wykład inż. *Troskolańskiego* pt. „Pompy i urządzenia do przenoszenia cieczy“ obejmującym (str. 3 ÷ 36) klasyfikację pomp opartą na kinematyce ich organów roboczych oraz na zależnościach zachodzących między podstawowymi wielkościami w bilansie energetycznym pomp, przy czym autor zacieśnia pojęcie pomp do tych przenośników cieczy, których działanie polega na wytwarzaniu różnicy ciśnień za pomocą ruchomego organu roboczego (łoka lub wirnika). Do pozostałych grup przenośników cieczy inż. *Troskolański* zalicza ejetory i injektory, tarany hydrauliczne, urządzenia pneumatyczne do podnoszenia cieczy i powietrzne podnośniki cieczy. Wykład ten stanowi pierwszą w literaturze technicznej próbę znormalizowania podstawowych wielkości występujących w bilansie energetycznym pomp, a podane w nim wzory mają charakter uniwersalny, odnoszą się bowiem do cieczy o różnych ciężarach właściwych. Ponadto po raz pierwszy rozgraniczono tu w sposób ścisły pojęcia wysokości podnoszenia: manometrycznej i użytecznej określane w literaturze i w normach rozmaicie i nie zawsze jednoznacznie.

W rozdziale I działu A noszącym tytuł „Pompy wyporowe“ (str. 37 — 188) omówiono pompy tłokowe, skrzydełkowe, rotacyjne, puszkowe i tarczowe (najobszerniej — rzecz prosta — pompy tłokowe).

W części A tego rozdziału zatytułowanej „Pompy o ruchu łoka posuwisto-zwrotnym“ (str. 37 — 145) prof. inż. *Mieczysław Arkuszewski* podaje w zwięzłym, lecz jasnym ujęciu całokształt naszej dzisiejszej wiedzy o pompach tłokowych, które już przed wielu laty osiągnęły szczyty swego rozwoju konstrukcyjnego, a i obecnie — mimo stałego rozszerzania się zakresu stosowności pomp rotodynamicznych (ściślej: rotokinetycznych) — odgrywają nadal wybitną rolę przy zasilaniu urządzeń hydraulicznych o wysokich ciśnieniach roboczych.

W pozostałych częściach (B, C, D i E; str. 146 — 188) tegoż rozdziału inż. *Troskolański* (z wyjątkiem paragrafu 6 części C na str. 162 — 177 traktującego o pompach zębatych, który napisał prof. *Arkuszewski*) przeprowadził staranną selekcję typów pomp wyporowych i rozpatrzył jedynie typy najczęściej stosowane. Na szczególną uwagę w części C zasługuje § 7 opisujący m. in. pompy śrubowe trójwirnikowe (str. 178 ÷ 180), których wydajności dochodzą do 300 m³/h, wysokości podnoszenia do 200 at, a szybkości do 8000 obrotów na minutę.

W rozdziale II działu A zatytułowanym „Pompy rotodynamiczne“ (str. 189 — 358) święci tryumfy idea pracy zespołowej: jego autorzy — inżynierowie *Szczepan Łazarkiewicz*, *Adam Tadeusz Troskolański* i *Stefan Twardowski* (założyciel polskiego przemysłu pomp rotodynamicznych) — łączą świetne opanowanie teoretyczne rozważanych przez siebie zagadnień z wielkim doświadczeniem konstruktorskim i produkcyjnym. Rozdział ten uwzględnia ostatnie osiągnięcia nauki oraz techniki w danej dziedzinie, a poziom jego jest bardzo wysoki.

Przy projektowaniu wirników z łopatkami o krzywiznie przestrzennej podano prócz metody punktowego wyznaczania powierzchni łopatki również i metodę odwzorowania podobnego (str. 254), przy obliczaniu wirników pomp śmigłowych omówiono metodę ruchu jednoparametrowego, metodę ruchu okrężnego wymuszonego i metodę aerodynamiczną, która coraz bardziej się rozpowszechnia. Dokonano też zupełnego obliczenia

pompy odśrodkowej z łopatkami o krzywiznie pojedynczej, pompy odśrodkowej z łopatkami o krzywiznie przestrzennej, pompy diagonalnej i pompy śmigłowej. Jak widzimy, konstruktor pomp rotodynamicznych znajdzie w tym rozdziale wszystkie dane potrzebne mu do projektowania i nie będzie musiał podejmować dodatkowych poszukiwań w pracach monograficznych.

Specjalnej pochwały wymaga w tym rozdziale spis literatury (str. 356 ÷ 358) zawierający zwięzłą charakterystykę podanych w nim dzieł. W ten sposób ujęty wykaz jest swego rodzaju małym przewodnikiem bibliograficznym dla tych wszystkich, którzy pragną rozszerzyć i pogłębić swe wiadomości nabyte bądź podczas studiów, bądź przy czytaniu tego tomu „Poradnika“. Godną zalecenia innowacją byłoby w następnym jego wydaniu oznaczenie w tekście — liczbami w prostokątnych nawiasach — dzieł, z których korzystano przy opracowywaniu danego zagadnienia.

W przyszłości w tomie IV/2 należałoby poświęcić nieco więcej miejsca ejetorom i injektorom, które dzięki niezawodności swego działania stosuje się dziś — do podnoszenia cieczy jednorodnych i cieczy unoszących części stałe — coraz częściej. W polskiej literaturze technicznej temat ten nie doczekał się jeszcze opracowania.

Poza tym pożądane byłoby podanie obszerniejszych wiadomości o instalowaniu pomp rotodynamicznych różnych typów z rysunkami wykonanych instalacji pompowych, przykładów współpracy kilku pomp, obliczenia powietrznika na rurze tłocznej pompy oraz obliczenia urządzenia hydroforowego spotykanego w wodociągach przemysłowych.

Powinno się także rozszerzyć wskazówki dotyczące obsługi pomp i usuwania niedomagań w ich pracy, ponieważ pompy rotodynamiczne należą — obok dźwignic — do najbardziej rozpowszechnionych maszyn w różnych gałęziach wytwórczości i znajomość zasad ich instalowania oraz obsługi jest do zapewnienia prawidłowego ich działania nieodzowna.

Wstęp („Podział i zastosowanie sprężarek“ [str. 361 ÷ 364] tudzież rozdział I („Sprężarki wyporowe“) [str. 365 ÷ 450] działu B („Sprężarki“) przygotował do druku prof. inż. *Stanisław Zienkiewicz*, a rozdział II („Sprężarki odśrodkowe i wentylatory“) [str. 451 ÷ 582] — inż. *Leon Niemand*.

W rozdziale I działu B autor jego omówił dwa główne rodzaje sprężarek wyporowych: sprężarki tłokowe i sprężarki rotacyjne ilustrując metody obliczania sprężarek dobrze dobranymi przykładami i podając wiele prawdziwie wartościowego materiału bądź teoretycznego, bądź w postaci tablic, wykresów i rysunków, co ze względu na szczupłą objętość tego rozdziału zasługuje na szczególne uznanie. Ugrupowanie treści jest w nim przejrzyste a zarazem celowe i odpowiada kolejności pracy konstruktora (§ 9 o chłodzeniu należałoby jednak umieścić bezpośrednio po ustępie 2 paragrafu 2 traktującym o sprężaniu wielostopniowym, tj. na str. 376).

W następnym wydaniu tomu IV/2 „Poradnika“ pożądane byłoby wprowadzenie w tym rozdziale pewnych uzupełnień i poprawek, a mianowicie:

1. W tabl. 2/I na str. 372 autor podał wartości wyróżnika szybkobieżności różnych typów sprężarek, nie podał wszakże jego oznaczenia i nie wyjaśnił w tekście pochodzenia tej wielkości klasyfikacyjnej, nader ważnej dla innych rodzajów maszyn, np. turbin wodnych i pomp rotodynamicznych.
2. Na str. 381 wzór [3, 5] jest błędny (wyrażenie w prostokątnym nawiasie).
3. Na str. 382 w wierszu 14 od góry wyrażenie $s_1 - s_3$ należy zamknąć nawiasem.

4. Na str. 383 w wierszu 3 od góry zamiast

$$\varphi = \frac{D_1^2 - d^2}{D_1^2} \text{ ma być:}$$

$$\varphi = \frac{2 D_1^2 - d^2}{2 D_1^2}$$

5. Wstęp w paragrafie 4 powinny się zakończyć na str. 396 uwagą, że wysokość próżni osiągniętej przez mokre pompy tłokowe ograniczona jest również ciśnieniem nasyconej pary wody przy danej temperaturze.

6. Rysunek 4/3 na str. 398 należy odwrócić o 180°.

7. Podane na str. 405 dopuszczalne naprężenie zginające w płytках zaworów $\sigma \leq 3000 \text{ kG/cm}^2$ jest — jeżeli się uwzględni charakter pracy płytek — za wysokie.

8. Na str. 443 rys. 3/2 trzeba tak przerysować, aby zajął położenie odwrócone o 180°, a rys. 3/4 odwrócić o 180°.

9. Rysunek 3/5 na str. 444 przedstawiający zużycie mocy na wale różnych typów pomp próżniowych należy poprawić, gdyż podane na nim wartości są znacznie niższe od wartości podawanych w katalogach fabryk produkcyjnych pompy próżniowe.

Rozdział II działu B obejmuje całość zagadnień związanych z obliczaniem i konstrukcją sprężarek odśrodkowych oraz wentylatorów, temat zatem tak obszerny, że autor tego rozdziału zmuszony był ująć go w dużym streszczeniu (np. coraz szerzej dziś stosowane sprężarki i wentylatory śmigłowe wielostopniowe nie zostały w nim uwzględnione). Zalecę pracy inż. Niemanda stanowi obfitość podanego w niej materiału i szczegółowe opracowanie przykładów, główną natomiast wadę niewłaściwy układ treści polegający na połączeniu opisu sprężarek i wentylatorów, których konstrukcja, jakkolwiek oparta na tych samych podstawach teoretycznych, jest zasadniczo odmienna. Ponadto ujemną stroną tej pracy są liczne błędy rzeczowe i drukarskie, spośród których oprócz 30 błędów sprostowanych w „erracie“ zauważyłem jeszcze 89 innych. Nie chcąc nużyć czytelników „Hutnika“ lekturą wykazu owych błędów, wad, usterek, niedociągnięć itp., ograniczam się tu do zaznaczenia, że w następnym wydaniu tomu IV/2 „Poradnika“ dobrze byłoby dokonać w tym rozdziale przynajmniej następujących zmian:

- Kąty pochylenia łopatek wirnika zaleca się oznaczać tak, jak to od dawna przyjęto czynić w wielu dziełach traktujących o pompach rotodynamicznych, sprężarkach oraz wentylatorach: kąt mierzy się między wektorem prędkości względnej v a ujemnym kierunkiem wektora prędkości obwodowej u .
- Należy zarzucić sposób obliczania wartości wyróżnika szybkoobrotowości oparty na dowolnie obranej wartości ciśnienia statycznego 30 mm słupa wody i wprowadzić znacznie racjonalniejszy sposób stosowany w budowie pomp rotodynamicznych.
- W oznaczeniach powinno się unikać używania górnych i dolnych indeksów, gdyż powoduje ono powstawanie licznych błędów drukarskich (np. rzut prędkości bezwzględnej dla skończonej liczby łopatek na prędkość obwodową na wylocie wirnika lepiej jest oznaczać przez c_{3u} niż przez c'_{2u} itp.).
- Zasadę działania sprężarek odśrodkowych (str. 452) należy bezwarunkowo sformułować inaczej, a mianowicie zrozumiennie.
- Na str. 458 w wierszu 11 od dołu zamiast „przyrost ciśnienia 1 kG gazu“ powinno być „przyrost energii 1 kG gazu“, a na tej samej stronie we

wzorach [1,5] i [1,6] wymiarem wielkości po prawej stronie równania powinno być kG/m^2 . Z równo zdanie w wierszu 15 od dołu od słów „Oznaczając odpowiednio“, jak i zdanie w wierszu 6 od dołu od słów „Po wyjściu powietrza“ zbudowane jest nieudolnie.

- Występujący na str. 459 po raz pierwszy współczynnik φ_2 nie został tu nazwany współczynnikiem zawirowania strumienia przy założeniu nieskończonej liczby (nie „ilości“, jak na str. 452!) łopatek. Nazwy tej nie ma również w „Skorowidzu rzeczowym“.
- Na str. 461 w wierszu 9 od dołu zamiast „Praca L_i zostaje zużyta na pracę obiegu“ powinno być „Praca L_i zostaje zużyta na pracę sprężania“, a po wzorze [1, 20] należy dodać „gdzie L_r — praca zużyta na pokonanie strat wewnętrznych“.
- Na str. 465 liczby podane przy $p_t - p_s$ są właściwe, gdy p_t i p_s wyraża się w kG/cm^2 , nie zaś — jak w tekście — w kG/m^2 . Gdy ciśnienia są małe (jak np. w wentylatorach), wielkości ich należy wyrażać w kG/m^2 , a wysokości w mm słupa wody. Ustęp na dole tejże strony zaczynający się od słów „Bardzo często“ (o bezwymiarowych współczynnikach ciśnienia i wydajności) powinno się przenieść na str. 508 — 509, gdzie jest mowa o charakterystykach wentylatora.
- Na str. 467 we wzorze (1, 43) należy podać znaczenie β_G i β_{fp} (są to współczynniki straty szczelinowej i straty tarcia wirnika w gazie). W wierszu 6 od dołu zamiast „Zależnie od kształtu łopatki“ powinno być „Zależnie od wielkości kąta β_2 na wylocie z wirnika“.
- Na str. 470 na rys. 2/2 błędnie i niezgodnie z oznaczeniem podanym na str. 468 na rys. 2/1 oznaczono kąt wylotowy β_2 .
- Na str. 471 pod c) powinno być nie „najlepszą“, lecz „najprostszą“ formą łopatki jest linia prosta.
- Na str. 476 w wierszu 7 od dołu i następnych powinno być „Gdy łopatki zagięte są od przodu, $c_{p2} > u_2$ i energia kinetyczna gazu na wylocie z wirnika jest znacznie większa niż energia statyczna“.
- Na str. 478 w wierszu 12 od góry wzór określający N jest zbędny, podano go już bowiem na str. 466; poza tym powinno być N_m , a nie N_u . W wierszu 6 od dołu ma być nie N_o , lecz N_{fp} .
- Na str. 482, punkt c): wyrazy „wywołanej stratami szczelinowymi“ należy skreślić (wymiar wirnika na wlocie oblicza się po uwzględnieniu strat szczelinowych).
- Na str. 483 w wierszu 11 od dołu indeks przy v jest zbędny.
- Na str. 485 w wierszu 5 od góry: co to jest „moc hydrauliczna wentylatora“?
- Na str. 486, punkt c): powinno być $a_d \geq 12 - 15^\circ$; ponadto ani na str. 485, ani na str. 486 nie powiedziano, na czym polega działanie dyfuzora bezłopatkowego.
- Na str. 488 w wierszu 4 od góry powiedziano, że kąty rozwarcia na wyjściu z dyfuzora nie powinny liczyć więcej niż $10 - 12^\circ$, gdy tymczasem na str. 487 mówi się o tych samych kątach, iż mieszczą się w granicach $8 - 12^\circ$.
- Na str. 504 w wierszu 1 od dołu należy dodać, że wzór [4, 4] podaje Q w m^3/h .
- Na str. 505 w ustępie 3 powinno być „Charakterystyki wentylatora są to krzywe podające zależności między wielkościami charakteryzującymi pracę wentylatora“.
- Na str. 509 w wierszu 2 od dołu powinno być

- „znajdujemy wartość współczynnika ciśnienia ψ_u dla maksymalnej wartości η_{st} “.
22. Na str. 511 w wierszu 14 od góry powinno być „napędzaną przez turbinę lub silnik elektryczny“, a w wierszu 19 od dołu należy powiedzieć „odbywa się w dyfuzorze“.
 23. Na str. 531 w wierszu 10 od dołu wyrazy „korpusów oddzielnych“ należy skreślić.
 24. Na str. 535 w wierszu 6 od góry zamiast „(rys. 52)“ powinno być „(rys. 5/2)“. Na osi rzędnych tego rysunku brak jest oznaczenia ε .
 25. Na str. 540 w wierszu 16 od dołu należy powiedzieć „na zmniejszenie się strat i hałasu“.
 26. Str. 544, wiersz 10 od dołu. Uwaga: Obustronne uszczelnienia na wirniku wyrównują nacisk osiowy jedynie wówczas, gdy otwory wywiercone są w płaszczyźnie wirnika lub gdy przestrzeń między piastą a uszczelnieniem połączona jest z atmosferą albo też z króćcem wlotowym.
 27. Na str. 547 w wierszu 8 od góry zamiast „przy ilości obrotów $n = 1500$ obr/min“ powinno być „gdy liczba obrotów na minutę wynosi 7500“.
 28. Na str. 575 w wierszu 8 od góry powinno być „pojawia się w nienormalnych warunkach pracy“.
- Autorem ostatniego działu (działu C) tomu IV/2 „Poradnika“ pt. „Maszyny chłodnicze“ (str. 583 — 654) jest inż. Stanisław Kowalczewski, który z zadania poruczonego mu przez redakcję „Poradnika“ wywiązał się, zwłaszcza co się tyczy strony teoretycznej, w sposób nie budzący znaczniejszych zastrzeżeń. Wprowadzona przez autora nowa nazwa „sprężarki czołowe“ (str. 625) zamiast dawnej nazwy „podsprężarki“ jest odpowiednia.

Jakkolwiek — jeżeli idzie o hierarchię ważności poszczególnych zagadnień oraz wybór materiału treściowego — niektóre artykuły są w tomie IV/2, w zestawieniu z innymi zamieszczonymi w nim pracami, niezupełnie wyrównane, trzeba przyznać, że autorzy ich starali się usilnie o to, aby na każdym kroku służyć czytelnikowi też książki pomocą, radą i wskazówką.

Na czoło artykułów zawartych w recenzowanym tu tomie wysuwają się rozdziały o pompach, oparte są bowiem na mocnym fundamencie wiedzy, na wskroś nowoczesnie ujęte i niezwykle sumiennie opracowane. Cechuje je ponadto rygor wewnętrzny więzi kompozycyjnej, troska o jednolitą budowę całości, jasność w formułowaniu myśli i ścisłość naukowa w przedstawieniu tematu, połączone z oszczędnością wysłowienia.

Redakcja włożyła w to dzieło ogrom żmudnego trudu, gdyż niemal wszystkie prace wydrukowane w tomie IV/2 są w danych dziedzinach pierwszymi naprawdę wartościowymi publikacjami polskimi. Wymagało to oczywiście m. in. ustalenia słownictwa i symboliki w owych dziedzinach i było zadaniem nie należącym bynajmniej do łatwych, podobnie zresztą jak np. takie opracowanie rozdziału II działu A, aby młody konstruktor, który podczas swych studiów politechnicznych wykonał projekt turbiny wodnej, mógł — posiłkując się jedynie tomem IV/2 „Poradnika“ — samodzielnie zaprojektować pompę rotodynamiczną.

Tom IV/2 byłby niewątpliwie, gdyby nie rozdział B II, najbardziej udanym tomem „Poradnika“ wśród tych, które się dotąd ukazały i w ogóle jedną z najcenniejszych pozycji w dorobku wydawniczym PWT.

J. Chmielowski

SŁOWNICTWO HUTNICZE

O topieniu, topieniu i temperaturze topienia

I

W naukowych pracach hutniczych przeznaczonych do druku coraz częściej pojawia się wyrażenie „temperatura topienia“, które wywołuje spory między autorami a redaktorami prac naukowych. Poprawność tego wyrażenia zakwestionowali redaktorzy twierdząc, że właściwym wyrażeniem jest „temperatura topnienia“, ponieważ o „topieniu metalu“ mówi się jako o czynności, której nie podobna łączyć z temperaturą. Nie należy również stosować wyrażenia „temperatura topliwości“, gdyż topliwość dotyczy własności metalu, której nie można ani nagrzać, ani stopić.

Kwestia rozróżnienia znaczeń rzeczowników „topienie“ i „topnienie“ wymaga szczegółowej analizy, aby sobie uświadomić jakie są podstawy słowotwórcze każdego z tych rzeczowników w celu wyjaśnienia znaczenia wyrażenia „temperatura topnienia“ i kwestionowanego wyrażenia „temperatura topienia“.

Jednym z czynników mogących rozstrzygnąć o poprawności pierwszego lub drugiego wyrażenia jest tzw. kryterium formalno-logiczne opisane w książce prof. W. Doroszewskiego pt. „Kryteria poprawności językowej“. Zgodny z tym kryterium — jak pisze prof. W. Doroszewski — będzie ten wyraz lub to wyrażenie, którego sensowność da się uzasadnić na podstawie logicznej interpretacji formy językowej.

Argumenty wytoczane przez autorów prac naukowych przeciw stosowaniu „temperatury topienia“ są najczęściej natury emocjonalnej i wynikają z subiektywnej oceny wyrażen technicznych. Natomiast ze stanowiska technicznego decydującym czynnikiem w zastosowaniu bronionego wyrażenia jest przede wszystkim jego właściwe znaczenie w technice, a nie pogląd, że ono się może podobać lub wydawać brzydkim. Z punktu widzenia technicznego nie należy używać w druku wyrażen niejasnych i niedokładnych, gdyż język techniczny nie znosi myśli mętnych i niedojrzałych i — jak wszystko w technice — powinien być ścisły, jednoznaczny i nie dopuszczający do błędnych skojarzeń myślowych.

Odwołując się do wspomnianego wyżej kryterium formalno-logicznego spróbuję ustalić pewne pojęcia podstawowe w zakresie znaczeń czasowników topić i topnieć oraz używalności w technice wyrazów od nich pochodzących, jak również znaczenia wyrażen „temperatura topienia“ i „temperatura topnienia“.

Sięgnijmy do źródeł historycznych. Słownik Lindego zawiera następujące znaczenia:

a. Wyrazu topić:

1. Pławić, pogażać, zanurzać w wodzie (dokonany utopić). Przykłady: Czarownice topią. Myślę iść topić się do Wisły. Topi sternik bogactwa jednejże godziny, które troskliwie zbierał z dalekiej krainy. Rozpalone

żelazo węglami, które wyjąwszy kowal krzywymi kleszczami, topi w wodzie, to zatym pryska zatopione i popiskuje w mokszy ciepłej pogrążone. Psy dzika dopadłszy topią w nim swe zęby. Wzrok swój w ziemi topi.

2. Topić kruszec, roztopiać, rozpuszczać, pлавić, zlewać (dokonany stopnieć). Przykłady: Gdy się tęgie ciało za pomocą ognia w płynne obraca, mówimy, że się topi, a samą tę pracę zowiemy roztopianiem. Pobral od nich kołtki, stopił i wlał je w formę (spławił je).

W słowniku etymologicznym języka polskiego A. Brücknera kołtka oznacza „zawieszenie“, „kółczyk“.

Topienie, spławianie, rozpuszczanie przez ogień. Topić swój majątek, marnować go, rozrzucić.

b. Wyrazu *topnieć* i *roztopiać się*, *rozpuszczać się*, *rozpływać się* (dokonany stopnieć). Przykłady: Piec idzie, gdy w piecu ruda topnieje; przeciwnie stoi, gdy w nim ognia nie masz, gdy ruda nie topnieje (J. Osiński). Topnienie, gdy ciało stałe mocą ognia zamienia się w płynne (Śniadecki). Wosk rozgrzany topnieje. Topniał z radości. Z wesela niewysłowionego wszystka na sercu i duszy topniała.

Stopniały, topny, roztopiony, stopiony. Topnisty, stopnisty, snadny do przetopienia, mogący być stopionym. W ognistym ogniu ołów trzyma topny. Topniłość, snadność bycia roztopionym.

W słowniku Karłowicza, Kryńskiego, Niedźwiedzkiego prócz wyżej wymienionych znaczeń znajdujemy następujące znaczenia wyrazów:

1. topienie, czynność czasownika topić;
2. topienie się, czynność czasownika topić się;
3. topnieć, topnąć, roztopiać się, rozpuszczać się, topić, rozpływać się, tajać;
4. topnienie czynność czasownika topnieć: Punkt topnienia = punkt topliwości.

Z przytoczonych przykładów zaczerpniętych ze słowników Lindego i Karłowicza wynika, że czasowniki *topić* i *topnieć* pod względem znaczeniowym różnią się od siebie dość wyraźnie: *topić kruszec* = *roztopiać*, *rozpuszczać*, *pлавić*, *zlewać kruszec*, natomiast *topnieć* = *roztopiać się*, *rozpuszczać się*, *rozpływać się* (o ciałach). W słowniku warszawskim (Karłowicza itd.) wybitnie różni się znaczenie wyrazu *topienie* i *topienie się* oznaczające czynność od znaczenia wyrazu *topnienie* wyjaśnionego na przykładzie, że punkt topnienia jest równoznaczny z punktem topliwości.

Z przykładów mających za sobą długą tradycję wynika, że czasownik *topieć* i *topnieć* mają różne podstawy słowotwórcze i ta różnica znaczeń zachowana została w pochodnych rzeczownikach *topienie* i *topnienie*. W przystosowaniu obu rzeczowników do potrzeb technicznych rozróżniamy je w zależności od tego, czy ośrodkiem naszej uwagi, a więc ośrodkiem konstrukcji gramatycznej jest wykonanie czynności, czyli topienia metalu, czy też obchodzi nas przedmiot, względem którego czynność się odbywa, a więc topnienie metalu. Tego rozróżnienia nie zachowują autorzy prac przeznaczonych do druku myląc oba pojęcia. Zanalizujemy je na przykładach praktycznych.

Na podstawie wzorów koniugacyjnych zamieszczonych w książce J. Tokarskiego pt. „Czasowniki polskie“ spróbujemy najpierw określić pewne formy proste czasownika *topić*, który się odmienia jak *tropić* i czasownika *topnieć*, który się odmienia jak *szaleć*.

Forma rozpoznawcza: *topię*, *topnieję*.

Bezokolicznik: *topić*, *topnieć*.

Imiesłowy:

współczesny przmiotnikowy: *topiący topniejący*

współczesny przysłówkowy: *topiąc topniejąc*

uprzedni: (prze-)topiwszy (s-)topniawszy

bierny: *topiony*

przeszły: *topił*

topniał

Gerundium (odstłownik): *topienie*

topnienie

Od czasownika *topić* utworzone są czasowniki niedokonane i dokonane: *nadtapiać* i *nadtopić*, *podtopiać* i *podtopić*, *przetapiać* i *przetopić*, *roztapiać* i *roztopić*, *stapiać* i *stopić*, *wtopiać* i *wtopić*, *wytapiać* i *wytopić* oraz *utopić* i *zatopić*.

Natomiast od czasownika *topnieć* pochodzi tylko jeden czasownik dokonany *stopnieć*.

Mając określone czasowniki pochodne możemy ułożyć przykłady szczegółowe.

Możemy *nadtapiać* krawędzie blach podczas spawania, wówczas jeżeli idzie o czynność będziemy mówili o „*nadtapianiu krawędzi*“, a gdy dotyczy to przedmiotu powiemy o „*nadtopieniu się blach*“. Gdy *przetapia*my złom w piecu martenowskim, ośrodkiem naszej uwagi może być „*przetapianie złomu*“ albo „*przetopienie się złomu*“. Możemy *roztapiać* wsad i mieć do czynienia z „*roztapianiem wsadu*“ albo z „*roztopieniem się wsadu*“. Możemy *topić* metal w tyglu i zwracać uwagę na topienie metalu lub na jego topnienie, czyli *roztapianie się* zależnie od tego czy chodzi nam o czynność, czy o sam metal.

W przykładzie zacytowanym wyżej Osiński pisze, że ruda topnieje. Chociaż nie stosujemy dziś wyrażenia „*stal topnieje*“ tak jak „*lód topnieje*“, lecz z historycznego punktu widzenia nie będzie błędne powiedzenie: „*stal topnieje*“, lub „*wsad topnieje*“. Istnieje przecież wyraz „*topnik*“, który w literaturze technicznej zachował się od kilku wieków w stanie niezmiennym.

Skoro więc istnieje wyraźne rozgraniczenie pojęć wyrazów „*topienie*“ i „*topnienie*“ możemy określić stosunek znaczeniowy zachodzący między „*temperaturą*“ a „*topieniem*“ i „*topieniem*“.

Z przykładów historycznych i z przytoczonych form prostych czasowników „*topić*“ i „*topnieć*“ możemy stwierdzić, że wszystkie formy czasownika „*topić*“ dotyczą czynności, których dokonujemy, aby metal lub wsad *roztopić*, *stopić* lub *przetopić*. *Topienie* oznacza więc dziś, tak jak przed wiekami, *roztapianie*, *rozpuszczanie* przez ogień i *pławienie* metalu lub innego ciała. Oznacza ono przygotowanie materiału, sprzętu, urządzeń, doprowadzenie pewnej ilości ciepła i utworzenie takich warunków, aby się metal *roztopił* lub *stopił*. *Topienie* jest więc taką samą czynnością, jak *kucie*, *walcowanie* lub *odlewanie* metalu, które polegają na czynnościach przewidzianych w którymś z procesów technologicznych i na zachowaniu pewnych środków i warunków zmierzających do wytworzeniażądanego przedmiotu.

Jest logiczne, że *topienie* jako czynność nie może mieć ścisłego związku z temperaturą w sensie używanego wyrażenia „*temperatura topienia*“, gdyż ono nie oznacza. Tak samo nie mają związku znaczeniowego wyrażenia „*temperatura kucia*“, „*temperatura walcowania*“, „*temperatura odlewania*“, gdyż nie wiadomo do czego jeszcze — poza metalem — odnieść tę temperaturę. Oczywiście są to tylko skróty myślowe oznaczające „*temperaturę metalu kutego*“, „*temperaturę metalu walcowanego*“ lub „*temperaturę metalu roztopianego*“, a więc temperaturę jego *topnienia*.

W bardzo prosty i wyraźny sposób układają się stosunki znaczeniowe między wyrazami „*topnienie*“ a „*temperatura*“. W przykładzie zaczerpniętym ze Słownika warszawskiego punkt *topnienia* oznacza to samo co punkt *topliwości*. Ponieważ na wstępie artykułu powiedzieliśmy, że „*topliwość*“ uważamy za cechę metalu, można więc mówić tylko o „*punkcie topnienia*“, przy czym „*punkt*“ oznacza liczbę stopni temperatury na skali termometru.

Z nowoczesnych prac naukowych wiemy, że *topnienie* oznacza *przeistaczanie się* ciała stałego w ciało

plynne pod wpływem ciepła pobieranego z otoczenia. Temperatura, przy której zaczyna się topnienie, jest dla każdego ciała właściwa i nazywa się temperaturą topnienia. To określenie przesądza o właściwym użyciu tego wyrażenia, gdyż można jasno i logicznie określić funkcje znaczeniowe wyrazów „topnienie” i „temperatura” nie nasuwające błędnych skojarzeń myślowych.

Dowodem prawidłowości wyrażenia „temperatura topnienia” są przytoczone wyżej przykłady historyczne, które wskazują na to, że znaczenie tego wyrażenia było kiedyś takie samo jak i dzisiaj. Nie ma więc powodu do zmiany ustalonego na podstawach historycznych wyrażenia „temperatura topnienia”, które jest znane i używane przez autorów mających czynną postawę wobec polskiego języka technicznego.

St. Rurański

II

Poniżej podaję wykaz, z natury rzeczy bardzo zresztą niekompletny, nowoczesnych polskich uniwersyteckich podręczników fizyki, chemii i chemii fizycznej, jak również prac z dziedziny metaloznawstwa, których autorzy używają nazwy „temperatura topnienia”.

Adamczewski I.: Krótki zarys fizyki (1948), str. 109.

Basiński A.: Ćwiczenia rachunkowe z chemii fizycznej (1950), str. 104.

Brodski A.: Chemia fizyczna, tom I, część II (1952), str. 211.

Grotowski M.: Wykłady fizyki, tom I (1949), str. 412.

Jeżewski M.: Fizyka (1953), str. 151.

Kalandyk S.: Podręcznik fizyki (1949), str. 118.

Kalendarzyk elektrotechniczny (1954 ÷ 1955) pod red. B. Konorskiego, str. 131 i 142 (ale na str. 142 również i „punkt topnienia”, a na str. 149 i 150 „punkt topliwości”).

Kamieński B.: Elementy chemii fizycznej (1947), str. 111.

Kosieradzki P.: Mały poradnik mechanika (1952), str. 300.

Kosieradzki P.: Obróbka cieplna metali (1954), str. 113.

Krupkowski A.: Zasady nowoczesnej metalurgii w zarysie (1951), str. 49.

Leśkiewicz J.: Zarys chemii ogólnej (1952), str. 24.

Malkiewicz T.: Poradnik techniczny „Mechanik”, tom III, część 1—1 (1954), str. 7.

Malkiewicz T.: Obróbka cieplna stali (1954), str. 14.

Petczyński T. i Sypniewski R.: Metaloznawstwo (1951), str. 10.

Piekara A.: Nauka fizyki (1950), str. 378.

Pieńkowski S.: Fizyka doświadczalna, tom I (1952), str. 339 (na str. 337 „topnienie” i „zjawisko topnienia”, na str. 338 „topnienie”, „proces topnienia”, „zjawisko topnienia”, na str. 339 „proces topnienia”, „ciepło topnienia”, „punkt topnienia”, ale na str. 338 i 339 „temperatura topliwości”).

Pilarczyk J.: Kurs spawania elektrycznego (1954), str. 11.

Plażek E.: Chemia ogólna, tom I (1949), str. 64.

Szczeniowski S.: Fizyka doświadczalna, część II (1953), str. 56.

Śmiatowski M.: Chemia fizyczna (1952), str. 175.

Śmiatowski M.: Podstawy chemii fizycznej (1953), str. 78.

Tomassi W.: Chemia nieorganiczna (1952), str. 13.

Trzebiatowski W.: Chemia nieorganiczna, tom I (1953), str. 18.

Ulich H.: Zarys chemii fizycznej (1950), str. 213.

Wesołowski K.: Metaloznawstwo, część I (1952), str. 33.

Wesołowski K.: Metaloznawstwo i obróbka cieplna, część I (1953), str. 10.

Westphal W.: Fizyka, część I (1950), str. 296.

Witkowski A.: Zasady fizyki, tom II (1948), str. 109.

Witkowski A. i Zakrzewski K.: Zarys fizyki (1939), str. 211.

Sądzę, że wykaz ten, jako mówiący sam za siebie, nie wymaga żadnych komentarzy.

J. Chmielowski

NOTATKI BIBLIOGRAFICZNE

Metalurgia surówki. Tom I. Konstrukcja wielkiego pieca i urządzenia pomocnicze. Opracował Eugeniusz Mazanek. Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze. Stalinogród 1954. Format B5, str. 319, rys. 242, tabl. 62, cena w opr. kart. 33 zł.

Treść. Wstęp. — Rozplanowanie oddziału wielkopiecowego w stosunku do rozplanowania całej huty. — Składowisko materiałów wsadowych. — Zakład przygotowania rud. — Zasilanie skipów rudą i koksem. — Konstrukcja wielkiego pieca. — Budowanie wielkiego pieca. — Urządzenia zasypowe. — Urządzenia do odwozu oraz rozlewania surówki i żużła. — Oczyszczalnia gazu wielkopiecowego. — Przewody gazowe i ich osprzęt. — Nagrzewnice dmuchu. — Gospodarka wodna. — Pomiary w oddziale wielkich pieców. — Literatura. — Skorowidz.

Książka przeznaczona jest dla mistrzów, techników i inżynierów wielkopiecowników oraz dla słuchaczy wyższych uczelni technicznych.

Obróbka cieplna metali. Mgr inż. Paweł Kosieradzki. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1954. Format B5, str. 372 wraz z wielu rysunkami i tablicami, cena w opr. kart. 42 zł 50 gr.

Treść. Część I. Podstawowe zabiegi obróbki cieplnej stali (Układ żelazo-węgla i struktura stali. — Hartowanie. — Odpuszczanie. — Wyżarzanie.). — Część II. Urządzenia uniwersalne do obróbki cieplnej (Urządzenia do grzania. — Urządzenia do chłodzenia. — Urządzenia do odpuszczania.). — Część III. Hartowanie powierzchniowe (Hartowanie płomieniowe. — Hartowanie indukcyjne. — Inne metody hartowania powierzchniowego.). — Część IV. Obróbka cieplno-chemiczna (Nawęglanie w proszkach. — Nawęglanie gazowe. — Cyjanowanie kąpielowe. — Azotowanie. — Cyjanowanie gazowe. — Aluminowanie.). — Część V. Niektóre specjalne zastosowania obróbki cieplnej (Obróbka cieplna stali narzędziowych węglowych i stopowych. — Obróbka cieplna stali szybkołączących. — Obróbka cieplna stali resorowych i sprężynowych. — Obróbka cieplna żeliwa.). — Część VI. Obróbka cieplna metali nieżelaznych (Obróbka cieplna stopów aluminium. — Obróbka cieplna stopów miedzi.). — Część VII. Instalacje pomocnicze w warsztatach obróbki cieplnej. (Oczyszczanie powierzchni przy obróbce cieplnej. — Prostownie. — Pomiar i regulacja temperatury. — Badanie i dobór twardości przedmiotów obrabianych cieplnie.).

Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników; ze względu na przystępne ujęcie mogą z niej również korzystać mistrzowie pracujący w warsztatach obróbki cieplnej.

Stalęwar martenowskiej pieczi. *D. P. Strugowszczyk.* Mietałurgizdat. Swierdłowski-Moskwa 1953. Str. 351, rys. 117, tabl. 25, cena w opr. kart. 6 rub. 55 kop.

Jest to podręcznik przeznaczony do użytku wytopiaczy stali w piecach martenowskich.

Stalęwar elektropieczi. *St. Judin, B. E. Lejkin i A. F. Kabłukowski.* Mietałurgizdat. Moskwa 1953. Str. 319, rys. 93, tabl. 18, cena w opr. kart. 5 rub. 65 kop.

Książka ta napisana jest dla szkół rzemieślniczych i pomocników wytopiaczy stali w piecach elektrycznych.

Wytrzymałość materiałów. *Mgr inż. Stefan Błażewski.* Wydanie II. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1954. Format A5, str. 304, rys. 264, tabl. 24, cena w opr. kart. 20 zł.

Książka ta przeznaczona jest dla techników. O pierwszym jej wydaniu (z 1951 r.) zamieściliśmy w „Hutniku“ z 1952 r. (nr 12, str. 444) recenzję pióra inż. W. Dukiet.

Obróbka metali pilnikiem. *Piotr Piotrowski.* Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1954. Format A5, str. 87, rys. 108, cena 4 zł 90 gr.

Treść. Wstęp. — Miejsce pracy i jego wyposażenie dostosowane do pracy pilnikiem. — Co należy zrobić przed przystąpieniem do piłowania. — Piłowanie. — Zakończenie.

Książka jest przeznaczona dla niewykwalifikowanych robotników; może być również pomocą w szkoleniu przyzakładowym.

Wysokowydajne frezowanie metali. *Inż. mech. Andrzej Józefik i inż. mech. Jan Kaczmarek.* Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1954. Format A5, str. 44, rys. 34, tabl. 14, cena 2 zł.

Treść. Wstęp. — Dobór warunków skrawania. — Narzędzia do wysokowydajnego frezowania. — Przystosowanie frezarek do frezowania wysokowydajnego z uwzględnieniem bezpieczeństwa pracy. — Skracanie czasów pomocniczych i przygotowawczych. — Wykaz piśmiennictwa.

Praca przeznaczona jest dla wysoko wykwalifikowanych frezerów, mistrzów i techników oraz może stanowić pomoc dla konstruktorów narzędzi.

Wysokowydajne toczenie metali. *Inż. mech. Andrzej Józefik i inż. mech. Jan Kaczmarek.* Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1954. Format A5, str. 98, rys. 59, tabl. 30, cena 4 zł.

Treść. Wysokowydajne skrawanie metali. — Dobór warunków skrawania przy toczeniu. — Noże tokarskie. — Zmniejszenie czasów niemaszynowych. — Przystosowanie tokarek do wysokowydajnego toczenia. — Bezpieczeństwo pracy przy wysokowydajnym toczeniu.

Praca przeznaczona jest dla wysoko wykwalifikowanych tokarzy, mistrzów i techników oraz może stanowić pomoc dla konstruktorów narzędzi.

Sprężyny. *Mgr inż. Stefan Żukowski.* Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1954. Format A5, str. 208, rys. 142, tabl. 31, cena 18 zł 80 gr.

Treść. Część ogólna. — Sprężyny śrubowe. — Sprężyny pierścieniowe. — Sprężyny talerzowe. — Obliczanie pierścieni sprężynujących. — Obliczanie sprężyn spiralnych. — Sprężyny zaworowe. — Sprężyny zwijane o kształtach specjalnych (sprężyny stożkowe, paraboloidalne itd.). — Sprężyny pracujące pod dzia-

łaniem obciążeń dynamicznych i zmiennych. — Badanie i odbiór sprężyn. — Uwagi praktyczne dotyczące obliczania sprężyn i ich odkształcania się. — Akumulowanie energii przez sprężyny. — Łączniki sprężyste gumowe.

Książka przeznaczona jest do użytku konstruktorów i inżynierów przemysłu maszynowego.

Kurs spawania elektrycznego w pytaniach i odpowiedziach. Wydanie czwarte. *Mgr inż. Józef Pilarczyk.* Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Warszawa 1954. Format B6, str. 92, rys. 62, cena 2 zł 50 gr.

Treść. Sposoby łączenia metali za pomocą ciepła. — Zasadnicze pojęcia z elektrotechniki. — Łuk elektryczny. — Urządzenia i materiały do spawania łukowego. — Proces spawania. — Zasadnicze pojęcia o cieple. — Własności metali. — Technika spawania łukowego. — Błędy spawania. — Badanie i kontrola połączeń spawanych. — Spawanie metali. — Spawanie żeliwa. — Spawanie miedzi, aluminium i ich stopów. — Naprężenia skurczowe i odkształcenia przedmiotów spawanych. — Higiena i bezpieczeństwo spawacza.

Książka przeznaczona jest dla techników i spawaczy.

Elektryczne maszyny wyciągowe. *Mgr inż. Jan Obrąpalski,* profesor Politechniki Śląskiej. Wydanie drugie poprawione i rozszerzone. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Stalinogród 1954. Format B5, str. 195, rys. 142, tabl. 45, cena 19 zł.

Książka zawiera opis ogólny urządzeń wyciągowych w szybach pionowych na kopalniach, kinematykę i dynamikę wyciągu, krótką teorię silników elektrycznych i układów najbardziej rozpowszechnionych, przykłady obliczeniowe części mechanicznej i elektrycznej wyciągu, wreszcie kilka problemów specjalnych.

Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników pracujących przy eksploatacji i projektowaniu urządzeń wyciągowych w kopalniach oraz studentów wyższych zakładów naukowych.

Kwantowa teoria atomu. *Wojciech Rubinowicz.* Państwowe Wydawnictwa Naukowe. Warszawa 1954. Format B5, str. 431, rys. 36, cena w opr. płóc. 33 zł 75 gr.

Treść. Odkrycie kwantów. — Odkrycie jądra atomu. — Stany kwantowe atomu. — Widma atomu o jednym elektronie. — Zagadnienia zasady odpowiedzialności. — Ogólne własności widm atomów z wieloma elektronami. — Struktura złożona termów widmowych. — Zasada Pauliego. — Układ periodyczny pierwiastków. — Widma rentgenowskie. — Widma pasmowe. — Fizyczne i matematyczne podstawy mechaniki falowej (równanie Schroedingera i ogólna teoria rzeczywistych operatorów liniowych). — Najprostsze zagadnienia specjalne mechaniki falowej. — Interpretacja fizyczna nowszej teorii kwantów. — Rachunek zaburzeń dla zagadnień własnych. — Równanie Diraca. — Kwantyzacja pola elektromagnetycznego. — Emisja i absorpcja światła. — Ważniejsze stałe fizyki atomu. — Skorowidz.

Jest to podręcznik zatwierdzony decyzją Ministerstwa Szkolnictwa Wyższego do użytku w szkołach wyższych.

Książeczka górnika ścianowego. *Mgr inż. Jakub Olaszewski.* Biblioteka Ochrony Pracy. Państwowe Wydawnictwa Techniczne. Stalinogród 1954. Format B6, str. 72, rys. 30, cena 2 zł.

W książeczce podano zasadnicze wskazówki bezpiecznego postępowania górnika ścianowego tak w czasie zjazdu i przejścia do miejsca pracy, jak i podczas wykonywania robót przodkowych.

Książeczka przeznaczona jest dla górników ścianowych i ich pomocników zatrudnionych w ścianach pokładów niestromych.

PRZEGLĄD CZASOPISM

Wiadomości Hutnicze. Rok 1954, nr. 4. *Inż. Z. Korek.* Stalowe rury bez szwu o małych średnicach i cienkich ściankach. — *Inż. St. Tochowicz.* Drogi poprawy wskaźników techniczno-ekonomicznych w stalowniach martenowskich. — *Inż. M. Bielański.* Mała mechanizacja w hutnictwie. — *Mgr L. Gielicz.* O oszczędną gospodarke manganem.

Prace Instytutu Odlewnictwa. Rok 1954, zeszyt 4. *Z. Tyszk.* Długotrwałość pracy rusztowin żeliwnych w paleniskach jako funkcja pewnych charakterystycznych parametrów wymiarowych. — *J. Kamecki i J. Romański.* Chromianowanie stopów cynkowych typu ZnAl. — *T. Rzepa.* Nowe spoiwa rdzeniowe. Opracowanie spoiwa opartego na skrobi i celulozie.

Przegląd Odlewnictwa. Rok 1954, nr 4. *Inż. R. Krzeszewski.* Zastosowanie metod statystycznych do kontroli procesów technologicznych. — *Inż. J. Rączka.* Wpływ dodatku aluminium na wyżarzanie i własności czarnego żeliwa ciągliwego. — *Dr J. Buciewicz.* Analiza chemiczna żeliwa.

Wiadomości Chemiczne. Rok 1954, nr 3. *Prof. dr W. Romer.* Problemy sensybilizacji optycznej warstw fotograficznych. — *A. Basiński.* Chromatograficzne rozdzielanie molibdenu i renu.

Energetyka. Rok 1954, nr 2. *Inż. J. Wojciechowski.* Usuwanie osadów żużlowych z powierzchni ogrzewalnych kotłów. — *Inż. T. Frank.* Wskaźniki techniczne elektrowni przemysłowych. — *Inż. T. Klarner.* Zasady pomiaru i kontroli zużycia energii elektrycznej na potrzeby własne elektrowni. — *Dr inż. St. Bładowski.* Korozja powłok ołowianych kabli elektrycznych. — *J. W.* Określanie stopnia wilgotności transformatorów i generatorów oraz ich suszenie. — *Prof. inż. Zb. Jasiński.* Metody pomiarów strat energii elektrycznej. — *Inż. W. Kryściński.* Zakłócenia w pracy turbogeneratorów małej mocy. — *Inż. S. K.* Stan brytyjskiej energetyki według opinii amerykańskich specjalistów. — List otwarty do PWT.

Przegląd Geologiczny. Rok 1954, nr 5. *A. Dutkowski.* Geologia polska w świetle Uchwał II Zjazdu PZPR. — *A. Kisł.* Elektryczne metody poszukiwawcze. — *I. Kardymowiczowa.* O pochodzeniu granitu. — *A. Bolewski.* Z dziejów eksploatacji karpaccich piaskowców ciosowych. — *A. Jęczalik.* Przyspieszona metoda oznaczania RO w rudach żelaza.

Wiadomości Górnicze. Rok 1954, nr 4. *A. Chojnacka.* Jakie książki otrzymają górnicy w roku 1954? — *St. Gisman.* Gawęda o słownictwie XLVIII.

Nafta. Rok 1954, nr 4. *H. Leń.* Brązy ołowione w gospodarce remontowej przemysłu naftowego. — Nr 5. *Prof. dr inż. S. Pawlikowski.* Elektryczna ochrona rurociągów ułożonych w ziemi.

Cement, Wapno, Gips. Rok 1954, nr 3. *Dr inż. A. Trembecki.* Możliwości eksploatacji gipsów w Łopuszce Wielkiej. — Nr 4. *Prof. dr T. Lityński, dr R. Żuliński, mgr inż. K. Wagner.* Badania nad roz-

puszczalnością różnych wapieni krajowego pochodzenia. — *Z. Łukowicz.* Rola topników w procesie wypalania klinkieru.

Kwartalnik Historii Kultury Materialnej. Rok 1953, nr 1—2 (Instytut Historii Kultury Materialnej Polskiej Akademii Nauk. Warszawa. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Cena 30 zł). *Jan Pazdur.* Problematyka badań dziejów techniki górniczo-hutniczej w epoce kapitalizmu (str. 44—77). — *Jan Pazdur.* Wykład „O żelazie surowem“ z r. ok. 1828 (str. 155—170). — *H. S.* Notatka o pracy dra Jana Pazdura pt. „Oddziaływanie przemysłu Zagłębia Staropolskiego na stosunki wiejskie w XVII w.“ (str. 232). — *Mieczysław Radwan.* Recenzja o pracy mgra Benedykta Ziენტary pt. „Ze studiów nad historią techniki polskiego hutnictwa żelaznego do XVII wieku“ (str. 233—235). Notatka o otwarciu w dniu 1 maja 1953 r. wystawy pt. „Staropolskie górnictwo i hutnictwo w Muzeum Świętokrzyskim w Kielcach“ (str. 252—254).

Wiestnik Maszynostrojenija. Rok 1954, nr 4. *M. B. Nejman.* Stosowanie izotopów radioaktywnych w budowie maszyn. — *I. E. Brajnin i A. W. Tursunow.* Zmiana wymiarów liniowych próbek stalowych zależnie od obróbki cieplnej.

Stanki i Instrument. Rok 1954, nr 2. *D. K. Margulis.* Frezowanie części żeliwnych narzędziami ceramicznymi. — *M. J. Andrianow.* Chromowanie narzędzi tnących. — *W. J. Żirow.* Wiertła z przetocznym łukiem. — *W. J. Bondar'.* Zagadnienie dokładności i czystości obróbki nożem Kolesowa.

Hutnicke Listy. Brno. Rok. 1954, nr 3. *J. Adam.* Rozwój i wyniki pracy racjonalizatorów w planie 5-letnim. — *M. Havelka.* Cyklony do oczyszczania gazu wielkopiecowego. — *F. Wiesner.* Walcarki wielowalcowe do walcowania na zimno taśm. — *B. Otta.* Wpływ fosforu na tłoczność miękkich blach stalowych. — *K. Toman.* Wydzielanie chromu z roztworu stałego w miedzi. — *H. Sojka.* Wyrób śrub prasowanych na zimno. — *F. Poborzil.* Działalność Stalowniczego Instytutu Badawczego w planie 5-letnim. — *Z. Smutny.* Postępy badań ceramiki hutniczej (materiałów ogniotrwałych) w planie 5-letnim. — *R. Henych.* Badania i postęp w dziedzinie metali nieżelaznych. — Nr 4. *K. Beranek.* Doświadczenia z akcji likwidowania zapasów ponadnormatywnych. — *A. Dekanowski.* Przyczynki do zagadnienia produkcji oraz odsiarczania surówki i stali. — *E. Eminger.* Wyniki badań przyczyn występowania przełomu kamienistego w stali niklowo-wanadowej (15 str. z licznymi rysunkami). — *M. Pirner.* Mosiądz niemagnetyczny. — *H. Sojka.* Wyrób śrub prasowanych na zimno (dokończenie).

Hutnik. Praga. Rok 1954, nr 3. *P. Morcinek.* Jak zmniejszyć zużycie koksu przy wytapianiu surówki. — *J. Beczvar.* Działanie żużla na stal. — *F. Drastik.* Kucie stopów lekkich. — *J. Kalocz.* Elektrolityczne trawienie metali. — *R. Matejka.* Wyrób śrub z rowkiem krzyżowym. — *Różni autorzy.* Ze stalowni, z kuźni, z wydziałów przetwórczych (krótkie notatki omawiające zagadnienia praktyczne).

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

WYDAWCA: WYDAWNICTWO GÓRNICZO - HUTNICZE. — REDAGUJE KOMITET REDAKCYJNY. REDAKTOR NACZELNY: INŻ. TADEUSZ MALKIEWICZ. SEKRETARZ REDAKCJI: MIRANDA CIACIUCHOWA. CZŁONKOWIE KOMITETU REDAKCYJNEGO: INŻ. JANUSZ CHMIEŁOWSKI, INŻ. TADEUSZ PALMRICH, INŻ. STANISŁAW PRZEGALINSKI, INŻ. STANISŁAW RURAŃSKI, INŻ. STEFAN WRÓBLEWSKI

Wyniki konkursu PWT na najlepszą recenzję książki technicznej

Dążąc do pobudzenia ruchu recenzyjnego i wzmoczenia pracy twórczej w tym zakresie, Państwowe Wydawnictwa Techniczne ogłosiły w marcu 1953 roku konkurs na najlepszą recenzję książki PWT, opublikowaną w czasopismach wydanych przez NOT i PWT za rok 1953.

Sąd Konkursowy w składzie przedstawiciel Centralnego Instytutu Dokumentacji Naukowo-Technicznych jako przewodniczący oraz przedstawiciel Naczelnej Organizacji Technicznej i Państwowych Wydawnictw Technicznych jako członkowie — stwierdził, że w czasopismach technicznych wydanych za rok 1953 przez NOT i PWT ogłoszono ogółem 350 recenzji o książkach PWT, z czego 200 recenzji podpisanych, oraz że zgłoszono do konkursu 6 recenzji ogłoszonych w innych czasopismach. Zgodnie z warunkami konkursu Sąd wziął pod uwagę tylko recenzje podpisane. Ocenę recenzji Sąd oparł na wytycznych podanych w warunkach konkursowych, przy czym zwrócił szczególną uwagę na elementy twórczej krytyki, konkretyzowanie stawianych książce zarzutów oraz sposób opracowania samej recenzji. Sąd, stwierdzając że żadna z recenzji nie czyni w pełni zadość wszystkim warunkom konkursu, postanowił przyznać:

I nagrodę w wysokości zł 2000 — R. Barańskiemu za recenzję ogłoszoną w nrze 11 „Hutnika“ dotyczącą książki „Oświetlenie zakładów przemysłowych“ praca zbiorowa.

II nagrodę w wysokości zł 1500 — K. Gierdziejewskiemu za recenzję ogłoszoną w nrze 10 „Przeglądu Odlewnictwa“ dotyczącą książek T. Piwońskiego: „O czym powinien wiedzieć formierz przy ręcznym formowaniu“ i „O czym powinien wiedzieć rdzeniarz“.

II nagrodę w wysokości zł 1500 — E. Rustanowiczowi za recenzję ogłoszoną w „Trybunie Robotniczej“ z dnia 24. 3. 1953 r. dotyczącą książki „Technika bezpieczeństwa w górnictwie“, praca zbiorowa.

III nagrodę w wysokości zł 1000 — W. Kuczewskiemu za recenzję ogłoszoną w nrze 10 „Hutnika“ z 1953 r. dotyczącą książki R. Durrera „Przeróbka hutnicza rud żelaza oprócz przeróbki w wielkim piecu na koksie“ tłum. z niem. M. Grabania i F. Zieliński.

III nagrodę w wysokości zł 1000 — W. Smoluchowskiemu za recenzję ogłoszoną w nrze 10 „Przeglądu Mechanicznego“ z 1953 r. dotyczącą książki A. S. Aleksiejewa „Konstrukcje maszyn elektrycznych“ tłum. z ros. W. Pełczewski.

III nagrodę w wysokości zł 1000 — L. Uzarowiczowi za recenzję ogłoszoną w nrze 1 „Przeglądu Mechanicznego“ z 1953 r. dotyczącą książki F. Stauba i M. Pachowskiego „Odlewnictwo żeliwa“.



Nowości Wydawnicze

- BATURIN W. W.: **Podstawy wentylacji przemysłowej.** Tłum. z ros. A. Wysocki. S. 348, zł 36,60 (w oprawie).
- BLÜMKE F.: **Samochody pożarnicze.** S. 114, zł 8.—
- FUGLEWICZ R.: **Analiza chemiczna jakościowa.** S. 291, zł 14,10 (w oprawie). Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ.
- GDYNIA J., KACUGA Z., PAŁYS K.: **Surowce do produkcji kwasu siarkowego.** Seria „Będę fachowcem”. S.50, zł 2,60
- JANICKI E., KALATA C., KOBYLŃSKI S.: **Systematyka wad odlewów staliwnych z atlasem.** S. 143, zł 14,80 (w oprawie).
- KASZIRIN A. I.: **Technologia budowy maszyn.** Tłum. z ros. W. Majewski i A. Moroz. S. 633, zł 74.— (w oprawie).
- KRUPA L.: **Wrębiarki ścienne.** Biblioteczka Górnicza. S. 111, zł 7,50
- KWIATKOWSKI E.: **Zarys technologii chemicznej węgla kamiennego.** S. 388, zł 35.— (w oprawie)
- MICHEL E., DORRFELD W.: **Poradnik smarownika.** Tłum. z niem. J. Solik. S. 176, zł 20,50
- NAJBERG M.: **Obsługa akumulatorów ołowianych.** Seria „Będę fachowcem”. S. 60, zł 3,20
- PAWLIKOWSKI T. J.: **Analiza składników gazowych powietrza kopalnianego.** S. 188, zł 14,30.
- PAWŁOWSKI S., SZYMBORSKI W.: **Ceramiczne tworzywa izolacji cieplnej.** S. 204, zł 16.—
- Piece grzewcze, walcownicze i kuźnicze.** Tom. I. Praca zbiorowa pod red. Z. Wusatowskiego. S. 262, zł 28,50 (w oprawie).
- Przepisy bezpieczeństwa pracy w eksploatacji linii napowietrznych o napięciu ponad 35 kV.** Wyd 3 poprawione.
- Biblioteka Ochrony Pracy.** S. 91, zł 6.—
- RAFALSKI J.: **Transport wewnętrzny w przemyśle spożywczym** S. 155, 11,30
- ROTKIEWICZ W.: **Technika odbioru radiowego.** Tom II, S. 452, zł 41,50 (w oprawie).
- SEWASTIANOW M. S.: **Mechanizacja transportu wewnętrznego w zakładach włókienniczych.** Tłum. z ros. S. Witkowski. S. 179, zł 12,80
- SMOLIŃSKI A.: **Zasady wzmacniania.** Tom. I. Podstawy teoretyczne. Wyd. 3 — przedruk z klisz wydania 2 z erratą na końcu książki. S. 300, zł 15.—
- Sprzęt ochronny w elektroenergetyce.** Przepisy bezpieczeństwa pracy. Wyd. 3 poprawione i uzupełnione. Biblioteka Ochrony Pracy. S. 58, zł 4,70
- SZUPP B.: **Podręcznik spawania acetylenowego.** Wyd. 3 poprawione i uzupełnione, S. 249, zł 22.— w oprawie).
- USIENKO W. M.: **Deskowanie żelbetowych konstrukcji monolitycznych budowli przemysłowych.** Tłum. z ros. I. Rosenberg. S. 173, zł 14,30

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki i u kolporterów zakładowych.